

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

COORDENAÇÃO NACIONAL DO PRGRAMA

Inácio de Medeiros Delgado

COORDENAÇÃO TEMÁTICA

Nacional

**Bases de Dados** Pedro Aurélio C. Cordeiro

**Geofísica** Mário J. Metelo

**Geologia Estrutural** Reginaldo Alves dos Santos

**Geoquímica** Carlos Alberto C. Lins

**Litogeoquímica** Emiliano Cornélio de Souza

**Metalogenia/Geologia Econômica** Inácio de Medeiros Delgado

**Petrologia** Luiz Carlos da Silva

**Sedimentologia** Augusto José Pedreira

**Sensoriamento Remoto** Cidney Rodrigues Valente

Regional

Superintendência Regional de Belém

**Coordenador** Orlando José B. Araujo

**Supervisor de Geologia** Alfreu dos Santos

**Biblioteca** Maria Léa Rebouças

**Metalogenia** José Maria Azevedo Carvalho

FOLHA REDENÇÃO

## CRÉDITOS DE AUTORIA

<b>Capítulos 1 e 2</b>	Arminio Gonçalves Vale	<b>Contribuições:</b>	
<b>Capítulo 3</b>		<b>Rel. Tem. Geoquímica</b>	Éric Santos Araújo
<b>Ítem 3.1</b>	Arminio Gonçalves Vale	<b>Rel. Tem. Petroquímica</b>	Emiliano Cornélio de Souza
<b>Ítem 3.2</b>	Agildo Pina Neves e Arminio Gonçalves Vale	<b>Mapas de Inter. Geofísica com texto explicativo Estudos Petrográficos</b>	Jorge Armando F. do Amaral Xafi da Silva Jorge João e Paulo dos Santos F. Ricci
<b>Subitem 3.2.1</b>	Agildo Pina Neves	<b>Desenhos Cartográficos</b>	Gilmar dos Santos
<b>Subitem 3.2.2</b>	Arminio Gonçalves Vale	<b>Digitação</b>	Tânia Keyler Argolo de Souza e Josiane Macêdo de Oliveira
<b>Subitens 3.2.3 e 3.2.4</b>	Agildo Pina Neves	<b>Tradução do Resumo</b>	José de Moura Carreira
<b>Subitem 3.2.5</b>	Arminio Gonçalves Vale e Agildo Pina Neves	<b>Assessoria (Metalogenia):</b>	José Maria de Azevedo Carvalho
<b>Subitens 3.2.6 e 3.2.7</b>	Agildo Pina Neves		
<b>Capítulo 4</b>		<b>Cartas:</b>	
<b>Ítem 4.1</b>	Agildo Pina Neves e Arminio Gonçalves Vale	<b>Geológica e</b>	Agildo Pina Neves e
<b>Ítem 4.2</b>	Agildo Pina Neves	<b>Metalogenética/Previsional</b>	Arminio Gonçalves Vale
<b>Capítulos 5 e 6</b>	Agildo Pina Neves		
<b>Capítulo 7</b>	Maria Léa Rebouças de Paula		

Revisão Final

*Agildo Pina Neves*

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL  
PROJETO ESPECIAL MAPAS DE RECURSOS MINERAIS, DE SOLOS E DE VEGETAÇÃO  
PARA A ÁREA DO PROGRAMA GRANDE CARAJÁS  
Executado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil  
Superintendência Regional de Belém  
Coordenação Editorial a cargo da  
Divisão de Editoração Geral – DIEDIG  
Departamento de Apoio Técnico – DEPAT

NEVES, Agildo Pina

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Redenção, Folha SC.22-X-A, Escala 1:250.000. Estados do Pará e Tocantins / organizado por Agildo Pina Neves e Arminio Gonçalves Vale. – Brasília: CPRM, 1999.

1 CD-ROM

Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás.

Executado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Belém.

1. Geologia – Pará – Mapas. 2. Geologia – Tocantins – Mapas. 3. Mapeamento Geológico – Pará . 4. Mapeamento Geológico – Tocantins. I. Vale, Arminio Gonçalves. II. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. III. Título.

CDD. 558.115

CDD. 558.17

**Departamento de Apoio Técnico**  
*Giuseppina Giaquinto de Araujo*

**Divisão de Cartografia**  
*Paulo Roberto Macedo Bastos*

**Divisão de Editoração Geral**  
*Maria da Conceição C. Jinno*

## **EQUIPES DE PRODUÇÃO**

### **Cartografia Digital**

Carla Cristina M. da Conceição	José Pacheco Rabelo
Carlos Alberto da Silva Copolillo	Julimar de Araujo
Carlos Alberto Ramos	Leila Maria Rosa de Alcantara
Elaine de Souza Cerdeira	Luiz Guilherme de Araújo Frazão
Elcio Rosa de Lima	Marco Antonio de Souza
Ivan Soares dos Santos	Maria Luiza Poucinho
Ivanilde Muniz Caetano	Marília Santos Salinas do Rosário
João Bosco de Azevedo	Paulo José da Costa Zilves
João Carlos de Souza Albuquerque	Risonaldo Pereira da Silva
Jorge de Vasconcelos Oliveira	Samuel dos Santos Carvalho
José Barbosa de Souza	Sueli Mendes Sathler
José Carlos Ferreira da Silva	Valter Alvarenga Barradas
José de Arimathéia dos Santos	Wilhelm Petter de Freire Bernard

### **Editoração**

Antonio Lagarde	Laura Maria Rigoni Dias
Edalair Rizzo	Marília Asfura Turano
Hélio Tomassini de Oliveira Filho	Pedro da Silva
Jean Pierre Souza Cruz	Sandro José Castro
José Luiz Coelho	Sergio Artur Giaquinto

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

<i>Ministro de Estado</i>	Rodolpho Tourinho Neto
<i>Secretário Executivo</i>	Helio Vitor Ramos Filho
<i>Secretário de Minas e Metalurgia</i>	Luciano de Freitas Borges

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM  
Serviço Geológico do Brasil

<i>Diretor-Presidente</i>	Umberto Raimundo Costa
<i>Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial</i>	Thales de Queiroz Sampaio
<i>Diretor de Geologia e Recursos Minerais</i>	Luiz Augusto Bizzi
<i>Diretor de Administração e Finanças</i>	José de Sampaio Portela Nunes
<i>Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento</i>	Paulo Antônio Carneiro Dias
<i>Chefe do Departamento de Geologia</i>	Sabino Orlando C. Loguércio

SUPERINTENDÊNCIAS REGIONAIS

<i>Superintendente de Belém</i>	Xafi da Silva Jorge João
<i>Superintendente de Belo Horizonte</i>	Osvaldo Castanheira
<i>Superintendente de Goiânia</i>	Mário de Carvalho
<i>Superintendente de Manaus</i>	Fernando Pereira de Carvalho
<i>Superintendente de Porto Alegre</i>	Cladis Antonio Presotto
<i>Superintendente de Recife</i>	Marcelo Soares Bezerra
<i>Superintendente de Salvador</i>	José Carlos Vieira Gonçalves da Silva
<i>Superintendente de São Paulo</i>	José Carlos Garcia Ferreira
<i>Chefe da Residência de Fortaleza</i>	Clodionor Carvalho de Araújo
<i>Chefe da Residência de Porto Velho</i>	Rommel da Silva Sousa

# RESUMO

---

Este trabalho sintetiza os estudos geológicos e metalogenéticos realizados na área cartograficamente identificada como SC.22-X-A, Folha Redenção, escala 1:250.000.

Informações do tipo acesso, aspectos socioeconômicos, clima, fisiografia e geomorfologia, foram pesquisadas e estudadas de forma a fornecer subsídios complementares aos usuários.

Esta área situa-se geologicamente no bloco crustal denominado por Hasui *et al.* (1984), de Araguacema e é dominada por granitóides e seqüências vulcano-sedimentares do tipo *greenstone-belt* e por epimetamorfitos da Faixa Araguaia. Observações diretas e indiretas permitiram identificar os compartimentos geotectônicos definidos como Cinturão de Cisalhamento Pau d'Arco (Arqueano) e Cinturão de Cisalhamento Araguaia (Proterozóico).

Cinturão Pau d'Arco, produto de uma tectônica transcorrente, ocupa os dois terços ocidentais da folha e abrange rochas arqueanas de diferentes classes, submetidas a metamorfismo em fácies que variam de xisto-verde (supracrustais) a anfíbilito (mesocrustais). Os litótipos desse compartimento guardam um bandamento estrutural e composicional segundo a direção geral E-W, com inflexões em torno desse eixo e mergulhos verticais a subverticais.

O Cinturão Araguaia ocupa cerca de um terço da folha (porção oriental) e está representado por rochas sedimentares predominantemente pelíticas e

ígneas máficas e ultramáficas. Esses litótipos apresentam incipiente metamorfismo e foram submetidos a deformação tectônica em regime compressivo, que produziu zonas de cisalhamento de caráter cavalgante, em *trends* que variam de N-S a NW-SE. As conseqüentes zonas de cisalhamento transcorrentes (rampas laterais) têm direção geral NE-SW.

A Bacia Intracratônica do Médio Xingu, de idade proterozóica, tem pequena área de ocorrência no extremo-SW da folha e está representada por sedimentos atribuídos ao Grupo Rio Fresco e à Formação Gorotire, superposta ao primeiro. Esta unidade geotectônica trunca e cavalga, naquela região, as rochas do Cinturão Pau d'Arco.

Manifestações ígneas atribuídas ao Proterozóico Inferior a Médio, estão representadas por rochas graníticas, formalmente designadas de Sienogranito Redenção.

Diabásios, de idade mesozóica, apresentam-se em forma de diques e cortam indiscriminadamente os litótipos mais antigos. No Cinturão Araguaia, esses diques assumem atitude submeridiana, com mergulho verticalizado. No Cinturão Pau d'Arco os *trends* identificados são N-S, NE-SW e NW-SE.

Todos os litótipos da região foram submetidos a um intenso processo de laterização, atribuído ao Terciário. Esses lateritos são responsáveis pela formação de platôs rebaixados, proeminentes nos litótipos do Cinturão Araguaia.

As calhas dos rios principais encontram-se entulhadas por sedimentos de idade quaternária.

O potencial econômico-mineral da área, inclui ocorrências de ouro, ferro, manganês, níquel e amianto, associadas ao *Greenstone belt* Serra do Inajá no contexto do Cinturão Pau d'Arco. No domínio do Cinturão Araguaia ocorrem amianto, cromo, níquel,

cobre e talco, associados às ultramáficas Quatipuru, e calcário associado aos sedimentos da Formação Couto Magalhães.

As anomalias geoquímicas, detectadas através de análises de sedimentos de corrente e concentrados de bateia estão diretamente associadas ao fundo litológico e parecem obedecer aos *trends* estruturais.

# ABSTRACT

---

The studied área comprises the Redenção Sheet (SC.22-X-A), in a 1:250.000 scale. The area is geologically located at a crustal block, named Araguacema which, is mainly represented by granitoids and volcano-sedimentary sequences (greenstone-belt type). Geotectonic compartments were identified as Pau d'Arco Belt (Archean) and Araguaia Belt (Proterozoic).

The Pau d'Arco Belt takes up two thirds of the western part of the area, enclosing archean metamorphic rocks which vary from greenschists (supracrustal) to amphibolites (mesocrustal). The Pau d'Arco Belt rocks present a structural and compositional banding, according to the E-W direction, showing some inflections around the axis and vertical to subvertical dips. This belt is the result of a transcurrent tectonics.

The Araguaia Belt extends along one third of the area, presenting, on its easternmost part, sedimentary rocks – mainly pelitic – and mafic and ultramafic igneous rocks. These rocks present an incipient metamorphism and some tectonic deformations in a compressive regimen from which shearing zones have been resulted. These zones show a thrusting character, with trends varying from N-S to NW-SE. The transcurrent shearing zones present a NE-SW general direction.

In the SW extreme of the Sheet, the Middle Xingu Intracratonic Basin (Proterozoic) occurs a small

area represented by the sediments of the Rio Fresco Group and the Gorotire Formation, the latter overlapping the further. In the Sheet, this geotectonic unit cut off and override the Pau d'Arco Belt.

Igneous manifestations considered as Lower-Medium Proterozoic, are represented by granitic rocks formally named Redenção Sienogranite.

Mesozoic diabase dikes cut the older rocks, presenting a sub-meridian trend, and vertical dip. In the Pau d'Arco Belt, N-S, NE-SW and NW-SE trends were identified.

The rocks of the area were submitted to a strong laterization process considered from the Tertiary age. These laterites are responsible for the plateau formation which are prominent in the Araguaia Belt rocks.

Quaternary sediments the main river channels.

The economic mineral potential of the studied area is represented by gold, iron, manganese, nickel and amianthus occurrences, associated to the greenstone-belt which occur in the Pau d'Arco belt dominion; amianthus, chromium, nickel, copper and talc associated to the ultramafic rocks of the Araguaia Belt dominion and limestones related to the Couto Magalhães Formation sediments, in the Araguaia Belt.

The geochemical anomalies, obtained through the stream sediment and heavy mineral analyses, are related to the lithological background, possibly associated to the structural trend.

## 1

---

# INTRODUÇÃO

## 1.1 Histórico

O Programa Grande Carajás – PGC, ocupa uma superfície de 840.000km<sup>2</sup>, limitada aproximadamente pelos paralelos 00°00' e 09°00' S e pelos meridianos 42°00' e 52°30' WG, abrangendo parte dos estados do Pará, Tocantins e Maranhão (figura 1.1).

O Programa tem como objetivos fornecer subsídios que facilitem o desenvolvimento socioeconômico, amenizem os processos de degradação ambiental e minimizem os riscos nos investimentos nas áreas de exploração mineral e de desenvolvimento agropecuário e florestal. Para atingir tais objetivos, 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 na escala 1:250.000, e seleção de áreas para detalhamento na escala 1:100.000;
- Mapeamento da Vegetação, Inventário Florestal e Monitoramento, na escala 1:250.000 (inventário em oito pólos), num total de 197.550km<sup>2</sup>, na escala 1:100.000;
- Sistema de Informações Geográficas, para o armazenamento e recuperação das informações e

agilidade de acesso na divulgação requerida pelos usuários; e,

- 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/integração dessas imagens.

O primeiro subprograma, inicialmente de responsabilidade conjunta com o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, está sendo executado, atualmente, apenas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Os demais não foram implementados até o momento.

A região abrangida pela Folha Redenção (SC.22-X-A), área objeto deste texto explicativo, teve os trabalhos iniciados em 1988 e concluídos em 1995. O mapeamento geológico, obedeceu à metodologia apresentada no documento denominado Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás.

## 1.2 Localização e Acesso

A Folha Redenção (SC.22-X-A) compreende uma área de cerca de 18.287 km<sup>2</sup> limitada pelos paralelos 8°00' e 9°00' S e pelos meridianos 49°30'



**PROJETO ESPECIAL MAPAS DE RECURSOS MINERAIS, DE SOLO E VEGETAÇÃO PARA A ÁREA DO PROGRAMA GRANDE CARAJÁS**

SUBPROJETO RECURSOS MINERAIS

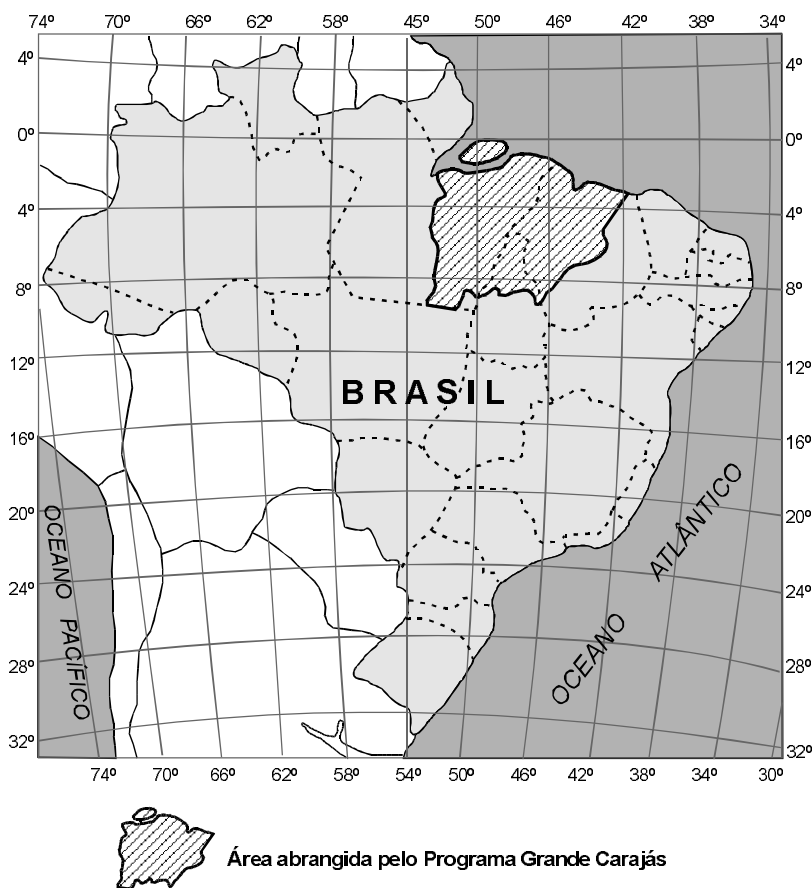


Figura 1.1 – Localização da área do Programa Grande Carajás.

e 51°00' WGr. (figura 1.2). Geograficamente situa-se na porção SE do estado do Pará, abrangendo pequena área do NW do estado do Tocantins. Nela estão contidas partes dos municípios de Redenção, Conceição do Araguaia, Santa Maria das Barreiras, Santana do Araguaia e Ourilândia do Norte, todos no estado do Pará e Araguacema no estado do Tocantins (figura 1.3).

As cidades de Redenção, Araguacema e Santa Maria das Barreiras, todas sedes municipais, são os principais núcleos urbanos. Redenção é servida por linha aérea regular que permite acesso à capital do estado. As duas outras possuem pistas de pouso de tamanho médio, operantes para aviões bimotores tipo Bandeirantes. Em toda a região, as grandes fazendas possuem pistas para aviões de pequeno porte.

A principal via de acesso rodoviário para Belém, em uma extensão de 839km, é a PA-150 que, na ci-

dade de Redenção, une-se à PA-287, ambas asfaltadas (figura 1.3). A primeira prossegue para SSW, passando pelo povoado de Sawanópolis, continuando no sentido de Santana do Araguaia. A segunda dirige-se para ESE rumo à cidade de Conceição do Araguaia, alongando-se até a rodovia Belém-Brasília.

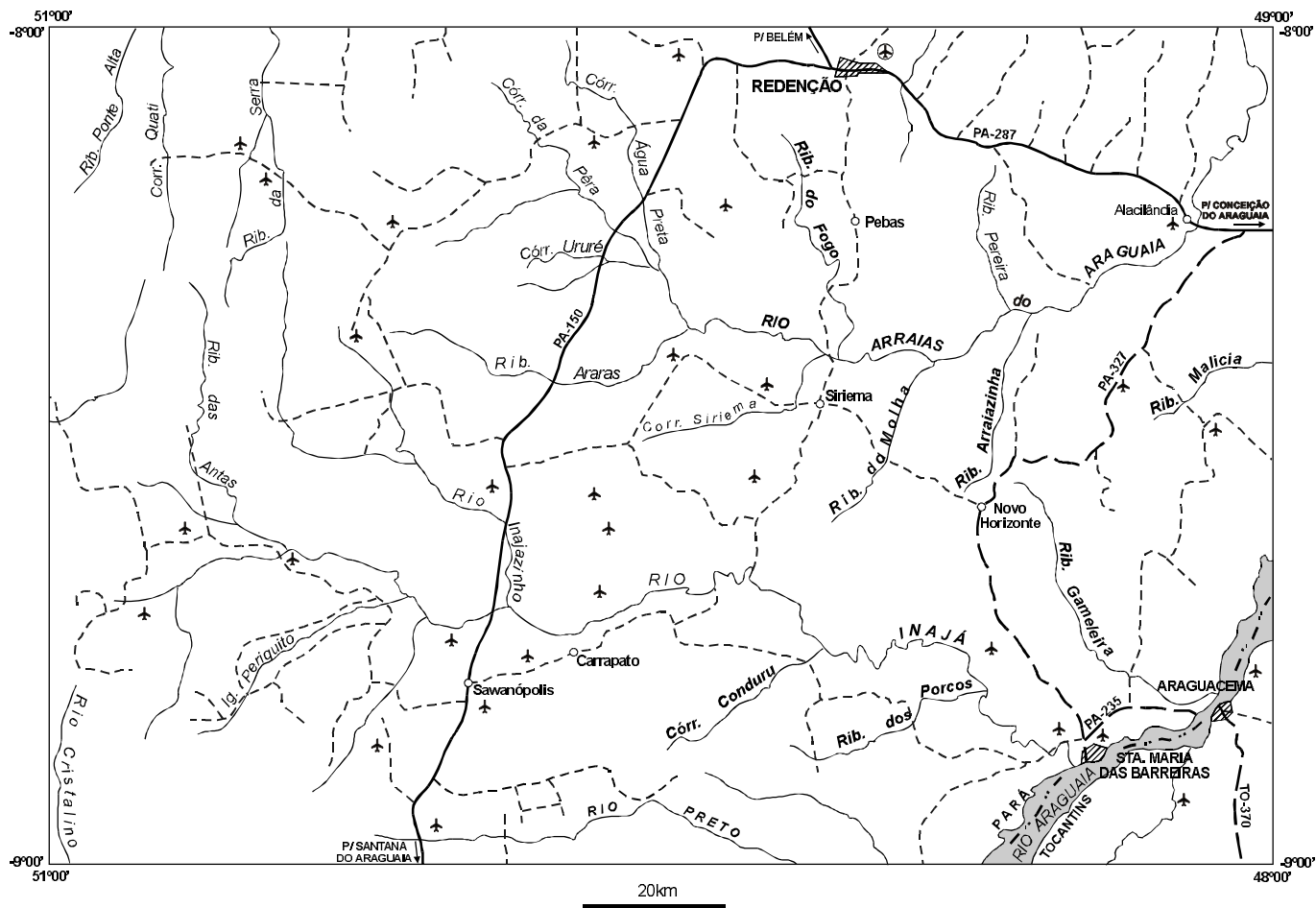
A partir das duas vias asfaltadas desenvolve-se uma malha de ramais secundários, formada por estradas de terra batida, com boas condições de tráfego no verão, unindo as cidades maiores como Santa Maria das Barreiras à PA-287, Rio Dourado (na Folha SC.22-V-B) à PA-150, e Araguacema à BR-156 (na Folha SC.22-X-D). Estradas menores ligam as sedes das grandes fazendas entre si e/ou às rodovias principais. Ramais de duração efêmera, abertos por madeireiros, formam um intrincado traçado e muitas vezes são aproveitados por agricultores para instalação de pequenas colônias.



- |                                   |                              |                                   |
|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| * SA.22-X-A Chaves                | SA.23-Y-D Santa Inês         | SA.22-Z-B Xambioá                 |
| * SA.22-X-B Soure                 | SA.23-Z-C Itapecuru-Mirim    | SA.23-Y-A Tocantinópolis          |
| * SA.23-V-A Salinópolis           | * SA.23-Z-D Chapadinha       | SA.23-Y-B Fortaleza dos Nogueiras |
| * SA.23-V-B Baía de Emborai       | * SA.24-Y-C Granja           | * SA.23-Z-A São João dos Patos    |
| * SA.22-V-D Gurupá                | * SA.22-V-A Rio Iriri        | * SA.23-Z-B Floriano              |
| SA.22-X-C Portel                  | SB.22-V-D Rio Bacajá         | * SB.22-Y-C Crocaimore            |
| SA.22-X-D Belém                   | SB.22-X-A Repartimento       | * SB.22-Y-D Rio Fresco            |
| SA.23-V-C Castanhal               | SB.22-X-B Rondon do Pará     | SB.22-Z-C Xinguara                |
| SA.23-V-D Turiaçu                 | SB.23-V-A Açailândia         | SB.22-Z-D Araguaína               |
| * SA.22-X-C Cururupu              | SB.23-V-B Vitorino Freire    | SB.22-Y-C Carolina                |
| * SA.22-Y-B Senador José Porfírio | SB.23-X-A Bacabal            | * SB.23-Y-D Balsas                |
| SA.22-Z-A Cametá                  | * SB.23-X-B Caxias           | * SB.23-Z-C Uruçuí                |
| SA.22-Z-B Tomé-Açu                | * SB.23-X-C Rio Pardo        | * SB.22-V-A Rio Chiché            |
| SA.23-Y-A Rio Capim               | SB.22-V-D Alto Bacajá        | * SC.22-V-B Serra Cubencranquém   |
| SA.23-Z-A Pinheiro                | SB.22-X-C Serra Pelada       | * <b>SC.22-X-A REDENÇÃO</b>       |
| * SA.23-Z-A São Luís              | SB.22-X-D Marabá             | * SC.22-X-B Conceição do Araguaia |
| * SA.23-Z-B Barreirinhas          | SB.23-V-C Imperatriz         | * SC.23-V-A Atacajá               |
| * SA.24-Y-A Parnaíba              | SB.23-V-D Barra do Corda     | * SC.23-V-B Tasso Fragoso         |
| * SA.22-Y-C Agrópolis Brasil Novo | SB.23-X-C Presidente Dutra   | * SC.22-V-C Rio Iriri Novo        |
| SA.22-Y-D Altamira                | * SB.23-X-D Terezina         | * SC.22-V-D Rio Capivara          |
| SA.22-Z-C Tucuruí                 | * SB.22-Y-A Igarapé Triunfo  | * SC.22-X-D Miracema do Norte     |
| SA.22-Z-D Goianésia               | SB.22-Y-B São Félix do Xingu | SC.23-V-C Lizarda                 |
| SA.23-Y-C Paragominas             | SB.22-Z-A Serra dos Carajás  |                                   |

\* FOLHAS PARCIAIS

Figura 1.2 – Cobertura cartográfica na escala 1:250.000.



- Estrada estadual pavimentada
- - - Estrada estadual não-pavimentada
- Estrada vicinal
- . - . Limite entre estados
- ▨ Cidade
- Vila
- ✈ Pista de Aviação
- ⊕ Aeroporto

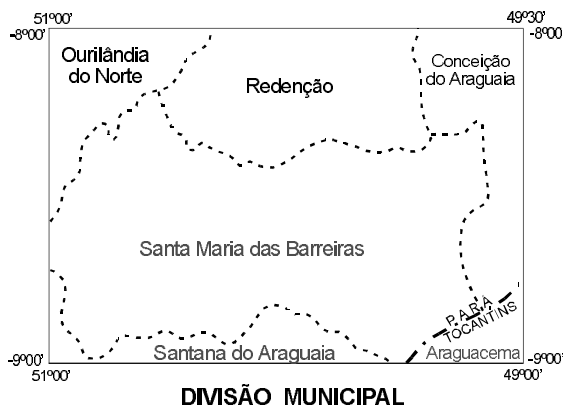


Figura 1.3 – Mapa de infra-estrutura e acesso da Folha Redenção.

O principal acesso fluvial para barcos de pequeno porte é o rio Araguaia, que corre em curta extensão na porção SE da folha em apreço e em cujas margens localizam-se as cidades de Araguacema e Santa Maria das Barreiras. Ele é utilizado pelos habitantes ribeirinhos para deslocamento entre as cidades e povoados instalados em suas margens. Porém, paulatinamente vai perdendo importância como via de integração para as estradas, que permitem tráfego mais rápido.

### 1.3 Aspectos Socioeconômicos

Redenção, a cidade mais importante, tem boas condições de infra-estrutura, possuindo telefonia, educação de 1º e 2º grau, hotéis, hospitais, sinal de televisão, correios e telégrafos, emissora de rádio, aeroporto, energia elétrica, bancos etc.

A principal atividade econômica da região é a pecuária de corte, principalmente da raça nelore, e secundariamente, a indústria madeireira, com várias serrarias que beneficiam o mogno para exportação e consumo interno, e outras espécies vegetais para a produção de laminados que são enviados para o Centro-Oeste objetivando a elaboração de compensados.

Os garimpos de ouro, como os da bacia do rio Inajá, e os da região de Cumaru, estes últimos situados na Folha Xinguara, porém com comercialização em Redenção, estão praticamente esgotados para garimpagem.

A agricultura é principalmente de subsistência, baseada na produção de arroz, feijão, milho e mandioca; um grande projeto para cultura racional de abacaxi começa a dar seus primeiros frutos. Através de estufas e tecnologia israelense, deve ser intensificado o cultivo de hortaliças, com produção durante o ano inteiro.

Pequenas empresas, como olarias manuais, produzem tijolos e telhas, enquanto outra produz brita a partir de granito. Três grupos empresariais têm projetos de exploração de rochas como material de decoração e construção. Argila, areia e cascalho são abundantes.

### 1.4 Clima e Fisiografia

Segundo o Atlas Climatológico da Amazônia (SUDAM, 1984), a região trabalhada tem as seguintes características, em valores médios anuais: umidade relativa de 80 a 85%, temperatura máxima

média anual 32°C e mínima média anual 19°C, precipitação de 2.000mm e mais de 120 dias com chuvas.

De acordo com a classificação de Köppen, baseada principalmente na quantidade e distribuição anual da precipitação e nos valores da temperatura média mensal e anual, o clima dominante pertence ao Grupo A (Clima Tropical Chuvoso), tipos Am e Aw (figura 1.4).

O tipo Am é um clima tropical úmido de monção, com precipitação excessiva entre os meses de dezembro e fevereiro, o que compensa a ocorrência de um ou dois meses (julho/agosto) com precipitações inferiores a 60mm. Tem como vegetação característica a floresta tropical.

O tipo Aw é um clima tropical úmido, com uma estação seca bem acentuada (junho a setembro) coincidindo com o inverno e tem pelo menos um mês com um nível de chuva inferior a 60mm. A vegetação característica é a savana.

A hidrografia é formada pela bacia do rio Araguaia em cerca de 80% da área e pela bacia do rio Fresco, afluente da margem direita do rio Xingu, esta última localizada junto à porção limítrofe oeste da Folha Redenção (figura 1.3).

O rio Araguaia, outrora importante via de integração regional, corre em um pequeno trecho no extremo-SE da folha e desloca-se em uma larga planície aluvial, no sentido de SW para NE. Possui inúmeros paranás separados por ilhas formadas de material recentemente depositado. O vale principal é largo, de fundo chato, com travessões de direção N-S formados por diques de diabásio, com margens espraiadas quando situado sobre sedimentos inconsolidados do Holoceno, e esbarancadas quando instalado sobre sedimentos de idade pleistocênica, de origem fluvial. O vale apresenta-se orientado segundo duas direções bem definidas, uma em torno de N30°-40°E e outra aproximadamente E-W, refletindo o controle estrutural.

Na planície aluvial, em parte submetida a inundações sazonais, são comuns os lagos em forma de pestana ou quarto crescente, resultantes do deslocamento lateral do leito principal e paranás, e abandono e interrupção de meandros e segmentos do rio por deposição de material recente.

Seus principais afluentes são o rio Inajá e seus tributários Inajazinho, Periquito e das Antas, o rio Arraias do Araguaia e seus formadores Água Preta, Ururé, Araras e Rio Preto. Todos eles, mais os tributários da bacia do rio Fresco, nascem na serra do Gradaús e seus prolongamentos.

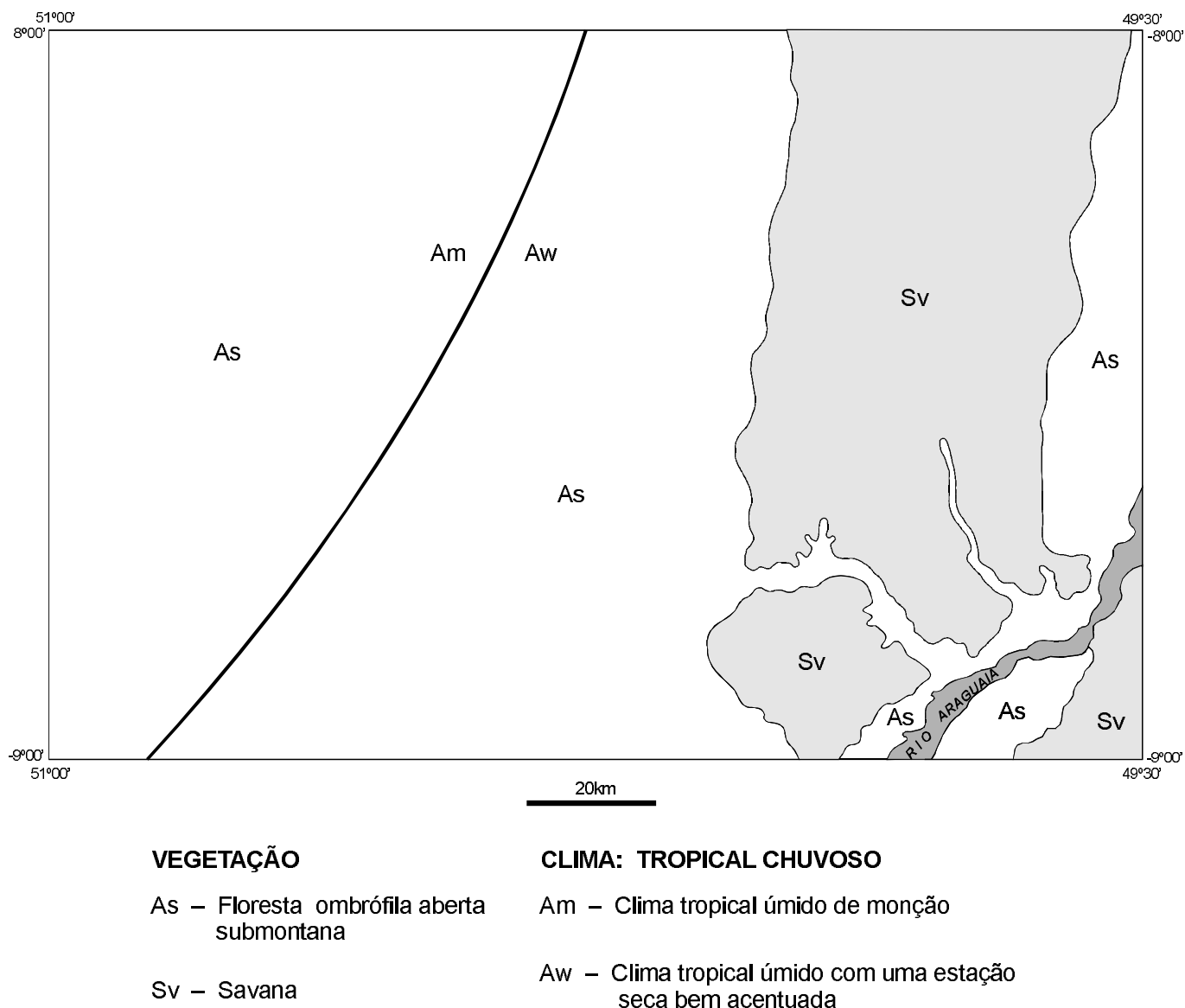


Figura 1.4 – Mapa de vegetação e de clima.

A drenagem tem intrínseca relação com o relevo: nas áreas serranas é nítido o controle estrutural dos drenos maiores, em especial onde afloram os granitos Xinguara e Redenção. Aí, os vales são estreitos, com segmentos retilíneos, freqüentemente expondo o substrato rochoso e formando pequenas cachoeiras e corredeiras. Nas áreas rebaixadas, nos domínios do Tonalito Arco Verde, onde provavelmente desenvolveu-se uma sedimentação recente resultante da erosão das serras adjacentes, o controle estrutural é bem menor. Os rios têm vales estreitos porém profundos, raramente expõem o substrato rochoso e as planícies aluviais são restritas ou ausentes.

Quando a drenagem alcança os metassedimentos da Formação Couto Magalhães, a leste, os rios voltam a apresentar um forte controle estrutural, principalmente os de segunda e terceira ordem. É comum observar-se a formação atual de voçorocas, lineares e retilíneas, sobre lateritos terciários, e a subordinação das bordas de alguns dos platôs lateríticos a fraturas e falhas, indicativas da implantação da drenagem até nos dias recentes.

Completando a drenagem, uma densa rede de igarapés, grotas e ravinas, os maiores mantendo pequena lâmina d'água durante grande parte do ano, fornecem, através de pequenas barragens, água para as fazendas e povoados. O potencial

energético é baixo, porém os rios são muito piscosos e abastecem de peixe os habitantes locais.

A vegetação é condicionada pelo clima tropical chuvoso e ocorre na forma de floresta ombrófila aberta e de savana, esta última em uma faixa submeridiana dentro de parte da área de exposição das rochas da Formação Couto Magalhães (figura 1.4).

A savana abrange as várias formações herbáceas intercaladas por pequenas plantas lenhosas até arbóreas, em geral serpenteadas por floresta-de-galeria. Em função da abundância e da altura das árvores, o Projeto Radambrasil (1981) cartografou quatro fisionomias correspondentes às formações: Savana Arbórea Densa (Cerradão), Savana Arbórea Aberta (Campo Cerrado), Savana Parque e Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo). As duas primeiras têm estrutura florística semelhante, porém o Campo Cerrado apresenta estrutura mais aberta e bem mais baixa. As espécies mais comuns são a lixeira, paus-terra, faveiro, barbatimão, angico-preto, sucupira e outras.

Na Savana Parque o tapete graminóide apresenta uma cobertura arbórea esparsa, com uma só espécie, ao passo que o Campo é uma formação campestre entremeada de plantas lenhosas anãs, mas sem cobertura arbórea.

A floresta-de-galeria só não ocorre no âmbito do Cerradão e é composta de elementos arbóreos de hábitos completamente diferentes das espécies que as circundam, constituindo verdadeiros refúgios florestais. Ela geralmente varia quanto à largura e à composição, mas a vegetação é sempre alta e densa, com incidência de ipê-amarelo, itaúba, jatobá, quaruba, jacareúba e as palmeiras buriti, inajá-cabeçudo, macaúba e babaçu.

A Floresta Aberta Ombrófila é caracterizada, como um todo, pela presença de um estrato arbóreo de altura uniforme, variando localmente de média a baixa, donde sobressaem árvores emergentes como a castanha-do-pará e o mogno. É comum a ocorrência de palmeiras, destacando-se o babaçu e o inajá na terra firme e o açazeiro ao longo dos alagados das planícies aluviais. Apesar da grande diversidade de suas espécies, o potencial madeireiro é baixo, seja pela existência de poucos tipos comerciais, seja pela baixa concentração dos mesmos. Esta formação florestal ocorre indiscriminadamente sobre as mais variadas rochas e é de difícil penetração, principalmente nas áreas de abundância de lianas.

A ação antrópica tem mudado muito a paisagem natural nestes últimos anos, principalmente pela implantação de grandes fazendas destinadas à cri-

ação de gado de corte e secundariamente pela instalação de garimpos, pela extração de madeira e pela formação de pequenas culturas de subsistência. A observação de imagens de satélite obtidas no ano de 1987, permite afirmar que pelo menos 30% da área de floresta e 22% da área de savana foram destruídas pelo homem, muitas vezes com apoio financeiro de instituições oficiais.

Os solos via de regra são profundos, de baixa fertilidade, e segundo Oliveira *et al.* (1981), distribuem-se regionalmente da seguinte maneira:

a) Domínio do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico – é constituído por solos profundos, bem acentuadamente drenados, muito permeáveis, porosos e com elevado grau de intemperização. Possuem perfil com seqüência de horizontes A, B e C, e originam-se de rochas do Pré-Cambriano sob relevo suavemente ondulado e vegetação de Savana.

b) Domínio do Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico – são solos com horizonte B textural, não hidromórfico, profundos a medianamente profundos, bem a moderadamente drenados, com seqüência de horizontes A, B e C. Têm valores de saturação de bases entre 2 e 49%. Desenvolvem-se em terrenos planos a montanhosos, sob cobertura vegetal de savana e floresta e originam-se da decomposição de rochas do Tonalito Arco Verde.

c) Solos Litólicos Distróficos – são solos rasos ou muito rasos, pouco desenvolvidos, geralmente constituídos de perfis com um horizonte C, ou ainda sob um B incipiente. São encontrados sob vegetação de floresta e savana, em relevo que varia de forte ondulado a montanhoso com escarpas e originam-se da decomposição de rochas de idade pré-cambriana.

d) Solos Concrecionários Distróficos – são solos rasos a medianamente profundos, bem a moderadamente drenados, possuindo como característica fundamental a ocorrência de grande quantidade de concreções ferruginosas do tamanho de cascalho e calhau, ocupando a camada agriculturável do solo ou todo o perfil. Apresentam-se sob cobertura vegetal de savana em relevo que varia de suave ondulado a forte ondulado, com material originário proveniente de rochas da Formação Couto Magalhães e da Formação Quixadá.

e) Gley pouco Húmico Distrófico – são solos pouco desenvolvidos, sob grande influência do lençol freático próximo à superfície, ou mesmo nesta, pelo menos em certa época do ano e apresentam os horizontes A e C. São pouco permeáveis, imperfeitamente a mal drenados, originários do Holoceno Aluvionar e encontram-se cobertos por floresta em relevo plano, nas planícies aluviais.

# 2

---

## GEOMORFOLOGIA

As informações relacionadas aos aspectos geomorfológicos foram baseadas nos trabalhos regionais executados por Mamede, Ross & Santos (1981) e nos dados obtidos no decorrer dos trabalhos de campo deste Projeto. Para a elaboração do esboço geomorfológico foram utilizados os seguintes materiais, nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, pertinentes à área da Folha Redenção: cartas plani-altimétricas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, mosaicos de radar, imagens de satélite LANDSAT TM-5 bandas 4 e 5, e aerofotos verticais, preto e branco, estas últimas nas escalas 1:45.000 e 1:60.000.

Segundo aqueles autores a região estudada compreende porções do Planalto Dissecado do Sul do Pará, da Depressão do Araguaia e da Planície do Bananal (figura 2.1).

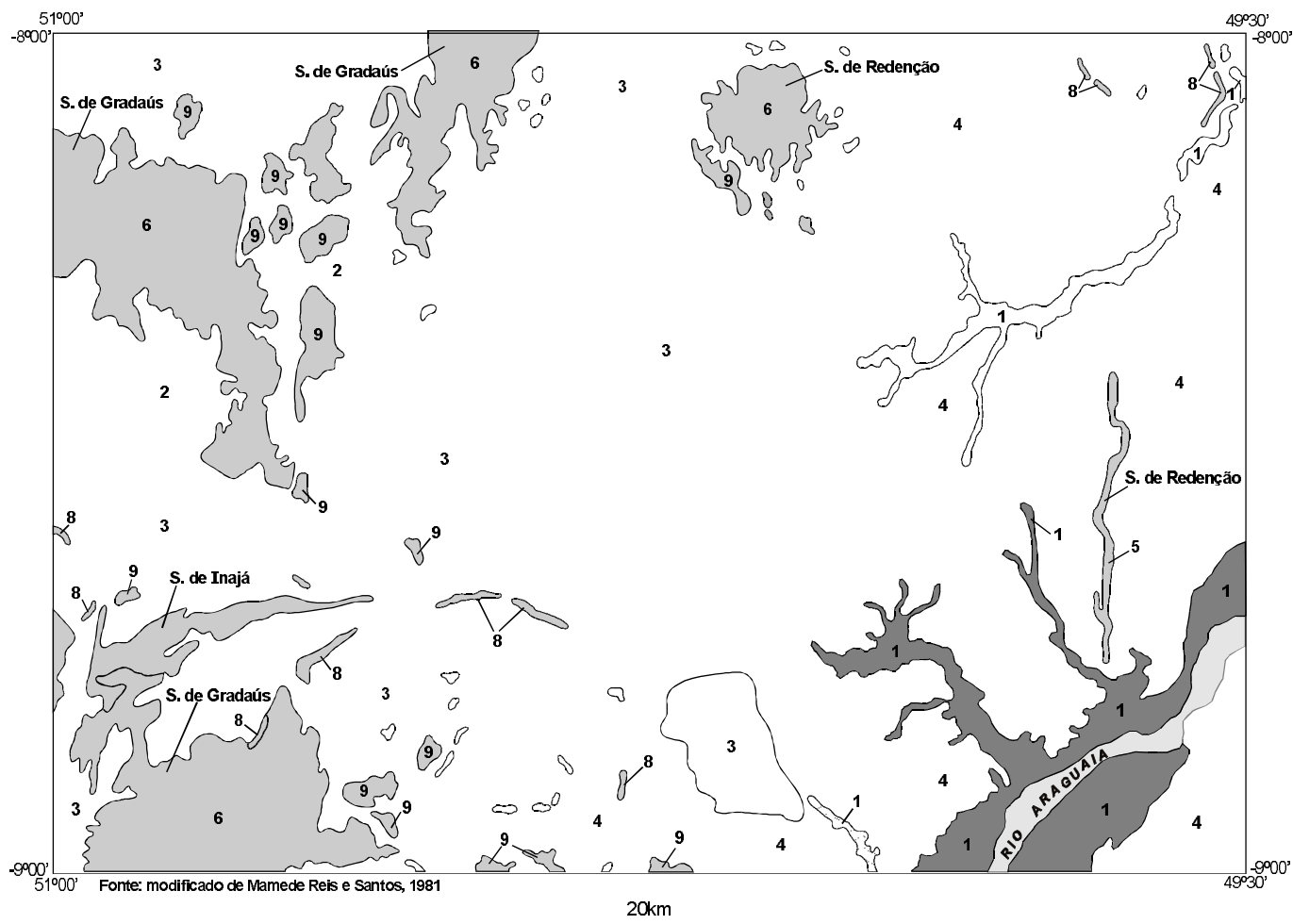
O Planalto, na Folha SC.22-X-A, compreende fundamentalmente a parte mais elevada do interflúvio Araguaia-afluentes da margem direita do rio Fresco. Ela é formada por relevos residuais, fortemente recortados e espacialmente descontínuos, situados em altitudes médias de 400 a 700m. Neste panorama destacam-se as serras do Gradaus (monzogranitos gnaisses), do Inajá (metassedimentos e metavulcânicas), de Redenção (granitos intrusivos protezóicos) e Quatipuru (máficas e ultramáficas).

A Depressão do Araguaia abrange uma vasta superfície rebaixada, com altura variando de 160 a 300m, envolvendo unidades diversas, porém predominantemente rochas do Tonalito Arco Verde e da Formação Couto Magalhães.

A Planície do Bananal constitui uma ampla faixa deposicional relacionada ao curso do rio Araguaia e ao baixo curso do rio Inajá, onde há dominância de uma superfície muito plana, com altura média entre 140 e 160m e ocorrência de sedimentação quaternária.

Dentro de cada uma destas unidades maiores foram caracterizados os elementos de relevo e drenagem, agrupados em áreas com formas semelhantes, denominando-se cada conjunto de Sistema de Relevo, de acordo com a conceituação proposta por Cook & Doornkamp (1978), tendo-se identificado dois grandes grupos (figura 2.1):

- Relevos de Agradação, desenvolvidos pela ação construtiva aluvial.
- Relevos de Degradação, maturamente dissecados, produzidos pela ação contínua dos processos de desnudação, englobando três grupos principais de relevo: Relevo de Colinas, de Morros e de Serras. O primeiro abrange três subdivisões: Colinas com Topos Suavemente Arredondados, Colinas com Topos Aplanados e Colinas com Topos Agudos. O relevo de Morros compreende os Mor-



### COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS



### SISTEMA DE RELEVO

<b>Relevo de Agradação</b>		- Relevo de Serras	
<b>1</b>	Planície e Terraços	<b>5</b>	Serras Alongadas
<b>Relevo de Degradação</b>		<b>6</b>	
- Relevo de Colinas		Serras com topos restritos agudos ou arredondados	
<b>2</b>	Colinas com topos agudos	<b>7</b>	Serras com topos restritos agudos fortemente ravinados
<b>3</b>		- Relevo de Morros	
Colinas com topos agudos suavemente arredondados		<b>8</b>	Colinas com topos agudos
<b>4</b>	Colinas com topos aplanados	<b>9</b>	Colinas com topos aplanados

Figura 2.1 – Esboço Geomorfológico.



ros Alinhados e os Morros Não-Alinhados. Por sua vez, o relevo de serras foi subdividido em Serras Alongadas, Serras com Topos Restritos Agudos ou Arredondados e Serras com Topos Restritos Agudos Fortemente Ravinados.

O Relevo de Agradação compreende as planícies aluviais holocênicas representadas pelos terrenos baixos e planos junto às margens dos rios, sujeitos periodicamente a inundações (foto 1) e os terraços aluviais, pleistocênicos, horizontais, alçados de poucos metros em relação às planícies aluviais e não inundáveis (foto 2).

Tem expressiva área de ocorrência nas margens do rio Araguaia, compondo a Planície do Bananal, e nos baixos cursos de seus afluentes. Existe uma forte correspondência entre o substrato rochoso e a amplitude das planícies aluviais, estando estas melhor desenvolvidas nas áreas de exposição de rochas friáveis tipo metassedimentos da Formação Couto Magalhães que, pelo intemperismo e erosão, produzem grande quantidade de sedimentos inconsolidados. Também existe uma relação direta com a vazão dos rios e sua capacidade de deslocarem-se lateralmente, adicionando novos sedimentos às laterais da planície e destruindo e substituindo os sedimentos depositados em seu interior.

As feições morfológicas marcantes desta unidade são o relevo arrasado e aplanado, com drenagens onde abundam paranás, rios com leitos muito sinuosos indicando uma baixa capacidade de erosão, abundantes ilhas nos leitos maiores, diques marginais, formação de extensos bancos de areia nos períodos mais secos do ano, cicatrizes de antigos meandros e lagos em forma de pestana ou quarto crescente, geralmente em processo de assoreamento.

Nos Relevos de Agradação predominam sedimentos inconsolidados a pouco consolidados; a deposição de muito humus e a umidade elevada permitem o desenvolvimento de vegetação tipo Floresta Ombrófila, com muitas espécies típicas deste ambiente.

Fazendo parte dos Relevos de Degradação, o Relevo de Colinas abrange cerca de 80% da área estudada e está incluído na Depressão do Araguaia. Apresenta altura média de 160 a 260m e foi subdividido em três grandes unidades. O relevo de Colinas com Topos Suavemente Arredondados é caracterizado por extensas áreas colinosas desenvolvidas principalmente sobre gnaisses e migmatitos do Tonalito Arco Verde. As elevações têm altura média de 10m, com topo suavemente arredonda-

do e encostas de baixa declividade, constituindo interflúvios sem orientação (foto 3).

A vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Aberta e a drenagem tem padrão dendrítico, com trechos dos rios maiores mostrando alguma subordinação a falhas e fraturas. A drenagem tem densidade média, com áreas localizadas como aquela entre as serras do Gradaús e do Inajá com densidade elevada. Os vales são estreitos e profundos, em forma de calha, medianamente encaixados, assimétricos, e as ravinas mostram algum condicionamento estrutural segundo as direções NW e NE.

Parte deste relevo, em especial próximo às serras do Gradaús e do Inajá, está sobreposto por uma cobertura de material inconsolidado, pouco transportado, formado na base principalmente por seixos de quartzo em matriz arenosa, de espessura até métrica, seguidos de sedimentos siltico-argilosos em direção ao topo, até o horizonte A do solo. Esta cobertura, provavelmente de idade pleistocênica, está relacionada ao soerguimento e desmantelamento das serras adjacentes e é a responsável pela existência de extensas áreas sem afloramentos. Tem importância metalogenética, porque quando derivada de rochas do Grupo Inajá pode conter ouro associado ao cascalho da base.

As Colinas com Topos Aplanados ocorrem nos domínios das rochas da Formação Couto Magalhães e em parte da área de exposição das rochas do Grupo Serra do Inajá (foto 4). Predominam as elevações com topos tendendo à tabularidade, junto com colinas de topos convexos com encostas de baixa declividade. Este conjunto colinoso tem altura média de 5 a 15m, ora com perfil em platô (foto 5) ora com perfil com encostas suaves e convexas, formando interflúvios sem orientação, com áreas de dezenas de quilômetros quadrados.

A drenagem tem densidade média a moderada e forma padrão subarborescente, freqüentemente com os vales maiores encaixados em falhas e fraturas rúpteis, orientadas segundo N20°E, N30°E, N20°W, N30°W e N60°W. Regra geral, os vales são rasos, abertos e de fundo chato. Quando implantada sobre metassedimentos apresenta forte ravinação, formação abundante de voçorocas nas cabeceiras e desenvolve largas planícies aluviais. No âmbito da Faixa Araguaia as ravinas estão subordinadas à estruturação regional das rochas metamórficas da Formação Couto Magalhães, com algumas áreas mostrando forte orientação segundo NNW/SSE.

Na área de exposição das rochas do Grupo Tocantins a vegetação predominante é a de savana,

com mata-de-galeria nos vales, secundada pela Floresta Ombrófila Aberta. Nas rochas metavulcânicas do Grupo Inajá predomina esta última.

Esta vasta superfície provavelmente se desenvolveu durante o Terciário, quando as condições climáticas permitiram a formação de espessa crosta de lateritos ferruginosos, que podem alcançar várias dezenas de quilômetros quadrados de extensão. Com as devidas reservas ela pode ser correlacionada com a Superfície Sul-Americana de King (1956) e que provavelmente permaneceu intacta ao longo do tempo em função da estabilidade tectônica pós-Terciário (foto 5). Atualmente, com os processos tectônicos rúpteis ligados ao Plio-Pleistoceno, esta superfície apresenta sinais de desmantelamento. Alguns soerguimentos localizados como o da serra do Quatipuru, guardam resquícios desta crosta em terraços muito elevados em relação à superfície colinosa.

O Relevo de Colinas com Topos Agudos ocorre em pequena extensão na região noroeste da serra do Gradaús e destaca-se pelas alterações alinhadas segundo NE-SW, denotando forte controle estrutural. Desenvolve-se sobre gnaisses de composição tonalítica a trondhjemitica, em área de floresta ombrófila.

O Relevo de Serras é formado pelas grandes elevações, cuja morfologia é fortemente influenciada pela composição mineral das rochas do substrato e pelo condicionamento estrutural.

O Relevo de Serras Alongadas é sustentado por rochas do Grupo Serra do Inajá (foto 3) e por *cherte* rochas máficas e ultramáficas do Grupo Tocantins (serra do Quatipuru – foto 6) e em ambos os casos mostram forte subordinação à estruturação regional daquelas unidades.

A serra do Inajá compreende um conjunto formado por elevações com altitude média situada entre 400 e 700m, com ponto culminante de 764m, de topos em forma de cristas agudas sustentadas por formações ferríferas bandadas. Geralmente as elevações mostram notável simetria ou apresentam-se ligeiramente em forma de *hogback*, com flancos com alta declividade e fortemente festonados, constituindo interflúvios orientados segundo ENE-WSW, com largura de centenas de metros e com dezenas de quilômetros de comprimento. A drenagem é formada pelo forte ravinamento nas encostas, perpendiculares à linha de cumeeira, e por igarapés controlados pela estruturação ENE-WSW, que deságuam em cursos maiores que seccionam profundamente a cercania segundo a direção aproximada N-S.

As ravinas têm vales estreitos, bem impressos e não apresentam planície aluvionar. Os drenos maiores meandram em vales alinhados segundo NE-SW, escavando até a base da serra e formando amplas planícies aluviais onde garimpeiros extraem ouro. A vegetação é do tipo Floresta Ombrófila Aberta com raras áreas expondo a rocha desnuda, principalmente formações ferríferas bandadas.

A serra do Quatipuru é uma elevação sinuosa, longilínea, orientada segundo N-S e formada por uma ou mais cristas paralelas, que se alteiam entre as altitudes de 300 e 500m, com ponto culminante de 542m e em desnível médio de 200m em relação ao mar de colinas em volta. Os topos são formados por cristas agudas, com perfil em *cuesta* ou *hogback*, mergulhando para leste em concordância com o acamadamento dos metamorfitos da Formação Couto Magalhães (foto 6). As encostas têm alta declividade, com terraços suspensos sustentados por espessas carapaças lateríticas, onde se desenvolve vegetação tipo savana.

O Relevo de Serras com Topos Restritos Agudos ou Arredondados está intimamente relacionado a rochas de composição granítica pertencentes às unidades proterozóicas intrusivas (Sienogranito Redenção) e arqueanas (Monzogranito Xinguara), responsáveis pela edificação das serras de Redenção e de Gradaús. Exibem conjuntos de elevações com altitudes médias compreendidas entre 400 e 500m, com pontos culminantes de 675m.

Na serra de Redenção as elevações apresentam topos agudos e convexos, alinhados segundo NW e NE, direções principais da estruturação rúptil que afetou os granitóides proterozóicos. As encostas têm forte declividade e os muitos deslizamentos de solo deixam aflorar a rocha nua. A drenagem apresenta baixa densidade, irradiando do centro do corpo, mas mantendo um padrão subarborescente, de vales largos, de fundo chato, com amplas planícies aluviais e poucas ravinas.

Na serra de Gradaús, o relevo mostra-se fortemente estruturado segundo NE e subordinadamente NW. Os topos ora são agudos, ora são convexos, ora tendem à tabularidade, frutos da resposta à maior ou menor intensidade do fraturamento. As encostas têm alta declividade e a drenagem tem padrão subarborescente a sub-retangular, de densidade alta, com o leito dos grandes igarapés fortemente controlados pelo intenso fraturamento. Nas cabeceiras os vales via de regra são estreitos e profundos, de perfil em V ou em calha, alargando-se para jusante quando constroem grandes planícies aluviais.

A unidade constituída de Serras com Topos Restritos Agudos Fortemente Ravinados corresponde à área de exposição de rochas sedimentares da Bacia do Médio Xingu, no prolongamento da serra do Gradaús, formando elevações com altitudes médias compreendidas entre 500 e 600m. As formas topográficas originadas pela erosão deste terreno rochoso apresentam topos agudos e convexos, orientados em forma de semicírculo aberto para oeste no sentido do caimento do mergulho dos sedimentos. A drenagem apresenta alta densidade, formada principalmente por estreitas ravinas de fundo em forma de V e alta declividade, sem planícies aluviais.

O Relevo de Morros abrange as elevações isoladas que se destacam do relevo colinoso em volta, distribuídas em todos os quadrantes da área trabalhada, envolvendo rochas diversas, geralmente com altitude superior a 400m, de dimensões varia-

das, que, dependendo da forma, foram divididas em Morros Alinhados e Morros Não-Alinhados.

Os Morros Alinhados constituem elevações de comprimento variando de centenas de metros até quilômetros, são caracterizadas pela forma linear com topo em crista aguda e convexa, orientadas nas mais variadas direções, formadas por veios de quartzo, formações ferríferas bandadas, *chert* e conjuntos metavulcano-sedimentares. A declividade dos flancos das elevações é alta e neles só se desenvolvem ravinas.

Os Morros Não-Alinhados possuem formas diversas, variando de subarredondados, amebóides a irregulares, com superfície que pode atingir até 20km<sup>2</sup>. As rochas que sustentam estes morros são de composição predominantemente granítica e abrangem desde tipos deformados relacionados ao Tonalito Arco Verde até tipos isotropos identificados como granitos anorogênicos.

# 3

---

## GEOLOGIA

### 3.1 Contexto Geológico-Geotectônico Regional

A partir da década de 60, inúmeros pesquisadores abordaram a Geologia da Região Amazônica em termos de entidades tectono-estruturais, utilizando metodologias diversas e obtendo resultados diferentes.

Lima (1984) utilizando-se de parâmetros litológicos, tectono-estruturais, estratigráficos e geocronológicos, propôs a compartimentação do Cráton Amazônico em Províncias Geológicas chamadas de Amazônia Oriental, Amazônia Central, Amazônia Ocidental e Guiana Central (figura 3.1).

Hasui *et al.* (1984) e Hasui & Haralyi (1988) usando dados geofísicos, com ênfase na gravimetria e na magnetometria, integrados aos dados geológicos disponíveis, esboçaram a estruturação mais antiga da Região Amazônica, a partir da articulação de blocos crustais bordejados por cinturões (figura 3.2).

Segundo esta interpretação, as bordas desses blocos são definidas por anomalias gravimétricas positivas, por zonas intensamente magnetizadas e por forte linearização das unidades rochosas, ao passo que os núcleos dos blocos crustais são caracterizados por domínios fracamente magnetizados, isentos de anomalias gravimétricas e pela presença de granitóides e seqüências vulcano-sedimentares tipo *greenstone belt*.

Tassinari *et al.* (1988), baseados no conhecimento geológico existente e com suporte em dados geocronológicos, propuseram a existência de vários cinturões móveis proterozóicos, denominados Sunsas, Rondoniano, Rio Negro-Juruena e Maroni-Itacaiúnas, envolvendo um domínio cratônico antigo, denominado de Província Amazônica Central (figura 3.3).

O conhecimento geológico regional obtido durante a execução do Programa Grande Carajás até o momento, aliado às informações sobre áreas localizadas, investigadas por outras instituições, têm mostrado que o modelo proposto por Hasui & Haralyi (*op. cit.*) é o que mais se aproxima da realidade. Com algumas modificações em relação ao trabalho original desses dois autores, reconhece-se que o arcabouço geotectônico mais antigo da região SE do Estado do Pará (figura 3.2) é constituído pelos blocos Belém, Araguacema, Juruena e Porangatu, articulados entre si pelos cinturões Itacaiúnas, Araguaia, Pau d'Arco e Médio Tapajós. Grandes áreas destes compartimentos acham-se recobertas por unidades vulcano-sedimentares de idade proterozóica e coberturas sedimentares fanerozóicas das bacias do Parnaíba e foz do Amazonas.

Neste panorama geotectônico, a área da Folha Redenção abrange porções dos cinturões Araguaia e Pau d'Arco; é recoberta parcialmente por sedi-

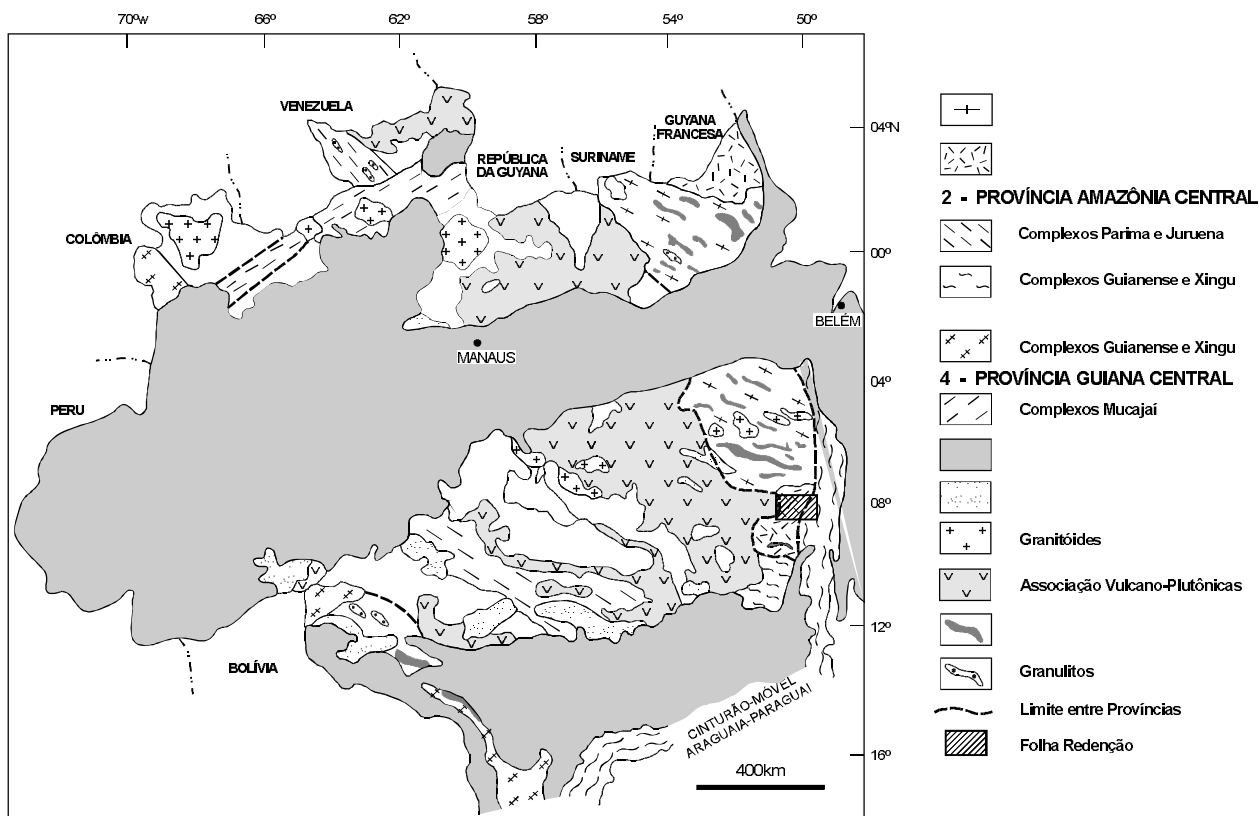


Figura 3.1 – Províncias geológicas do Cráton Amazônico (modificado de Lima, 1984).

mentos do Proterozóico e introduzida por granitos anorogênicos do Proterozóico Médio a Inferior (figura 3.4)

### 3.2 Arranjo Estratigráfico e Caracterização das Unidades

#### 3.2.1 Terreno Preservado

Considera-se aqui como terreno preservado aquele não afetado pelo Cinturão de Cisalhamento Transcorrente Pau d'Arco, cuja implantação se deu, provavelmente, no Arqueano Superior e tendo deformado o Tonalito Arco Verde (2,97Ga) e causando, em seu estágio final, algum reflexo sobre os granitos Xinguara e Rio Maria (2,87Ga). Enquadrada nessa premissa, ocorre na Folha Redenção, uma unidade (megaxenólito) que, por suas características litológicas e estruturais, admite-se a pos-

sibilidade de corresponder ao Trondhjemito Mogno, definido na Folha Xinguara (figura 3.5).

#### Trondhjemito Mogno (Amg)

##### Generalidades

A Docegeo (1988) designou de Trondhjemito Mogno, uma unidade litológica de composição predominantemente trondhjemítica, individualizada de um conjunto maior denominado de Granodiorito Rio Maria, ocorrente nas cidades de Rio Maria e Xinguara.

A Docegeo (*op. cit.*) e Huhn *et al.* (1988) atribuem características intrusivas ao Trondhjemito Mogno associando-o ao mesmo evento magmático do Granodiorito Rio Maria e Tonalito Parazônia. Esses autores atribuem ao Trondhjemito Mogno, a idade de  $2.680 \pm 60$  Ma, obtida pelo método Rb/Sr (Montalvão *et al.*, 1988).

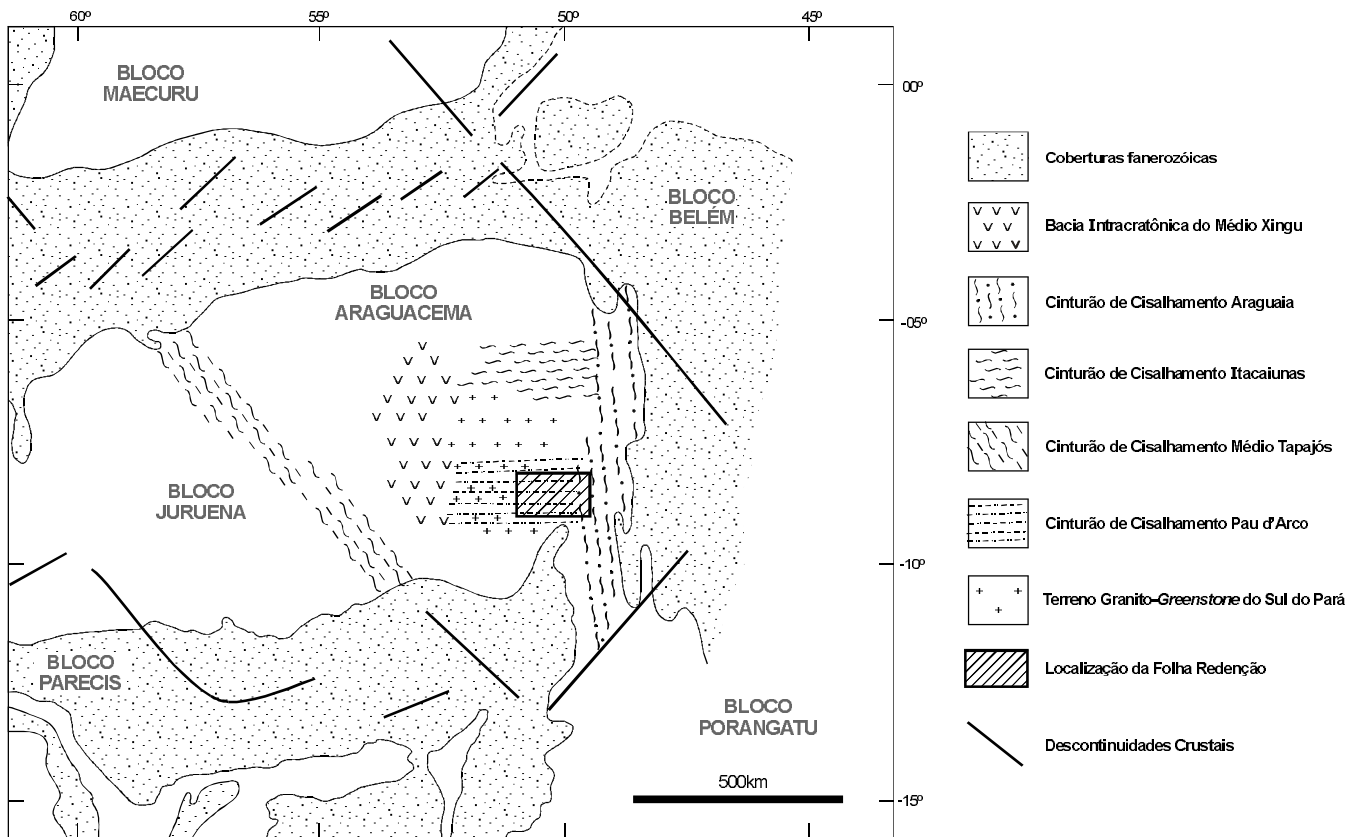


Figura 3.2 – Compartimentação geotectônica regional (adaptado de Hasui et al., 1984).

Pena Filho, J.I.C. e Santos, A. (no prelo) redefinem o Trondhjemito Mogno, como uma suíte TTG, pretérita, cortada por metabasitos associados ao Grupo Andorinhas (*Greenstone belt* Identidade – Souza et al., 1988). Admitem, por outro lado, a existência de uma outra geração de trondhjemitos, pertencentes a uma suíte TTG, com características intrusivas na seqüência do *greenstone belt* supracitado e interpretado como uma variação faciológica do Granodiorito Rio Maria.

A unidade litológica tida como Trondhjemito Mogno, na área deste projeto, é compatível com o conceito adotado por Pena Filho e Santos (*op. Cit.*).

Dois afloramentos estudados (AV-25c e AV-26b), apresentam litótipo caracterizado como trondhjemito, inserido em um domínio fotogeológico anômalo ao regionalmente observado. Esse domínio apresenta um forte lineamento fotogeológico, com trend NE-SW, caracterizado no terreno pelo bandamento composicional, enclaves máficos e foliação, paralelizados, com trend variando entre N40°-N50°E e mergulhos em torno de 70° para NW. As características fotogeológicas, estruturais e litológicas desse domínio são semelhantes às do Trondhjemito Mogno, descrito em sua área típica (Folha Xinguara), justificando, assim, a mesma designação formal (figura 3.5).

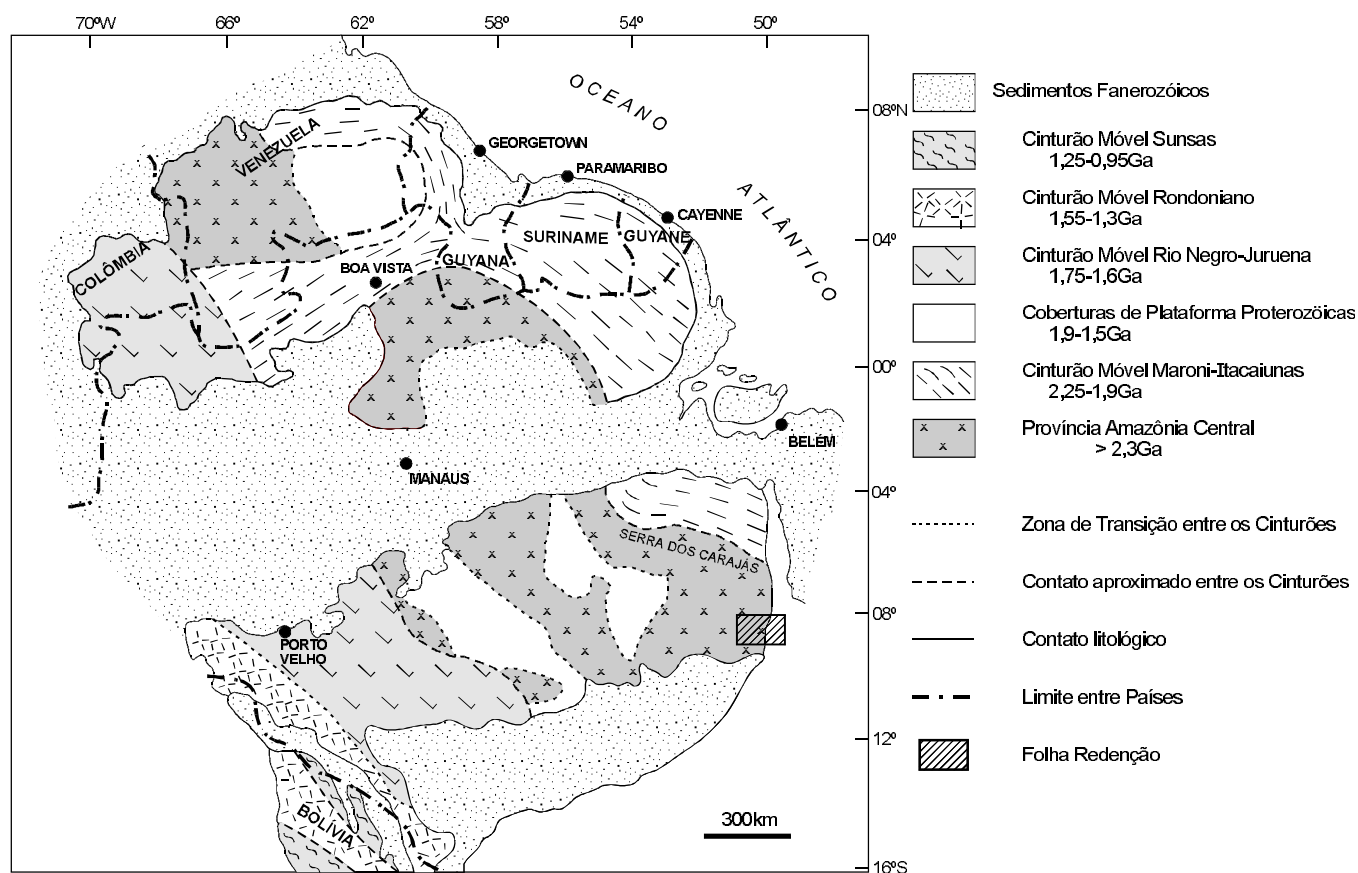


Figura 3.3 – Esboço tectônico do Cráton Amazônico (segundo Tassinari et al., 1988).

### Caracterização Litológica

O Trondhjemito Mogno é caracterizado por uma invariabilidade composicional e textural. Trata-se de um granitóide arqueano, extremamente sódico, com postura espacial diferente das demais unidades litoestratigráficas. Mantém uma homogeneidade composicional em que a composição petrográfica trondhjemítica é dominante. Nesse sentido, a unidade é marcada por uma assembléia mineral dominada por plagioclásio e quartzo como fases essenciais; microclina, biotita e hornblenda, como fases minoritárias; clorita, epidoto e sericita, constituem produtos de

alteração. O padrão textural é dominado por um arranjo granoblástico, comumente equigranular.

O quartzo apresenta extinção ondulante e bandas de deformação, relacionadas ao processo deformacional. Esse processo é responsável ainda pela geração de subgrãos e neogrãos. Formas ribonadas são indicativas de estágios deformacionais mais avançados, acompanhadas de recristalizações sincinemáticas.

O plagioclásio (albita-oligoclásio a andesina sódica), desenvolve grãos oclares, idioblásticos-hipidioblásticos nos protomilonitos e xenoblásticos nos milonitos.

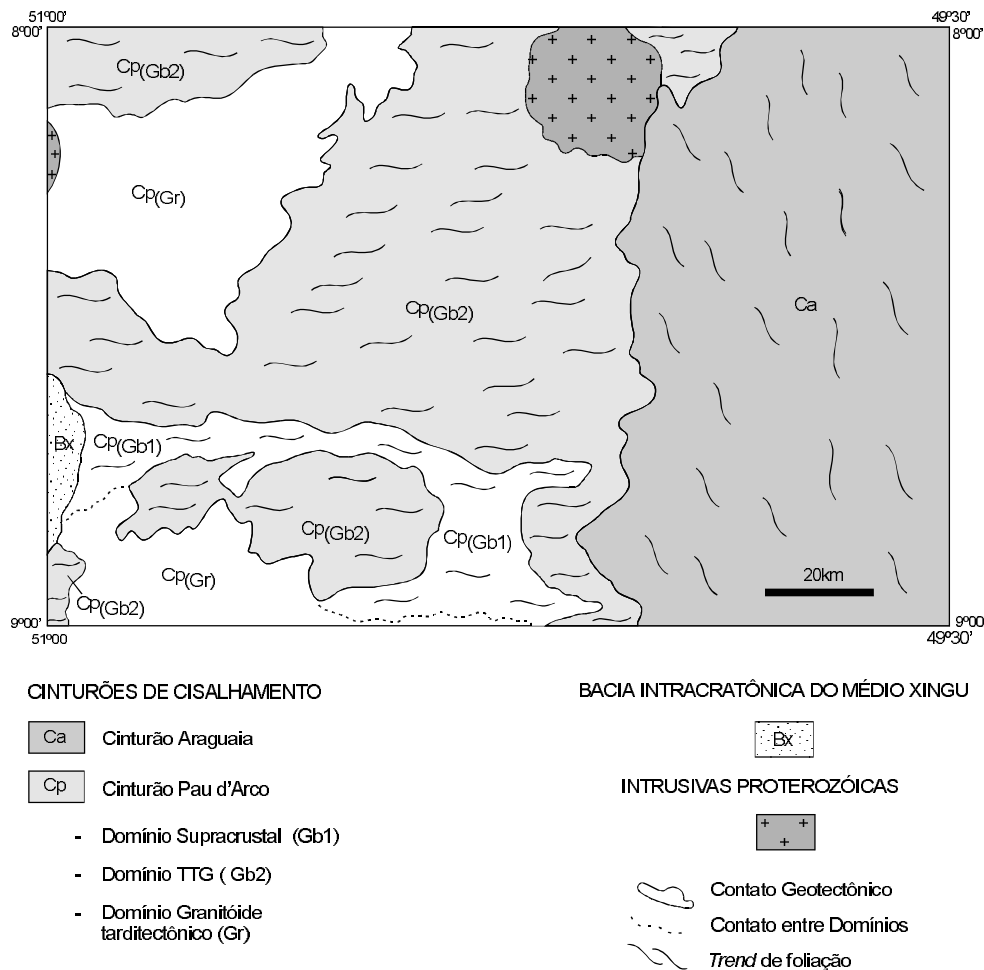


Figura 3.4 – Domínios geotectônicos (adaptado de Araújo et al., 1984 e Costa et al., 1988).

A biotita é o mineral micáceo mais freqüente, em forma de palhetas de cor marrom-clara a esverdeada, ocasionalmente associada à hornblenda verde.

Admite-se para o Trondhjemitó Mogno, uma cristalização-recristalização, inerente à mesocrosta, tipificada por uma fácies anfíbolito médio-superior.

A deformação superimposta gera uma discreta foliação protomilonítica, que pode atingir estádios miloníticos.

### Assinatura Geofísica

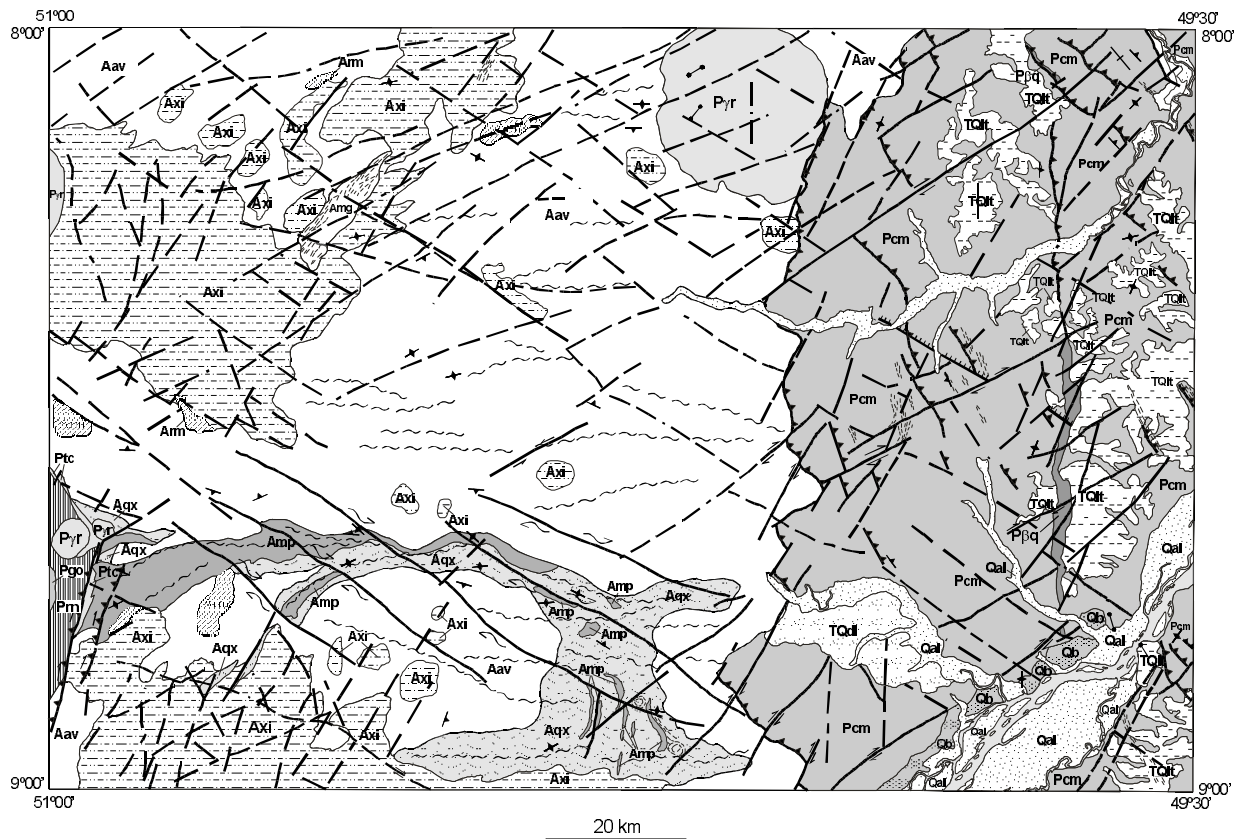
O Trondhjemitó Mogno não apresenta características magnéticas e radiométricas marcantes, com base nos dados de aerolevantamento, possivelmente devido à pequena área de ocorrência dessa unidade em relação ao grande espaçamen-

to das linhas de vôo (2km) e a semelhança com Tonalito Arco Verde que é a unidade dominante na região. Apenas no canal do tório observa-se um certo paralelismo das linhas de isogama, com valores entre 7 e 10cps, no *trend* NE-SW, coincidente com a estruturação tectônica. Essa faixa, aparentemente, separa os domínios de baixos e altos radiométricos, correspondentes aos Tonalito Arco Verde (a leste) e Monzogranito Xinguara (a oeste), respectivamente.

### Relações de Contato, Geocronologia e Correlação

O Trondhjemitó Mogno mantém, com o Tonalito Arco Verde e com o Monzogranito Xinguara, um contato de natureza intrusiva. Observa-se, em campo, que o Monzogranito Xinguara envolve par-





- |   |   |
|---|---|
| Qal - Quaternário, aluvião  | Prn - Proterozóico, Fm. Rio Naja        |
| Qb - Quaternário, Fm Bananal  | Ptc - Proterozóico, Fm. Tocandeira      |
| TQlt - Terciário / Quaternário, laterítico                          | Axi - Arqueano, Monzogranito Xinguara   |
| TQdl - Terciário / Quaternário.<br>Sedimentos detrítico-lateríticos | Arml - Arqueano, Granodiorito Rio Maria |
| Pβq - Proterozóico, Ultramáfica Quatipuru                           | Amp - Arqueano, Fm. Morada da Prata     |
| Pcm - Proterozóico, Fm. Couto Magalhães                             | Aqx - Arqueano, Fm. Quixadá             |
| Pgo - Proterozóico, Fm. Gorotire                                    | Amg - Arqueano, Trondhjemito Mogno      |
| Pγr - Proterozóico, Sienogranito Redenção                           |   |

- |                           |  |                      |
|---------------------------|--|----------------------|
| —▲— Foliação com caimento | —≡— Falha transcorrente                              | —+— Dobra            |
| —◆— Foliação vertical     | — - - - Falha aproximada                             | —●— Dique            |
| —    — Falha extensional  | —~— Zona de cisalhamento                             | —~— Contato          |
| —▲▲— Falha contracional   | —≡— Zona de cisalhamento com<br>indicação cinemática | —≡≡≡— Fotolineamento |

Figura 3.5 - Cartograma Geológico.

cialmente o trondhjemito e já contém, também, xenólitos do Tonalito Arco Verde.

Ainda não existe datação do Trondhjemito Mogno; porém, relações de campo obtidas por Pena Filho e Santos (*op. cit.*), indicam que essa unidade antecede ao *greenstone belt* (Grupo Andorinhas), conforme abordado anteriormente, na definição dessa unidade. Partindo dessa premissa, acredita-se aqui que o Trondhjemito Mogno tenha constituído o embasamento para o terreno granito-*greenstone* da região.

A correlação desta unidade com outras ainda não é possível, em virtude do pouco conhecimento que se tem dessas rochas associadas ao embasamento.

### 3.2.2 Cinturão de Cisalhamento Pau d'Arco

O Cinturão Pau d'Arco foi definido por João Batista Sena Costa, em trabalhos de consultoria para a CPRM, tendo sido divulgado no IV Simpósio de Geologia da Amazônia (1994), por Araújo, O.J.B. *et al.*

Este cinturão, entendido como gerado a partir de um regime tectônico transcorrente, define um arranjo estrutural com *trend* E-W. Esse evento imprimiu sobre os litótipos afetados uma foliação milonítica E-W verticalizada, com lineação de estiramento subhorizontal, além de ser responsável pelo alongamento e bandamento composicional dos constituintes rochosos.

Na Folha Redenção, no contexto desse cinturão ocorrem, o Grupo Serra do Inajá, o Tonalito Arco Verde, o Granodiorito Rio Maria e o Monzogranito Xinguara (figura 3.5).

#### 3.2.2.1 Grupo Serra do Inajá

Silva *et al.* (1974) ao avaliarem os aspectos estruturais e litológicos do conjunto rochoso que compõe a serra do Inajá, correlacionaram-no ao Grupo Grão-Pará, definido por Beisiegel *et al.* (1973), na serra dos Carajás.

Villas Bôas *et al.* (1980), numa aceitação da emenda proposta por Sohl (1977), designaram esta seqüência de Suíte Metamórfica Grão-Pará, correlacionando-a, pelo seu conteúdo rochoso, também ao Grupo Grão-Pará e interpretando-a como um megarremanescente de um terreno *greenstone belt*.

Ianhez *et al.* (1980), em função de diferenças no tocante à natureza das associações rochosas e à descontinuidade física entre as serras do Inajá e de

Carajás, denominaram aquele conjunto de Grupo Serra do Inajá, sugerindo tratar-se de um terreno *greenstone belt*.

As investigações de campo e de escritório, levadas a efeito no decorrer deste projeto, possibilitaram a identificação de duas áreas, uma; com predominância de rochas vulcânicas e plutônicas, e outra com predominância de rochas sedimentares, ambas metamorfizadas na fácies xisto-verde e cuja distribuição geográfica, e características geomorfológicas distintas, permitiram a sua individualização em mapa na escala 1:250.000.

Neste trabalho mantém-se a denominação anterior de Grupo Serra do Inajá (Ianhez *et al.*, *op. cit.*) e, em função do domínio de uma determinada classe de rocha sobre outra, propõe-se a subdivisão do grupo nas formações Morada da Prata e Quixadá (figura 3.5).

#### 3.2.2.1.1 Formação Quixadá (Aqx)

##### Distribuição Geográfica e Morfologia

Nos limites da fazenda Quixadá e vizinhanças, ocorrem pequenas elevações com orientação leste-oeste, isoladas em um relevo plano e levemente colinoso, onde predominam rochas de composição basáltica com intercalações localizadas de formações ferríferas bandadas, cartografadas neste trabalho sob a denominação de Formação Quixadá (foto 7).

A seqüência vulcânica orienta-se na direção leste-oeste (foto 8) margeando a serra do Inajá e suas ramificações, estendendo-se para leste até as proximidades dos metassedimentos da Formação Couto Magalhães. Sua área de ocorrência lembra grosseiramente a forma da letra "H" deitada, com uma das pernas aflorando ao longo do curso do rio Preto. O relevo é formado por colinas levemente alçadas em relação à drenagem, capeadas por solo tipo terra roxa onde se desenvolvem carapaças de lateritas ferruginosas recobertas por gramíneas que podem atingir grandes áreas, chegando a ser perceptíveis em imagens de satélite na escala 1:100.000.

##### Caracterização litológica

Esta unidade é formada por rochas ígneas plutônicas e vulcânicas, com subordinadas intercalações, de rochas sedimentares, principalmente formações ferríferas bandadas. Apesar do íntimo relacionamento entre as rochas plutônicas e vulcâni-

cas, é difícil identificar o posicionamento temporal entre os vários litótipos, já que os afloramentos são formados sempre de blocos rolados, com raros lajeiros de dimensões muito pequenas.

Este conjunto rochoso é formado por espécimes que, na escala mesoscópica, apresentam-se desde isotropos, de granulação média, passando a tipos com granulação fina e incipiente orientação, até xistos com pronunciada foliação milonítica. São rochas mesocráticas, com cores variando do cinza-escuro ao cinza-médio, por vezes cinza-esverdeado, geralmente com granulação fina; os blocos rolados geralmente possuem uma capa de intemperismo que pode atingir vários centímetros de espessura, de cores ocre e creme-amarelo a avermelhado.

Nos xistos máficos, ao microscópio, distingue-se uma anisotropia que varia de xistosidade até bandamento composicional, com termos ocasionais "preservados" ou recristalizados, maciços. São xistos actinolíticos, com extensiva milonitização heterogênea e ocasionais texturas blastofíricas (foto 9). A paragênese é dada por actinolita ± plagioclásio ± quartzo ± biotita ± epidoto ± opacos ± granada ± zoisita ± titanita ± turmalina.

Bandas quartzo-turmaliníferas dispõem-se concordantemente à foliação geral, evidenciando, juntamente com outras zonas de epidotização pervasiva, fortes processos hidrotermais-metassomáticos superimpostos.

Os ortoanfibolitos têm granulação média a grossa, geralmente com aspecto maciço ou granular, por vezes foliados, cuja associação típica é: hornblenda actinolítica ± plagioclásio ± clorita ± epidoto ± carbonatos ± zoisita ± titanita ± opacos.

Os xistos ultramáficos ocorrem como rochas de granulação fina a média e foliação anastomosada, com subordinados tipos maciços, não foliados. São do tipo talco-sericita xistos, tremolita-clorita xistos, talco-tremolita-antofilita xistos e talco-clorita-serpentina xistos.

Texturalmente são rochas lepidoblásticas a nematoblásticas, com ocasionais porfiroclastos rotacionados de carbonatos e opacos, além de uma sutil foliação S-C tendendo à paralelização. A associação mineral paragênese é dada por talco ± sericita ± tremolita ± clorita ± antofilita ± serpentina ± carbonatos ± quartzo ± opacos.

Metaperidotitos e metapiroxenitos têm textura granular, por vezes com textura *mesh*. Os primeiros têm associação mineral dada por clinopiroxênio ± olivina ± serpentina ± clorita ± opacos e os metaperidotitos têm clinopiroxênio ± hornblenda parda ± actinolita ± clorita ± opacos.

## Caracterização Litogeoquímica

### – Rochas Ultramáficas

Conforme indicados na tabela 3.1 foram estudadas quimicamente 8 amostras de natureza ultramáfica na seqüência vulcano-sedimentar denominada Grupo Inajá.

Esses espécimes analisados, vistos ao microscópio, apresentam-se metamorfizados e correspondem a litótipos como: serpentinitos peridotíticos, sericita filitos, xistos com clorita, tremolita, actinolita e flogopita.

Quimicamente se destacam os altos percentuais em peso de MgO, variando na faixa de 18 a 32%, e de P.F. (perda ao fogo) com valores entre 4 e 16%. Os demais percentuais dos óxidos dos elementos maiores são característicos de rochas ultramáficas, como sejam: baixos SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, álcalis, CaO, FeO total e TiO<sub>2</sub>. As relações Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO são variáveis e quando superiores à unidade indicam maior participação de serpentina nos produtos de alteração metamórfica/hidrotermal. Também são variáveis as razões CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sendo, em sua maioria, inferiores ao padrão condritico (0,82), observando-se que os dois maiores valores registrados em duas amostras selecionadas 1,00 e 0,99 respectivamente equivalem aos menores valores de MgO. Na verdade, se tomarmos como base classificatória os parâmetros de Condie, 1981; Brooks & Hart (1974) teremos que rejeitar o termo komatiito para a maioria das amostras aqui em consideração, já que apenas quatro amostras apresentam os valores dessa razão superiores a 0,8. Entretanto, tais rochas equivalem a komatiitos e a komatiitos peridotíticos nos diagramas Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - (FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiO<sub>2</sub>) - MgO (figura 3.6) e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - MgO - CaO (figura 3.7). Consideradas do ponto de vista das razões Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>, constata-se que tais rochas são muito ricas em Al e, à exceção de uma amostra, equivalem aos komatiitos não-depletados em Al do tipo Munro, do Canadá, chegando, em alguns casos, a superá-los, como é o caso a de uma amostra selecionada.

Dos elementos-traço de transição, apenas foi analisado o cromo cujos teores registrados variam na faixa de 3.000 a 5.000ppm, predominando o primeiro valor, o qual, entretanto, não apresenta qualquer relação com os percentuais de MgO.

Quanto ao comportamento dos ETR, analisado em apenas seis amostras, verifica-se, especialmente no aranhograma da figura 3.8, típico enriquecimento dos ETRL, traduzido matematicamente por altas razões (La/Sm)<sub>N</sub> (tabela 3.1) variando entre 2,41 a 7,99. A amostra AV-169D é extremamente

Tabela 3.1 – Dados químicos e petroquímicos das rochas supracrustais ultramáficas – komatiíticas (arqueanas)

Nº AMOSTRA	AV-177	AV-169D	AV-140	AV-98'	AV-56	AV-98C	AV-43	AV-176
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	37,60	38,50	38,80	39,50	41,60	45,00	45,90	47,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,70	3,30	3,80	6,60	6,10	7,60	8,50	6,60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,30	8,20	13,40	8,10	7,30	4,90	2,60	5,30
FeO	7,20	3,80	3,80	6,20	5,70	8,40	9,60	6,30
MnO	0,14	0,15	0,18	0,18	0,19	0,17	0,23	0,18
MgO	26,70	32,50	28,10	28,40	26,50	20,00	18,70	21,60
CaO	4,30	2,40	2,90	3,60	5,20	7,60	8,40	4,20
Na <sub>2</sub> O	0,08	0,08	0,24	0,27	0,05	0,11	0,26	0,05
K <sub>2</sub> O	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,48	0,05
TiO <sub>2</sub>	0,21	0,21	0,02	0,21	0,21	0,31	0,42	0,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,08	0,09	0,05	0,05	0,04	0,10	0,35
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,37	0,07	0,00	1,30	0,30	1,50	0,40	0,00
P.F.	16,40	10,30	8,02	6,60	7,10	5,60	4,10	7,30
TOTAL	100,12	99,64	99,40	101,06	100,35	101,28	99,69	99,64
CaO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,91	0,73	0,76	0,55	0,85	1,00	0,99	0,64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub>	22,38	15,71	190,00	31,43	29,05	24,52	20,24	31,43
MgN	0,68	0,83	0,81	0,72	0,72	0,57	0,52	0,66
Ti	1.259	1.259	120	1.259	1.259	1.858	2.518	1.259
Cr	3.000	5.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	5.000
La	4,12	27,20	37,88	2,86	–	9,95	6,31	–
Ce	8,46	67,72	29,93	6,01	–	11,93	11,40	–
Nd	2,12	23,78	17,89	2,67	–	8,74	5,85	–
Sm	0,41	4,72	2,98	0,74	–	2,09	1,49	–
Eu	0,12	0,74	0,55	0,24	–	0,64	0,50	–
Gd	0,38	3,76	2,25	0,82	–	2,30	1,60	–
Dy	0,44	3,76	2,69	1,17	–	2,91	2,06	–
Ho	0,09	0,74	0,64	0,23	–	0,57	0,40	–
Er	0,32	1,99	1,61	0,60	–	1,52	1,07	–
Yb	0,42	1,53	1,32	0,50	–	1,32	0,84	–
Lu	0,07	0,19	0,18	0,08	–	0,16	0,12	–
(Eu/Eu*)N	0,96	0,52	0,62	0,94	–	0,89	0,98	–
(Gd/Yb)N	0,73	1,98	1,37	1,30	–	1,40	1,53	–
(La/Yb)N	6,58	11,96	19,32	3,80	–	5,08	5,04	–
(La/Sm)N	6,31	3,62	7,99	2,41	–	2,99	2,66	–
SUMETR	17,00	136,16	97,95	15,96	–	42,17	31,67	–

Classificação petrográfica: serpentinito (peridotito?): (2); peridotito (?) serpentinizado: (4); sericita filito (ou filonito? carbonático): (1); ultramáfica serpentinizada rica em tremolita, flogopita, serpentina: (5); clorita-actinolita xisto: (6); actinolita xisto: (3); (s/análise): (7,8)

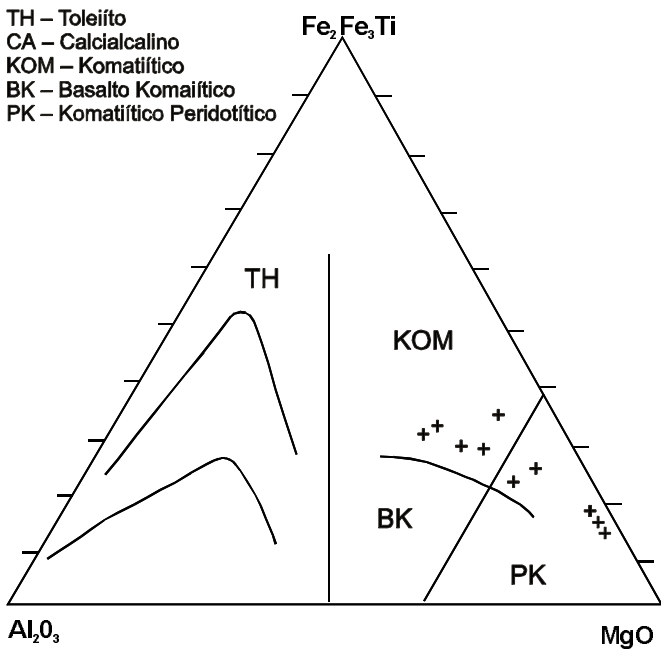


Figura 3.6 – Diagrama Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Mg-(FeO<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub>), segundo Jensen (1976), aplicado às rochas ultramáficas da Unidade Inajá.

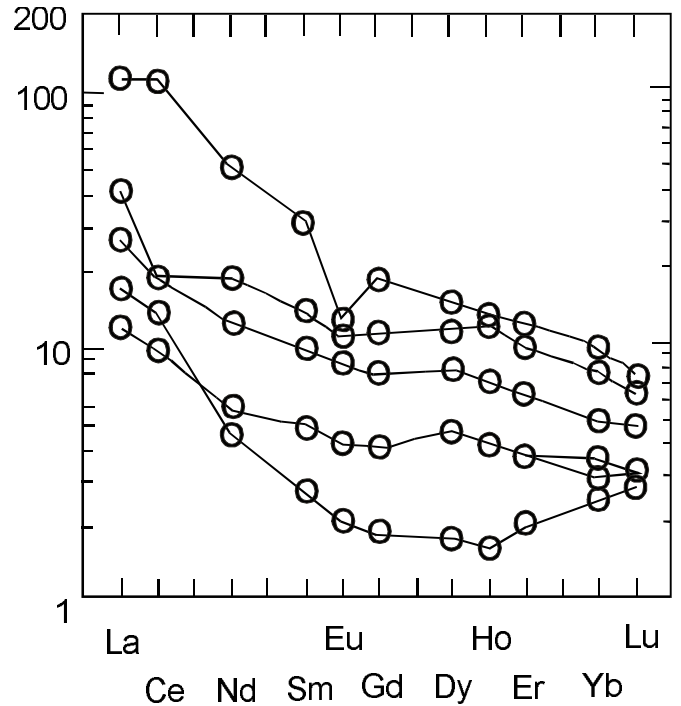


Figura 3.8 – Aranhograma dos ETR nos komatiitos da Unidade Inajá, na Folha Redenção, normalizados segundo o padrão condrito CI, de Sun & McDonough (1989).

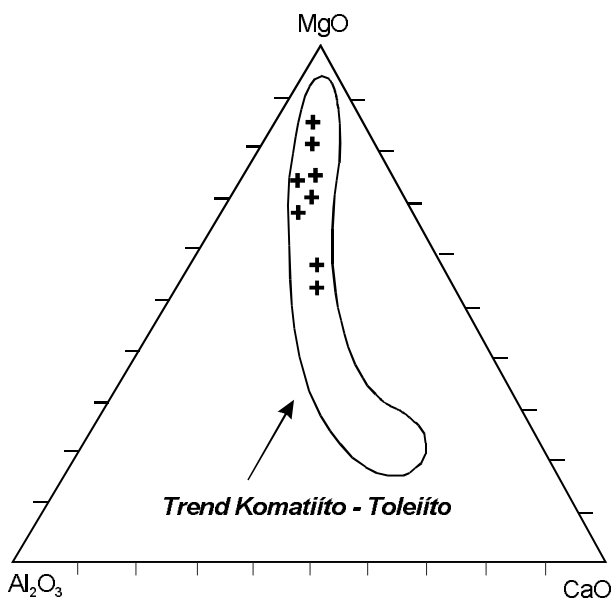


Figura 3.7 – Diagrama Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO-CaO, segundo Viljoen & Viljoen (1969), aplicado às rochas ultramáficas da Unidade Inajá.

anômala neste contexto, devido a sua mais alta concentração nesses lantanídeos, sobretudo naqueles de natureza cérica e também pelo seu mais alto valor em anomalia negativa de európio (Eu/Eu\* = 0,52). É possível que esta amostra juntamente com aquela de sigla AV-140, que também apresenta elevado valor de anomalia negativa de európio, estejam refletindo o forte efeito de alteração hidrotermal a que foram submetidas, haja vista os altos valores das razões Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO.

Vale ressaltar que os padrões enriquecidos em ETRL das rochas ultramáficas aqui analisadas podem indicar um posicionamento estratigráfico elevado dessas amostras na seqüência dos derrames vulcânicos, fato que é coerente com o caráter enriquecido em Al dessas rochas, bem como pelos altos valores das razões Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>, além, é óbvio, de estarem mais sujeitas aos efeitos dos processos hidrotermais.

Quanto à ambiência tectônica, o diagrama TiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-10MnO (figura 3.9), indica que todas as amostras se posicionam no campo CAB (basaltos calcialcalino), o que segundo Condie (1990), corresponde a ambiente de arco-de-ilha, o que é coerente com a freqüência de basaltos do tipo *greenstone belt*.

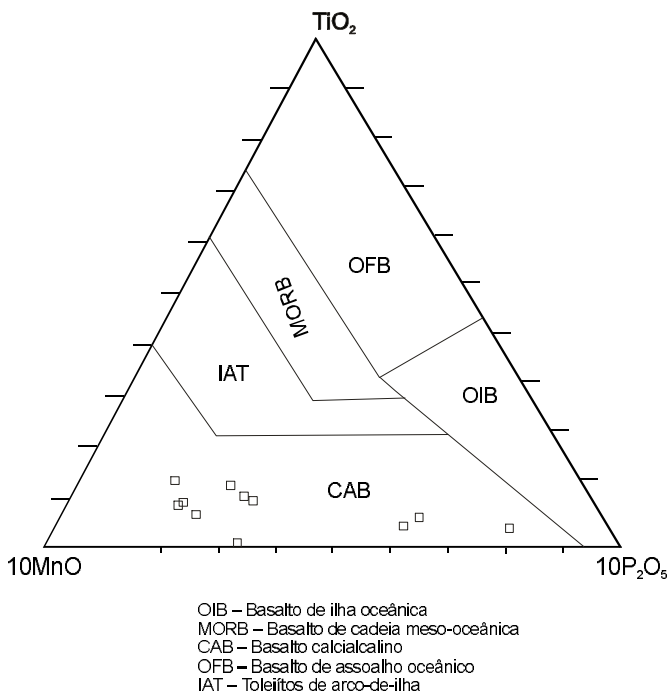


Figura 3.9 – Diagrama  $10\text{MnO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{TiO}_2$ , segundo Glukhovskiy & Morolev (1993), classificatório de ambientes geotectônicos de rochas vulcânicas aplicado às rochas metaultramáficas da Unidade Inajá.

No que se refere ao potencial metalogenético dessas rochas, torna-se necessário aprofundar as pesquisas tanto em nível petrográfico quanto químico, buscando conhecer os teores de elementos como por exemplo: S, Ni, Cu, PGE, Au, Co, V etc. Entretanto, algumas características químicas e petrográficas, abaixo relacionadas, parecem indicar boa potencialidade metalogenética para essas rochas:

- paragênese mineralógica indicativa de metamorfismo de baixo grau;
- altas razões  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  semelhantes aos komatiitos do tipo Munro, do Canadá, nos quais são conhecidas importantes mineralizações sulfetadas;
- o caráter enriquecido em Al e nos ETRL, indicando posição elevada na seqüência vulcânica e, portanto, sujeita a processos hidrotermais mineralizantes de Cu, Ni, Au e PGE.

### – Rochas Metabásicas

Dezenove amostras integram a população das rochas metabásicas analisadas quimicamente

nessa unidade, conforme relacionadas na tabela 3.2. Entretanto, a ausência de dados relativos aos elementos-traço, à exceção dos elementos de terras-raras, não deixa margem a um bom entendimento das características litogeoquímicas dessas rochas. A não disposição dos percentuais dos óxidos dos elementos maiores, para as amostras de número de ordem 14 a 19 reforça ainda mais a dificuldade de interpretação petrológica do conjunto de rochas aqui em pauta. Também é óbvio que, com base sobretudo nos óxidos dos elementos maiores, dificilmente pode-se definir os padrões petrológicos dessas rochas, uma vez que elas foram submetidas a processos metamórficos e hidrotermais e, em decorrência, perderam seus padrões químicos originais.

Com relação aos percentuais dos óxidos dos elementos maiores, verifica-se nesse conjunto de rochas, um predomínio de baixos valores em  $\text{SiO}_2$ , MgO e  $\text{K}_2\text{O}$ , ao lado dos altos percentuais de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Fe, CaO e  $\text{TiO}_2$ . De modo geral, todo o conjunto apresenta-se dentro dos padrões dos basaltos de *greenstone*, conforme a classificação de Condie (1990):  $\text{SiO}_2 = (48-54\%)$ ,  $(\text{CaO}+\text{MgO}) = 15-21\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 > 12\%$  e  $\text{MgO} < 15\%$ . Entretanto, os altos percentuais de FeO e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  comparados aos baixos percentuais de MgO geram valores de *MgNumber* bem inferiores àqueles registrados normalmente em basaltos de *greenstone* cujas médias variam na faixa de 0,6-0,65. Nota-se que esses altos valores em ferro encontram correspondentes com aqueles de  $\text{TiO}_2$ . Porém, as razões  $\text{MgO}/\text{FeO}$ , à exceção das amostras AV-57A, AV-155 e AV-141, mantêm-se no padrão dos basaltos de *greenstone*, ou sejam, são inferiores a 1.

Com base nos percentuais de álcalis e sílica, o diagrama de Le Maitre (1989), representado na figura 3.10 indica tratar-se de rochas predominantemente basálticas com leve variação para basalto andesítico, do tipo toleiítico de baixo potássio, com leve tendência a médio potássio, como indicado no diagrama  $\text{K}_2\text{O}$  versus  $\text{SiO}_2$  de Le Maitre (1989), representado na figura 3.11.

Os elementos-traço Zr e Y são muito variáveis e apresentam razões Zr/Y bastante heterogêneas, o mesmo acontecendo com as razões Zr/Ti, sendo ambas de tendência baixa. Os teores de Cr são, em sua maioria baixos, em torno de 100ppm. As amostras AV-57A, AV-114 e AV-141 apresentam valores, respectivamente de 700 e 500ppm, relativamente mais altos, porém compatíveis com o padrão de rochas básicas.

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil

Tabela 3.2 – Dados químicos e litogeoquímicos dos metabasaltos do Grupo Inajá.

Nº AMOSTRA	AV-108B	AV-57B	AV-57A	AV-149	AV-139B	AV-153	AV-114	A-155	AV-141
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	45,40	47,10	47,80	48,00	48,10	48,30	48,50	49,30	49,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,00	17,00	12,30	15,10	13,20	14,20	18,40	15,10	15,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,20	3,80	4,00	8,10	8,10	4,10	2,80	2,60	4,70
FeO	12,00	9,00	5,90	5,10	9,70	10,60	6,90	7,80	6,30
MnO	0,25	0,18	0,15	0,17	0,23	0,19	0,17	0,31	0,15
MgO	4,80	7,40	10,90	4,30	4,00	6,90	6,70	8,30	8,40
CaO	9,50	9,50	15,00	15,60	10,10	9,70	12,10	11,50	11,80
Na <sub>2</sub> O	4,90	2,60	1,60	0,24	2,30	2,40	2,20	1,90	1,60
K <sub>2</sub> O	0,23	0,48	0,15	0,05	0,61	0,07	0,16	0,36	0,07
TiO <sub>2</sub>	2,10	0,94	0,47	0,83	2,50	1,40	0,63	1,40	0,42
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09	0,17	0,04	0,11	0,19	0,15	0,19	0,16	0,07
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,20	0,50	0,90	0,00	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00
P.F.	0,80	1,30	1,40	2,06	0,98	1,42	1,10	1,10	1,12
CaO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,73	0,56	1,22	1,03	0,77	0,68	0,66	0,76	0,78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub>	6,19	18,09	26,17	18,19	5,28	10,14	29,21	10,79	35,95
MgNumber	0,18	0,32	0,51	0,32	0,19	0,27	0,35	0,37	0,43
MgO/FeO	0,40	0,82	1,85	0,84	0,41	0,65	0,97	1,06	1,33
Ti	1.379	2.878	899	300	3.657	420	959	2.158	420
Cr	20	100	700	150	30	100	500	300	500
Y	10	15	15	50	30	30	15	20	15
Zr	15	30	20	50	50	70	15	30	30
Ti/Zr	92	96	45	6	73	6	64	72	14
Zr/Y	2	2	1	1	2	2	1	2	2
La	–	9,40	6,40	26,02	16,20	5,15	3,22	5,55	10,04
Ce	–	20,96	13,38	14,48	31,24	11,05	7,51	12,19	20,00
Nd	–	11,36	7,16	42,29	24,41	6,62	4,44	6,82	10,92
Sm	–	2,49	2,01	11,04	6,97	1,94	1,37	1,91	2,94
Eu	–	0,78	0,58	2,83	2,19	0,53	0,45	0,49	0,76
Gd	–	2,27	1,96	11,31	7,58	2,14	1,52	1,87	3,08
Dy	–	2,58	2,55	14,35	8,94	3,05	2,02	2,58	4,29
Ho	–	0,50	0,50	2,70	1,70	0,63	0,39	0,53	0,87
Er	–	1,27	1,36	6,48	4,19	1,83	0,99	1,54	2,42
Yb	–	1,06	1,00	5,07	3,45	1,66	0,89	1,25	2,09
Lu	–	0,13	0,13	0,60	0,43	0,22	0,11	0,15	0,26
SUMETR	–	52,84	37,08	137,20	107,35	34,86	22,98	34,92	57,70
(Eu/Eu*)N	–	0,99	0,88	0,77	0,91	0,80	0,95	0,79	0,76
(Gd/Yb)N	–	1,73	1,58	1,80	1,77	1,04	1,37	1,21	1,19
(La/Yb)N	–	5,96	4,32	3,45	3,16	2,08	2,42	2,99	3,23
(La/Sm)N	–	2,37	2,00	1,48	1,46	1,67	1,47	1,82	2,14

Tabela 3.2 – Dados químicos e litogeoquímicos dos metabasaltos do Grupo Inajá (cont.).

Nº AMOSTRA	AV-169B	AV-152A	AV-152B	AV-156	AV-24B	AV-108B	AV-137A	AV-146	AV-147	AV-56
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SiO <sub>2</sub>	51,40	52,00	52,00	56,70						
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,20	16,10	16,10	14,60						
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,90	5,10	5,10	2,70						
FeO	8,60	11,50	11,50	8,60						
MnO	0,17	0,39	0,39	0,17						
MgO	8,00	3,20	2,80	3,10						
CaO	9,00	5,30	5,30	10,00						
Na <sub>2</sub> O	2,80	1,80	1,50	1,10						
K <sub>2</sub> O	0,97	0,24	0,36	0,36						
TiO <sub>2</sub>	0,73	2,10	2,10	0,63						
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,19	0,20	0,10						
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,30	0,00	0,00	0,00						
P.F.	1,40	4,26	2,32	1,50						
CaO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,68	0,33	0,33	0,68						
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub>	18,08	7,67	7,67	23,17						
MgNumber	0,34	0,14	0,12	0,17						
MgO/FeO	0,93	0,28	0,24	0,36						
Ti	5.815	1.439	2.158	2.158						
Cr	200	70	70	100						
Y	20	30	30	30						
Zr	30	70	70	50						
Ti/Zr	194	21	31	43						
Zr/Y	2	2	2	2						
La	7,22	9,36	7,38	5,02	59,07	6,20	5,85	5,33	3,60	6,89
Ce	13,57	18,37	19,36	13,32	133,30	12,92	12,28	10,99	8,88	9,27
Nd	8,69	17,11	15,30	7,03	70,55	7,02	6,00	6,64	5,51	4,43
Sm	2,29	5,20	4,88	2,27	12,81	1,65	1,41	1,81	1,71	1,05
Eu	0,63	1,59	1,34	0,52	2,65	0,55	0,43	0,54	0,46	0,31
Gd	2,43	5,68	5,57	2,77	8,56	1,58	1,22	2,10	1,71	1,08
Dy	3,30	8,35	7,69	4,06	7,93	1,95	1,42	2,99	2,19	1,64
Ho	0,67	1,68	1,50	0,82	1,52	0,38	0,28	0,59	0,41	0,33
Er	1,87	4,60	3,85	2,27	3,79	0,97	0,73	1,60	0,98	0,89
Yb	1,70	4,41	3,46	1,97	2,90	0,73	0,58	1,40	0,78	0,81
Lu	0,22	0,58	0,43	0,25	0,35	0,09	0,08	0,17	0,09	0,12
SUMETR	42,63	76,96	70,78	40,34	303,46	34,08	30,30	34,23	26,36	26,86
(Eu/Eu*)N	0,81	0,89	0,78	0,64	0,73	1,03	0,98	0,85	0,82	0,89
(GD/Yb)N	1,15	1,04	1,30	1,13	2,38	1,74	1,70	1,21	1,75	1,07
(La/Yb)N	2,85	1,43	1,43	1,71	13,73	5,71	6,81	2,56	3,08	5,72
(La/Sm)N	1,97	1,13	0,95	1,39	2,90	2,36	2,59	1,84	1,32	4,10

Classificações petrográficas: s/ análises: (1,2,14,15); uralita gabro/diabásio: (3,7,17); anfibolito laminado: (5); epidoto-plagioclásio-actinolita xisto: (6,9,18); quartzo-epidoto-actinolita xisto: (4); epidoto-quartzo-actinolita xisto: (8,10,11); granada-plagioclásio-actinolita xisto: (12); actinolita xisto integralmente epidotizado e silicificado: (13); anfibolito epidotizado: (16); actinolita-clorita xisto: (19).



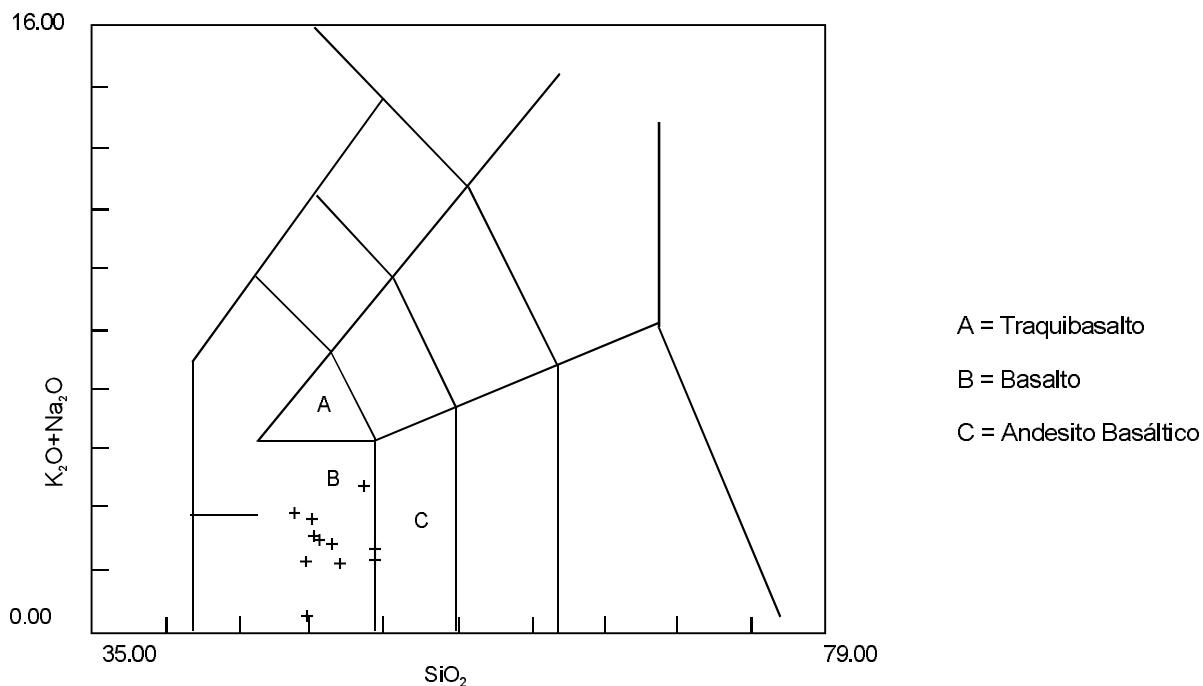


Figura 3.10 – Diagrama  $K_2O+Na_2O$  versus  $SiO_2$ , modificado de Le Maitre (1989), classificatório das rochas vulcânicas, aplicado às rochas vulcânicas metabásicas da Unidade Inajá.

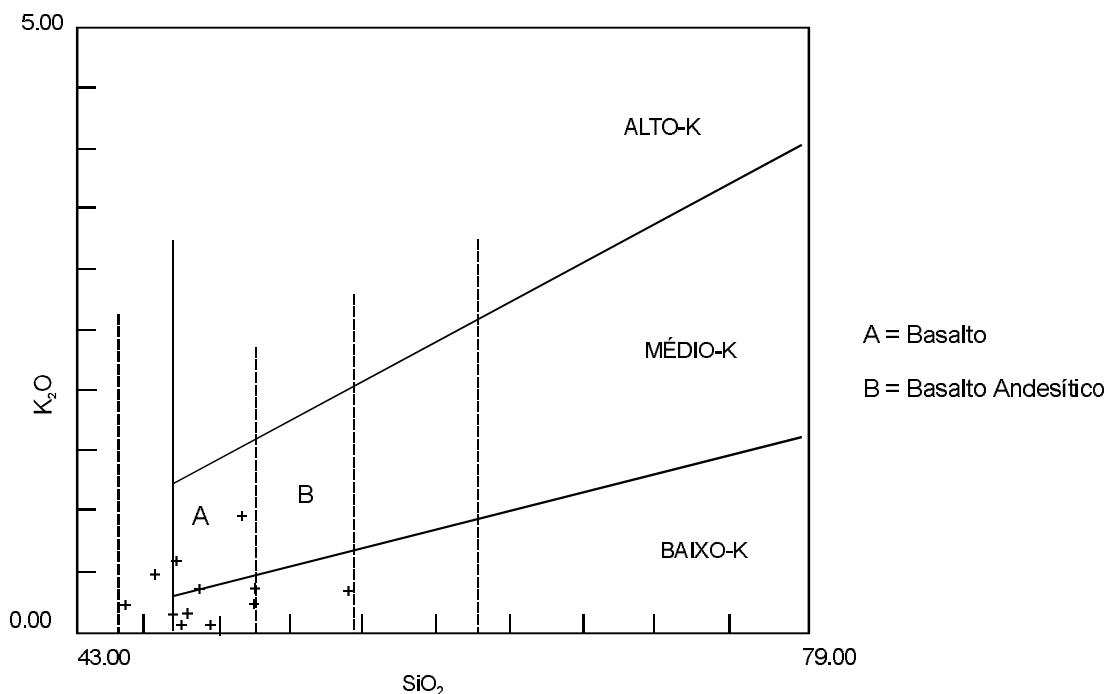


Figura 3.11 – Diagrama  $K_2O$  versus  $SiO_2$ , modificado de Le Maitre (1989), classificatório das séries vulcânicas, aplicado às rochas metabásicas da Unidade Inajá.

Os elementos de terras-raras analisados, em dezoito amostras, apresentam como característica marcante, baixas concentrações (exceto nas amostras AV-149 e AV-24b), desprezíveis anomalias de európio, inferior a 0,8 ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*$ ), enriquecimento dos ETRL ( $\text{La}/\text{Sm}$ )N variando até 4,10 e fracionamento dos ETRP de um mínimo de 1,04 a um máximo de 2,38. Estes parâmetros indicam forte similaridades desse conjunto de rochas com os basaltos toleíticos do tipo  $\text{TH}_2$  (*Enriched tholeiitic basalt*) de Condie (1981).

As variações observadas nesse conjunto de rochas quanto aos padrões dos ETR acham-se indicadas diagramaticamente na figura 3.12.

Quanto à ambiência geotectônica desses metabasaltos, o diagrama  $10\text{MnO} - \text{TiO}_2 - 10\text{P}_2\text{O}_5$ , representado na figura 3.13, indica tratar-se essencialmente de basaltos de arcos-de-ilha, o que de acordo com Condie (1990) é bastante característico de vulcanismo do tipo *greenstone belt*.

As expectativas metalogenéticas para esse conjunto de rochas são as mesmas indicadas para as rochas ultramáficas da mesma unidade Inajá, ou sejam: Au, Cu, Ni e EGP.

### Assinatura Geofísica

As abundantes formações ferríferas bandadas associadas com as rochas de natureza básica/ultrabásica ricas em minerais ferro-magnesianos são responsáveis pelo relevo magnético extremamente elevado, refletido pelas rochas que compõem o Grupo Serra do Inajá (figura 3.14).

As anomalias compõem um padrão muito distinto daqueles apresentados pelas rochas circunvizinhas; são caracterizadas pelo grande comprimento dos eixos magnéticos e pela continuidade e adensamento das isotelas. Os eixos magnéticos, além de longos, indicando que os corpos envolvidos são de dimensões apreciáveis, apresentam-se em pares e desenham fielmente a área de ocorrência da unidade. Anomalias isoladas, situadas no canto sudoeste da folha, podem estar refletindo segmentos isolados de rochas relacionadas ao Grupo Serra do Inajá.

Através do programa Magpoly foi feita modelagem em perfis perpendiculares à direção geral da estrutura, obtendo-se uma profundidade média de 5km para a raiz da serra (figuras 3.14 a 16).

Do ponto de vista radiométrico esta unidade é caracterizada pelos valores extremamente baixos, inferiores a 500cps, refletindo o caráter básico de

seus componentes rochosos e a ausência de termos vulcânicos félsicos (figuras 3.17, 18 e 19).

### Relações de Contato, Geocronologia e Correlação

A justaposição de cavalgamentos oblíquos de baixo ângulo e de transcorrências subverticais, modificou de tal forma o empilhamento original, tornando difícil, senão impossível, reconstituir as relações primitivas de contato e posicionamento sequencial, tanto dos vários componentes rochosos dentro das formações Morada da Prata e Quixadá, como entre elas, ou com as demais unidades que lhe fazem contato.

Os termos metavulcânicos da Formação Quixadá podem ocorrer isolados em grandes áreas, ao passo que os metassedimentos da Formação Morada da Prata sempre estão associados com as metavulcânicas, estas últimas ocupando os flancos das serras ou intercaladas com as primeiras, situação que poderia indicar posicionamento estratigráfico inferior para os vulcanitos da Formação Quixadá.

Na região da serra das Andorinhas, na Folha Xinguara, ao norte da área objeto deste trabalho, as relações estratigráficas entre as unidades supracrustais semelhantes ao conjunto do Grupo Serra do Inajá (Supergrupo Andorinhas), e o Tonalito Arco Verde e o Granodiorito Rio Maria, estão melhor estudadas, contando adicionalmente com datações geocronológicas.

Os resultados das datações geocronológicas, naquela região, podem permitir pelo menos duas hipóteses para a correlação entre o Tonalito Arco Verde, as supracrustais (Grupo Lagoa Seca) e o Granodiorito Rio Maria. Assim em se usando a idade de  $2.904 \pm 22\text{Ma}$  (Macambira, 1999) para as supracrustais (Grupo Lagoa Seca), o Tonalito Arco Verde com  $2.971 \pm 30 - 28\text{Ma}$ . (Macambira, 1991), teria atuado como embasamento para aquelas. No entanto, em se adotando a idade (U/pb) de  $2.979 \pm 5\text{ma}$  (Pimentel & Machado, 1994) para as referidas supracrustais, o Tonalito Arco Verde, com os seus  $2.971\text{Ma}$ , seria o par granítico das supracrustais, e desse modo, ter-se-ia que adotar outra unidade para embasamento das supracrustais que, neste trabalho, adota-se como tal, o Trondhjemito Mogno. Esta hipótese é corroborada pela freqüente presença de xenólitos de supracrustais metamáficas, tonalito, enquanto que o inverso não é observado, como será visto adiante. A caracterização litogeoquímica induz ainda a interpretação de que ambos, supracrustais (Grupo Serra do Inajá) e tonalitos

AMOSTRA/CONDRIITO C1

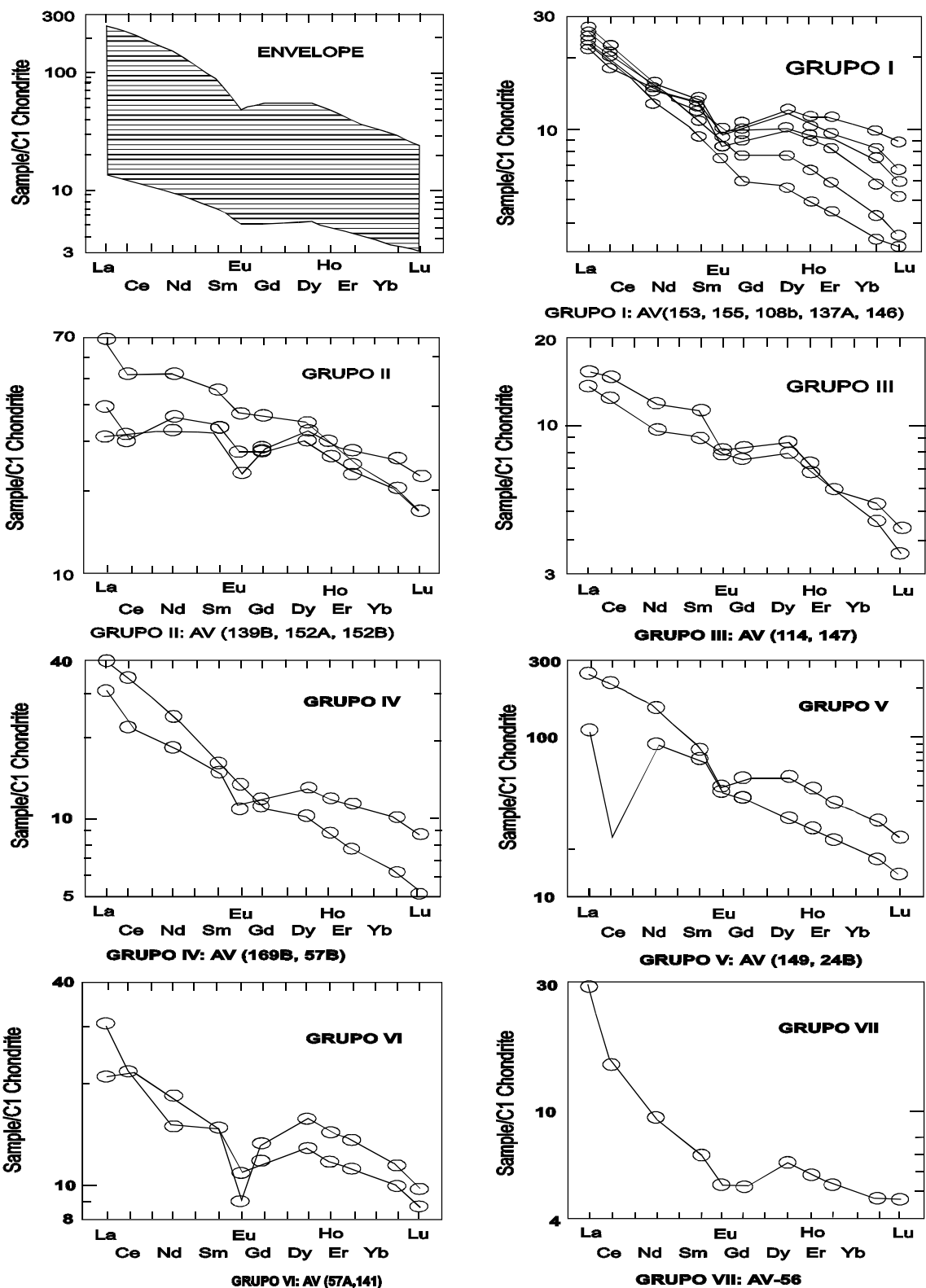


Figura 3.12 – Aranhogramas dos elementos de terras-raras analisados nas rochas metabásicas da Unidade Inajá (Folha Redenção) e normalizados segundo o padrão condrito C1 de Sun & McDonough (1981).

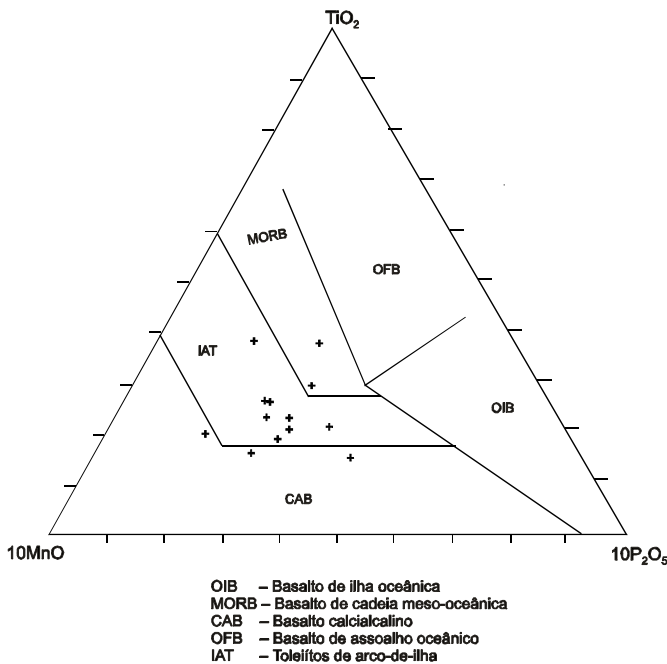


Figura 3.13 – Diagrama 10MnO-TiO<sub>2</sub>, segundo Glukhovskiy e Morolev (1993), aplicado às rochas metamáficas da Unidade Inajá, na Folha Redenção.

(Tonalito Arco Verde), formaram-se em ambiente de arco-de-ilha, como será visto adiante no item caracterização litogeoquímica deste tonalito. Em qualquer das hipóteses, o Granodiorito Rio Maria com 2.874±9/-10Ma, (Macambira, 1991), se confirma como de geração mais nova, tendo-se introduzido, tanto nas supracrustais como no tonalito.

Na região sul-sudeste da Folha Redenção as unidades acima citadas, mais o Monzogranito Xinguara, guardam estreitas relações espaciais, havendo claras indicações petrográficas de que os monzogranitos afetaram tanto o Granodiorito Rio Maria como o Tonalito Arco Verde sendo, portanto, mais jovem.

As supracrustais do Grupo Serra do Inajá podem ser correlacionadas com as demais supracrustais arqueanas situadas ao sul do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas como os Grupos Tucumã, Lagoa Seca etc.

### 3.2.2.1.2 Formação Morada da Prata (Amp)

#### Distribuição Geográfica e Morfologia

Esta unidade litoestratigráfica é formada essencialmente por metassedimentos, com rochas vul-

cânicas e plutônicas subordinadas, metamorfizada na fácies xisto-verde.

As rochas desta unidade, na verdade, são as formadoras da serra do Inajá, cujos limites ocidentais coincidem com as cabeceiras do rio homônimo, no quadrante SW da folha, prolongando-se para leste por aproximadamente 70km até o médio curso daquele rio, levemente arqueada com o lado côncavo para sul. A serra é descontínua, com uma ramificação principal acompanhando parte do leito do igarapé Periquito, e outras menos expressivas, formando cristas isoladas, de direções variadas.

A serra principal é formada por elevações com altitudes situadas entre 400 e 700m, com topos em forma de cristas agudas, orientadas grosseiramente leste-oeste, e sustentadas por formações ferríferas bandadas (foto 3).

#### Caracterização Litológica

Predominam as rochas de natureza sedimentar clástica e química, com intercalações de rochas vulcânicas básicas e intermediárias, mais raramente ácidas; subordinadamente contêm rochas plutônicas máficas. Todo o conjunto foi submetido a metamorfismo nas condições inerentes à fácies xisto-verde baixo a alto.

As relações de contato, iniciais, foram completamente obliteradas durante a evolução tectono-metamórfica do Cinturão Pau d'Arco, sendo impossível, com os conhecimentos atuais, reconstituir as relações estratigráficas dos vários litótipos.

Como componente sedimentar de origem química destacam-se, pela sua abundância e continuidade física, as formações ferríferas bandadas. Elas ocorrem tanto na Formação Morada da Prata como na Formação Quixadá e são responsáveis pela sustentação do relevo da serra do Inajá e pelas fortes anomalias magnéticas.

As melhores exposições ocorrem na PA-150, no ponto onde esta corta a serra do Inajá (fotos 10 e 11), na estrada para a fazenda Rio Dourado nas proximidades da sede da fazenda Periquito e em um ramal dentro da fazenda Santa Lúcia. Grandes exposições naturais ocorrem na porção mediana da serra, porém com acesso muito difícil, somente possível através de picadas.

São rochas de granulação fina e cor vermelha-amarronzada, geralmente muito intemperizadas, formadas por bandas alternadas de sílica e óxidos de ferro, de tons cinza-claro a esbranquiçado as primeiras e castanho-avermelhado a acinzentado as últimas. O bandamento apresenta es-

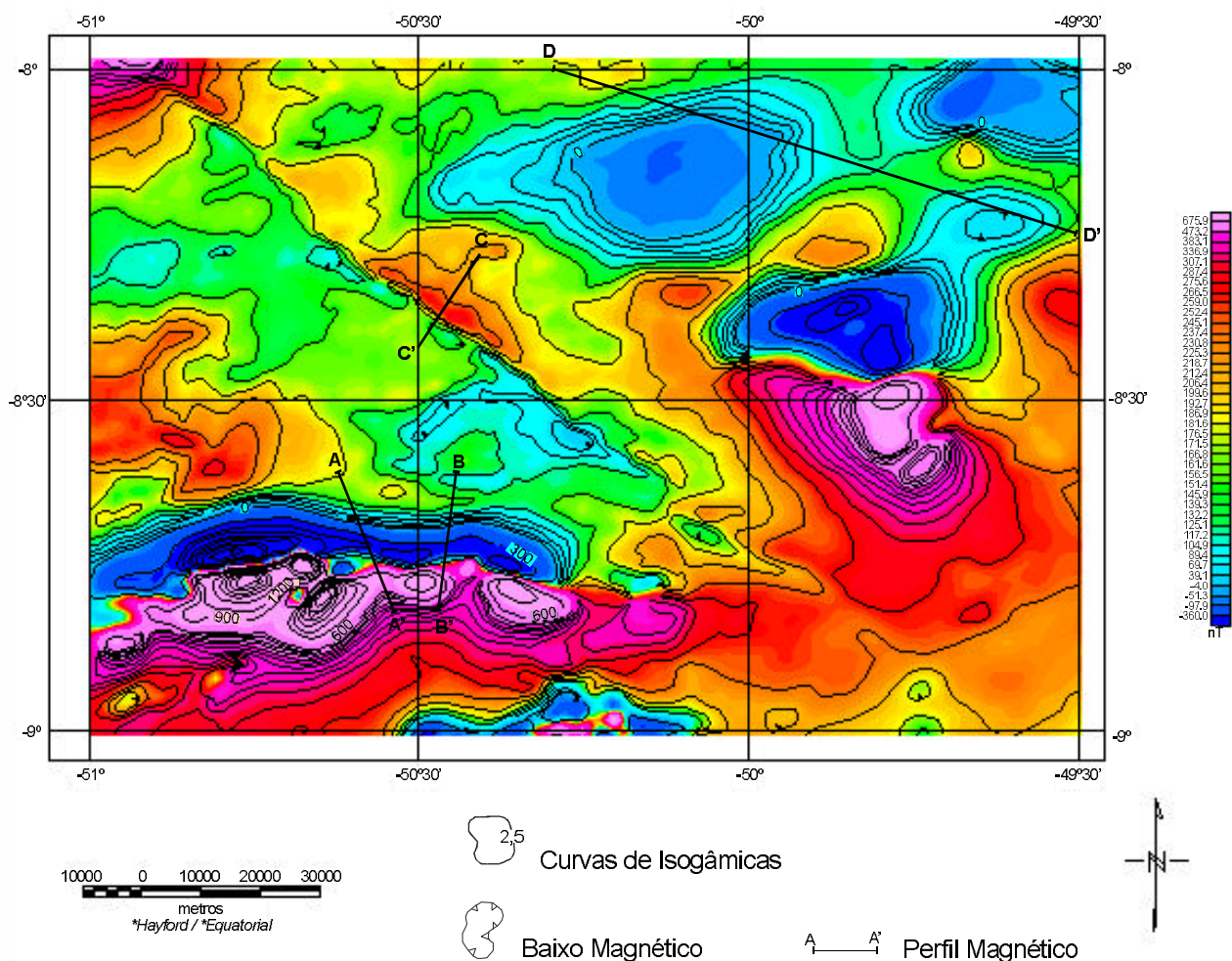


Figura 3.14 – Licalização dos perfis magnéticos.

pessura irregular, variando desde submilimétrico a supracentimétrico, tem estruturação plano-paralela e guarda notável continuidade lateral das bandas de sílica e/ou óxidos de ferro.

Os dobramentos são comuns e, na serra do Inajá, em corte de estrada (PA-150), observou-se alternância de sinformes e antiformes, métricos, de flancos assimétricos, revirados, com planos axiais muito empinados. As bandas, localmente, apresentam microondulações e crenulações locais, podendo estar deslocadas por falhas (fotos 10 e 11).

A associação mineral é dada por quartzo, hematita, martita e, subordinadamente, magnetita. Texturalmente as bandas quartzosas são, geralmente, granoblásticas e de granulação muito heterogênea. Apresentam comumente o quartzo na forma

de subgrãos prismáticos sub-retangulares, isorientados, atestando processos de milonitização e o caráter tectônico deste bandamento.

Os filitos apresentam-se com a cor cinza-médio a claro quando frescos e creme-amarelados quando intemperizados. São rochas de granulação muito fina, laminadas, às vezes com aspecto sedoso. A foliação milonítica muitas vezes tem caráter anastomosado, irregular. A textura é desenhada pela alternância e paralelismo de faixas sericíticas e quartzo-sericíticas. As faixas têm granulação heterogênea e comumente contornam domínios quartzosos amendoados. Duas amostras analisadas revelaram-se carbonosas, uma delas contendo inúmeras pontuações escuras, densamente distribuídas, de modo homogêneo, que pode ser o resultado de intemperismo sobre grãos de pirita.

Os metarenitos variam de coloração desde cinza-escuro a cinza-claro/esbranquiçado. São rochas homogêneas, sem estratificação ou foliação visíveis, com granulação variando de areia fina a média, por vezes com seixos de até 0,5cm de diâmetro maior, emprestando-lhe caráter conglomerático, cimentados por sílica. Os seixos, constituídos dentre outros materiais por formação ferrífera bandada, apresentam-se ora com bordas retas e formas geométricas bem definidas, ora alongados,

provavelmente por consequência da deformação a que foram submetidos.

São rochas com textura clástica reliquiar e evidências de processos superpostos de milonitização, cataclase, silificação pervasiva, fraturamento hidráulico e recristalização estática muito comum, gerando texturas sacaroidais, com pontos tríplexes. Os grãos do arcabouço são de quartzo, muito recristalizados, porém nitidamente mal selecionados. Apresentam matriz metamorfizada contornando os

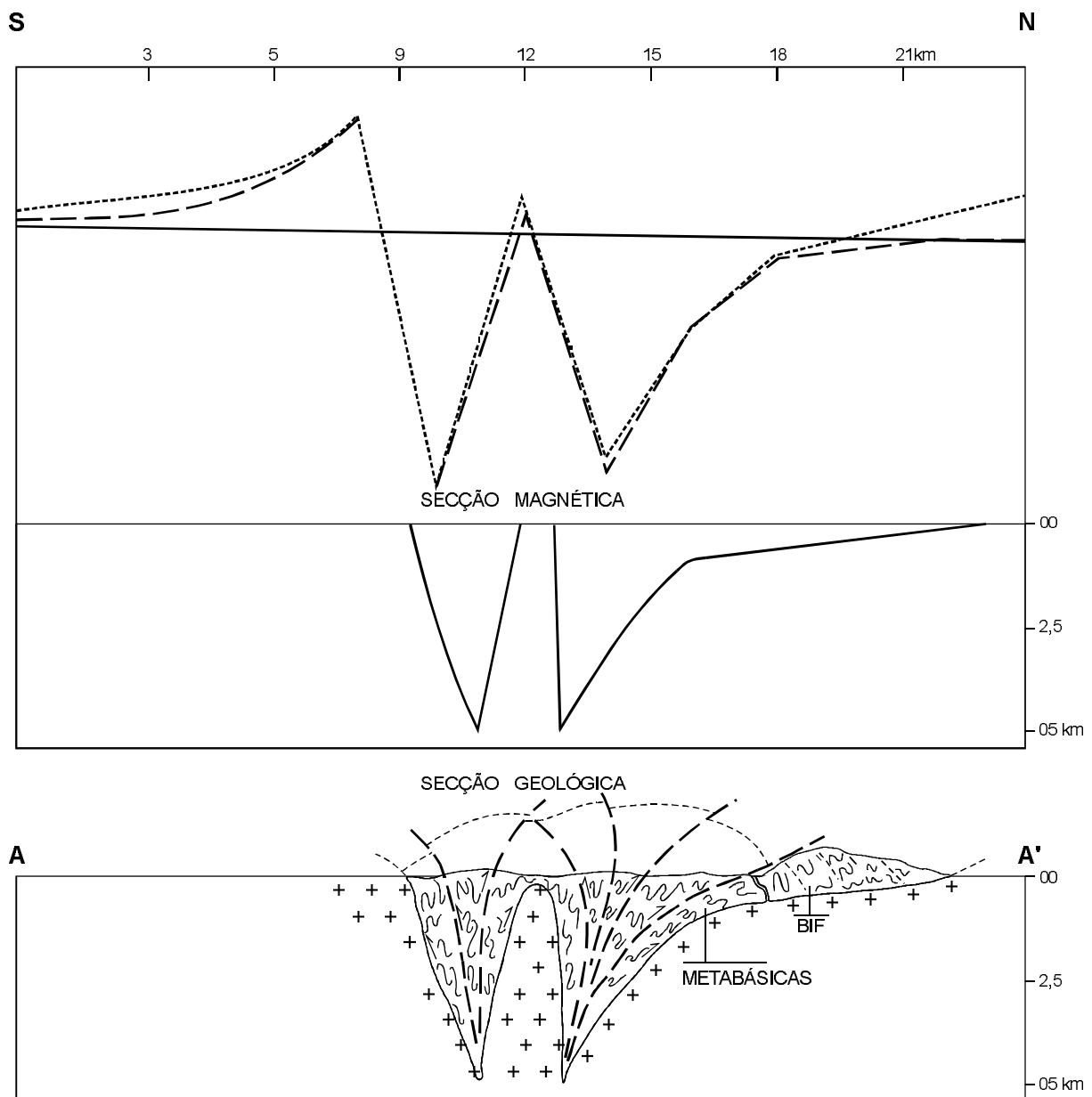


Figura 3.15 – Montagem magnética com interpretação geológica.

grãos detríticos, por vezes em padrão anastomosado. Também contornando estes mesmos grãos observam-se filmes de minerais opacos. A associação mineral é dada por quartzo± opacos±sericita±biotita cloritizada±clorita±zircão.

Os metafolhelhos carbonosos são rochas negras, com perfeita clivagem ardosiana desenhada

por lentes de material carbonoso, contornadas por finas faixas ou filmes quartzo-sericíticos. Cortando obliquamente esta anisotropia milonítica principal, observam-se feixes paralelos de microbandas de cisalhamento que ondulam a clivagem principal. Nestas bandas de cisalhamento ocorrem nitidamente grãos de quartzo, estirados. A associação

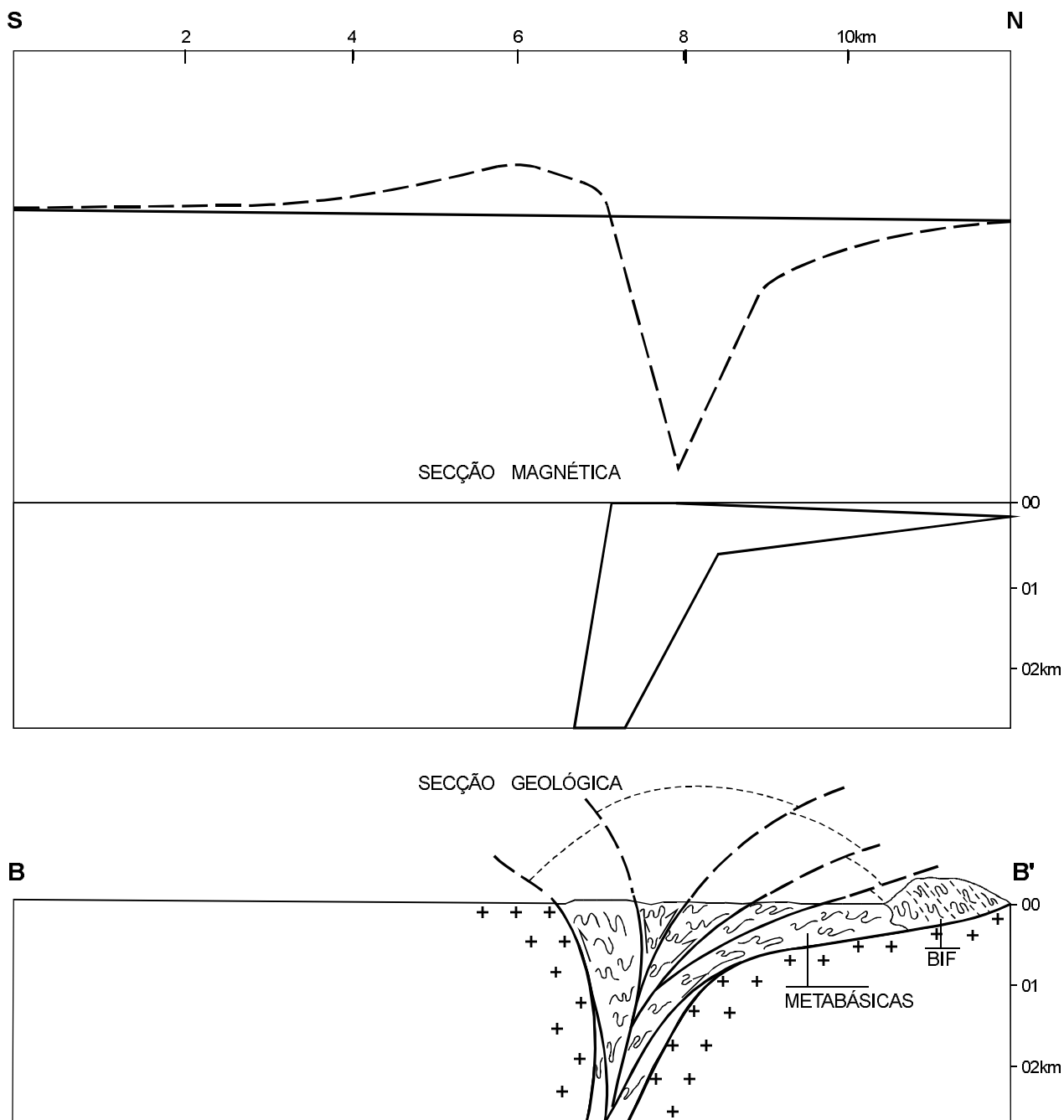


Figura 3.16 – Modelagem magnética com interpretação geológica.

mineral é dada por material carbonoso + sericita + quartzo. Localmente ocorre silicificação pervasiva da rocha.

Os metassiltitos ocorrem na cor creme, com foliação distinta variando da clivagem ardosiana à xistosidade, podendo apresentar porções maciças preservadas entre as zonas deformadas. Texturalmente se apresentam com uma isorientação do material sericítico, muito homogêneo, que contorna grãos de quartzo detrítico, reliquiários, de textura clástica. A associação mineral é dada por sericita + quartzo + opacos.

Ainda nesta seqüência ocorrem metadacitos xistosos, miloníticos, de cor cinza e granulação média. A textura é granolepidoblástica, rica em fenoclastos rotacionados de quartzo e plagioclásio.

A associação mineralógica é dada por quartzo + plagioclásio + sericita + biotita + cloritiza-

da + opacos. Apesar da intensa geração de matriz e foliação milonítica, observa-se ainda preservado o aspecto ígneo primário dos fenocristais, tais como faces euedrais, bainhas de corrosão magmática e maclamento dos feldspatos.

### Caracterização Litogeoquímica da Formação Ferrifera

Como é freqüente nas seqüências vulcano-sedimentares de *greenstones*, aqui também, na Unidade Inajá, ocorrem, em associação com rochas vulcânicas, sedimentos químicos litificados ricos em óxido de ferro e conhecidos como Formações Ferríferas.

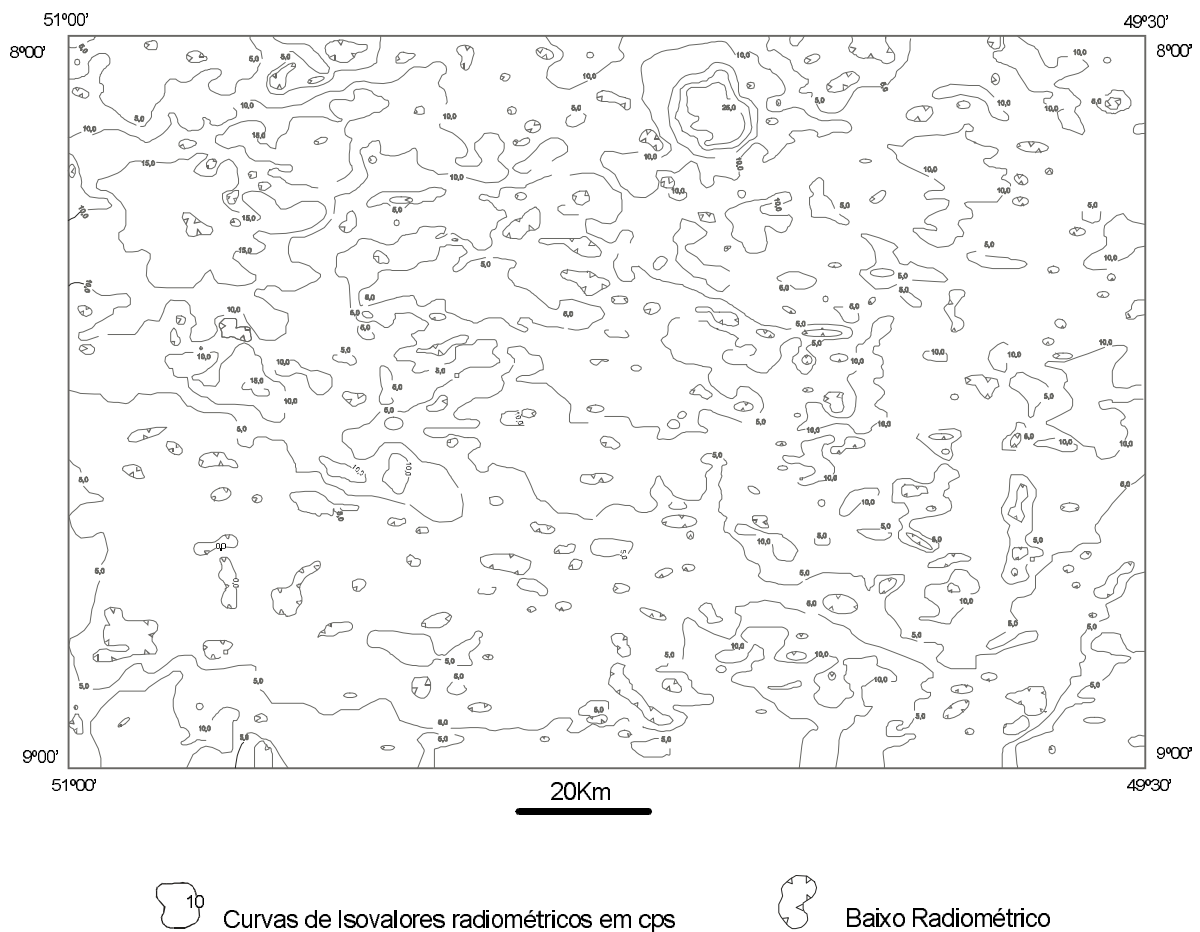


Figura 3.17 – Cartograma de aerorradiometria (Canal de Tório).



Estas rochas foram analisadas num total de oito espécimes, quanto aos seus percentuais em peso dos óxidos dos elementos maiores e seus teores em elementos de terras-raras. Os resultados estão expostos na tabela 3.3 e são comparados com dados de literatura relativos às rochas semelhantes, conhecidas no Pré-Cambriano como áreas cratônicas da Região Amazônica, no estado de Minas Gerais e no exterior.

No conjunto desses oito espécimes observa-se um amplo espectro de percentuais de  $\text{SiO}_2$ , compreendendo valores mínimos como 33,40% a um máximo de 89,80%, a tal ponto que a rigor a amostra AN-04, onde foi registrada esta alta concentração de sílica não se enquadra exatamente na cate-

goria de formação ferrífera, sendo mais precisamente um arenito ferruginoso, uma vez que contém apenas 9% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . As demais amostras se equiparam com as médias das BIFs da Suíte Metamórfica Vila Nova, Amapá e daquelas de fácies óxido ocorrentes na serra dos Carajás no estado do Pará, conforme dados constantes em Faraco, 1990. Apenas em termos analíticos os percentuais aqui registrados se assemelham àqueles da média das BIFs tipo Lago Superior, segundo James (1966).

Quanto aos elementos de terras-raras, vistos à luz dos dados tabelados (tabela 3.3) e dos padrões das curvas mostrados nos aranhogramas da figura 3.20, observa-se que o conjunto de espécimes analisado se caracteriza, de modo geral, pelos se-

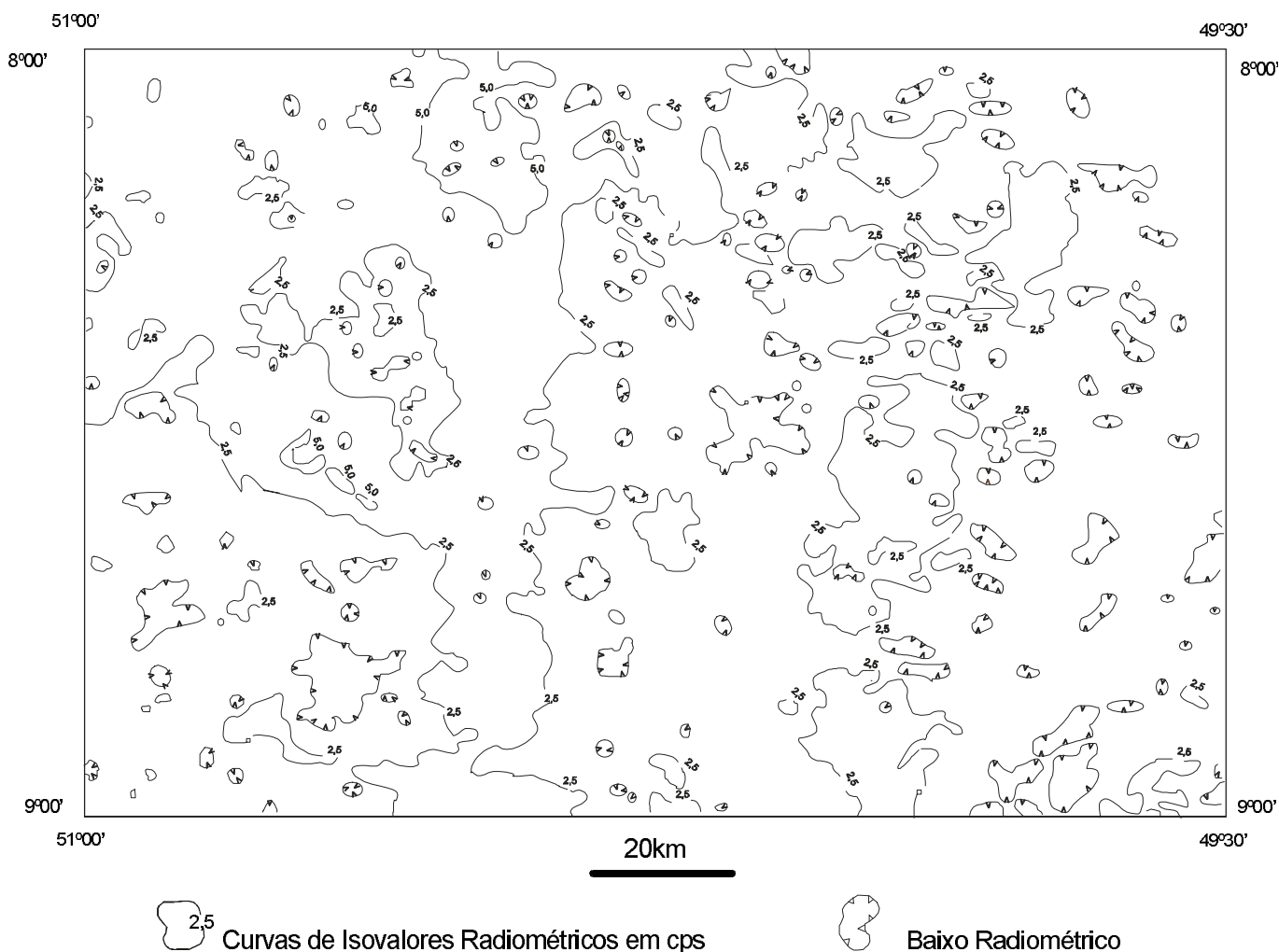


Figura 3.18 – Cartograma de aerorradiometria (Canal de Urânio).

guintes aspectos: a) maiores concentrações de elementos céricos, principalmente de La e de Ce; b) dispersão e variabilidade das curvas nos aranhogramas; c) inclinação geral das curvas para a direita, denotando fracionamentos tanto dos ETRL quanto dos ETRP; d) presença esporádica de anomalias negativas pouco expressivas de Ce e de Eu; e) forte semelhança das curvas com aquela que corresponde a uma BIF-fácies óxido (CMD-84A) proveniente da serra da Serpentina, MG, e analisada por Dossin et al. (1987).

### 3.2.2.2 Tonalito Arco Verde (Aav)

#### Histórico, Distribuição Geográfica e Morfologia

Althoff, F. J. et al. (1991) denominaram de Meta-tonalito Gnáissico Arco Verde a um conjunto de ro-

chas gnáissicas existentes na região de Vila Mara-joara, na Folha SB.22-Z-C (Xinguara) e cuja localidade típica situa-se na fazenda homônima, a sul daquela vila.

Posteriormente Althoff, F.J. et al. (1994) adotaram o termo Tonalito Arco Verde, terminologia que é mantida neste trabalho, visando-se salientar o termo petrológico predominante na unidade e o protólito que deu origem aos gnaisses.

Os ortognaisses estendem-se para sul e na Folha Redenção ocupam cerca de 40% da área de rochas arqueanas expostas. Eles ocorrem indistintamente em todo o Cinturão de Cisalhamento Pau d'Arco, aflorando na forma de pequenos lajeiros e/ou blocos isolados ou não, com suas melhores exposições situando-se no ramal para a fazenda Alô Brasil, na porção centro-norte da área de trabalho.

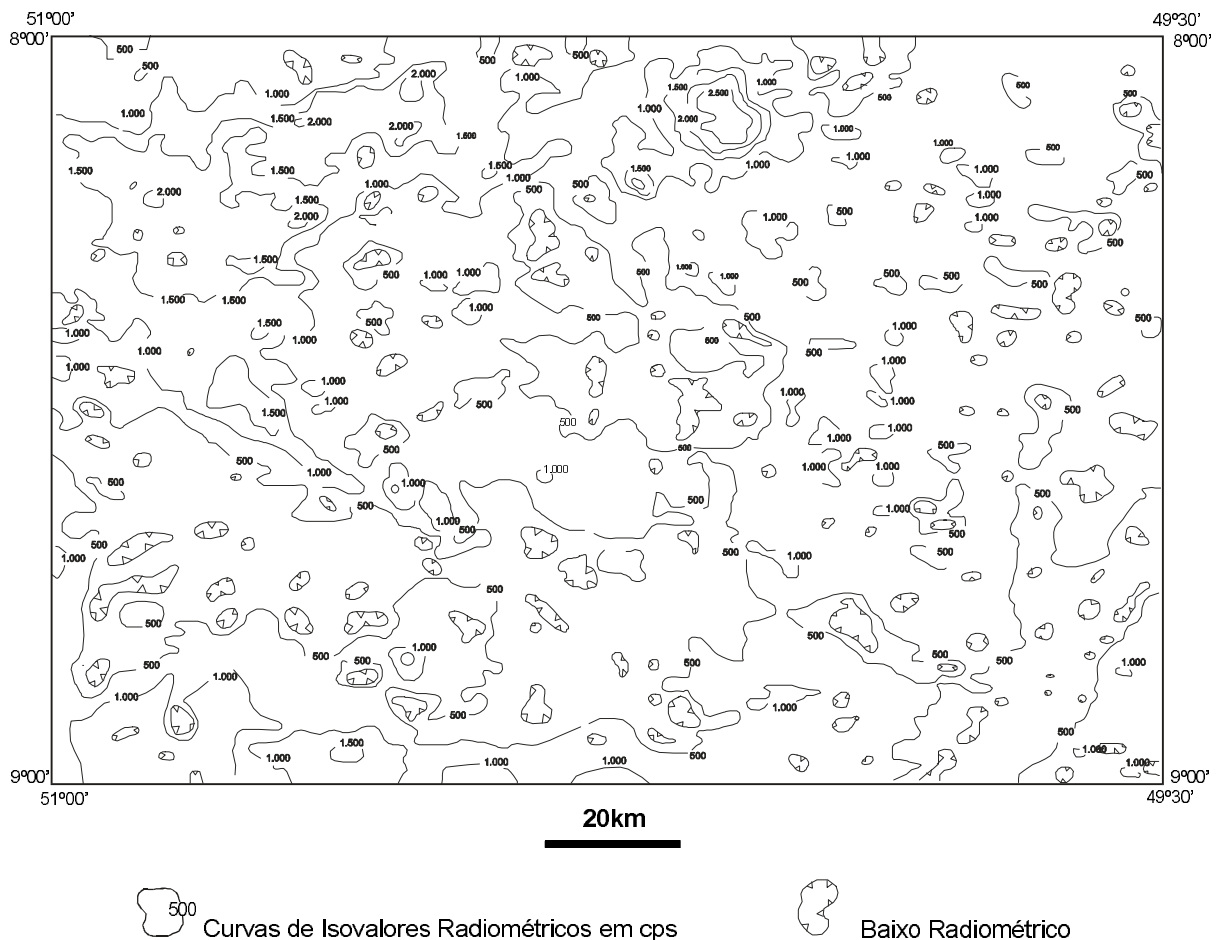


Figura 3.19 – Cartograma de aeroradiometria (Contagem Total).

Tabela 3.3 – Dados químicos e litogeoquímicos das formações ferríferas da Unidade Inajá.

Nº AMOSTRA	AV-99A	AV-108C	AV-109B	AV-109C	AN-04	AN-07	AV-145	AV-148	X1	X2	X3
	1	2	3	4	5	6	7	8			
SiO <sub>2</sub>	61,10	50,40	70,90	42,30	89,80	50,40	33,40	36,80	54,30	40,15	37,86-44,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,94	0,47	0,12	0,53	0,24	1,20	1,40	1,40	0,48	0,80	0,52-1,04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,00	45,30	27,30	49,30	9,00	38,90	57,50	56,90	41,33	50,10	53,99-59,64
FeO	2,20	2,60	0,50	7,30	0,24	7,80	1,40	1,30	1,95	1,60	0,52-6,71
TiO <sub>2</sub>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,04	ND	ND
MnO	0,05	0,05	0,05	0,23	0,05	0,13	0,65	0,05	0,07	0,10	0,01-0,04
CaO	0,10	0,10	0,07	0,07	0,07	0,07	0,70	0,56	0,90	2,00	0,14-0,21
MgO	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,40	0,20	0,20	1,40	0,01-0,02
Na <sub>2</sub> O	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	ND	0,11-0,12
K <sub>2</sub> O	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	ND	0,10-0,14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,13	0,12	0,09	0,13	0,05	0,09	0,21	0,10	0,13	0,01	0,02-0,05
P.F.	1,30	0,80	0,54	0,10	0,52	1,00	4,20	2,70			
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,04	0,30	0,10	0,20	0,30	0,20	0,40	0,40			
TOTAL	100,16	100,39	99,92	100,41	100,52	100,04	100,41	100,56	A		
La	14,28	5,14	3,51	15,15	3,74	4,99	3,08	5,78	5,01		
Ce	9,13	6,10	3,97	15,60	4,22	6,95	8,08	14,71	8,00		
Nd	7,73	4,06	1,83	8,94	1,64	3,73	2,14	3,82	5,43		
Sm	1,20	0,98	0,31	1,52	0,22	0,63	0,49	0,67	1,33		
Eu	0,26	0,28	0,10	0,35	0,04	0,19	0,15	0,22	0,48		
Gd	0,75	1,07	0,33	1,08	0,14	0,52	0,49	0,58	1,67		
Dy	0,67	1,31	0,31	0,85	0,10	0,52	0,53	0,56	0,89		
Ho	0,14	0,28	0,06	0,16	0,02	0,10	0,11	0,12	0,17		
Er	0,40	0,88	0,19	0,38	0,07	0,30	0,32	0,37	0,80		
Yb	0,42	1,01	0,21	0,36	0,07	0,31	0,37	0,44	0,26		
Lu	0,07	0,16	0,03	0,07	0,01	0,06	0,07	0,08	0,04		
SUMETR	35,05	21,27	10,85	44,46	10,27	18,30	15,83	27,35	24,10		

X1 = Média das BIF's da Suíte Metamórfica Vila Nova, seg. Faraco, 1990;

X2 = Média das BIF's tipo Lago Superior, segundo James, 1966;

X3 = Média das BIF's fácies óxido da Serra do Carajás, seg. Faraco, 1990.

A = CDM-84A: Amostra de BIF, fácies óxido da sa. da Serpentina, MG, seg. Dossin *et al.*, 1987.

Como regra geral, a superfície de exposição destes gnaisses é formada por relevo colinoso, arrasado, com altitude média de 160 a 260m. As colinas têm topo suavemente arredondado, perfil convexo, com altura média de 20 a 30m, encostas de baixa declividade e sem orientação preferencial (foto 3). A drenagem tem densidade média, localmente elevada, com uma rede de igarapés de leitos estreitos, rastos, medianamente encaixados, de perfil em forma de "U", localmente controlados por falhas e fraturas, desenvolvendo um padrão do tipo arborescente.

### Caracterização Litológica

As rochas que compõem o Tonalito Arco Verde destacam-se, em relação às demais rochas ortodérvadas, pela marcante anisotropia. São ortognaisses bandados a fortemente foliados, migmatizados ou não, com porções tenuamente foliadas, de cor cinza, ora claras ora escuras, de composição predominantemente tonalítica, com termos granodioríticos e trondhjemíticos subordinados (fotos 12 e 13).

A anisotropia é proporcionada ora pelo bandamento composicional ora pela foliação milonítica. O bandamento é formado ora por mobilizados quartzo-feldspáticos ora pela alternância de leitos milimétricos a centimétricos de cores variadas, descontínuos, resultantes da maior ou menor concentração de minerais félsicos e/ou máficos. A foliação é indicada pela biotita, freqüentemente orientada e paralelizada, eventualmente chegando a constituir um bandamento irregular, espaçado milimetricamente; e, mais raramente, por quartzo e feldspato.

O estiramento mineral, indicado por bastões de quartzo e feldspato, é de difícil visualização, porém, quando existente, ocorre sempre disposto subhorizontalmente e paralelo à foliação. Tanto o bandamento como a foliação estão orientados segun-

do a direção geral leste-oeste, com mergulhos muito fortes ora para norte ora para sul, com predomínio destes últimos. A foliação de baixo ângulo é rara, mas em alguns afloramentos está interceptada por zonas miloníticas subverticais.

Dobras isoclinais apertadas, métricas, sem raiz, com plano axial vertical e contornadas pelo bandamento composicional, são raras.

Muito comuns nos gnaisses são os enclaves de ortoanfíbolitos, de dimensões variáveis com diâmetro até métrico, geralmente decimétrico, estirados e rotacionados segundo o plano da foliação (foto 14).

Os gnaisses são rochas de granulação média a grosseira, excepcionalmente fina, inequigranulares, localmente porfíricas, algo epidotizadas, com termos protomiloníticos, subordinadamente miloníticos e até blastomiloníticos (foto 15).

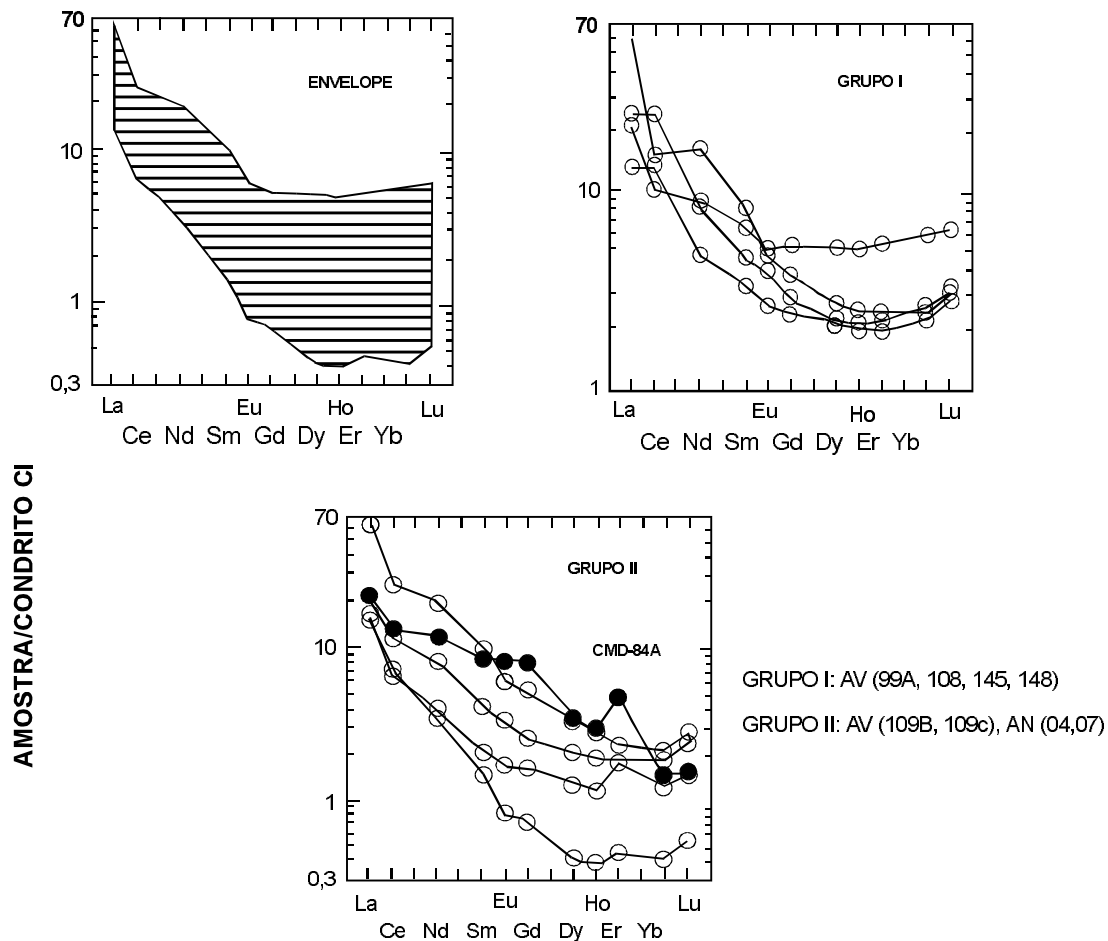


Figura 3.20 – Aranhograma dos elementos de terras-raras nas formações ferríferas da Unidade Inajá (Folha Redenção), normalizados segundo o padrão condrito CI, de Sun & McDonough (1989).

Ao microscópio as texturas observadas variam desde a protomilonítica granoblástica não-orientada, até tipos com textura porfiroclástica blastomilonítica e principalmente com arranjos blásticos anastomosados.

Além das ocasionais disseminações de sulfetos, a assembléia mineral é formada por plagioclásio + quartzo + biotita ± microclina (e/ou ortoclásio) ± clorita ± epidoto ± allanita ± titanita ± opacos, apatita e zircão, em ordem decrescente de abundância.

O plagioclásio (oligoclásio) ocorre em cristais hipidiomórficos a xenomórficos (raramente idiomórficos) e ocasionalmente ocelares. Apresenta-se límpido a fortemente argillizado e/ou sericitizado, por vezes epidotizado. Maclamento indistinto e extinção ondulante são efeitos comuns da deformação.

O quartzo comparece como grãos xenomórficos granoblásticos, ou como porfiroclastos com textura em "mortar", bastonetes, matriz milonítica neoformada e ainda como subgrãos, em vias de recristalização dinâmica todos, geralmente, com forte extinção ondulante.

A microclina se apresenta como grãos xenomórficos a hipidiomórficos, excepcionalmente idiomórficos, formando arranjos granoblásticos com o quartzo e o plagioclásio. Porfiroclastos algo recristalizados e porfiroblastos euédricos, neoformados, ocorrem ocasionalmente, com inclusões de biotita, opacos, quartzo e plagioclásio. Geralmente ocorre micropertítica, e localmente exhibe feições mirmequíticas nos contatos com o plagioclásio.

A biotita ocorre como cristais xenomórficos a hipidiomórfico na forma de palhetas caóticas ou orientadas paralelamente, "costurando" anastomoticamente os ocelos e bastonetes de feldspato e quartzo. Ocasionalmente aparece formando concentrações com a allanita, epidoto, titanita, opacos e apatita e, via de regra, mostra-se cloritizada.

O ortoclásio, quando presente, comparece xenomórfico a idiomórfico, geralmente como megacristais micropertíticos, sem deformação dúctil, e com freqüentes inclusões matriciais de plagioclásio, biotita, quartzo e opacos.

Titanita, allanita e minerais opacos são os principais acessórios.

As análises macro e microscópica dos litótipos desta unidade, mostram que ela é dominada por gnaisses que guardam uma forte constância em seus aspectos metamórficos e deformacionais.

O bandamento e/ou foliação, moderados a fortes, de *trend* grosseiramente leste-oeste, perseverantes ao longo de toda a área estudada, estão associados a uma forte movimentação direcional em regime de cisalhamento dúctil, responsável pelo

retrabalhamento crustal em nível predominantemente mesozonal (foto 16).

Os processos metamórficos, sincrônicos com a deformação heterogênea e progressiva, provocaram rearranjos minerais, envolvendo todas as fases minerais e frações rochosas pretéritas, reorganizando-as segundo um médio a forte achatamento e incipiente estiramento mineral, definindo uma foliação protomilonítica, em padrão anastomosado.

Em função destes processos metamórficos e deformacionais, as principais fases minerais dos tonalitos apresentam sutis modificações. São freqüentes e generalizados os processos de sericitização/saussuritização dos plagioclásios, cloritização e epidotização das biotitas e hornblendas e produção incipiente de muscovitas secundárias. Essas transformações metamórficas plagioclásio-sericita, anfibólio-clorita, biotita-clorita, anfibólio-epidoto e plagioclásio-muscovita, constituem pares minerais em incipiente desequilíbrio, e resultam de reações químico-mineralógicas de caráter hidrotermal, em um processo envolvendo uma interação fluido-rocha, sob condições de leve retrogressão metamórfica.

A associação mineral das fases minerais destes gnaisses mostra compatibilidade com as condições reinantes na fácies anfibolito baixo-médio, na escala de metamorfismo regional progressivo. Por sua vez, a deformação dúctil de natureza progressiva e heterogênea, generalizada, concomitante ao metamorfismo, envolveu, localizadamente, uma redução granulométrica das fases minerais majoritárias, originando milonitos. Os processos de recuperação e recristalização dinâmica ou sincinemática que envolveram o quartzo e o feldspato atingiram, localmente, características de superplasticidade.

Os enclaves máficos (anfibolitos) mostram forte orientação preferencial, com variados graus de deformação plástica, desenvolvendo estruturas tipo *pinch and swell* e evoluindo para fases de maior estiramento, gerando corpos budinados.

No curso do processo metamórfico-deformacional, foram desenvolvidas estruturas laminadas composicionalmente, originando gnaisses tectonicamente aleitados, ou ainda, desenhando estruturas migmatíticas variadas nas frações diferenciadas paleo e neossomáticas. Isto produziu variedades granodioríticas intermediárias pelo aumento da presença de álcali-feldspato nas frações neossomáticas. Desta forma, a produção de melanossomas biotíticos, leucossomas e idióblastos de microclina é indicativa de um processo de anatexia intimamente ligado ao metamorfismo-deformação, responsável pela geração anatética de granitos potássicos mais tardios, tipo Xinguara.

De um modo geral, observa-se regionalmente que o metamorfismo e a deformação, ocorridos em sincronismo com retrabalhamento crustal em regime direcional, imprimiram fortes modificações sobre os litótipos da unidade Arco Verde, obliterando totalmente as características texturais originais e dificultando o reconhecimento de sua história de deformação original.

### Caracterização litogeoquímica

As características litogeoquímicas do Tonalito Arco Verde, estão baseadas nos dados coligidos na tabela 3.4, relativos a 25 espécimes de rocha, cujos estudos petrográficos indicam tratar-se sobretudo de tonalitos e subordinadamente granodioritos (tabela 3.5).

Dentre os óxidos maiores, observa-se uma ampla variação de  $\text{SiO}_2$ , com percentuais na faixa de 64% a 76%, do que decorrem valores correspondentes aos índices ID, na faixa de 71-91; somatórios de ferro-magnesianos ( $\text{Mg}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{MnO}$ ) inferiores a 5%;  $\text{MgN}$  com valor médio de 0,5%, enquanto os percentuais de  $\text{CaO}$  são, em sua grande maioria, sempre superiores a 2%. O grau de oxidação do ferro é alto, verificando-se que as razões  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  são superiores a 1. Os percentuais dos álcalis ( $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) e os valores dos índices PALK, indicam tratar-se de rochas não-alcálicas e predominantemente sódicas, fato também corroborado pelos altos percentuais de  $\text{Ab}$  normativa. São rochas tipicamente metaluminosas a levemente aluminosas, conforme se depreende dos baixos valores do índice PAL, sempre inferiores a 1,3. Nos diagramas do tipo Harker da figura 3.21, indicando as relações desses diversos óxidos com sílica, chama atenção a distribuição caótica dos pontos no diagrama  $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$ , com forte espalhamento dos pontos e uma concentração algo anômala e alta, relativa às amostras com baixos percentuais de  $\text{SiO}_2$ , tratando-se provavelmente de fenômeno de feldspatização, relacionado a processo metassomático ligado aos fenômenos de cisalhamento, característico do sítio de onde provêm as amostras estudadas, dessa unidade. Os percentuais de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ , guardam uma certa correlação negativa com os percentuais de  $\text{SiO}_2$ , enquanto o  $\text{Na}_2\text{O}$  permanece sem grandes variações com o aumento de sílica.

Na figura 3.22, representando um dendrograma gerado a partir dos percentuais dos óxidos dos elementos maiores, observa-se basicamente três subconjuntos de amostras, numerados de 1 a 3, denominando no primeiro o litótipo tonalítico, no se-

gundo, o trondhjemitico, sendo o terceiro mais discrepante do ponto de vista químico.

Na tentativa de se avaliar a classificação químico-mineralógica das rochas da unidade, tendo-se em mente as limitações devidas aos processos metassomáticos, decorrentes do cisalhamento que as afetou, aplicaram-se os diagramas P x Q de Debon & Le Fort (1983) (figura 3.23) e Ab-An-Or normativos, conforme indicados na figura 3.24. Consta-se uma marcante distribuição dos pontos nos campos dos trondhjemitos e dos tonalitos e, de maneira bastante subordinada, ocorrem sete amostras no campo dos granodioritos e apenas uma amostra no campo dos granitos.

A aplicação do diagrama A x B de Debon & Le Fort (1983), conforme mostrado na figura 3.25, indica o caráter eminentemente metaluninoso das rochas da unidade em questão, fato também coerente com os valores dos índices PAL, sempre inferiores a 1,3. Este diagrama mostra ainda a natureza mesocrática dessas rochas, havendo apenas três pontos no campo dos granitoides leucocráticos.

A natureza tonalítico/trondhjemitica a levemente calcialcalina dessas rochas, pode ser visualizada no diagrama  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{CaO}/(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ , (figura 3.26), fato corroborado no diagrama  $\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}$  versus  $\text{SiO}_2$  da figura 3.27. No diagrama K - C - N da figura 3.28, o posicionamento de um número expressivo de amostras no campo calci alcalino pode indicar mais o caráter metassomático com enriquecimento em potássio das rochas em questão, em decorrência do cisalhamento em regime dúctil/rúptil que afetou as unidades da região estudada. De qualquer forma, os diagramas das figuras 3.26 e 3.27, devidos respectivamente a Brown (1982) e Rogers & Greenberg (1981), além de confirmarem as conclusões derivadas da interpretação das relações  $\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{Na}_2\text{O}$ , indicam também o caráter imaturo dessas rochas relativamente à sua posição em um arco magmático, o que é novamente coerente com os baixos valores dos índices IP (muito inferiores a 1), segundo Engel (1974).

Os elementos-traço do tipo LILE (Rb, Ba e Sr), guardam uma boa correlação com os percentuais dos minerais normativos (Or, Ab e An), bem como podem refletir a composição mineralógica real dessas rochas, vistas ao microscópio. De modo geral os teores de Rb são baixos, relativamente aos teores de Ba e de Sr, do que resultam relações Ba/Rb sempre altas e superiores a 1, enquanto as razões Rb/Sr, ao contrário, são inferiores a 1. Este fato, segundo Harris & Inger (1991), é indicativo de fusão em presença de vapor. Estes padrões são compa-

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil

Tabela 3.4 – Dados químicos e litogeoquímicos das rochas granitóides da Unidade Tonalito Arco Verde.

Nº AMOSTRA	AV-31B	AV-137B	AV-16	AV-91	AV-72A	AN-80	AV-90	AV-143	AV-81	AV-85	AV-47A	AV-69
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO <sub>2</sub>	64,30	66,00	67,30	68,30	68,40	68,50	68,70	68,80	68,90	69,30	69,30	69,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,00	16,10	15,10	15,10	15,10	14,20	14,60	14,60	15,10	15,10	15,10	15,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,90	2,70	2,70	2,90	3,60	2,10	2,20	2,70	2,80	2,00	2,10	2,80
FeO	1,00	1,50	1,30	1,30	0,51	1,90	1,10	1,40	1,00	1,00	0,45	0,90
MnO	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
MgO	1,50	1,00	1,60	0,91	1,10	1,20	1,50	1,40	1,40	1,90	1,20	1,20
CaO	4,30	4,20	3,40	3,40	3,60	2,70	3,10	3,60	3,40	2,50	3,10	3,40
Na <sub>2</sub> O	5,10	5,40	4,30	4,90	4,60	4,50	4,10	4,60	4,30	4,30	4,30	4,60
K <sub>2</sub> O	1,50	1,20	1,80	1,60	1,30	2,30	2,70	1,30	1,60	2,40	2,90	0,97
TiO <sub>2</sub>	0,52	0,42	0,31	0,21	0,21	0,52	0,31	0,42	0,10	0,31	0,31	0,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,17	0,18	0,13	0,10	0,11	0,48	0,13	0,10	0,10	0,10	0,13	0,13
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,10	0,00	0,23	0,23	0,24	0,00	0,14	0,00	0,21	0,13	0,13	0,23
P.F.	1,10	0,86	1,40	0,92	1,40	1,10	0,79	0,82	1,30	0,53	0,64	0,90
Total	99,54	99,61	99,62	99,92	100,22	99,56	99,42	99,79	100,26	99,62	99,71	99,99
Ba	280	520	780	750	580	1.140	2.000	320	1.860	1.000	1.100	350
Sr	320	480	270	330	320	340	480	215	280	340	410	280
Zr	193	-	153	193	66	-	126	-	94	66	124	114
Rb	233	-	94	65	74	180	91	-	82	183	46	77
Ba/Rb	1,20	-	8,30	11,54	7,84	6,33	21,98	-	22,68	5,46	23,91	4,55
Rb/Sr	0,73	-	0,35	0,20	0,23	0,53	0,19	-	0,29	0,54	0,11	0,28
Rb/Zr	1,21	-	0,61	0,34	1,12	-	0,72	-	0,87	2,77	0,37	0,68
K/Rb	78	-	231	297	212	154	357	-	235	158	759	152
La	-	56,05	18,92	6,21	15,98	54,53	-	25,65	15,71	-	-	16,61
Ce	-	118,10	41,45	14,88	32,84	97,50	-	46,46	31,37	-	-	35,26
Nd	-	49,99	17,18	5,82	14,93	34,07	-	18,16	10,51	-	-	12,79
Sm	-	6,83	2,87	1,09	3,02	4,30	-	3,28	1,57	-	-	2,02
Eu	-	1,39	0,61	0,43	0,58	0,66	-	0,78	0,53	-	-	0,52
Gd	-	3,42	1,96	0,63	2,11	2,31	-	2,45	0,89	-	-	1,42
Dy	-	2,04	1,54	0,48	1,71	1,38	-	2,46	0,61	-	-	0,97
Ho	-	0,37	0,30	0,08	0,32	0,24	-	0,50	0,12	-	-	0,18
Er	-	0,83	0,77	0,20	0,77	0,53	-	1,43	0,31	-	-	0,42
Yb	-	0,51	0,70	0,20	0,57	0,43	-	1,14	0,26	-	-	0,37
Lu	-	0,07	0,09	0,03	0,09	0,10	-	0,16	0,05	-	-	0,08
SUM(ETR)	-	240	86	30	73	196	-	102	62	-	-	71
Eu/Eu*	-	0,79	0,75	1,48	0,66	0,58	-	0,81	1,26	-	-	0,89
(Gd/Yb)N	-	5,35	2,26	2,55	2,98	4,31	-	1,73	2,78	-	-	3,09
(La/Yb)N	-	73,04	18,19	20,98	18,85	84,81	-	15,07	40,78	-	-	30,05
(La/Sm)N	-	5,16	4,15	3,58	3,32	7,98	-	4,91	6,28	-	-	5,16
q	18,00	20,24	25,79	24,84	28,12	27,23	26,35	27,54	29,04	27,42	25,66	30,67
or	9,03	7,18	10,86	9,58	7,79	13,80	16,20	7,76	9,57	14,33	17,32	5,79
ab	43,96	46,30	37,16	42,02	39,48	38,67	35,23	39,35	36,84	36,77	36,78	39,37
an	16,64	16,36	16,36	14,68	16,95	10,41	13,67	15,52	16,41	11,87	13,48	16,20
mt	2,98	2,82	2,68	2,51	1,05	2,97	2,66	2,81	2,97	2,65	1,40	2,31
n	1,00	0,80	0,60	0,40	0,40	1,00	0,59	0,80	0,19	0,59	0,59	0,40
Ap	0,41	0,43	0,31	0,24	0,26	1,15	0,31	0,24	0,24	0,23	0,31	0,31
ID	71	74	74	76	74	80	78	75	74	79	82	74
IP	0,29	0,22	0,42	0,33	0,28	0,51	0,65	0,28	0,37	0,56	0,67	0,21
PAL	0,90	0,90	0,99	0,95	0,97	0,96	0,95	0,94	1,01	1,06	0,95	1,02
PALK	0,63	0,63	0,60	0,65	0,59	0,70	0,66	0,61	0,58	0,64	0,68	0,57
MgN	0,51	0,41	0,55	0,40	0,50	0,44	0,58	0,50	0,54	0,65	0,62	0,52

Tabela 3.4 – Dados químicos e litogeoquímicos das rochas granitóides da Unidade Tonalito Arco Verde (cont.).

Nº AMOSTRA	AV-20A	AV-171	AV-92	AV-136	AV-78	AN-46	AV-45B	AV-135	AN-45A	AV-67	AV-131	AV-21A	AN-21
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
SiO <sub>2</sub>	70,10	70,30	70,50	70,60	70,60	71,30	71,90	72,10	72,50	72,90	73,30	73,30	76,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,10	15,10	15,10	15,10	15,10	14,20	14,60	14,20	13,70	14,60	13,20	14,20	11,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,90	2,00	1,30	1,80	1,80	2,40	2,30	1,40	1,70	0,87	2,10	0,92	1,20
FeO	0,46	0,53	0,48	0,93	0,85	0,81	0,26	0,85	0,67	0,23	0,33	0,33	1,20
MnO	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
MgO	0,81	0,81	0,33	3,20	1,20	0,50	0,80	1,00	0,60	0,25	0,81	0,20	1,30
CaO	2,10	2,80	3,40	1,20	3,10	3,40	2,60	3,00	2,20	2,50	2,50	1,30	2,20
Na <sub>2</sub> O	4,90	4,60	4,90	5,10	5,00	4,90	4,90	4,80	5,10	5,10	3,70	4,30	3,00
K <sub>2</sub> O	2,70	2,70	3,60	0,73	1,30	0,97	0,85	1,50	1,50	1,80	2,40	3,40	1,50
TiO <sub>2</sub>	0,21	0,21	0,10	0,12	0,21	0,21	0,21	0,36	0,21	0,10	0,36	0,10	0,42
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	0,10	0,11	0,71	0,10	0,40	0,08	0,10	0,37	0,04	0,08	0,05	0,09
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,18	0,13	0,14	0,10	0,12	0,01	0,20	0,10	0,00	0,15	0,10	0,00	0,13
P.F.	1,00	0,58	1,00	0,10	0,72	0,91	0,20	0,53	0,79	1,40	1,00	1,20	0,16
Total	99,59	99,91	101,01	99,74	100,15	100,06	98,95	99,99	99,39	99,99	99,93	99,35	99,15
Ba	920	940	2.000	330	570	600	420	460	320	700	560	1.625	540
Sr	260	360	360	360	320	430	75	200	240	280	150	320	110
Zr	145	217	254	161	125	1	247	139	–	75	253	95	191
Rb	123	133	78	41	58	149	268	49	331	74	111	235	123
Ba/Rb	7,48	7,07	25,64	8,05	9,83	4,03	1,57	9,39	0,97	9,46	5,05	6,91	4,39
Rb/Sr	0,47	0,37	0,22	0,11	0,18	0,35	3,57	0,25	1,38	0,26	0,74	0,73	1,12
Rb/Zr	0,85	0,61	0,31	0,25	0,46	149,00	1,09	0,35	–	0,99	0,44	2,47	0,64
K/Rb	264	245	556	214	270	78	38	369	55	293	260	174	147
La	16,48	–	35,01	–	16,65	21,69	24,48	–	43,62	14,61	–	13,49	19,89
Ce	33,54	–	68,57	–	37,86	39,03	40,07	–	86,36	23,79	–	27,70	38,66
Nd	12,32	–	20,26	–	12,17	12,11	14,48	–	28,90	9,79	–	8,63	14,68
Sm	2,22	–	2,55	–	1,84	1,72	1,81	–	5,10	1,78	–	1,38	2,80
Eu	0,51	–	0,52	–	0,35	0,41	0,46	–	0,49	0,36	–	0,48	0,53
Gd	1,61	–	1,38	–	1,26	0,79	0,89	–	3,39	1,31	–	1,01	2,05
Dy	1,25	–	0,73	–	0,69	0,35	0,58	–	2,42	0,97	–	0,95	1,97
Ho	0,23	–	0,12	–	0,12	0,05	0,11	–	0,42	0,18	–	0,19	0,41
Er	0,57	–	0,36	–	0,30	0,09	0,28	–	0,82	0,47	–	0,58	1,25
Yb	0,48	–	0,31	–	0,19	0,07	0,29	–	0,52	0,46	–	0,63	1,13
Lu	0,09	–	0,05	–	0,03	0,01	0,06	–	0,06	0,12	–	0,11	0,16
SUM(ETR)	69	–	130	–	72	76	84	–	172	54	–	55	84
Eu/Eu*	0,80	–	0,78	–	0,68	0,94	0,99	–	0,34	0,69	–	1,21	0,64
(Gd/Yb)N	2,69	–	3,61	–	5,26	8,46	2,48	–	5,26	2,28	–	1,28	1,46
(La/Yb)N	22,89	–	76,23	–	57,93	192,63	56,39	–	56,51	21,12	–	14,25	11,80
(La/Sm)N	4,66	–	8,64	–	5,68	7,94	8,51	–	5,38	5,15	–	6,13	4,46
q	26,21	26,65	22,42	33,51	33,51	28,59	32,54	31,32	32,99	31,33	36,69	32,94	47,31
or	16,21	16,08	21,30	4,33	4,33	7,73	5,78	8,92	8,99	10,80	14,35	20,47	8,96
ab	42,13	39,24	41,51	43,35	43,35	42,60	41,81	40,87	43,76	43,83	31,68	37,06	25,67
an	10,05	12,68	8,58	0,00	0,00	14,82	14,00	12,85	8,61	11,81	12,02	6,23	10,44
mt	1,44	1,95	1,25	2,62	2,62	2,14	2,01	1,70	1,57	0,45	0,72	0,78	1,76
n	0,40	0,40	0,19	0,22	0,22	0,40	0,40	0,68	0,40	0,19	0,69	0,19	0,80
Ap	0,19	0,23	0,26	1,21	1,21	0,23	0,95	0,23	0,88	0,09	0,19	0,12	0,21
ID	86	83	86	80	79	80	83	83	87	86	84	91	82
IP	0,55	0,59	0,73	0,14	0,26	0,19	0,17	0,31	0,29	0,35	0,65	0,79	0,50
PAL	1,02	0,97	0,83	1,33	0,99	0,93	1,07	0,95	0,98	0,98	1,00	1,08	1,07
PALK	0,73	0,69	0,79	0,61	0,64	0,64	0,60	0,67	0,73	0,71	0,66	0,76	0,58
MgN	0,54	0,52	0,37	0,78	0,58	0,34	0,55	0,56	0,44	0,44	0,55	0,34	0,58

## Parâmetros Petroquímicos

ID: índice de diferenciação de Thonton e Tuttle (1960):  $(q+ab+er+ne+kp+lc)$ ;  
 PAL: parâmetro de aluminosidade de Shand (1982):  $\text{mol Al}_2\text{O}_3 / (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})$   
 IP: índice petrogenético de Engel (1974):  $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ ; MgN: Mg number:  $\text{mol MgO} / (\text{MgO} + \text{FeO}^*)$ , sendo  $\text{FeO}^* = \text{FeO} + 0,8998 \text{ Fe}_2\text{O}_3$ ; PALK: índice de peralcalinidade:  $\text{mol} (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) / \text{mol Al}_2\text{O}_3$ .



Tabela 3.5 – Tipos petrográficos da Unidade Tonalito Arco Verde.

1- AV-31B	Biotita Gnaiss Tonalítico
2- AV-137B	Biotita Gnaiss Tonalítico
3- AN-80	Biotita Gnaiss Tonalítico
4- AV-90	Biotita Gnaiss Tonalítico
5- AV-143	Biotita Gnaiss Tonalítico
6- AV-85	Biotita Gnaiss/Granodiorito
7- AV-47A	Biotita Gnaiss/Granodiorito
8- AV-171	Biotita Gnaiss Tonalítico
9- AV-136	Muscovita-Biotita Gnaiss Tonalítico
10- AN-46	Biotita Gnaiss Tonalítico
11- AV-45B	Biotita Gnaiss/Granodiorito
12- AN-45A	Biotita Gnaiss Tonalítico
13- AV-131	Biotita Gnaiss Tonalítico
14- AV-21A	Biotita Gnaiss Tonalítico/Granodiorito
15- AN-21	Biotita Gnaiss Tonalítico

ráveis com aqueles dos high-Ca granites, definidos por Meyer et al. (1994) na região arqueana de Barberton, África do Sul. As razões K/Rb mostram fortes dispersões, provavelmente em consequência do variado metassomatismo potássico referido anteriormente. Quanto aos elementos do tipo HFSE, verifica-se que os teores de Zr são relativamente baixos quando comparados com as concentrações dos granitos ricos em Ca e se equivalem aos padrões de granitoides arqueanos. São frequentes nas paragêneses dessas rochas a presença de minerais como zircão, allanita, titanita e apatita, mineralogia esta característica dos granitos tipo I.

Na tabela 3.6, procurou-se destacar em três grupos, os dados relativos aos elementos de terras-raras, analisados em 17 amostras, para as quais estão apresentadas na figura 3.29, as curvas normalizadas segundo o padrão do condrito CI de Sun & McDonough (1989).

No conjunto geral dos dados e das curvas, estas vistas segundo os envelopes ou segundo os arranjos dos grupos I, II e III, destacam-se, fundamentalmente, os seguintes aspectos: as altas razões La/Yb (11-192), sobretudo nas 11 amostras do grupo 1; fortes depleções dos ETRP (elemento de terras-raras pesadas) ou terras-raras ítricas, dando ao ramo da direita o formato de bengala, com concavidade para cima; frequentes anomalias negativas de Eu e baixos somatórios dos ETR. As amostras que integram as curvas do grupo 3, destacam-se pelas anomalias positivas de európio e baixos so-

matórios de ETR. Por outro lado, as amostras do grupo 2, embora ainda classificadas como tonalitos, possuem os mais altos valores de anomalia negativa de európio, os mais altos somatórios de ETR, além dos mais altos teores de terras-raras céricas, sobretudo La e Ce. Esses parâmetros aqui arrolados, são característicos de associações graníticas arqueanas/proterozóicas do tipo TTG. As frequentes anomalias negativas de európio, aliadas às fortes depleções das terras ítricas, indicam que as rochas em questão teriam sido geradas a partir de processo de anatexia de um protólito do tipo anfíbolito com granada e quartzo, ou um eclogito. As amostras do grupo 3 (AV-21A, 91 e 81), com anomalias positivas de Eu, podem representar frações residuais dessa anatexia, para a qual os representantes mais evoluídos seriam as amostras do grupo 2 (AV-137, AN-80 e AN-45A).

Quanto ao paleoambiente geotectônico, onde ter-se-iam formado as rochas da Unidade Tonalito Arco Verde, pode-se inferir a partir da figura 3.30, um regime eminentemente compressivo do tipo colisional pré-placa ou, em outras palavras, ambiente de subducção com um arco magmático bastante imaturo. Segundo a concepção de Barbarin (1990), o Tonalito Arco Verde seria classificado no tipo  $T_{IA}$  ou seja, granitóide toleítico de arco-de-ilha e de origem eminentemente mantélica.

### Assinatura Geofísica

O Tonalito Arco Verde apresenta um padrão característico em resposta ao levantamento aerogeofísico, formando um relevo magnético com variações que vão desde moderado a alto, apresentando isodinâmicas orientadas nas direções ENE/WSW, NE/SW e E-W. As anomalias são do tipo planar e linear, com grande alternância de polaridade, distribuída amplamente em superfície. Normalmente os eixos magnéticos ocorrem em fases (positivos e negativos), curtos a médios, orientados EW e NE/SW. Em alguns locais os dipólos assumem formas semicirculares, elípticas, em planta, indicando a existência de corpos rochosos alongados, estreitos e horizontalizados. Os corpos com eixos magnéticos mais ou menos adensados podem indicar uma composição básica e são relacionados com relictos da unidade pretérita. Em locais restritos onde as isodinâmicas estão mais adensadas e contorcidas, é provável que indiquem uma tectônica bastante intensa, induzindo acreditar-se que nestes sítios existam rochas miloníticas ou até mesmo ultramiloníticas (figura 3.14).

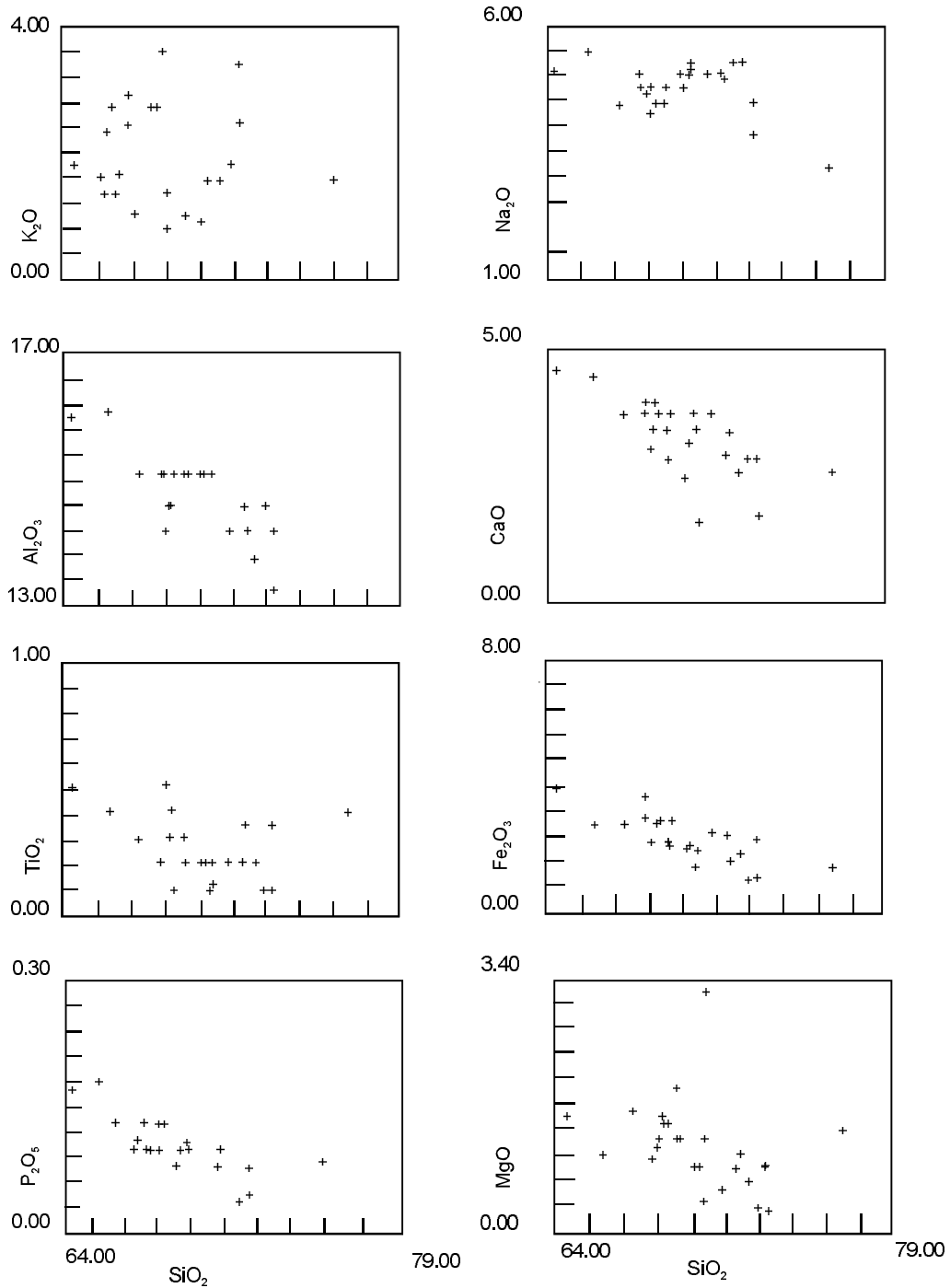


Figura 3.21 – Diagramas do tipo Harker para as amostras do Tonalito Arco Verde (Folha Redenção).

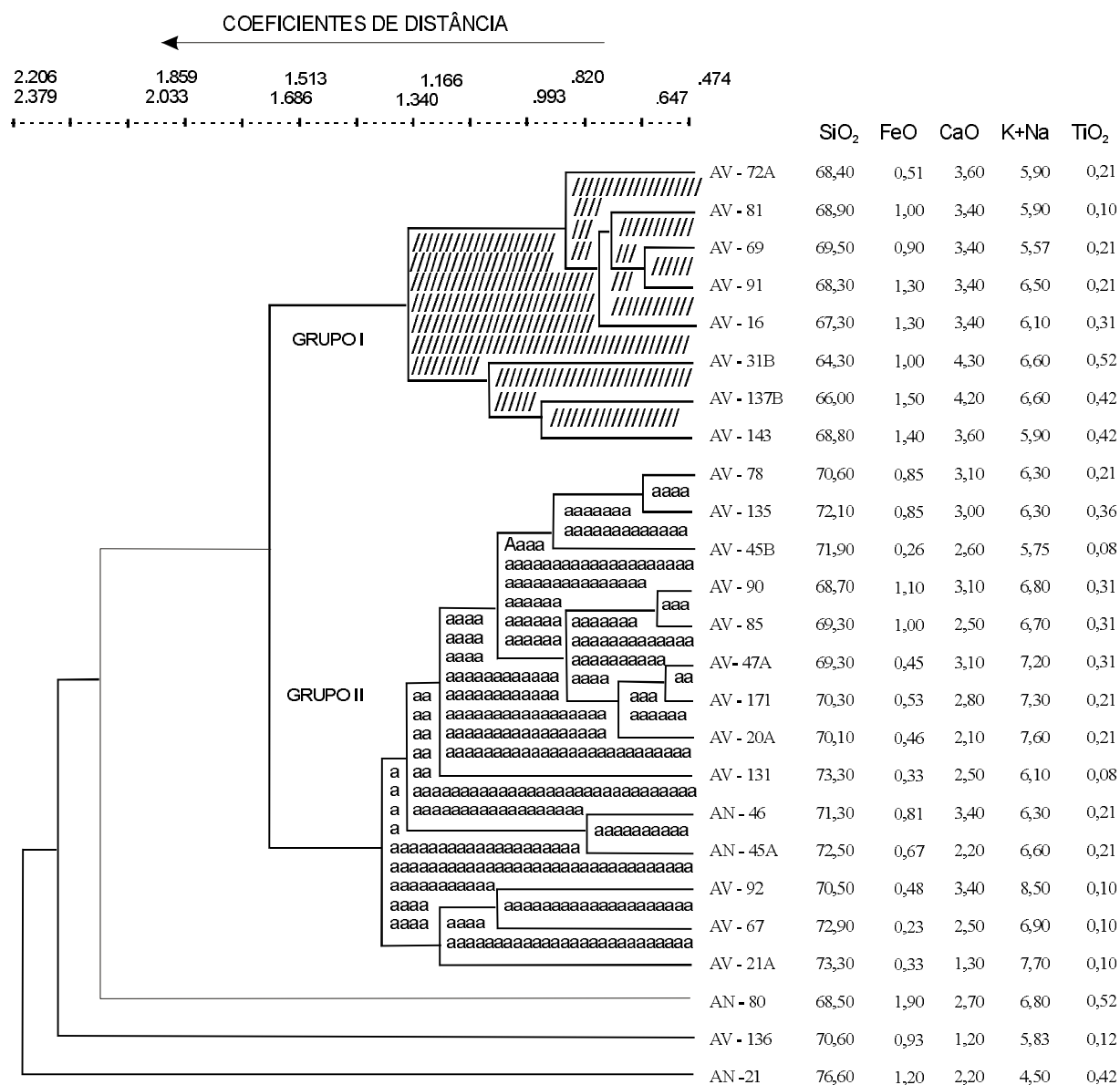


Figura 3.22 – Dendograma gerado para o Tonalito Arco Verde (Folha Redenção), baseado nos percentuais dos óxidos dos elementos maiores. O índice de similaridade é medido pelo coeficiente de distância euclidiana.

Os ortognaisses de cor cinza desta unidade são pouco radioativos e estão refletidos no mapa aeroradiométrico de contagem total por áreas de radiometria baixa a média, com valores inferiores de 1.000cps (figura 3.19).

### Relações de Contato, Geocronologia e Correlação

O Tonalito Arco Verde faz contato com todas as demais unidades arqueanas, com o Monzogranito

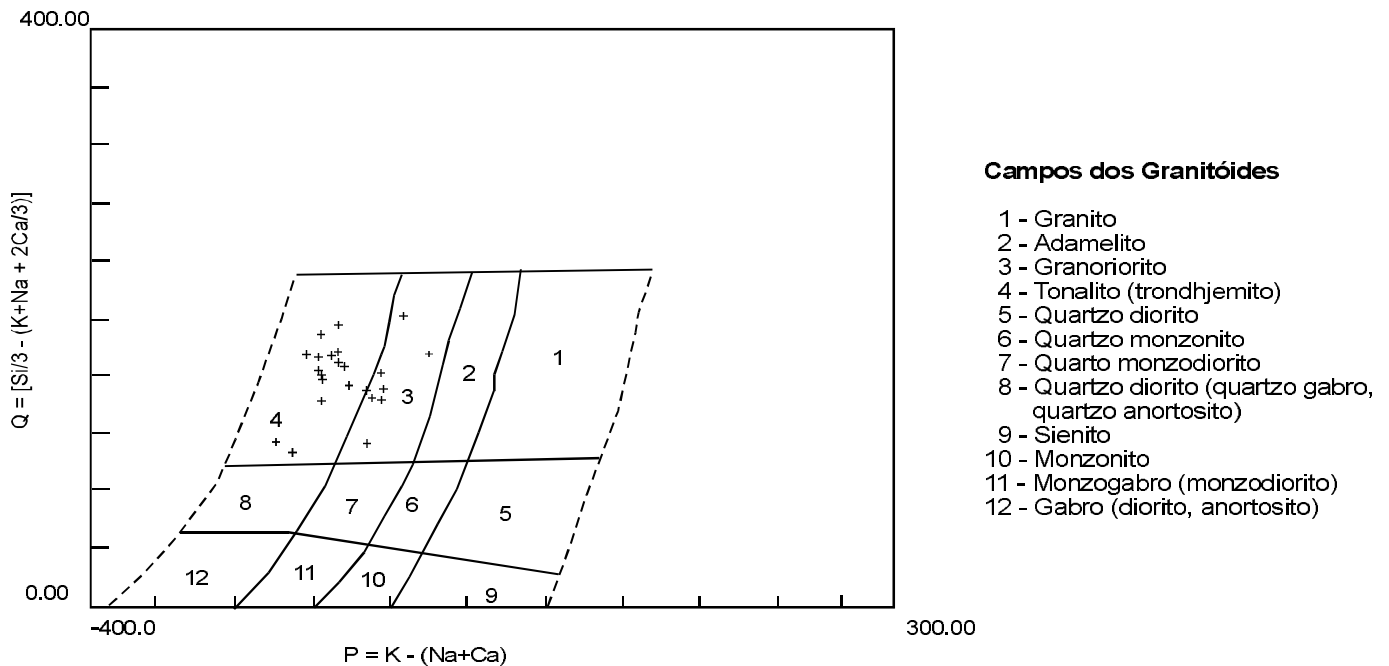


Figura 3.23 – Diagrama PxQ de Debon & Le Fort (1983), aplicado ao Tonalito Arco Verde (Folha Redenção).

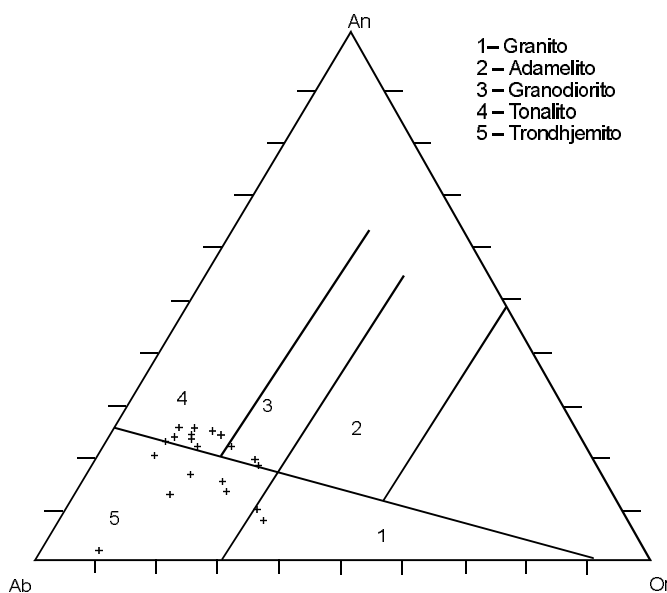


Figura 3.24 – Diagrama Ab-An-Or normativos classifcatório petrográfico, segundo O'Connor (1965), aplicado aos granitóides da Unidade Tonalito Arco Verde (Folha Redenção).

Redenção e os sedimentos plataformais proterozóicos, com os metassedimentos da Faixa Araguaia e com diques de rochas básicas.

Tratando-se de uma região onde o manto de intemperismo é muito espesso, os afloramentos são pontuais e os cortes artificiais raríssimos, é muito difícil, no campo, ver as relações de contato entre as várias unidades cronoestratigráficas.

Admite-se que o Tonalito Arco Verde adquiriu suas características estruturais e texturais, como o rearranjo dos minerais em bandas ou em aglomerados estirados, durante a evolução do Cinturão de Cisalhamento Pau d'Arco. Na região de Rio Maria, logo ao norte da área objeto deste trabalho, as evidências de campo indicam que o Thondhjemitito Mogno é a unidade mais antiga onde se implantou o terreno granito-*greenstone*.

As relações espaciais com o Monzogranito Redenção foram observadas nas porções N e NW da serra homônima, onde a passagem do granito para o gnaiss se faz de modo brusco, discordante, com o desenvolvimento de uma auréola caracterizada pela introdução na rocha hospedeira de abundante potássio, permitindo a formação de cristais euédricos, idiomórficos, com até 10cm de dimensão

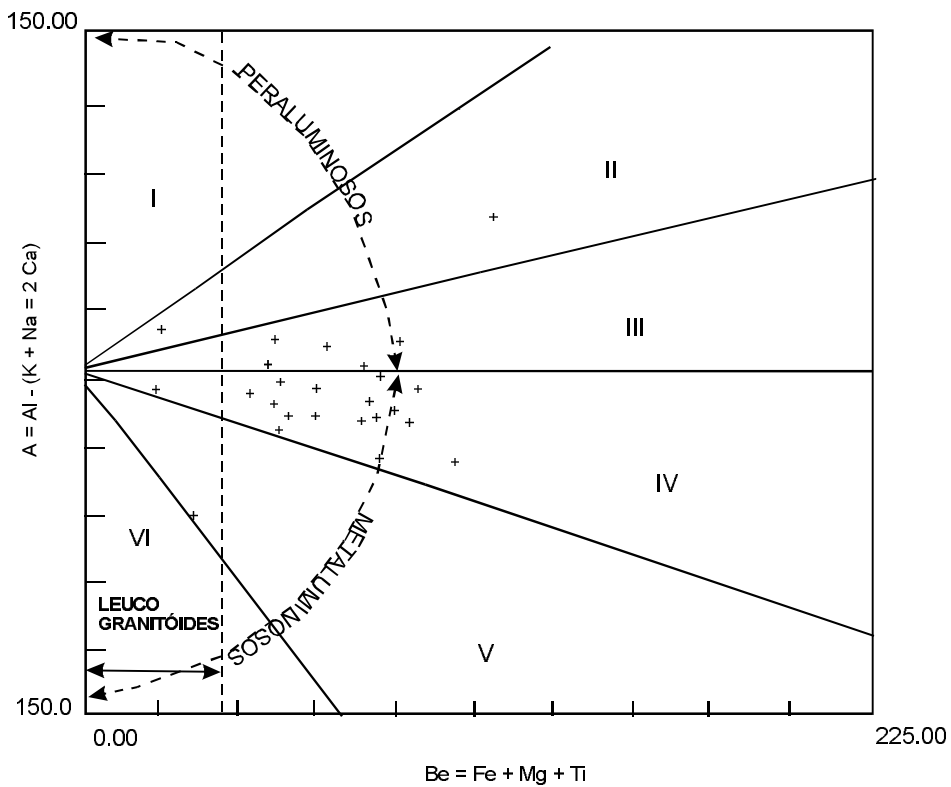


Figura 3.25 – Diagrama BxA de Debon & Le Fort (1983), aplicado ao Tonalito Arco Verde (Folha Redenção).

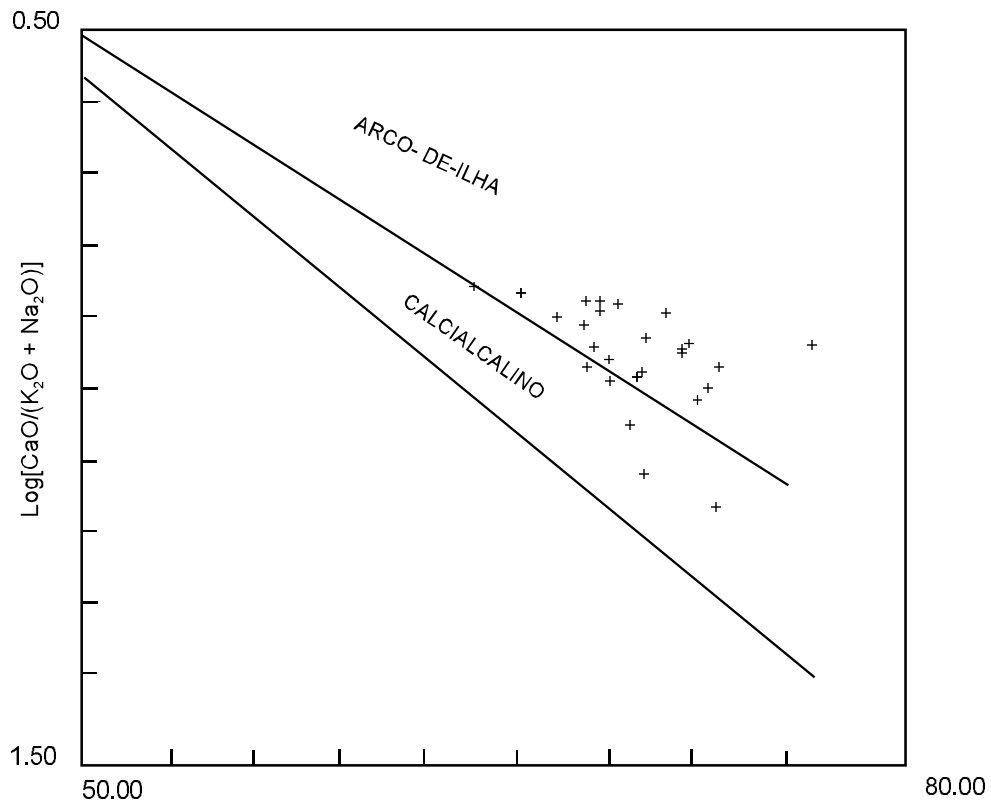


Figura 3.26 – Diagrama  $SiO_2$  versus  $CaO/Álcis$  de Brown (1982), aplicado ao Tonalito Arco Verde (Folha Redenção).

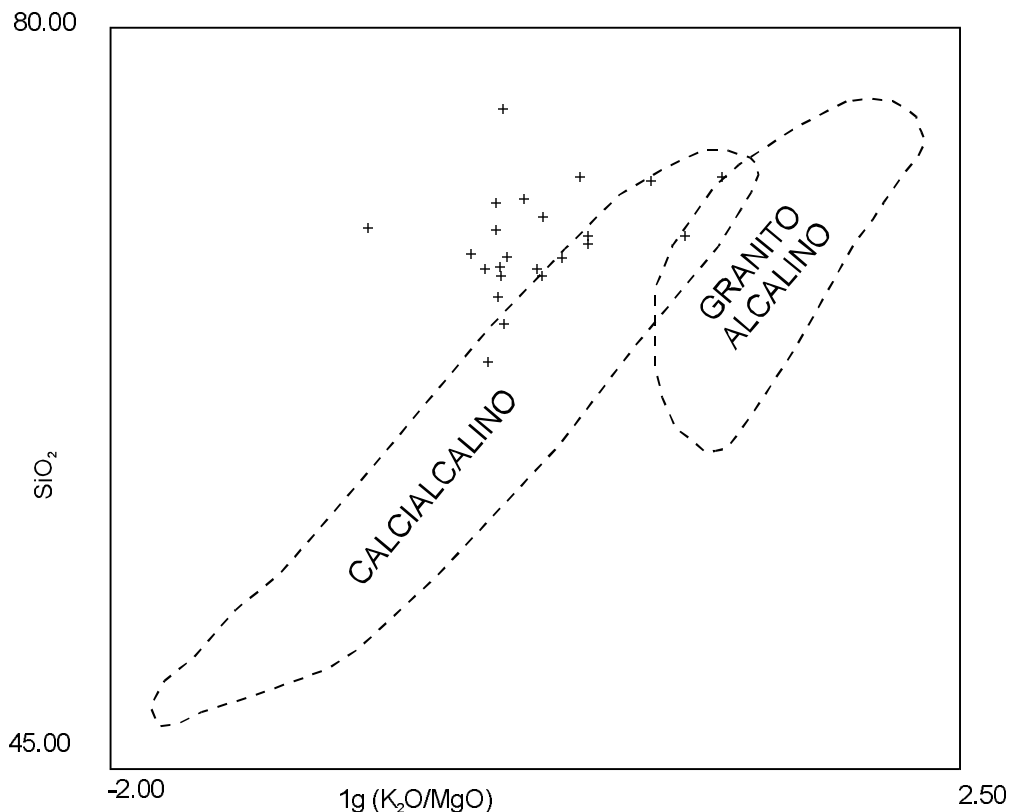


Figura 3.27 – Diagrama  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}$  de Rogers e Greenberg (1981) aplicado ao Tonalito Arco Verde (Folha Redenção).

maior, de ortoclásio, geralmente alinhado segundo o plano da foliação do gnaiss (foto 17).

Rochas básicas, em especial gabros e diabásios, ocorrem ora paralelos à estruturação ENE-WSW, aparentemente preenchendo extensas zonas de cisalhamento, ora discordantes da foliação dos gnaisses, preenchendo enormes fraturas rúpteis. São rochas sem deformação e, portanto, mais jovens que suas encaixantes.

O contato mais extenso ocorre com os epimeta-morfitos da Formação Couto Magalhães, originando uma superfície orientada grosseiramente norte-sul, onde estão lado a lado rochas de diferentes graus metamórficos e de deformação, com os metassedimentos dispostos norte-sul, ortogonalmente aos gnaisses. Esses metassedimentos cavalgam sobre as rochas arqueanas.

O contato com o Monzogranito Xinguara é discordante e intrusivo. Nas bordas do batólito formado pelos monzogranitos, é freqüente encontrar-se enclaves das mais variadas dimensões e formatos de gnaisses. Esses enclaves são porções do Tonalito Arco Verde que foram englobadas pelo Monzogranito Xinguara durante o processo de fu-

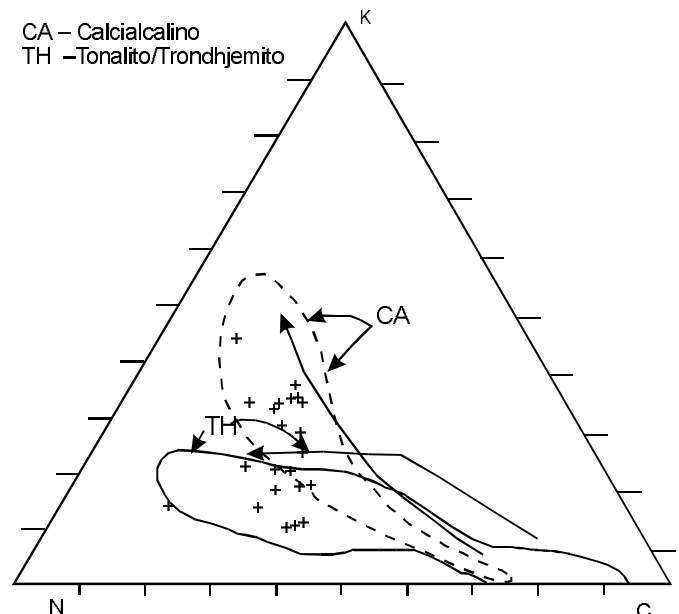


Figura 3.28 – Diagrama K-C-N mostrando os trends CA e TH para os granitóides da Unidade Arco Verde na Folha Redenção.

Tabela 3.6 – Dados químicos relativos aos elementos de terras-raras do Tonalito Arco Verde.

GRUPO 1

Nº AMOSTRA	AV-16	AV-72A	AV-69	AV-20A	AV-67	AV-45B	AV-78	AN-46	AV-92	AV-143	AN-21
La	18,92	15,98	16,61	16,48	14,61	24,48	16,65	21,69	35,01	25,65	19,89
Ce	41,45	32,84	35,26	33,54	23,79	40,07	37,86	39,03	68,57	46,46	38,66
Nd	17,18	14,93	12,79	12,32	9,79	14,48	12,17	12,11	20,26	18,16	14,68
Sm	2,87	3,02	2,02	2,22	1,78	1,81	1,84	1,72	2,55	3,28	2,80
Eu	0,61	0,58	0,52	0,51	0,36	0,46	0,35	0,41	0,52	0,78	0,53
Gd	1,96	2,11	1,42	1,61	1,31	0,89	1,26	0,79	1,38	2,45	2,05
Dy	1,54	1,71	0,97	1,25	0,97	0,58	0,69	0,35	0,73	2,46	1,97
Ho	0,30	0,32	0,18	0,23	0,18	0,11	0,12	0,05	0,12	0,50	0,41
Er	0,77	0,77	0,42	0,57	0,47	0,28	0,30	0,09	0,36	1,43	1,25
Yb	0,70	0,57	0,37	0,48	0,46	0,29	0,19	0,07	0,31	1,14	1,13
Lu	0,09	0,09	0,08	0,09	0,12	0,06	0,03	0,01	0,05	0,16	0,16
Eu/Eu*	0,75	0,66	0,89	0,80	0,69	0,99	0,68	0,94	0,78	0,81	0,64
(Gd/Yb)N	2,26	2,98	3,09	2,69	2,28	2,48	5,26	8,46	3,61	1,73	1,46
(La/Yb)N	18,19	18,85	30,05	22,89	21,12	56,39	57,93	192,63	76,23	15,07	11,80
(La/Sm)N	4,15	3,32	5,16	4,66	5,15	8,51	5,68	7,94	8,64	4,91	4,46
SUM(ETR)	86	73	71	69	54	84	72	76	130	102	84

GRUPO 2

Nº AMOSTRA	AV-137B	AN-80	AN-45A
La	56,05	54,53	43,62
Ce	118,10	97,50	86,36
Nd	49,99	34,07	28,90
Sm	6,83	4,30	5,10
Eu	1,39	0,66	0,49
Gd	3,42	2,31	3,39
Dy	2,04	1,38	2,42
Ho	0,37	0,24	0,42
Er	0,83	0,53	0,82
Yb	0,51	0,43	0,52
Lu	0,07	0,10	0,06
Eu/Eu*	0,79	0,58	0,34
(Gd/Yb)N	5,35	4,31	5,26
(La/Yb)N	73,04	84,81	56,51
(La/Sm)N	5,16	7,98	5,38
SUM(ETR)	240	196	172

GRUPO 3

Nº AMOSTRA	AV-21A	AV-91	AV-81
La	13,49	6,21	15,71
Ce	27,70	14,88	31,37
Nd	8,63	5,82	10,51
Sm	1,38	1,09	1,57
Eu	0,48	0,43	0,53
Gd	1,01	0,63	0,89
Dy	0,95	0,48	0,61
Ho	0,19	0,08	0,12
Er	0,58	0,20	0,31
Yb	0,63	0,20	0,26
Lu	0,11	0,03	0,05
Eu/Eu*	1,21	1,48	1,26
(Gd/Yb)N	1,28	2,55	02,78
(La/Yb)N	14,25	20,98	40,78
(La/Sm)N	6,13	3,58	6,28
SUM(ETR)	55	30	62

são parcial que originou esses granitos; provavelmente intimamente ligado ao desenvolvimento do Cinturão de Cisalhamento Pau d'Arco (fotos 18 e 19).

A literatura geológica relata apenas um único resultado geocronológico oriundo de gnaisses desta unidade. A datação foi efetuada em 1990 por Macambira & Lancelot que estudaram um gnaiss coletado nas vizinhanças de vila Marajoara, na Folha SB.22-Z-C, em domínios do Tonalito Arco Verde e resultou em uma idade de 2.971 +30/ -28Ma obtida através do método U/Pb.

### 3.2.2.3 Granodiorito Rio Maria (Arm)

Na região situada em volta da cidade de Rio Maria, Cordeiro (1982) identificou domos granitóides arrasados truncando biotita gnaisses, migmatitos e seqüências do tipo *greenstone belt*. Estes corpos foram denominados informalmente por Dall'Agnoli *et al.* (1986) de Granodiorito Rio Maria, terminologia adotada formalmente no ano seguinte por Medeiros (1987) para o corpo granitóide batolítico que aflora em ambos os lados da rodovia PA-150, desde o km 01 a sul daquela cidade até a área de ocorrência do Plúton Musa.

Estes granitóides estendem-se para sul, adentrando a Folha Redenção (SC.22-X-A), onde ocorrem na forma de pequenos corpos isolados, que originam relevo colinoso, arrasado, muito semelhante ao relevo desenvolvido pelos gnaisses da Unidade Arco Verde. Alguns destes corpos foram cartografados, destacando-se aqueles situados ao longo do ramal para a fazenda Alô Brasil e os das imediações da extremidade oeste da serra do Inajá, enfatizando-se que seus limites, em mapa, podem estar extrapolando as reais dimensões (figura 3.5 e foto 20).

### Caracterização Litológica

Apesar de ocorrer de forma restrita na Folha Redenção, observa-se que o Granodiorito Rio Maria

apresenta marcantes variações faciológicas, indo desde hornblenda granodioritos até biotita-hornblenda monzogranitos. Em geral trata-se de granitóides leucocráticos a mesotipos, holocristalinos, com a cor cinza muito clara predominando nos primeiros e o cinza-rosado nos segundos.

Os granodioritos têm granulação média a grossa, são inequigranulares, variando desde tipos isotrópicos (fotos 21 e 22) a fortemente anisotrópicos. Nos tipos isotrópicos pode-se distinguir, localmente, orientações de fluxo caracterizadas pelo alinhamento dos cristais de hornblenda. Eles são marcados também por apresentarem enclaves de ortoanfibolitos de dimensões decimétricas com formas arredondadas ou com cantos em arestas (foto 21).

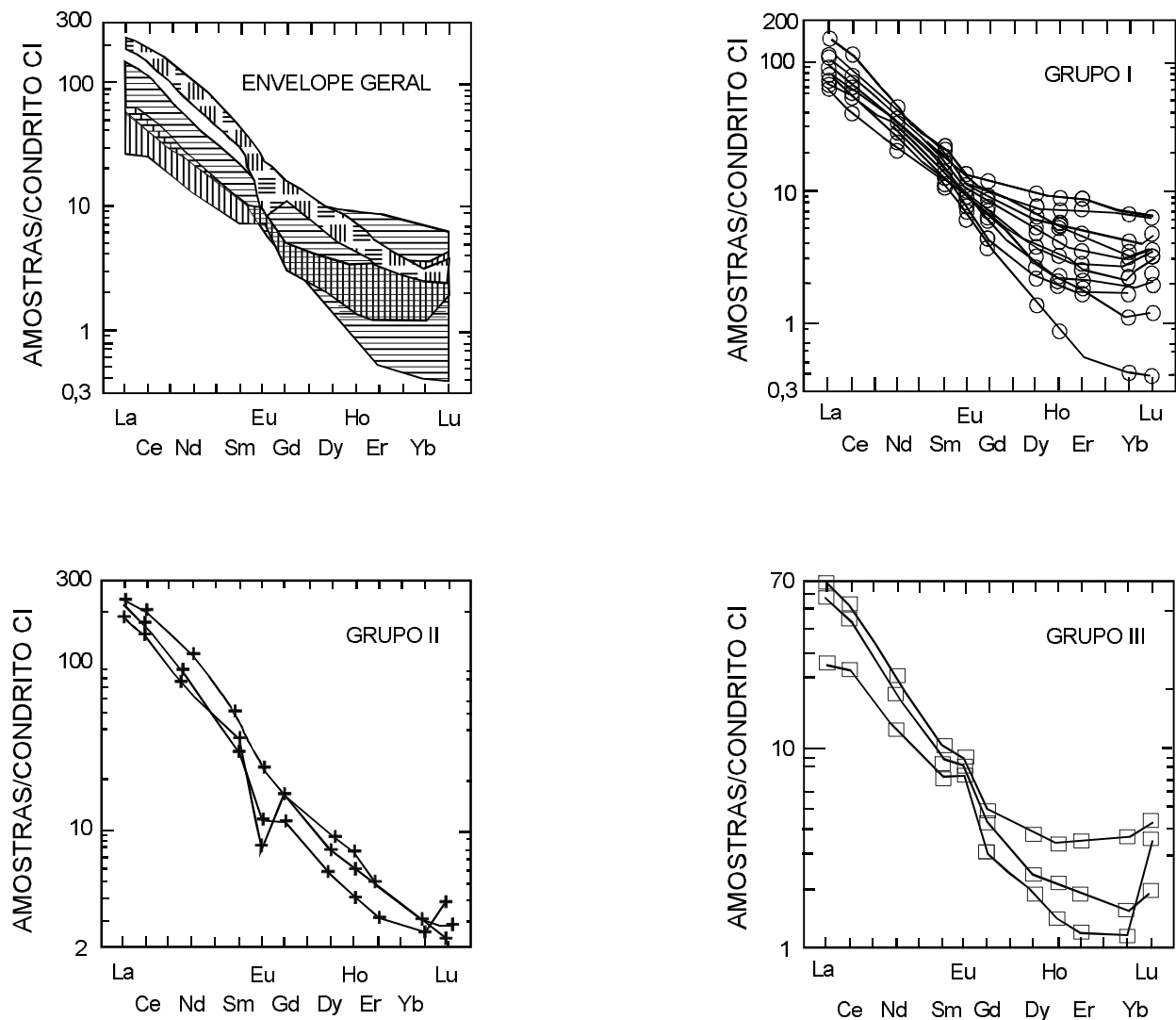


Figura 3.29 – Aranhogramas dos padrões dos elementos de terras-raras, normalizados segundo valores do condrito CI de Sun & McDonough (1989), para as amostras do Tonalito Arco Verde (Folha Redenção).



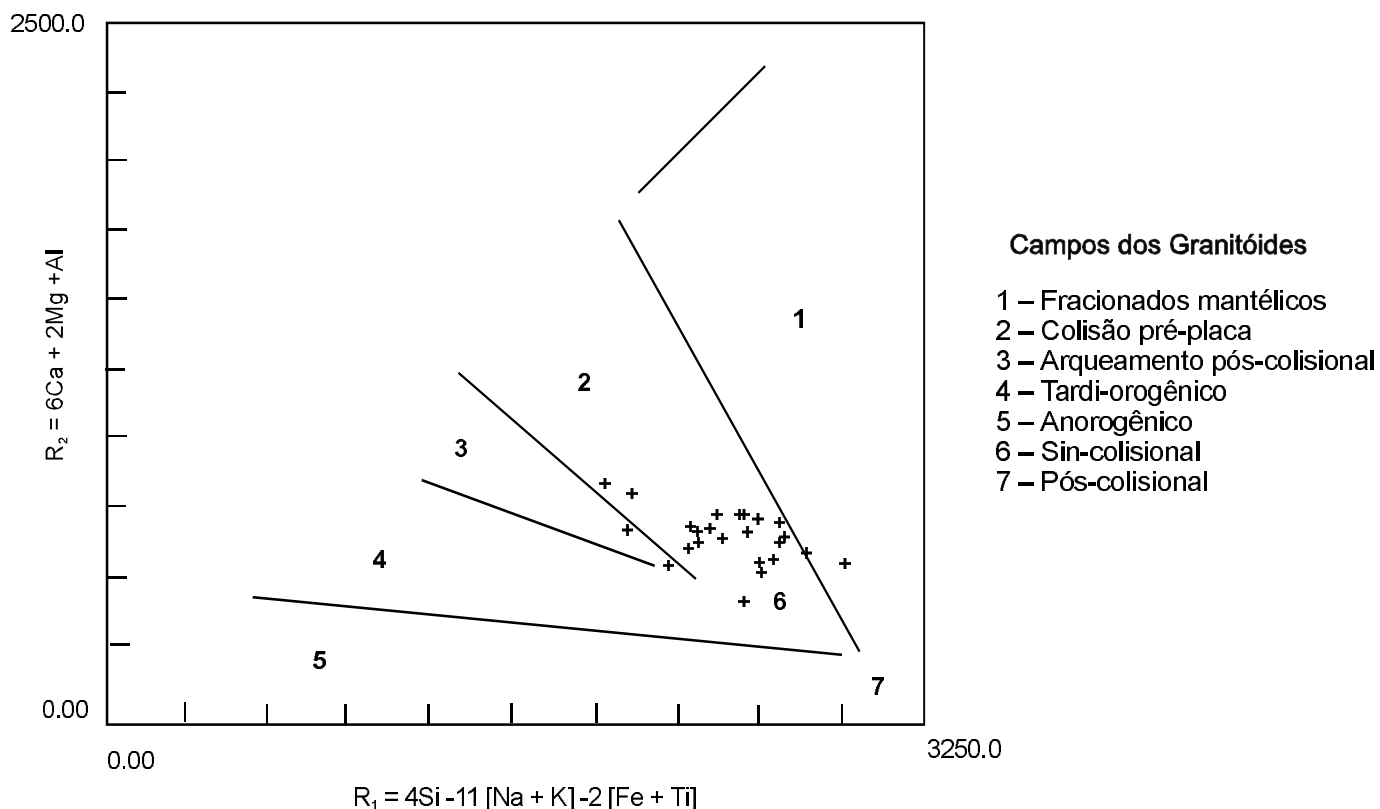


Figura 3.30 – Diagrama  $R_1$ - $R_2$  de Batchelor & Bowden (1985) aplicado ao Tonalito Arco Verde.

Nos tipos orientados a foliação, de caráter penetrativo, é fornecida pela orientação dos minerais máficos e pelo achatamento e paralelização dos abundantes encraves de rochas máficas. A foliação milonítica é comum, gerando tectonitos do tipo S e SL, protomilonitos e milonitos.

As fácies monzograníticas apresentam-se na cor rósea e cinza-claro rosado, são isótropas, de granulação média a grosseira, inequigranulares, porfiríticas.

Em consequência do caráter progressivo e heterogêneo da deformação por cisalhamento simples, ao microscópio, as rochas desta unidade apresentam texturas muito variadas: equigranular hipidiomórfica, equigranular hipidiomórfica protomilonítica, granoblástica protomilonítica e granolepidonematoblástica milonítica porfirítica.

A assembléia mineral é formada por plagioclásio + microclina + quartzo + hornblenda ± biotita ± clorita ± titanita ± opacos ± apatita ± epidoto ± muscovita, allanita, zircão e carbonato, em ordem decrescente de abundância. O ortopiroxênio (reliquiar) aparece em uma só amostra, de uma suposta fácies primitiva. Ele ocorre como cristais xenomórficos a hipidiomórficos, geralmente no núcleo de grãos de hornblenda ou, mais raramente, como cristais independentes.

O plagioclásio (oligoclásio-andesina) comparece como cristais hipidiomórficos a idiomórficos, raramente xenomórficos e comumente com zoneamento forte (normal e contínuo). São cristais limpidos a fortemente sericitizados e/ou argilizados, além de ocasionais muscovitizações e epidotizações. São comuns inclusões de biotita, quartzo, allanita ou hornblenda.

A microclina se apresenta xenomórfica e hipidiomórfica, intergranular ou como arranjos granoblásticos matriciais com o quartzo e o plagioclásio. Exibe micropertitas e circunstanciais mimerquitizações nos contatos com o plagioclásio. São cristais limpidos a fracamente argilizados, com inclusões comuns de quartzo, plagioclásio e allanita.

O quartzo ocorre como cristais xenomórficos a hipidiomórficos, é intergranular, intersticial, ou ainda se apresenta como matriz milonítica. Exibe extinção ondulante moderada a forte, por vezes evoluindo para subgrãos e/ou bandas de deformação.

A hornblenda exhibe-se hipidiomórfica a idiomórfica, raramente xenomórfica, e por vezes formando concentrações com a biotita, opacos, titanita, apatita, clorita e epidoto. Transformações parciais para clorita, epidoto e biotita são comuns.

A biotita forma cristais xenomórficos a hipidiomórficos, comumente cloritizada (liberando opacos) e, mais raramente, transformada para muscovita.

Observações complementares mostram que esses granitóides, mesmo quando submetidos à deformação e ao metamorfismo que originaram o Cinturão Pau d'Arco, têm características petrográficas e mesoscópicas intrínsecas que permitem a sua fácil caracterização e correlação com os litótipos situados na área onde foi definida a unidade (cidade de Rio Maria, Folha SB.22-Z-C). Exibem também, localizadamente, fácies onde a deformação foi de tal modo incipiente, que as características petrográficas e texturais primitivas foram preservadas.

Nas porções do Granodiorito Rio Maria que foram poupadas dos efeitos decorrentes da implantação do Cinturão Pau d'Arco, os minerais máficos freqüentes, como hornblenda verde e biotita marrom-parda, ocorrem em íntima associação, dispersos, sem orientação preferencial, reforçando o caráter de isotropismo estrutural. Localmente estes minerais varietais se associam a clorita, epidoto, apatita, titanita, opacos e allanita, formando aglomerados restíticos em nível microscópico, como frações remanescentes de um protólito máfico. Ocasionalmente os granitóides preservam uma fácies mais precoce, com características mais máficas, exibindo remanescentes piroxênicos envolvidos por hornblenda num processo de cristalização magmática, em obediência à série de reação de Bowen.

O arranjo textural, elaborado pelas fases majoritárias, mostra padrão hipidiomórfico a idiomórfico granular, cujos contatos ou limites intergranulares são retilíneos e dispostos em textura gerada por cristalização magmática, em ambiente de quietude tectônica. Assim, os cristais de plagioclásio mostram contornos euédricos, com forte e conspicuo zoneamento composicional, com sericitização seletiva em favor das zonas mais cálcicas.

O arranjo espacial mútuo entre as fases feldspáticas criou espaços intergranulares nos quais estabeleceram-se grãos de quartzo, moldando-se xenomórficamente aos espaços intergranulares. Desse interrelacionamento intergranular envolvendo as fases minerais majoritárias resultou uma textura ígnea onde estão ausentes os processos metamórficos e deformacionais, salvo alguma superposição localizada de tectônica rúptil.

Nas porções afetadas pelo Cinturão Pau d'Arco, transformações metamórficas e efeitos deformacionais modificaram estes litótipos, com alterações algo significativas na paragénesese e, principalmente, no arranjo texturo-estrutural. Em conseqüência,

texturas granolepidoblásticas foram produzidas e orientações mineralógicas preferenciais estabelecidas, provocando mudanças na trama estrutural com a implantação, sobretudo, de foliações metamórficas de natureza protomilonítica a milonítica. Transformações mineralógicas retrogressivas, por hidratação, resultam de metamorfismo em zonas de cisalhamento com maior significância nas zonas de maior concentração da deformação. Sericitização, epidotização, cloritização e carbonatização materializam este metamorfismo retrogressivo, envolvendo intercalação fluido-rocha, e uma forte diminuição dos grãos minerais atesta o estágio deformacional milonítico atingido.

A natureza progressiva da deformação, nestes litótipos, é observada por uma redução granulométrica no sentido protomilonito-milonito, incorporando mecanismos deformacionais responsáveis pelos processos de recuperação e recristalização dinâmica dos grãos de quartzo. Nestes, os deslocamentos intracristalinos ou intergranulares provocaram extinção ondulante e bandas de deformação. Com a progressão da deformação, a maioria dos grãos de quartzo experimenta recuperação com formação de subgrãos e de novos grãos. Nos estágios deformacionais mais avançados, a movimentação se associa a uma forte ductilidade do quartzo, o qual assume forma ribonada. Os cristais de feldspato, sobretudo os plagioclásios, adquirem contornos ocelares com microfraturamentos internos e ocasionalmente rotacionados. Hornblenda e biotita fazem um conjunto disposto em orientação preferencial, exibindo deflexões ao redor dos fenoclastos feldspáticos e marcam a foliação milonítica. Esses tipos miloníticos, que refletem zonas concentradoras da deformação, apresentam o mais acentuado metamorfismo em que a estabilidade da clorita, do epidoto e a sericitização-muscovitização, por descalcificação do plagioclásio, atestam condições faciológicas inerentes à fácies xisto-verde alto.

No curso da evolução geológica, os granitóides Rio Maria foram alvo de modificações localizadas e confinadas às zonas próximas do Evento magmático Xinguara. A rigor, a intrusão destes granitóides provocou sobre os litótipos Rio Maria, uma mistura de rochas com características diversas (fotos 23 e 24). Neste caso, o metamorfismo estático ocasionou, apenas, uma profunda digestão dos granitóides Rio Maria, com aporte metassomático de sílica e potássio e, conseqüentemente dissolução gradativa e irregular dos componentes paragenéticos do Rio Maria, com destaque para a blastese microclínica, aumentando o índice leucocrático dos litótipos da unidade.

De um modo generalizado, os granitóides da Unidade Rio Maria são bem marcados pela presença freqüente de enclaves microgranulares máficos, de forma e dimensões variadas (foto 25). Os contatos dos enclaves com os granodioritos hospedeiros são geralmente bruscos e nítidos, sendo praticamente impossível qualquer tentativa de separação temporal das duas porções, pois ambas cristalizam simultaneamente. Alguns minerais, e mais especialmente os grandes cristais de feldspato potássico da hospedeira Rio Maria são encontrados nos domínios internos dos enclaves, num processo de transferência, resultante provavelmente de um evento de *magma mingling*. Os enclaves microgranulares, freqüentemente, ocorrem sob a forma elipsoidal, provocada por processos de deformação e erosão quando esses enclaves se movimentaram no magma granítico durante a sua colocação. As formas arredondadas ou ovóides seriam modeladas a partir das propriedades físicas iniciais e da ação dos movimentos magmáticos.

Os enclaves microgranulares máficos são considerados como de origem ígnea, em bases petrográficas e mostram sempre uma composição mais básica do que os granitóides hospedeiros. A origem destes enclaves pode estar diretamente relacionada à área-fonte protolítica ou ser produto de uma fase precocemente cristalizada do magma Rio Maria. A rigor, os enclaves mostram textura hipidiomórfica granular a idiomórfica, comumente porfiritica, similar à textura lamprofírica, nos locais, onde a composição é generalizadamente microdiorítica/microquartzo-diorítica.

O inter-relacionamento entre os enclaves microgranulares máficos e o Granitóide Rio Maria, envolveu uma complexa combinação de processos de hibridização e fracionamento ocorrido entre os magmas máfico e félsico, em diferentes níveis crustais e durante os diferentes estágios da história plutônica. Processos de *magma mingling* preservando os enclaves, evoluíram para *magma mixing*, onde os enclaves são totalmente digeridos pela hospedeira félsica, não mais distinguindo-se as duas partes, sendo palpáveis apenas minerais máficos reliquiares, com destaque para a hornblenda. Tanto os enclaves ao nível de rocha com anfíbolitos, como ao nível de mineral, ressaltam a anisotropia estrutural dos litótipos Rio Maria, envolvidos na deformação relacionada ao cinturão de cisalhamento.

Como os magmas máficos desempenham um papel importante na gênese das rochas granitóides, especialmente os de afinidade calcialcalina, como é o caso da Unidade Rio Maria, diferentes

estilos de interação podem ocorrer entre estes magmas coevos, envolvendo *mixing*, *mingling* e trocas químicas. A preservação de abundantes enclaves sugere uma fase dominante de magma *mingling* ocorrendo mais tardiamente durante a ascensão magmática, os quais mantêm a sua forma arredondada-subarredondada nas frações preservadas, e alongada elipsoidal nas áreas retrabalhadas pelo Cinturão Pau d'Arco.

### Caracterização Litogeoquímica

Os estudos litogeoquímicos do Granodiorito Rio Maria, estão embasados nos dados químicos constantes da tabela 3.7, provenientes das análises de 11 espécimes rochosas, distribuídas aleatoriamente nos corpos aflorantes, na área da Folha Redenção. Esses espécimes, embora tenham sido em sua grande maioria classificados como granodioritos, com freqüente presença de hornblenda e apenas subordinadamente monzogranito são, entretanto, bastante heterogêneos do ponto de vista químico.

Com base nos percentuais dos óxidos dos elementos maiores, destacam-se claramente dois grupos bem distintos de rochas, como se depreende do dendrograma da figura 3.31. No grupo I, estão as amostras AV-76, 08 e 10C, caracterizadas por baixos percentuais de SiO<sub>2</sub>, altos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO e dos ferro-magnesianos, seguidos de baixos percentuais de álcalis. Ao contrário, as oito amostras restantes que integram o grupo II, têm padrões exatamente inversos a esses definidos para os espécimes do grupo anterior. Doutra forma, aquelas três amostras do grupo I, destacam-se nitidamente das demais, quando se inspeciona os diagramas de Harker, mostrados na figura 3.32, onde elas formam sempre pequenos agrupamentos, que denotam maior enriquecimento em CaO e nos óxidos ferro-magnesianos. No diagrama da figura 3.33, onde estão relacionados os parâmetros P e Q de Debon & Le Fort (1983) e que denotam respectivamente as participações dos feldspatos e do quartzo, observa-se que o conjunto das onze amostras foge em muito ao padrão dos granodioritos, pois apenas três espécimes – uma quarta espécime se coloca na fronteira entre os granodioritos e os quartzo monzodioritos – se situam nesse campo. As três amostras referidas ao grupo I, correspondem a quartzo dioritos e monzodioritos, enquanto cinco outras amostras do grupo II, acham-se distribuídas no campo dos quartzo monzodioritos e dos tonalitos. Essas posições são bastante coerentes com os parâmetros petroquímicos (ID, IP e INC) mostrados na tabela 3.7. Outro argumento, que parece reforçar as classificações químicas

Tabela 3.7 – Dados químicos do Granodiorito Rio Maria.

Nº AMOSTRA	AV-76	AV-08	AV-10C	AV-106	AV-60B	AV-84B	AV-84A	AV-83	NA-08	NA-03	AV-64
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO <sub>2</sub>	58,30	58,90	61,40	67,80	67,80	68,80	68,90	69,50	70,30	71,10	73,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,10	16,10	15,60	14,60	15,10	14,20	15,10	14,60	12,30	14,20	14,60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,29	5,00	3,90	2,97	2,90	1,60	1,90	1,90	2,80	1,40	1,20
FeO	2,64	2,30	2,30	0,33	1,40	0,90	0,50	0,60	1,30	0,19	0,12
MnO	0,07	0,10	0,10	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
MgO	3,20	3,00	2,80	0,99	1,20	0,79	0,66	0,66	2,00	0,33	0,40
CaO	4,80	5,20	5,40	2,80	3,60	2,40	1,70	1,70	2,70	1,20	1,70
Na <sub>2</sub> O	5,10	4,60	4,50	5,10	4,90	5,70	5,40	5,70	3,40	5,10	4,90
K <sub>2</sub> O	2,70	1,70	1,70	3,40	1,90	3,70	4,40	4,10	3,10	4,10	3,10
TiO <sub>2</sub>	0,73	0,42	0,42	0,42	0,36	0,31	0,31	0,21	0,42	0,31	0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,37	0,19	0,17	0,15	0,17	0,16	0,14	0,15	0,16	0,12	0,02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,00	0,23	0,25	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	2,90	0,00	0,18
P.F.	1,10	1,40	1,50	1,80	0,78	0,69	0,67	0,72	1,10	1,00	0,87
Total	99,40	99,14	100,04	100,41	100,32	99,31	99,73	99,89	102,53	99,10	100,19
Ba	3.000	450	420	2.900	–	1.000	1.125	975	850	1.150	–
Sr	900	390	310	480	–	740	800	740	300	290	–
Zr	52	125	148	93	–	218	30	30	192	99	–
Rb	58	174	125	155	–	186	212	241	166	212	–
Ba/Rb	51,72	2,59	3,36	18,71	–	5,38	5,31	4,05	5,12	5,42	–
Rb/Sr	0,06	0,45	0,40	0,32	–	0,25	0,27	0,33	0,55	0,73	–
Rb/Zr	1,12	1,39	0,84	1,67	–	0,85	7,07	8,03	0,86	2,14	–
K/Rb	561	118	164	264	–	240	250	205	225	233	–
La	28,56	34,44	23,31	17,7	–	25,79	26,89	30,04	27,59	21,74	–
Ce	68,09	84,75	58,44	33,28	–	48,75	51,15	64,95	67,35	47,04	–
Nd	33,9	41,02	31,32	19,3	–	18,17	19,04	25,19	27,91	17,55	–
Sm	6,07	7,74	5,87	3,56	–	2,71	2,96	4,28	4,57	2,61	–
Eu	1,28	1,16	0,85	0,74	–	0,58	0,64	0,86	0,78	0,49	–
Gd	4,09	5,34	4,03	2,35	–	1,91	2,16	2,7	2,7	1,43	–
Dy	2,78	4,73	3,08	1,39	–	1,29	1,64	1,71	1,97	0,74	–
Ho	0,51	0,91	0,62	0,25	–	0,26	0,31	0,31	0,38	0,12	–
Er	1,21	2,67	1,75	0,54	–	0,7	0,8	0,68	1,01	0,25	–
Yb	0,9	2,11	1,35	0,37	–	0,63	0,72	0,59	0,88	0,25	–
Lu	0,11	0,29	0,21	0,05	–	0,13	0,11	0,09	0,12	0,04	–
SUMETR	147,53	185,19	130,86	79,56	–	100,95	106,45	131,43	135,29	92,3	–
(Eu/Eu*)N	0,74	0,52	0,5	0,73	–	0,74	0,74	0,72	0,62	0,71	–
(Gd/Yb)N	3,66	2,04	2,41	5,13	–	2,43	2,42	3,69	2,47	4,61	–
(La/Yb)N	21,37	10,97	11,64	32,2	–	27,41	25,13	34,3	21,11	58,23	–
(La/Sm)N	2,96	2,8	2,49	3,12	–	5,98	5,71	4,41	3,8	5,23	–
qz	3,79	8,97	13,13	19,63	22,87	17,72	17,35	17,75	30,80	23,78	28,70
or	16,26	10,33	10,24	20,39	11,30	22,17	26,24	24,43	18,60	24,69	18,47
ab	43,99	40,04	38,81	43,80	41,76	48,90	46,12	48,64	29,22	43,98	41,81
an	13,31	18,78	17,68	7,00	13,69	2,26	4,00	2,16	9,28	3,81	8,37
mt	3,29	2,86	2,83	2,82	2,71	2,03	0,98	1,89	2,82	0,00	0,24
il	1,41	0,82	0,81	0,81	0,68	0,59	0,59	0,40	0,81	0,40	0,09
Ap	0,89	0,46	0,41	0,36	0,40	0,38	0,33	0,35	0,38	0,29	0,04
ID	64,01	59,28	62,13	83,83	75,93	90,03	90,76	91,85	78,63	93,00	89,64
IP	0,53	0,37	0,38	0,67	0,39	0,65	0,81	0,72	0,91	0,80	0,63
INC	21,78	21,47	19,78	8,82	9,99	2,91	2,78	2,77	11,71	1,95	1,43
PAL	0,80	0,85	0,82	0,85	0,91	0,80	0,90	0,86	0,89	0,95	1,01
PALK	0,70	0,58	0,59	0,83	0,67	0,94	0,90	0,95	0,73	0,90	0,78
MgN	0,57	0,55	0,56	0,54	0,45	0,48	0,48	0,46	0,59	0,44	0,54

AeA åÅIØ}k}kpÜ}kü×l~Üy8v}• nodiorito com hiperstênio reliquiar (1).ID: índice de diferenciação de Thornton e Tuttle (1960); (q+ab+or+ne+kp+ic); IP: Índice petrogenético de Engel (1974); K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O; PAL: Parâmetro de aluminosidade de Shand (1982); PALK: índice de paracalinalidade: Mol (K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/ Mol Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgN: Mg / (Mg + Fe) catiónico.

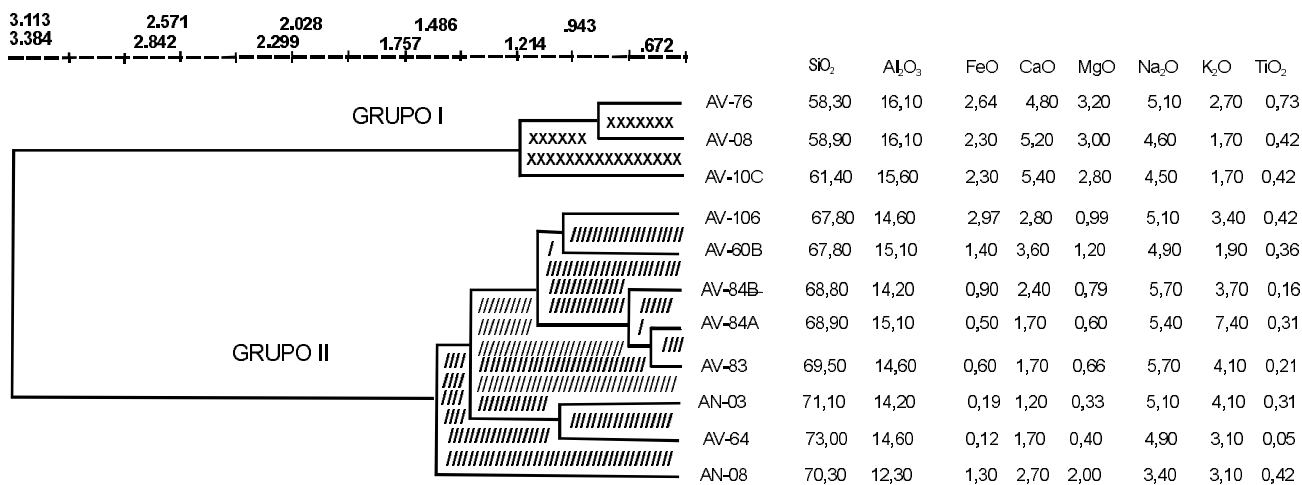


Figura 3.31 – Dendrograma baseado nos percentuais dos óxidos dos elementos maiores das rochas graníticas da Unidade Granodiorito Rio Maria, na Folia Redenção. Os índices de similaridade são os coeficientes de distância euclidiana.

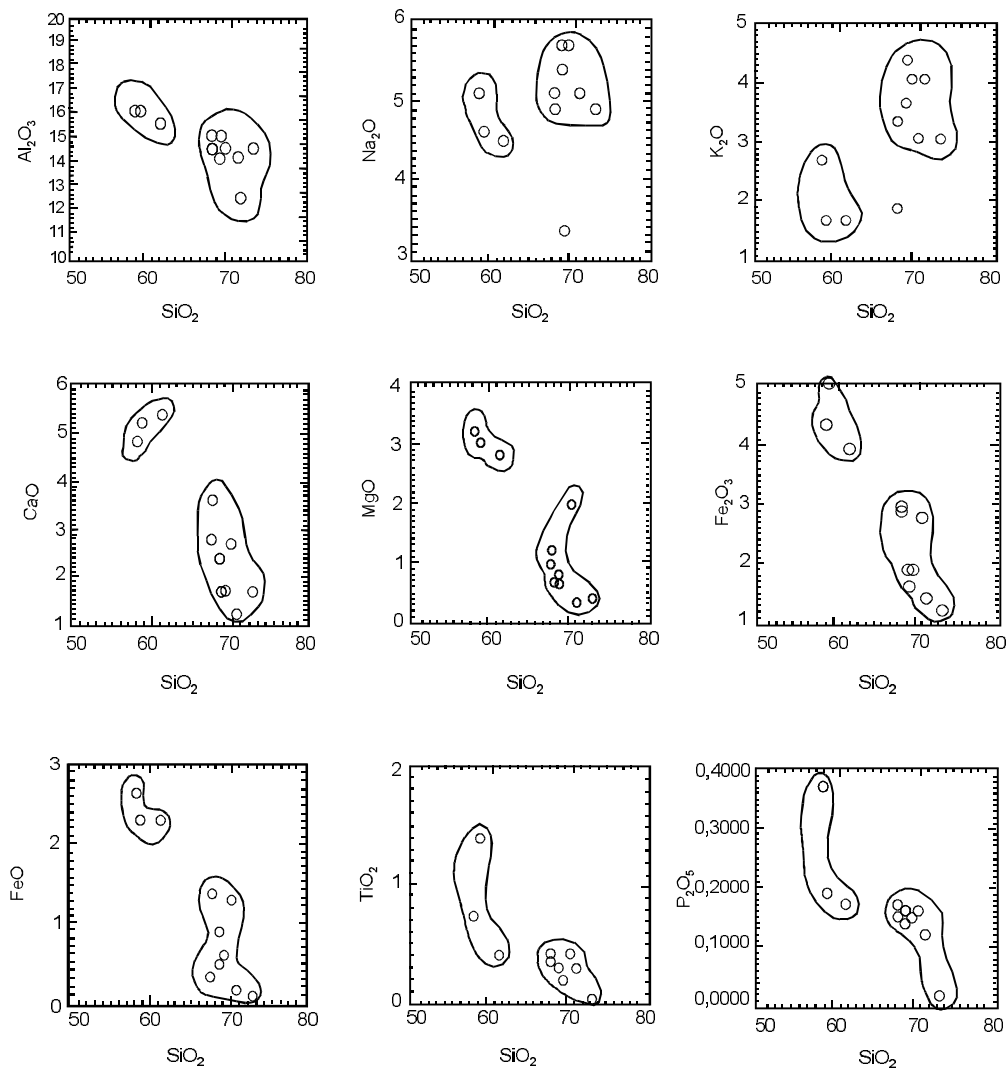


Figura 3.32 – Diagramas do tipo Harker para as rochas granitoides da Unidade Granodiorito Rio Maria.

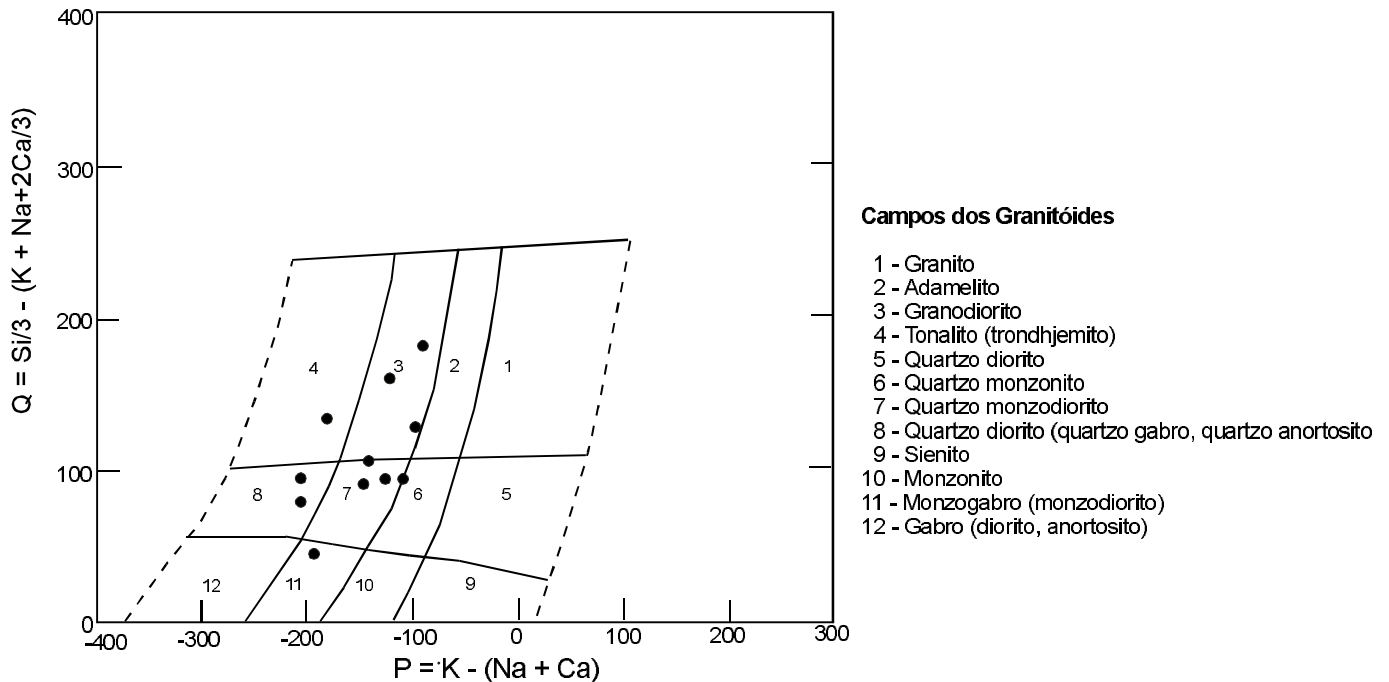


Figura 3.33 – Diagrama PxQ de Debon & Le Fort (1983), aplicado ao Granodiorito Rio Maria.

co-mineralógicas aqui referidas, é o caráter nitidamente metaluminoso e mesocrático do conjunto sob análise, destacando neste mister as três amostras do grupo I, com valores do índice B de Debon & Le Fort (*op. cit.*) (indicador do aspecto mesocrático), superiores a 150 (figura 3.34).

Embora sejam predominantemente rochas de natureza calcialcalina, como já se poderia antecipar pela simples observação dos *trends* nos diagramas de Harker, nas figuras 3.35 e 3.36, esse aspecto está bastante evidenciado. Observa-se nessas figuras a destacada posição das amostras do grupo I, caracterizada pelo alto enriquecimento em CaO e MgO, ao lado dos baixos valores de SiO<sub>2</sub>. Há que se destacar a ligação, ainda que sutil, entre o padrão eminentemente calcialcalino do conjunto de amostras representante da unidade em pauta e aquele tonalítico (toleítico) indicado pela posição de duas amostras acima da linha limite do campo calcialcalino.

No que tange aos elementos-traço do tipo LILE (elementos litófilos de grande raio iônico), verifica-se que o Ba é o predominante e ocorre em teores quase sempre o dobro da média da crosta superior (550ppm, segundo Taylor & McLennan, 1985), à exceção daqueles teores das amostras AV-08 e AV-10C (450 e 420ppm, respectivamente).

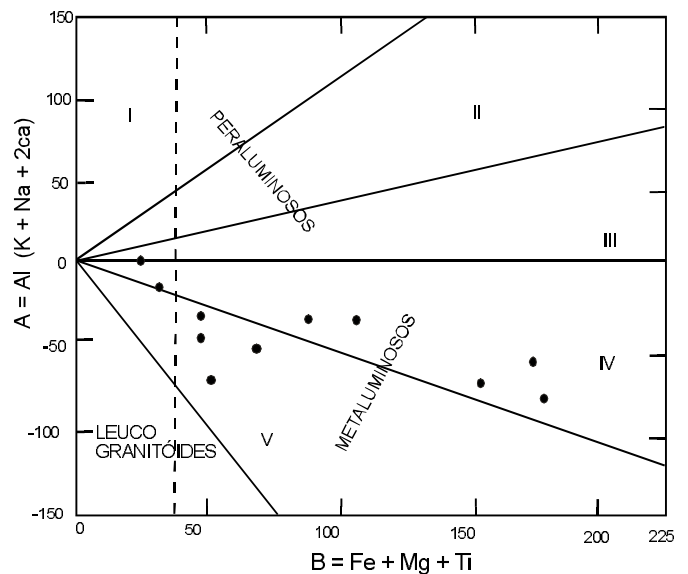


Figura 3.34 – Diagrama B x A de Debon & Le Fort (1983), aplicado ao Granodiorito Rio Maria

Também os teores de Rb são, exceto na amostra AV-76, sempre superiores ao teor médio da crosta superior (112ppm) e guardam uma correlação positiva com os percentuais de SiO<sub>2</sub> e de K<sub>2</sub>O. Da mesma forma, o Sr acha-se enriquecido em relação à média aqui considerada de 350ppm e mantém re-

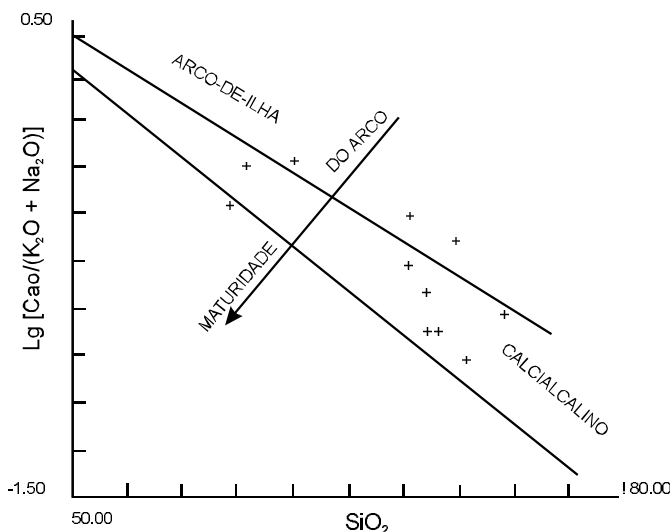


Figura 3.35 – Diagrama  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{CaO}/\text{Álcalis}$  de Brown (1982), aplicado ao Granodiorito Rio Maria.

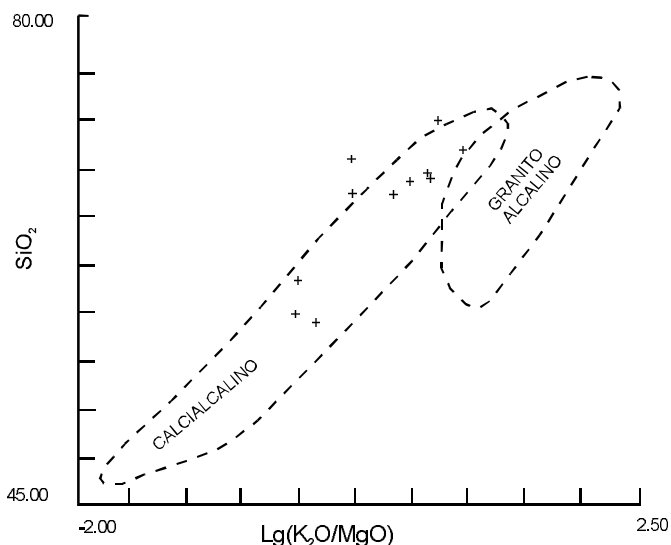


Figura 3.36 – Diagrama  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}$  de Rogers & Greenberg (1981), aplicado ao Granodiorito Rio Maria.

lação positiva com os percentuais de CaO. As razões K/Rb, à exceção daquela registrada para a amostra AV-76, são próximas ou inferiores ao padrão crustal (250). Na amostra AV-76, entretanto, essa razão é bastante alta e equivale ao padrão da crosta inferior ( $\text{K/Rb} = 530$ ). As razões Rb/Sr são bem elevadas, à exceção do valor na amostra AV-76. Essas características podem ser atribuídas a graus relativamente altos de diferenciação das rochas da unidade em pauta. Entretanto, esta suposição deve ser vista com reserva, uma vez que apenas as amostras AN-08 e AN-03 podem corroborá-la, já que apenas nelas encontram-se relações diretas entre os altos percentuais de  $\text{SiO}_2$  e os altos valores dessa razão. O Zr, único HFSE analisado, apresenta teores bastante variados (30-218ppm), não havendo qualquer relação, ainda que aparente, entre os teores desse elemento e as variações de concentrações dos ETRP (elementos de terras-raras pesadas: Gd - Lu), ou com os percentuais de MgO,  $\text{TiO}_2$  e  $\text{SiO}_2$ .

Quanto aos ETR (elementos de terras-raras), destacam-se como principal característica os padrões fortemente fracionados de todas as curvas [(La/Yb)N: 10-58], tanto ao nível dos ETRL (elementos de terras-raras leves) - [(La/Sm)N: 2-5], quanto dos ETRP (elementos de terras raras pesadas) - [(Gd/Yb)N: 2-5], conforme mostrados na tabela 3.7 e na figura 3.37, onde os dados analíticos foram nor-

malizados ao padrão condrito CI de Sun & McDonough (1989). Nessa figura são apresentados três grupos de rochas, em função do enriquecimento dos ETRL, anomalia negativa do Eu e fracionamento dos ETRP. Nos dois primeiros grupos os ETRP se caracterizam pelo forte fracionamento [(Gd/Yb)N:2-3] e o aspecto de "bengala" ou concavidade para cima. As anomalias de Eu são relativamente baixas ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,74$ ). O terceiro grupo se caracteriza por maiores valores das anomalias negativas de Eu ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*$ : 0,5-0,6) e menores fracionamentos dos ETRP. Observe-se que no grupo I o padrão da amostra AV-76, classificada quimicamente como um monzodiorito, é semelhante àqueles das amostras AV-83 e AV-84 (A,B), classificadas como granodioritos.

Essa provável associação de rochas granitóides com espécimes intermediárias ou, como designado por Tepper *et al.* (1993) MKS - *medium potassic serie* - quartzo diorito-granodiorito, é típica de séries graníticas do tipo I, geradas a partir de rochas mantélicas, anfíbolito por exemplo, com cristalização e fracionamento de granada e zircão em material residual. Constata-se também que as características até aqui arroladas, são típicas de associações granitóides do tipo TTG.

Por outro lado, os padrões dos ETR com fortes padrões fracionados e  $\text{Yb} < 5\text{ppm}$  são característicos de granitóides arqueanos.

O paleoambiente geotectônico, onde ter-se-ia formado a unidade em estudo, teria sido semelhante aos modernos ambientes compressivos do tipo margem continental convergente, de maturidade moderada a baixa. Tal conclusão já se pode extrapolar a partir de sua natureza calcialcalina. No diagrama  $R_1-R_2$  de Batchelor & Bowden (1985) (figura 3.38) as amostras da unidade em pauta se ajustam ao campo compressivo, porém com um forte espalhamento desde o campo de colisão pré-placa até o campo dos granitóides tardi-orogênicos. Tomando-se aqui os critérios de classificação estabelecidos por Barbarin (1990), pode-se enquadrar as rochas da unidade Granodiorito Rio Maria, como granitóides do tipo  $H_{CA}$  - calcialcalinos pobres em K e ricos em Ca e de origem mista (manto+crosta).

### Geocronologia, Relações de Contato e Correlações

Na região abrangida pela Folha Xinguara (SB.22-Z-C) foram efetuadas várias datações em litótipos desta unidade. Montalvão *et al.* (1984) determinaram uma isócrona de referência Rb/Sr indicando uma idade de  $2.600 \pm 80$  Ma, com razão inicial de  $Sr^{87}/Sr^{86}$  de  $0,7000 \pm 8$ . As datações efetuadas por Medeiros (1987), utilizando o método Rb/Sr em rocha total, produziram uma idade isocrônica de  $2.564 \pm 68$  Ma, com razão inicial  $Sr^{87}/Sr^{86}$  de  $0.70288 \pm 0,00092$ .

Em 1988 Montalvão *et al.* obtiveram um diagrama isocrônico, através de Rb/Sr, cujos pontos analíticos alinharam-se definindo uma isócrona de  $2.675 \pm 65$  Ma e relação inicial de  $0,7009 \pm 0,0006$ ,

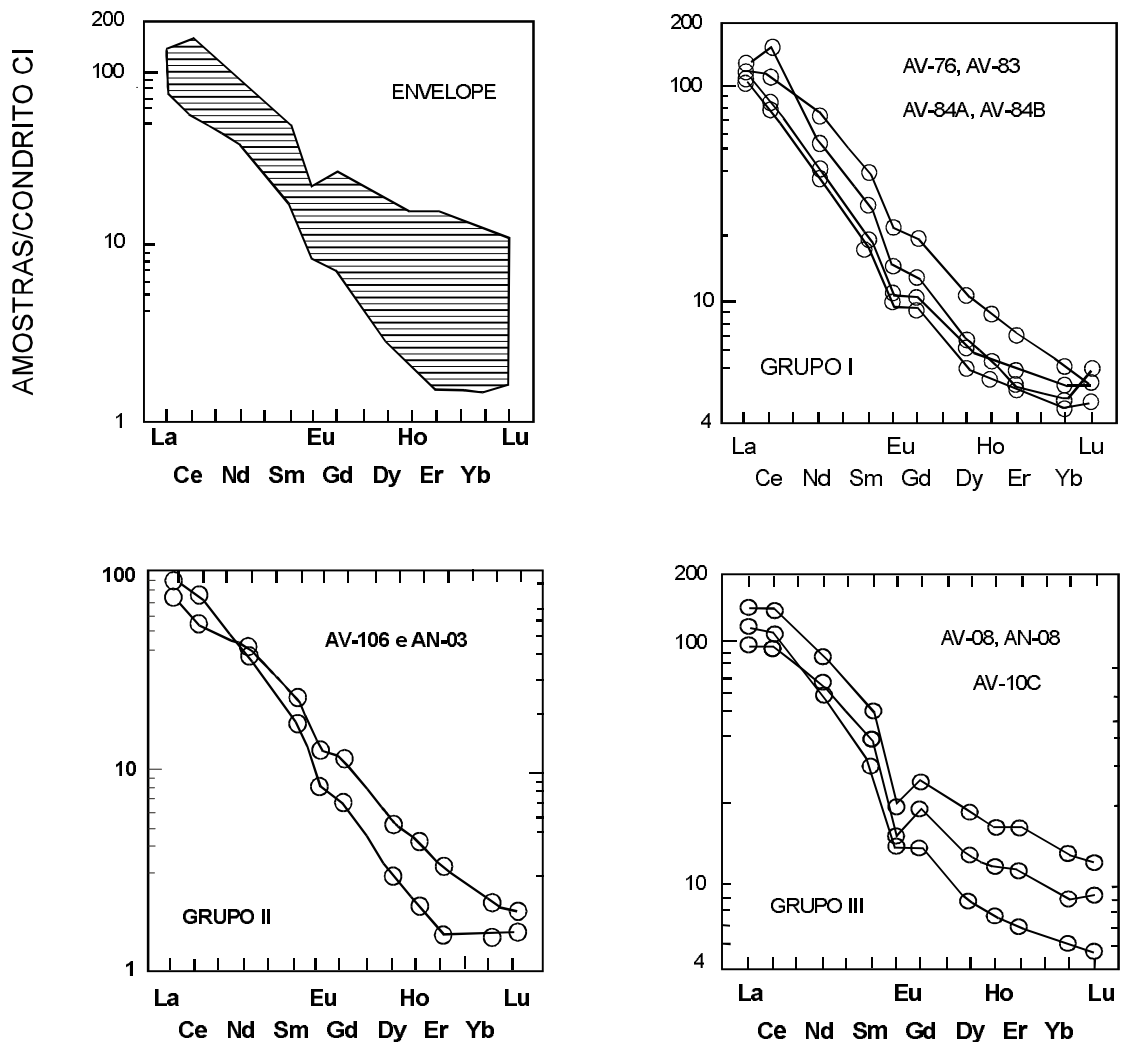


Figura 3.37 – Aranhogramas dos padrões dos elementos de terras-raras normalizados segundo os valores do condrito CI de Sun & McDonough (1989), para as amostras do Granodiorito Rio Maria.



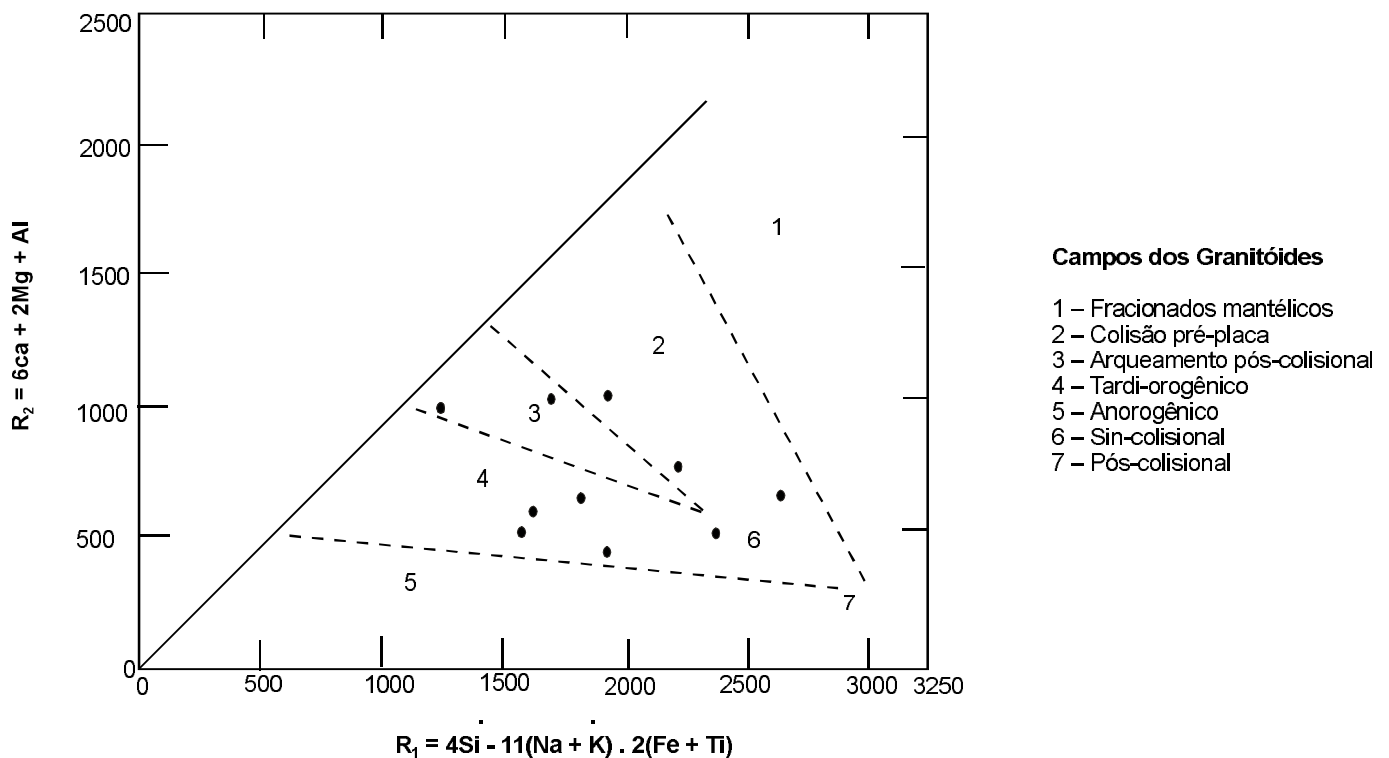


Figura 3.38 – Diagrama  $R_1$ - $R_2$  de Batchelor & Bowden (1985), aplicado às amostras do Granodiorito Rio Maria.

observando entretanto, que alguns pontos analíticos situaram-se acima de isócrona delineando uma idade próxima de 3,1b.a., com razão inicial de  $Sr^{87}/Sr^{86}$  da ordem de 0,700.

Por sua vez Macambira *et al.* (1990) através do método K/Ar obtiveram uma idade de  $2.630 \pm 91$ Ma. Mais recentemente, em 1991, Macambira & Lancelot, utilizando o método U/Pb, obtiveram uma idade de  $2.874 \pm 9/-10$ Ma.

No Km 21 do ramal para a fazenda Alô Brasil, em um grande lajeiro, pode-se observar o contato entre o Granodiorito Rio Maria e o Monzogranito Xinguara. É nítido o caráter intrusivo deste último, na forma de diques e veios discordantes ou concordantes, migmatizando em parte a rocha encaixante.

Embora a literatura cite o Granodiorito Rio Maria como o par granítico do *greenstone* de Andorinhas, a grande diferença de idade, cerca de 100Ma., além da ambiência de formação dos mesmos, deixa bastante dúvida quanto a esta hipótese, como já discutido anteriormente, quando da dissertação do Tonalito Arco Verde. As relações espaciais e cronológicas permitem uma correlação desta unidade com outras do Cráton Amazônico, como o Granito Cumaru.

### 3.2.2.4 Monzogranito Xinguara (Axi)

#### Histórico, Distribuição Geográfica e Morfologia

A seção-tipo desta unidade localiza-se na PA-152, logo ao norte da cidade homônima, na Folha Xinguara. O Granito Xinguara, foi originalmente interpretado por Cordeiro, A.A. Campos, (1982) como sendo um granito anorogênico de idade proterozóica, conceito que perdurou durante toda a década até que Macambira *et al.* (1990) obtiveram para o corpo uma isócrona Rb/Sr com  $2.528 \pm 35$ Ma. Souza *et al.* (1990) descrevem este granito como metamórfico, intrusivo nas rochas supracrustais do tipo *greenstone belt* e admitem sua correlação com o Granito Mata Surrão.

As características petrográficas, petrológicas e geomorfológicas e as relações de contato com as encaixantes, permitiram o correlacionamento de alguns corpos graníticos de dimensões variando desde *stocks* até batólitos com o Granito Xinguara, como definido por aqueles autores. Alguns corpos graníticos situados na porção SSW da folha e incluídos por Cunha *et al.* (1981) na Suíte Intrusiva Rio Dourado, têm características petrográficas, defor-

macionais e morfológicas semelhantes ao Monzogranito Xinguara, motivo pelo qual foram cartografados com esta nomenclatura.

Adota-se a terminologia "monzogranito" no sentido de salientar o termo petrográfico predominante na unidade. Na Folha Redenção o Monzogranito Xinguara aflora em grandes áreas, ocorrendo na forma de batólitos e *stocks*, destacando-se os corpos situados no conjunto serrano denominado indistintamente de serra de Gradaús, nas porções NW e SW da folha mapeada (maciços Bacuri e Cristalino, respectivamente).

Os batólitos têm forte expressão morfológica e altitudes médias situadas entre 400 e 500m, com pontos culminantes de 675m. O topo das elevações ora são agudos ora são arredondados, convexos, às vezes aplanados, podendo apresentar áreas com vegetação rarefeita. As encostas têm alta declividade e a drenagem apresenta seus leitos controlado por estruturas rúpteis. Os conjuntos de serras estão forte e intensamente fraturados, em várias direções, o que os distingue das elevações de granitos de outras unidades. Ocorrem também na forma de *stocks* arrasados, e aí não há diferença morfológica com as rochas em derredor. Nesta situação afloram em grandes lajeiros e enormes blocos abaulados e arredondados (fotos 26 e 27), por vezes apresentando uma peculiar superfície de erosão em forma de casco de tartaruga (foto 28).

Uma terceira maneira de exposição é registrada, sendo na forma de bolsões pegmatóides e de veios irregulares, centimétricos, descontínuos e difusos, concordantes ou discordantes com a foliação regional, que ocorrem indiscriminadamente nos gnaisses arqueanos em toda a área mapeada, principalmente nas proximidades dos batólitos.

### Caracterização Litológica

O Monzogranito Xinguara apresenta variações na cor, na granulação e na estrutura; em nível de afloramento, problemas de escala, e por isso as diversas fácies não foram separadas em mapa. De modo generalizado são rochas isotrópicas a levemente anisotrópicas, de granulação média a fina, raramente grosseira, localmente porfiritica, equi e inequigranulares, com tonalidades que compreendem várias nuances entre o vermelho cor-de-carne e o cinza-esbranquiçado.

A anisotropia, quando existe, sempre é fornecida pela biotita, que se apresenta ora na forma de pequenos cristais alongados e paralelizados em uma única direção, ora em agregados dispostos em

filmes e manchas centimétricas, estiradas segundo o plano de foliação. O bandamento, quando ocorre, é formado por leitos claros, descontínuos, milimétricos a centimétricos, ricos em quartzo e feldspato que se alternam com leitos mais escuros, com muita biotita.

Fácies pegmatóides ocorrem geralmente formando bolsões irregulares, métricos, de contornos difusos, ou então se apresentam como diques de largura decimétrica, concordantes ou não com a foliação, podendo estar ou não deformados, indicando mais de uma geração. São comuns também veios e diques de possança até decimétrica, de granulação média a fina, discordantes em relação à foliação regional.

Nas bordas dos batólitos ocorreu intensa feldspatização das rochas encaixantes, com a formação de cristais idiomórficos de plagioclásio que atingem até 10cm de dimensão maior, dispostos de forma caótica ou paralelizados e alongados segundo a foliação regional nas zonas de cisalhamento dúctil.

É comum também a presença de enclaves de rochas variadas, destacando-se os autólitos do próprio Monzogranito Xinguara e xenólitos de gnaisses da Unidade Arco Verde e de ortoanfibolitos. Os enclaves têm forma e tamanho variados, atingindo até 30-40cm de diâmetro máximo, ora com contornos arredondados e estirados, ora com bordas retas.

A migmatização é um processo típico na zona de transição ou contato para os gnaisses arqueanos mais antigos, formando geralmente domínios híbridos, ricos em restos de rochas mais sódicas, envolvidas ou injetadas pelos granitóides.

Esta unidade compõe-se essencialmente de monzo a sienogranitos, com termos granodioríticos subordinados. São rochas do tipo biotita granitos e granitos a duas micas, com textura granular hipidiomórfica dominante, e subordinadamente com termos protomiloníticos, miloníticos, granofíricos e protocataclásicos. A assembléia mineral é dada por microclina + plagioclásio + quartzo + biotita ± muscovita ± clorita ± allanita ± opacos, titanita, zircão e apatita.

A microclina ocorre como cristais xenomórficos a hipidiomórficos, geralmente micropertítica, com inclusões muito comuns de biotita, opacos, plagioclásio, epidoto e quartzo. Mimerquitizações ocasionais verificam-se nos contatos com o plagioclásio.

O plagioclásio é do tipo albita-oligoclásio sódico e ocorre na forma de grãos xenomórficos a idiomórficos, geralmente muito sericitizados. Frequentes zoneamentos composicionais contínuos e normais são encontrados, bem como inclusões de epidoto e muscovita.

O quartzo comparece na forma de grãos xenomórficos, em geral como grãos intersticiais ou como inclusões goticulares na microclina. Nos protomilonitos aparece como cristais neoformados desenhando a textura em "mortar" e nos milonitos como formas ribonadas ou em bastão. Quando o cisalhamento simples se manifesta, os feldspatos se transformam em ocelos.

A muscovita e a biotita são os minerais varietais dominantes, ocorrendo intimamente associados na forma de palhetas isoladas ou concentrações destas. Allanita, zircão, opacos, titanita e apatita são os acessórios comuns, sendo a clorita e a sericita produtos da desestabilização da biotita e do plagioclásio, respectivamente.

Esses granitóides a duas micas, de composição predominantemente monzogranítica, exibem configuração de batólitos e disposição estrutural discordante a semiconcordante com relação à macroestrutura regional.

A composição mineralógica é indicativa de cristalização-recristalização e estabilização sob condições metamórficas inerentes à fácies anfibolito médio-baixo. A associação mineral, assim como a ausência de enclaves pelíticos ou de fases minerais ricas em alumínio, indicam uma área-fonte silicosa tonalítica-granodiorítica, inserida no domínio da crosta continental.

De um modo geral o arranjo mútuo entre os grãos minerais, a natureza composicional e de composição mineralógica destes granitóides e as relações de campo, denunciam um metamorfismo regional por anatexia crustal sílica superior, com deformações associadas em fase sin-cinemática a tardi-cinemática.

O ambiente de geração e posicionamento do magma Xinguara, envolvendo mesometamorfismo e deformação dúctil protomilonítica raramente milonítica, seria consequência dos retrabalhamentos crustais responsáveis pela implantação do Cinturão Pau d'Arco. Assim, a geração anatexítica, a colocação distensiva e a consolidação cinemática, poderiam ser entendidas sob um contexto onde os corpos lenticularizados estariam relacionados às fases sin-tectônicas, enquanto que os discordantes às fases tardi-tectônicas.

Os granitóides mais deformados, onde é conspícua uma forte anisotropia planar, marcam o estágio milonítico que foi acompanhado pelos processos de cominuição e recristalização dos grãos minerais durante a fase de sin-cisalhamento.

Os litótipos com textura mais preservada, sem obliteração do arranjo ígneo de cristalização, indi-

cam a ausência de metamorfismo e deformação significativos, marcando os tipos gerados em fase de tardi-cisalhamento. O forte isotropismo estrutural e a acentuada equigranulidade são sistemáticos da implantação dos granitóides na fase de arrefecimento cinemático, envolvendo relaxamento distensivo sem expressivo estiramento litosférico, já no limiar da estabilização tectônica ao final do Arqueano.

### Caracterização Litogeoquímica

Os dados químicos constantes da tabela 3.8 serviram de embasamento aos estudos litogeoquímicos de 25 amostras do Monzogranito Xinguara.

Essas amostras foram classificadas ao microscópio principalmente como monzogranitos, além de outros tipos menos frequentes na unidade, como granodiorito e sienogranito.

No que tange aos percentuais dos óxidos dos elementos maiores, as amostras aqui analisadas diferem bastante daquelas pertencentes às duas unidades precedentes. Trata-se de rochas de um lado ricas em sílica, potássio ( $IP - K_2O/Na_2O > 1,5$ ) e alumínio (76% das amostras contêm coríndon normativo - c), bem diferenciadas (ID próximo ou superior a 90), com forte tendência alcalina (PALK: 0,79 - 0,97) e, de outro, pobres em elementos ferro-magnesianos (com MgN variando, em grande parte, em torno de 0,40), além de corresponderem aos chamados granitos pobres em CaO ( $CaO < 2\%$ ).

Em que pese o padrão químico geral típico dessa unidade, a inspeção detalhada dos percentuais dos elementos maiores, usando-se para tanto o dendrograma da figura 3.39, indica que pelo menos 4 grupos de rochas podem ser identificados, além de 3 amostras (AV-35B, AV-189 e AV-164) de caráter bastante diversificado desses grupos. As duas primeiras são as mais empobrecidas em sílica, enquanto a terceira apresenta o mais baixo percentual em cálcio, percentual moderado em sílica, baixo álcalis e alto em ferro-magnesianos. O grupo I é relativamente pobre em sílica e mais rico em cálcio e em ferro-magnesianos. No grupo II estão as amostras mais ricas em sílica, ao lado de baixos percentuais em CaO e moderados em ferro-magnesianos. As amostras do grupo III destacam-se pelos percentuais altos de álcalis e moderados de sílica. Finalmente, no grupo IV observam-se percentuais altos de álcalis e moderado a alto de sílica.

Nos diagramas do tipo Harker da figura 3.40, muito embora hajam alinhamentos indesejáveis de amostras de diversos óxidos (erro analítico?), os

Tabela 3.8 – Dados químicos e litogeoquímicos do Granito Xinguará.

Nº AMOSTRA	AV-35B	AV-189	AV-41A	AV-42	AV-11	AV-164	AV-168	AV-41B
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	68,40	70,90	71,20	71,50	72,10	72,50	72,80	72,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,10	14,20	14,20	14,20	14,20	13,20	14,20	14,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,70	1,10	2,10	1,60	1,40	1,70	0,77	1,60
FeO	0,28	0,37	0,14	0,19	0,60	0,05	0,33	0,14
MnO	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
MgO	0,66	0,25	0,46	0,29	0,23	0,21	0,12	0,29
CaO	1,80	1,00	1,60	1,30	0,96	0,24	1,20	1,20
Na <sub>2</sub> O	4,30	5,10	3,50	3,50	3,50	3,40	3,80	3,80
K <sub>2</sub> O	5,10	5,10	5,10	5,30	5,60	3,80	5,80	5,00
TiO <sub>2</sub>	0,63	0,26	0,31	0,31	0,10	0,21	0,10	0,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25	0,09	0,14	0,10	0,10	0,07	0,03	0,10
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,40	0,10	0,00
P.F.	0,42	1,00	1,00	1,00	1,10	2,00	0,80	0,60
Total	99,69	99,72	99,80	99,34	99,94	97,83	100,10	99,99
Ba	2.400	880	1.000	1.450	1.675	940	710	975
Sr	470	215	215	180	175	305	185	175
Zr	509	452	304	194	442	342	189	461
Rb	200	204	243	415	307	294	458	307
Y	10	40	10	10	10	10	10	10
K/Rb	307,17	301,15	252,82	153,84	219,73	155,70	152,55	196,19
Ba/Rb	12,00	4,31	4,12	3,49	5,46	3,20	1,55	3,18
Rb/Sr	0,43	0,95	1,13	2,31	1,75	0,96	2,48	1,75
Rb/Zr	0,39	0,45	0,80	2,14	0,69	0,86	2,42	0,67
La	117,10	52,33	65,60	94,28	116,10	55,92	27,64	73,02
Ce	240,80	107,00	147,20	191,80	223,50	100,90	58,42	159,20
Nd	79,22	35,41	51,85	58,64	57,45	34,84	21,24	55,88
Sm	99,91	4,76	8,49	7,66	6,45	4,26	3,49	9,14
Eu	1,54	0,68	1,12	0,94	0,82	0,55	0,41	0,96
Gd	4,89	2,63	5,41	3,58	3,18	1,89	2,34	5,47
Dy	2,14	1,52	3,66	2,20	1,61	1,02	2,00	3,16
Ho	0,38	0,25	0,69	0,39	0,31	0,17	0,40	0,56
Er	0,80	0,43	1,72	0,83	0,84	0,32	1,04	1,17
Yb	0,55	0,47	1,46	0,62	0,78	0,34	1,12	0,79
Lu	0,10	0,06	0,18	0,08	0,14	0,04	0,16	0,10
SUM(ETR)	457,45	105,57	287,41	361,05	411,22	200,28	118,28	309,48
(Eu/Eu*)	0,60	0,53	0,47	0,48	0,49	0,51	0,41	0,38
(Gd/Yb)N	7,06	4,52	2,99	4,61	3,26	4,48	1,67	5,58
(La/Yb)N	141,39	75,15	30,32	101,33	99,32	110,68	16,53	62,15
(La/Sm)N	7,43	6,90	4,86	7,74	11,31	8,25	4,98	5,02
O	19,98	20,55	27,94	28,39	28,52	39,35	26,30	29,02
C	0,00	0,00	0,35	0,59	0,88	3,38	0,00	0,59
OR	30,35	30,62	30,50	31,84	33,47	23,53	34,54	29,72
AB	36,65	43,84	29,97	30,11	29,96	30,14	32,41	32,35
NA	6,88	0,80	7,10	5,89	4,15	0,76	4,59	5,33
HY	1,65	0,00	1,16	0,73	0,58	0,54	0,00	0,72
MT	0,00	0,44	0,00	0,00	1,66	0,00	0,78	0,00
IL	0,59	0,50	0,29	0,40	0,19	0,11	0,19	0,29
HM	2,72	0,81	2,12	1,62	0,26	1,78	0,23	1,61
AP	0,59	0,21	0,33	0,24	0,24	0,17	0,07	0,23
ID	88,06	95,43	89,17	90,83	92,35	93,39	93,48	91,56
IP	1,18	1,00	1,45	1,51	1,60	1,11	1,52	1,31
CNP	15,83	1,82	19,16	16,36	12,17	2,48	12,43	14,14
PAL	0,95	0,90	1,00	1,02	1,04	1,30	0,96	1,02
PALK	0,83	0,97	0,79	0,80	0,83	0,73	0,88	0,82
MgN	0,52	0,51	0,50	0,45	0,43	0,36	0,41	0,45

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil

Tabela 3.8 – Dados químicos e litogeoquímicos do Granito Xinguará (cont.) .

Nº AMOSTRA	AV-25A	AV-30	AV-151	AV-183	AV-06	AV-02B	AV-165	AV-157
	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO <sub>2</sub>	73,00	73,00	73,20	73,40	73,90	74,00	74,30	74,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,60	14,20	13,20	13,70	13,70	14,20	13,70	12,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,90	1,30	2,00	1,20	1,00	0,90	1,30	1,90
FeO	0,09	0,28	0,12	0,37	0,10	0,09	0,23	0,17
MnO	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
MgO	0,17	0,19	0,71	0,12	0,12	0,08	0,12	0,50
CaO	1,40	0,90	1,10	1,20	1,30	0,48	1,00	1,70
Na <sub>2</sub> O	4,30	3,50	3,20	3,20	4,10	4,10	3,20	3,20
K <sub>2</sub> O	4,20	5,20	4,80	5,30	4,80	4,80	4,60	4,80
TiO <sub>2</sub>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,10	0,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,06	0,05	0,04	0,04	0,02	0,02	0,07
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,00	0,00	0,14	0,10	0,00	0,20	0,30	0,10
P.F.	1,00	1,30	0,73	1,10	0,81	0,81	1,20	0,59
Total	99,84	100,08	99,40	99,88	100,02	99,78	100,12	99,89
Ba	1.300	875	1.025	760	1.025	510	600	780
Sr	300	135	175	135	175	120	110	95
Zr	92	452	72	452	72	178	234	304
Rb	174	204	2,61	204	261	353	509	350
Y	10	40	10	40	10	10	10	10
K/Rb	290,77	307,05	221,54	312,96	221,54	163,80	108,86	165,20
Ba/Rb	7,47	4,29	3,93	3,73	3,93	1,44	1,18	2,23
Rb/Sr	0,58	1,51	1,49	1,51	1,49	2,94	4,63	3,68
Rb/Zr	1,89	0,45	3,62	0,45	3,63	1,98	2,18	1,15
La	37,90	64,10	–	48,08	20,45	21,61	27,39	–
Ce	76,99	121,00	–	99,53	41,76	50,29	67,57	–
Nd	22,69	41,42	–	32,43	11,94	19,43	21,38	–
Sm	2,88	6,48	–	5,19	1,56	3,25	3,70	–
Eu	0,50	0,63	–	0,55	0,42	0,34	0,36	–
Gd	1,43	4,66	–	3,37	0,83	2,18	2,69	–
Dy	0,67	3,18	–	1,99	0,62	1,98	2,66	–
Ho	0,12	0,59	–	0,33	0,12	0,39	0,52	–
Er	0,27	1,38	–	0,61	0,29	1,08	1,34	–
Yb	0,20	0,98	–	0,49	0,39	1,21	1,32	–
Lu	0,03	0,17	–	0,09	0,05	0,17	0,16	–
SUM(ETR)	143,71	244,63	–	192,70	78,43	100,97	129,11	–
(Eu/Eu*)	0,67	0,33	–	0,38	1,02	0,37	0,33	–
(Gd/Yb)N	5,67	3,81	–	5,45	1,72	1,45	1,64	–
(La/Yb)N	125,40	43,79	–	65,03	35,39	11,99	13,95	–
(La/Sm)N	8,26	6,22	–	5,83	8,25	4,18	4,65	–
Q	29,08	31,08	33,43	32,29	29,36	31,07	36,32	34,04
C	0,51	1,33	0,87	0,62	0,00	1,45	1,71	0,00
OR	25,11	31,10	28,78	31,73	28,59	28,71	27,56	28,59
AB	36,81	29,98	27,48	27,43	34,96	35,12	27,45	27,29
NA	6,82	4,12	5,20	5,76	4,84	2,27	4,89	5,06
HY	0,42	0,47	1,79	0,30	0,00	0,20	0,30	0,20
MT	0,00	0,62	0,09	0,91	0,03	0,14	0,45	0,00
IL	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,09	0,19	0,36
HM	0,91	0,88	1,96	0,58	0,98	0,81	1,00	1,91
AP	0,07	0,14	0,12	0,09	0,09	0,04	0,04	0,16
ID	91,29	92,49	90,85	91,68	93,13	95,07	91,55	90,73
IP	0,97	1,48	1,50	1,65	1,17	1,17	1,43	1,50
CNP	15,63	12,08	15,92	17,36	12,17	6,08	15,13	15,65
PAL	1,03	1,09	1,06	1,03	0,95	1,10	1,13	0,90
PALK	0,79	0,80	0,79	0,80	0,87	0,84	0,74	0,85
MgN	0,46	0,40	0,61	0,31	0,35	0,28	0,29	0,54

Tabela 3.8 – Dados químicos e litogeoquímicos do Granito Xinguara (cont.).

Nº AMOSTRA	AV-185	AV-29	AV-49A	AV-04	AV-184	AN-02	AN-01	AV-33	AV-45B
	17	18	19	20	21	22	23	24	25
SiO <sub>2</sub>	74.60	74.60	74.90	75.20	75.30	75.30	75.60	75.80	76.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.70	13.70	14.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	12.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.41	0.93	0.47	0.70	0.64	0.84	0.84	0.76	0.71
FeO	0.14	0.19	0.09	0.14	0.19	0.14	0.14	0.09	0.33
MnO	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
MgO	0.08	0.12	0.07	0.07	0.08	0.12	0.08	0.04	0.05
CaO	0.84	0.91	0.42	0.70	0.84	0.70	0.70	0.42	1.10
Na <sub>2</sub> O	4.10	3.50	4.60	3.80	3.20	3.80	3.50	3.20	3.20
K <sub>2</sub> O	4.80	4.80	4.60	5.60	5.10	4.80	4.80	4.80	4.80
TiO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.10	0.05	0.10	0.21	0.10	0.10	0.10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.06	0.05	0.02	0.11
H <sub>2</sub> O*	0.20	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
P.F.	1.00	0.93	0.62	0.85	1.10	0.50	0.60	1.40	0.92
Total	100.04	99.87	100.14	100.40	100.12	99.72	99.66	99.88	99.87
Ba	380	425	3.000	375	530	280	490	105	170
Sr	75	75	405	55	100	45	50	25	260
Zr	452	250	30	145	452	214	220	140	247
Rb	204	312	154	393	204	415	438	189	268
Y	40	10	10	10	40	10	10	10	10
K/Rb	283.44	185.32	359.82	171.65	301.15	139.33	132.01	305.93	215.75
Ba/Rb	1.86	1.36	19.48	0.95	2.60	0.67	1.12	0.56	0.63
Rb/Sr	2.72	4.16	0.38	7.15	2.04	9.22	8.76	7.56	1.03
Rb/Zr	0.45	1.25	5.13	2.71	0.45	1.94	1.99	1.35	1.09
La	56.23	42.29	3.74	27.27	16.32	22.12	37.64	22.58	-
Ce	90.33	97.67	8.00	58.65	34.66	46.59	79.64	39.75	-
Nd	36.80	28.89	2.40	19.21	10.68	17.98	28.29	12.60	-
Sm	6.34	4.84	0.52	3.56	1.97	3.85	5.14	2.02	-
Eu	0.51	0.51	0.15	0.33	0.35	0.27	0.39	0.41	-
Gd	4.60	3.28	0.56	2.72	1.36	3.02	3.72	1.41	-
Dy	4.38	2.40	0.51	2.51	1.34	2.50	3.32	1.18	-
Ho	0.85	0.44	0.10	0.48	0.20	0.47	0.65	0.21	-
Er	2.21	0.99	0.31	1.18	0.43	1.19	1.73	0.49	-
Yb	1.92	0.65	0.31	1.09	0.43	1.09	1.75	0.59	-
Lu	0.25	0.12	0.07	0.17	0.05	0.15	0.23	0.07	-
SUM(ETR)	204.44	182.09	16.69	117.20	67.81	99.25	162.53	31.62	-
(Eu/Eu*)	0.27	0.37	0.85	0.31	0.61	0.23	0.26	0.84	-
(Gd/Yb)N	1.93	4.07	1.46	2.01	2.52	2.23	1.71	1.32	-
(La/Yb)N	19.72	43.78	8.15	16.79	25.20	13.64	14.45	23.70	-
(La/Sm)N	5.58	5.50	4.53	4.81	5.21	3.61	4.60	8.32	-
Q	30.88	34.22	29.73	30.48	35.76	33.58	35.73	38.50	37.49
C	0.28	1.20	0.94	0.00	0.94	0.62	1.10	2.05	0.10
OR	28.69	28.66	27.31	33.24	30.52	28.58	28.63	28.80	28.66
AB	35.09	29.93	39.10	32.29	27.42	32.40	29.89	27.49	27.36
NA	4.08	4.29	1.96	2.43	4.08	3.10	3.17	1.98	4.78
HY	0.20	0.30	0.17	0.00	0.20	0.30	0.20	0.10	0.12
MT	0.16	0.32	0.00	0.30	0.32	0.00	0.16	0.00	0.78
IL	0.19	0.19	0.19	0.09	0.19	0.29	0.19	0.19	0.19
HM	0.30	0.71	0.47	0.49	0.42	0.84	0.73	0.77	0.17
AP	0.04	0.09	0.04	0.09	0.04	0.14	0.12	0.04	0.26
ID	94.83	93.03	96.30	96.16	93.88	94.79	94.41	94.89	93.63
IP	1.17	1.37	1.00	1.47	1.59	1.26	1.37	1.50	1.50
CNP	10.41	12.55	4.77	7.02	12.96	8.73	9.59	6.72	14.88
PAL	1.01	1.08	1.06	0.97	1.07	1.03	1.08	1.17	0.98
PALK	0.87	0.79	0.88	0.93	0.81	0.86	0.83	0.79	0.85
MgN	0.47	0.37	0.40	0.31	0.36	0.39	0.30	0.19	0.24

Classificação petrográfica: moscovita-biotita monzogranito (2,3,5,6,7,8,9,10,11,12,14,16,17,18,21,23); moscovita-biotita sienogranito (19); moscovita-biotita sienogranito rico em epidoto (15); moscovita-biotita sienogranito (24,22); biotita granodiorito (4); moscovita-biotita monzogranito rico em allanita, epidoto e titanita (1); biotita monzogranito (13). ID: Índice de diferenciação de Thornton e Tuttle (1960):  $(q+ab+or+ne+kp+lc)$ ; IP: Índice petrogenético de Engel (1974):  $K_2O/Na_2O$ ; PAL: Índice de aluminosidade de Shand (1932); PALK: Índice de peralcalinidade:  $mol\ K_2O+Na_2O / mol\ Al_2O_3$ . MgN =  $Mg \times 100 / (Mg+Fe)$ .

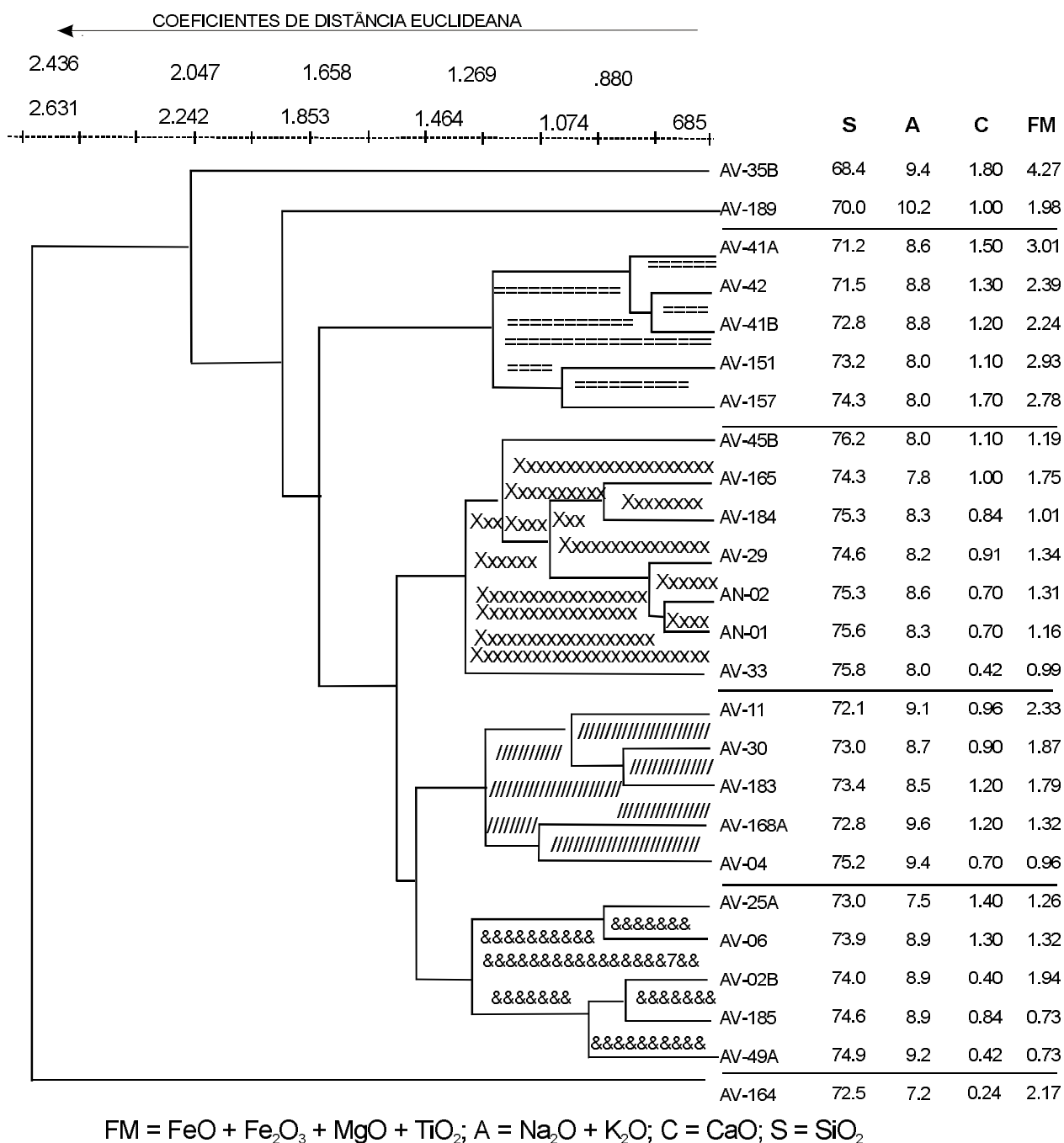


Figura 3.39 – Dendrograma baseado nos percentuais dos óxidos dos elementos maiores da Unidade Granito Xinguara na Folha Redenção. Os coeficientes de distância euclidiana são usados como parâmetros de similaridade.

trends são negativos para cálcio, ferro, magnésio e fósforo, porém positivos para potássio, assemelhando-se, assim, aos padrões de correlações normalmente encontrados nas rochas da série calcalcalina.

As classificações químico-mineralógicas indicadas no diagrama Q x P de Debon & Le Fort (1983) (figura 3.41) correspondem a granitos e adamelitos

sendo, portanto, coerentes com os resultados decorrentes dos estudos microscópicos. Verifica-se ainda, a partir do diagrama B x A do citado autor (figura 3.42), que a grande maioria dos espécimes é de granitóides leucocráticos e que varia entre termos peraluminosos (alguns muito ricos em muscovita) e metaluminosos.

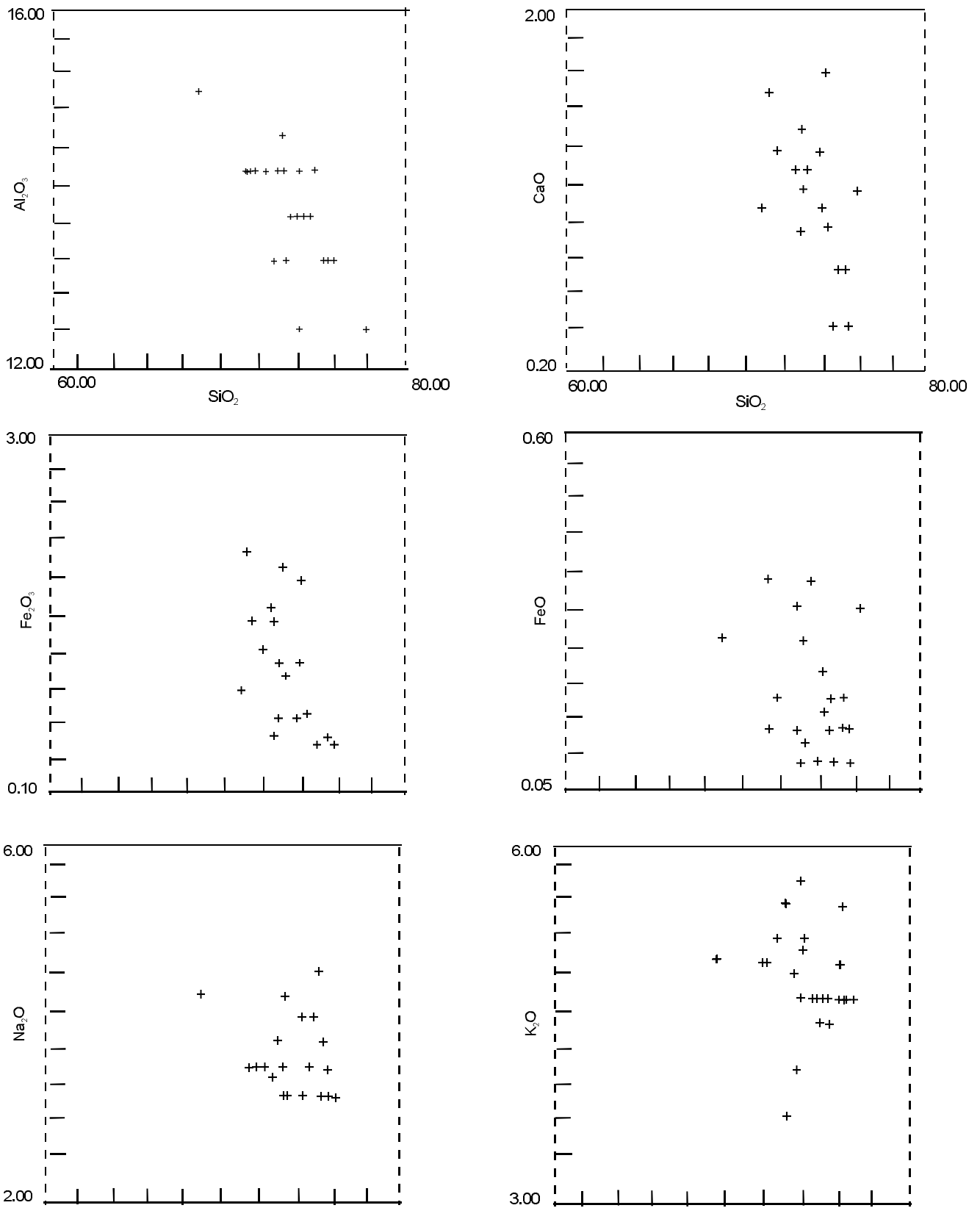


Figura 3.40 – Diagramas do tipo Harker para as rochas da Unidade Granito Xinguara.



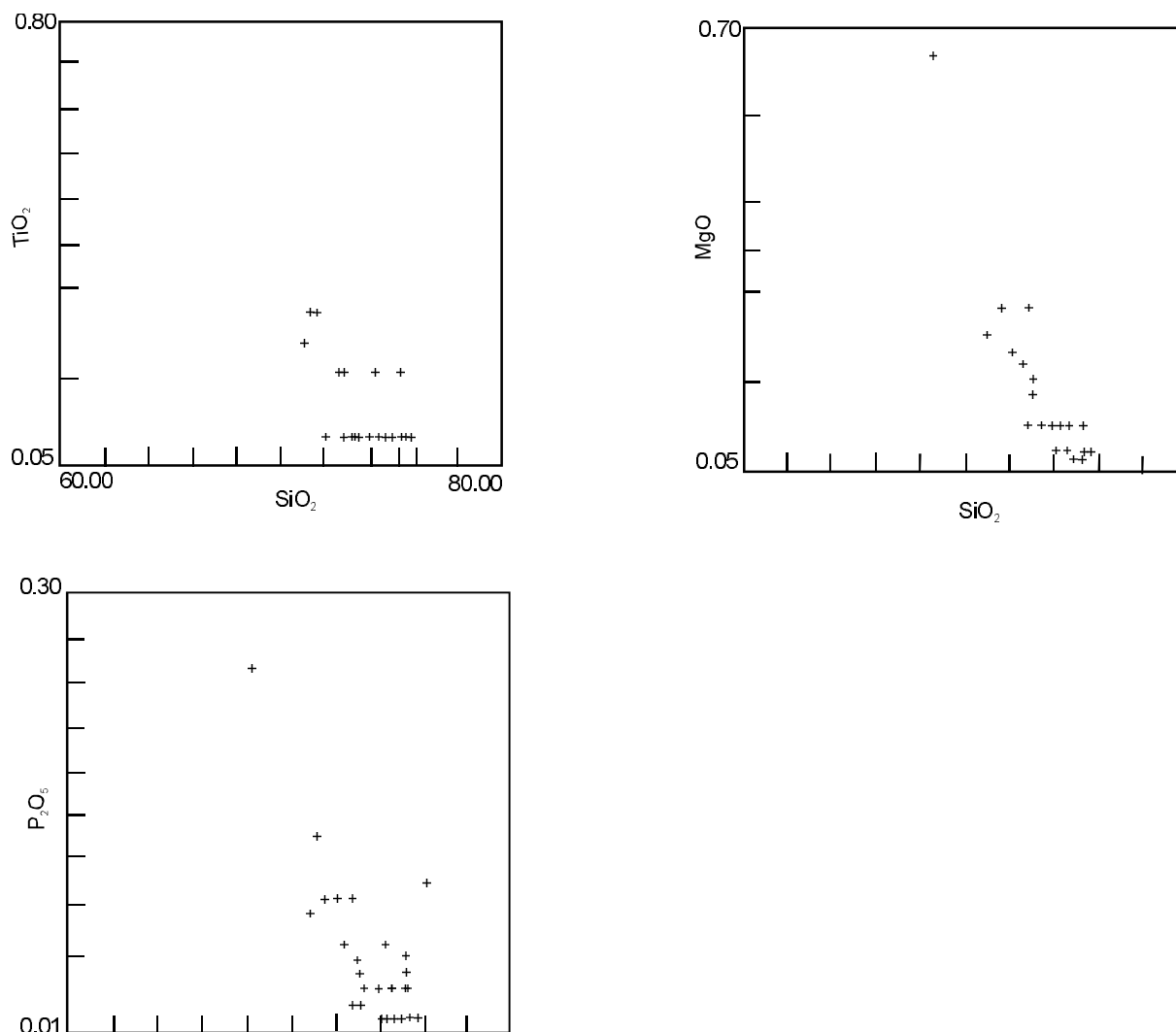


Figura 3.40 – Diagramas do tipo Harker para as rochas da Unidade Granito Xinguara (cont.)

A natureza calcálcica a alcalina pode ser visualizada a partir dos diagramas SiO<sub>2</sub> versus K<sub>2</sub>O/MgO (figura 3.43), e SiO<sub>2</sub> versus CaO/K<sub>2</sub>O (figura 3.44), devidos, respectivamente, a Rogers & Greenberg (1981) e Brown (1982).

As concentrações dos elementos-traço do tipo LILE (Ba, Rb e Sr) são bastante variadas e todos eles ocorrem, na maioria das amostras, com teores superiores às médias desses elementos na crosta continental superior (respectivamente: 550, 112 e 350ppm; segundo Taylor & McLennan, 1985), refletindo, provavelmente a presença marcante de micas e de feldspato potássico nessas rochas. As razões K/Rb na grande maioria das amostras, sempre inferiores a 300, dão uma boa indicação do forte grau de diferenciação das amostras em questão. As razões Rb/Sr, à exceção das amostras (AV-35B, AV-189, AV-164, AV-25A e AV-49A) são superiores

a 1, chegando a atingir valores superiores a seis, o que, na concepção de Harris & Inger (1992), equivale ao de fusão sem vapor de pelito rico em muscovita (os leucogranitos do Himalaia têm razões Rb/Sr superiores a 5).

Quanto aos elementos do tipo HFS (elementos de alto campo de força), foram analisados o Zr e os elementos lantanídeos (ETR – elementos de terras-raras). Embora os teores do Zr variem numa ampla faixa, de 30 a 509ppm, eles são predominantemente altos, acima de 100ppm. Tal fato, além de relacionar-se à presença abundante de mica e de feldspato, pode ser indicativo do caráter *high heat production* – HHP, dos granitos dessa unidade. Não há qualquer correlação, positiva ou negativa entre os teores desse elemento e os percentuais de SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> ou CaO, ou ainda com os teores dos lantanídeos. Por outro lado, a abundância de Zr junta-

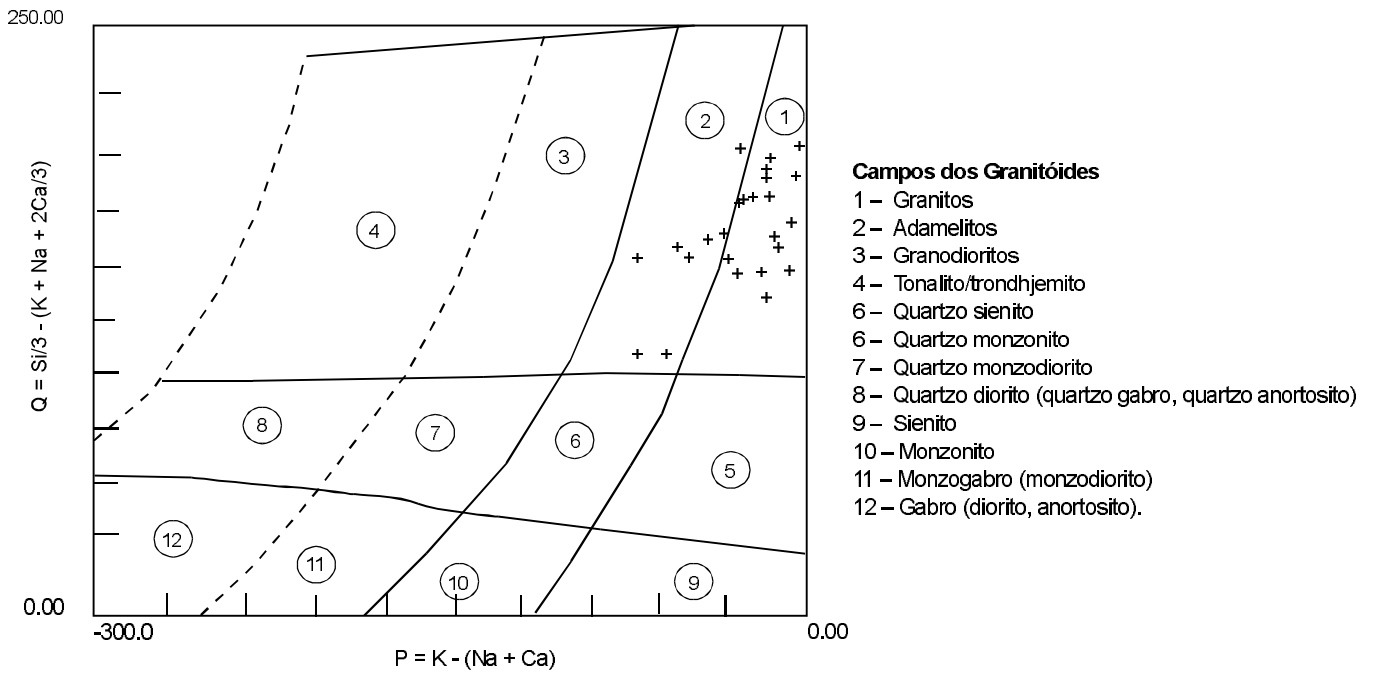


Figura 3.41 – Diagrama PxQ de Debon & Le Fort (1983) para a Unidade do Granito Xinguara.

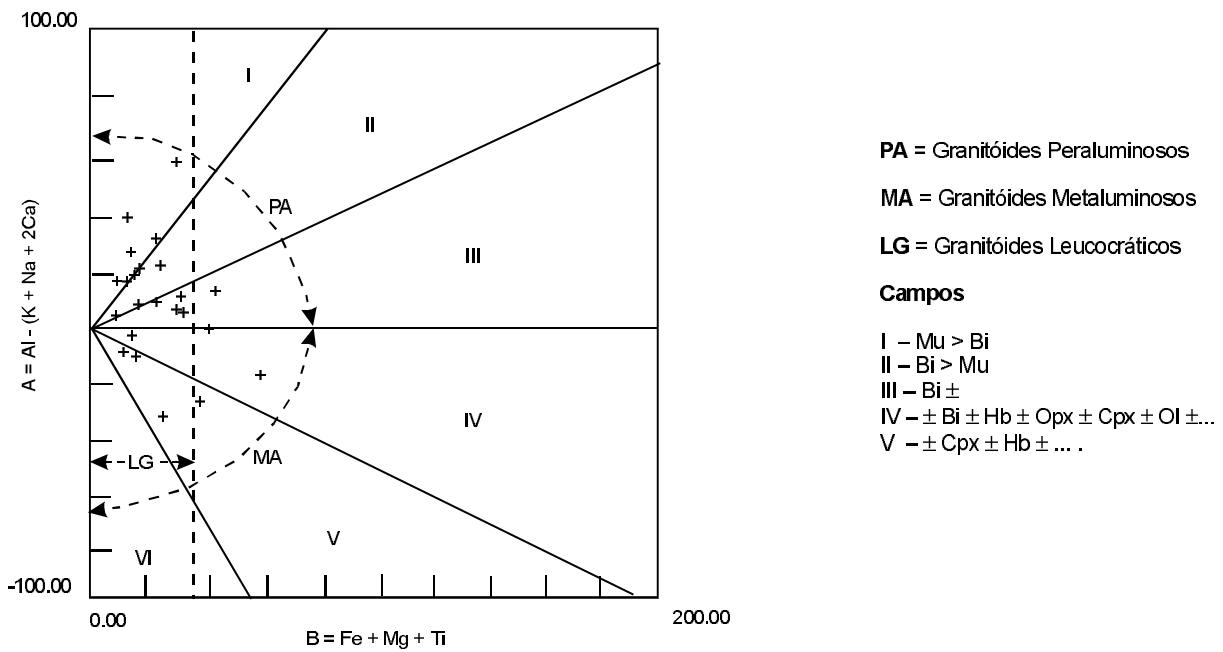


Figura 3.42 – Diagrama BxA de Debon & Le Fort (1983) para a Unidade do Granito Xinguara.

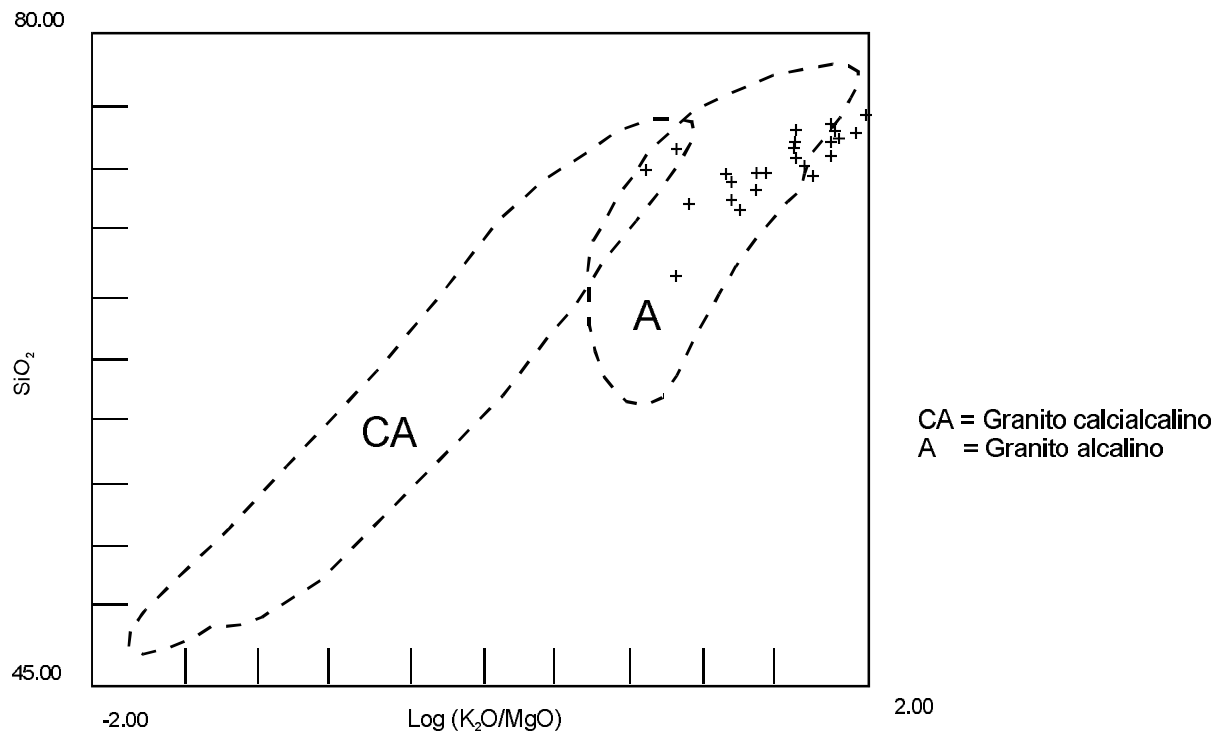


Figura 3.43 – Diagrama  $\text{SiO}_2$  versus  $(\text{K}_2\text{O/MgO})$  de Rogers & Greenberg (1981), aplicado à Unidade Granito Xinguara.

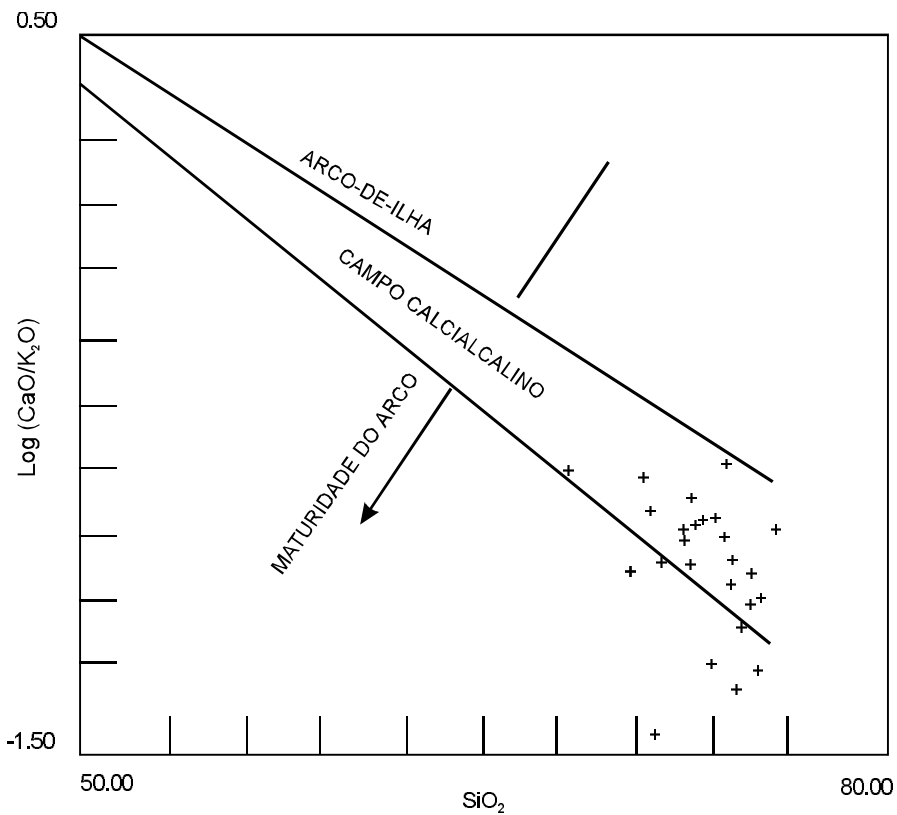


Figura 3.44 – Diagrama  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{CaO/Álcals}$  de Brown (1982), aplicado à Unidade Granito Xinguara.

mente com os teores de Rb, indicam a tendência alcalina das rochas da unidade em pauta, além de que a grande variância desses elementos pode estar relacionada a fenômenos de hidrotermalismo. As razões Rb/Zr acima de 2 e SiO<sub>2</sub> acima de 70% correspondem, segundo Harris *et al.* (1986), a granitóides do tipo colisional.

Com base nos diagramas tipo aranhogramas dos lantanídeos, expostos na figura 3.45, pode-se identificar dois grandes grupos de amostras além de duas amostras com padrões bastante distintos. As amostras do grupo I, em número de nove, se caracterizam pelos altos valores de anomalias negativas de európio ( $Eu/Eu^* > 0,5$ ), moderado fracionamento dos lantanídeos ( $La_N/Yb_N$ : 11 - 30) e maiores concentrações dos elementos de terras-raras pesadas (Gd - Yb). O grupo II, integrado por 11 amostras, é caracterizado por fortes fracionamentos ( $La_N/Yb_N$ : 40 - 140), moderadas anomalias negativas de európio ( $Eu/Eu^*$ : 0,5 - 0,6), formato côncavo para cima do ramo das terras ítricas (Gd - Yb) e forte fracionamento do ramo das terras céricas (La - Sm). As duas amostras (AV-06 e AV-35) separadas no grupo III, se destacam pelo padrão côncavo das terras ítricas, o alto fracionamento indicado pela forte inclinação das curvas e pela presença de anomalia positiva ou negativa de pequeno valor de európio.

Quanto à ambiência geotectônica, a aplicação do diagrama  $R_1$ - $R_2$  de Batchelor & Bowden (1985), (figura 3.46), indica que os granitóides da Unidade Granito Xinguara se formaram em ambiente tipo tardi-orogênico. As razões Rb/Zr, segundo Harris *et al.* (1986), são semelhantes àquelas dos granitos do tipo III ou pós-colisionais. Os padrões dos ETR (elementos de terras-raras), com fortes declives e enriquecimento nos elementos céricos, além de corresponderem aos granitos calcialcalinos, cuja rocha-fonte contém granada como resíduo indicam, segundo Plant *et al.* (1985), que a geração dos granitóides aqui analisados ocorreu nas fases tardias do ciclo orogênico.

As características metalogenéticas da unidade ainda não estão bem definidas. Mas por se tratar de granitóide do tipo HHP (*high heat production*), bem como pelos altos teores e ampla variação dos teores dos LILE e dos HFSE, pode-se suspeitar que fenômenos de hidrotermalismo foram efetivos nesses granitóides, podendo ter gerado concentrações metalogenéticas de interesse econômico como por exemplo Sn - W ou U. Entretanto, são necessários maiores estudos, sobretudo análises de elemen-

tos-traço e até mesmo de isótopos para melhor definir a natureza metalogenética dessa unidade.

### Assinatura Geofísica

O Monzogranito Xinguara tem um padrão magnético que varia desde áreas em que as linhas isogâmicas apresentam-se muito espaçadas, até áreas onde as linhas isogâmicas se adensam, indicando rochas com diferentes susceptibilidades magnéticas. Os eixos magnéticos são predominantemente negativos, têm dimensões curtas e apresentam-se ora alongados para ENE-WSW ora com formas arredondadas. Os contornos das linhas magnéticas são, de modo geral, circulares em planta e guardam um distanciamento entre si mais ou menos uniforme, situação esta que normalmente indica que as rochas envolvidas não sofreram grandes deformações. Destaca-se ainda a presença de gradientes adensados ou de dipólos próximos uns aos outros, alinhados por grandes extensões e que coincidem com a presença de rochas básicas do tipo diabásio ou gabro.

Os valores aerorradiométricos em mapa de contagem total são bastante elevados, comparáveis em alguns locais aos do Monzogranito Redenção, e destacando-se das demais unidades. Nas regiões de relevo acidentado e mesmo em áreas arrasadas os valores mínimos são de 1.000cps, podendo atingir, em áreas restritas, valores acima de 2.000cps. Os valores de tório também são compatíveis com o Monzogranito Redenção, superiores a 10,0cps (figuras 3.17 e 3.19).

### Relações de Contato, Geocronologia e Correlações

O mapa geológico mostra os granitóides Xinguara em contato com as rochas do Tonalito Arco Verde, das supracrustais do Grupo Serra do Inajá e do Granodiorito Rio Maria. No campo só foi possível a observação direta da relação de contato do monzogranito com o Granodiorito Rio Maria. Esta relação foi vista no km 21 do ramal para a fazenda Alô Brasil onde é claro o contato intrusivo entre as duas unidades, com o monzogranito invadindo o granodiorito na forma de diques e apófises, em parte migmatizando a região de contato.

Em um ramal unindo a estrada para a fazenda Alô Brasil com a estrada para a cidade de Cumaru, o monzogranito ocorre na forma de veios de espessura decimétrica, cortando ou paralelos à foliação de tonalitos da Unidade Arco Verde.

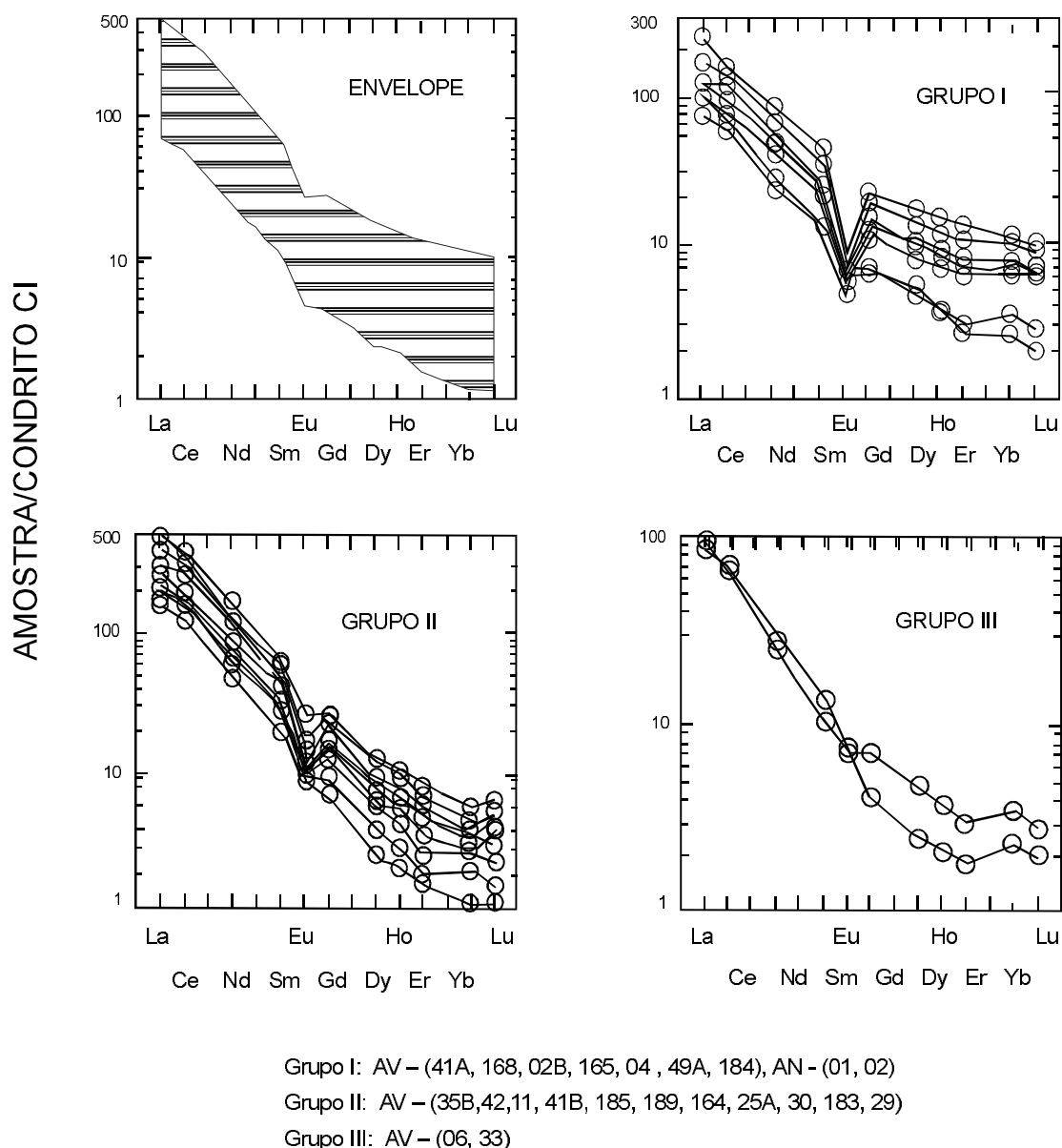


Figura 3.45 – Aranhogramas dos padrões dos elementos de terras-raras, normalizados segundo os valores do condrito CI de Sun & McDonough (1989), para as rochas da Unidade Granito Xinguara.

Em vários locais, nas bordas dos batólitos, foram identificados xenólitos de dimensões centimétricas de gnaisses de composição tonalítica, tidos como pertencentes ao Tonalito Arco Verde.

O Monzogranito Xinguara, em sua localidade-tipo, foi datado por Macambira *et al.* (1990) pelo método Rb/Sr, tendo-se obtido uma isócrona indicando uma idade de  $2.528 \pm 35$ Ma.

Cunha *et al.* (1981), apresentaram três datações efetuadas em rochas cujos domínios aqui são interpretados como fazendo parte do Monzogranito Xinguara: duas delas estão situadas na serra do Gra-

daús, na porção NW da folha (maciço Bacuri) e a outra no Maciço Cristalino na porção SW. As datações foram efetuadas através do método Rb/Sr e forneceram as seguintes idades:  $2.593 \pm 84$ Ma,  $2.553 \pm 77$ Ma e  $2.724 \pm 199$ Ma Lafon *et al.* (1994) obtiveram idade Pb/Pb, de  $2.875 \pm 20$ Ma.

Este granito, por suas características petrográficas, deformacionais, relações estratigráficas e idade pode ser correlacionado ao Granito Mata Surrão (Duarte, K.D., 1991), Plaqué (Araújo J. *et al.*, 1994) e outros granitóides arqueanos de composição monzogranítica.

### 3.2.3 Cinturão de Cisalhamento Araguaia

O Cinturão de Cisalhamento Araguaia (Costa *et al.*, 1988) tem recebido ao longo do tempo diversas designações, para caracterizá-lo do ponto de vista geotectônico, como geossinclíneo Paraguai-Araguaia (Almeida, 1967), Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia (Almeida *et al.*, 1976), Faixa Orogênica Araguaia-Tocantins ou Araguaides (Silva *et al.*, 1974) e Faixa de Dobramentos Araguaia (Hasui *et al.*, 1984). Na verdade, esta última designação corresponde à porção norte da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia de Almeida (*op. cit.*).

O Cinturão de Cisalhamento Araguaia compreende um conjunto de rochas sedimentares, depositadas em uma bacia distensiva do tipo *rift*, com rochas ígneas introduzidas em período sin e pós-deposição. Esse pacote de rochas foi submetido a processos metamórfico e deformacional, que deram origem aos atuais litótipos. Desde 1933, diversos arranjos estratigráficos tem sido propostos para agrupar essas rochas. A área aflorante desta

unidade geotectônica tem aproximadamente 1.200km de comprimento por 100km de largura.

Desde o século passado, estudos vêm sendo realizados nas rochas que compõem essa unidade geotectônica. Assim, citam-se estudos feitos por F. Castelnuovo (1884), Hartt (1870), P. Ehrenreich (1882) e H. Coudreau (1887). Moraes Rego (1924), descreve no rio Tocantins, entre Tucuruí e a foz do rio Araguaia, gnaisses e granitos arqueanos, além de um pacote de rochas que denominou de Série Tocantins. Em 1933, Moraes Rego correlacionou a Série Tocantins à Série Minas e em 1993, também correlacionou à Série Gurupi (*in* Hasui *et al.*, 1984). Assim, deve-se a Moraes Rego a primeira designação formal das rochas que compõem o atual cinturão.

Diversos outros estudos históricos foram feitos, referindo-se às rochas que constituem a unidade geotectônica em apreço sem, contudo, uma melhor compreensão espacial e temporal. Assim, tivemos os trabalhos de Lofgren (1936) e Leonardos (1940).

A partir de 1954, com a implantação do Projeto Araguaia, patrocinado pelo Departamento Na-

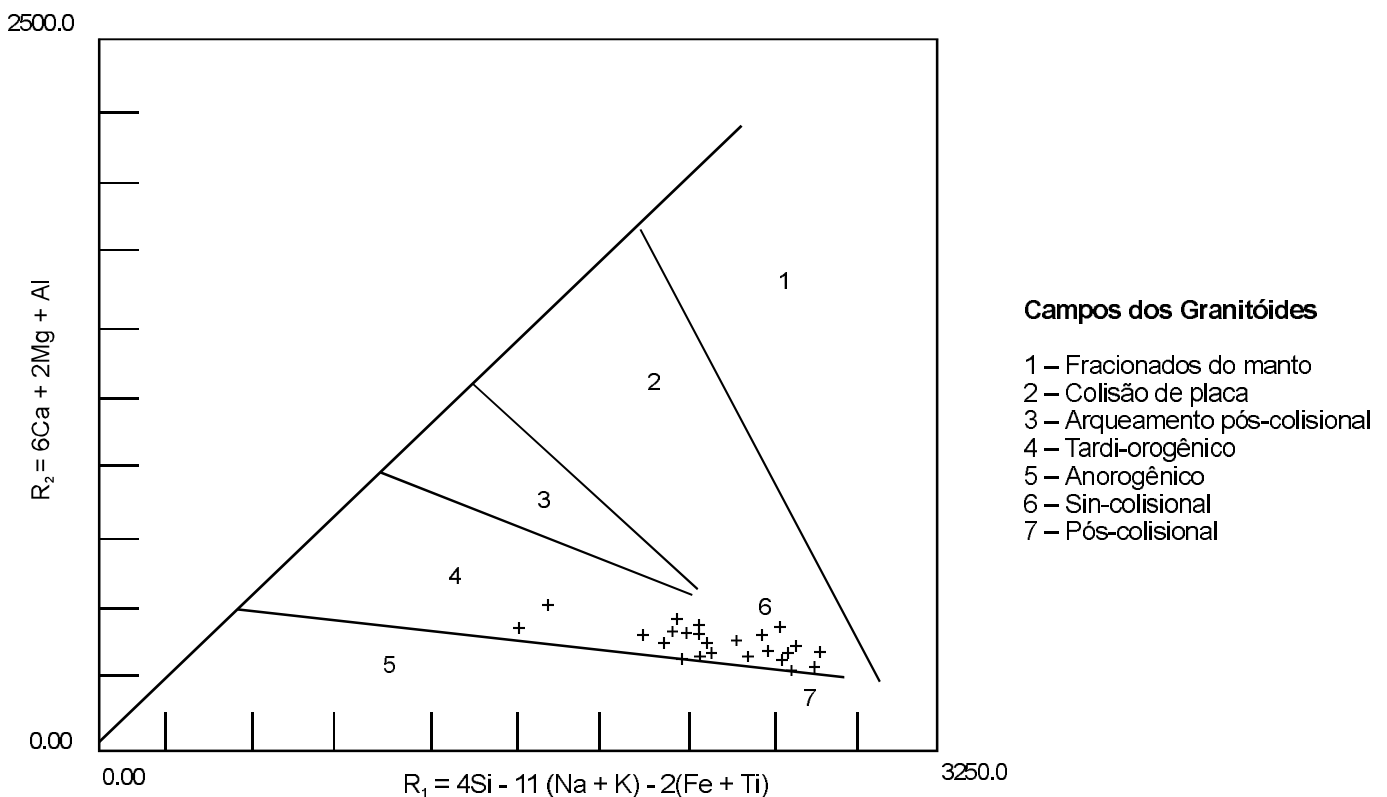


Figura 3.46 – Diagrama  $R_1$ - $R_2$  de Batchelor & Bowden (1985), aplicado às rochas da Unidade Granito Xinguara.

cional da Produção Mineral, iniciaram-se estudos mais sistemáticos sobre a geologia da região. Esse projeto teve sua conclusão em 1962, sendo que o relatório foi divulgado por Barbosa *et al.* em 1966. Esse trabalho trouxe importante abordagem acerca do empilhamento estratigráfico, do aspecto litoestrutural que foi traduzido em cartas geológicas, na escala 1:250.000, acompanhadas de texto explicativo. Esse projeto teve ainda o mérito de promover o levantamento aerofotográfico da região, contribuindo para uma melhor definição das cartas geológicas e, através da sua utilização, facilitando até hoje os trabalhos desenvolvidos na região. Nesse trabalho, Barbosa mantém a Série Tocantins e cria a Série Araxá, na base da primeira.

Em 1965, Almeida definiu o Geossinclíneo Paraguai que, em 1967, denominou Paraguai-Araguaia, em razão da correlação entre as unidades Cuiabá e Tocantins. Em 1968, define como grupos Araxá e Tocantins as séries homônimas.

Puty *et al.* (1970), em mapeamento sistemático, na escala 1:250.000, da Folha Marabá, sugere uma passagem transicional entre os grupos Tocantins e Araxá.

Amaral (1974) posiciona o Grupo Tocantins no Pré-Cambriano Médio, sobreposto ao Complexo Cristalino (Pré-Cambriano Inferior) e sotoposto à Formação Gorotire (Pré-Cambriano Médio).

Silva *et al.* (1974) designaram de Complexo Xingu, as rochas mais antigas do Cráton do Guaporé, até então chamadas de Pré-Cambriano Indiferenciado, Complexo Basal e Complexo Cristalino. Nomearam o Geossinclíneo Paraguai de Almeida (1965) de Cinturão Orogênico Araguaia-Tocantins ou Araguaídes e propuseram uma discordância entre os grupos Araxá e Tocantins.

Almeida (1974) define uma geossutura, separando os domínios com estrutura NW a oeste e NS a leste, correspondentes ao Cráton do Guaporé e à Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia, respectivamente.

Hasui *et al.* (1975) propõem a designação de Grupo Estrondo para o pacote de rochas designadas de Grupo Araxá, por considerar difícil a correlação com a unidade homônima definida em Minas Gerais e no sul de Goiás.

Hasui *et al.* (1977) reuniram no que designaram Grupo Baixo Araguaia, todas as unidades anteriormente descritas (componentes do Cinturão Araguaia), subdividindo-o nas formações Estrondo, Couto Magalhães e Pequizeiro. Na proposta, descrevem a presença de ofiolitos.

Abreu (1978) propõe uma coluna estratigráfica que reúne todas as unidades anteriormente citadas no Supergrupo Baixo Araguaia, subdividindo-o nos grupos Estrondo e Tocantins. Ao Grupo Estrondo foram atribuídas as formações Morro do Campo e Xambioá. Enquanto que ao Grupo Tocantins foram relacionadas as formações Couto Magalhães e Pequizeiro.

Costa (1980) acrescenta ao Grupo Estrondo a Formação Canto da Vazante, situando-a espacialmente no topo do mesmo.

Hasui *et al.* (1980) vinculam o Supergrupo Baixo Araguaia ao Proterozóico Médio, cronologicamente acima das formações Gorotire e Tucuui.

Gorayeb (1981) propôs a inversão espacial entre as formações Couto Magalhães e Pequizeiro, colocando esta última na base, em função de características petrográficas e metamórficas. Observa ainda uma passagem gradacional de uma unidade para outra.

Hasui *et al.* (1984) mantêm a Formação Pequizeiro, especialmente sobre a Formação Couto Magalhães e introduzem uma suite máfico-ultramáfica (substituindo o termo ofiolitos, usado na coluna estratigráfica proposta por Hasui *et al.*, 1977 após a deposição da Formação Couto Magalhães e durante a deposição da Formação Pequizeiro. Atribuem ao Proterozóico Médio a deposição dos sedimentos e as manifestações máfico-ultramáficas que representam o Supergrupo Baixo Araguaia. Essa unidade teria sido submetida, ainda no Proterozóico Médio, a metamorfismo regional, dobramento com vergência para oeste (sin-metamorfismo) e processo de blastese.

Costa *et al.* (1988) definem como Cinturão de Cisalhamento a unidade geotectônica designada de Faixa de Dobramentos Araguaia por Hasui *et al.* (*op. cit.*).

Gorayeb (1989) mantêm a estratigrafia proposta em 1981 com a Formação Couto Magalhães sobre a Formação Pequizeiro.

Hasui e Costa (1990) fazem uma revisão do modelo litoestrutural do Cinturão Araguaia. Assim, o cinturão compreenderia duas unidades maiores, representadas pelo o Complexo Colméia e pelo Supergrupo Baixo Araguaia, este dividido em Grupo Estrondo na base e Grupo Pequizeiro no topo.

Lima e Costa (1992) observaram estruturas planares e lineares que atribuem a uma deformação progressiva.

Abreu *et al.* (1994) reúnem no Supergrupo Baixo Araguaia dois conjuntos distintos de rochas. O inferior com arenitos e variações pelíticas restritivas

(Formação Morro do Campo e grande parte da Formação Couto Magalhães). O superior envolvendo sedimentos mais finos, pelíticos, carbonáticos, além de psamo-pelitos feldspáticos (formações Xambioá, Pequizeiro e Canto da Vazante). Atribuem a inversão das seqüências metamórficas a um período tardio na evolução tectônica do Cinturão Araguaia.

### 3.2.3.1 Formação Couto Magalhães (Pcn)

#### Distribuição geográfica e morfologia

A Formação Couto Magalhães ocupa uma faixa submeridiana com aproximadamente 800km de comprimento por uma largura que varia de dezenas a centenas de quilômetros encartada pelos paralelos 5° a 12° S e meridianos 49° a 50° W. Na Folha Redenção, objeto deste trabalho, ocupa a porção leste com aproximadamente 60km de largura (figura 3.5).

A morfologia da Formação Couto Magalhães é de um peneplano sustentado por um capeamento laterítico, que corresponde à Superfície Sul-Americana (foto 5). A drenagem atual vem causando o desmantelamento daquela superfície. Um relevo colinoso que por vezes se observa, tem relação com a tectônica (zonas de cisalhamento) que afetou as rochas da Formação Couto Magalhães, dando a estas um caráter mais resistente ao intemperismo, em especial quando silicificada.

#### Caracterização Litológica e ambiental

A Formação Couto Magalhães, como definida por Hasui et al. (1977), compreende um conjunto de rochas sedimentares, representadas por ardósias, metassiltitos, metarcóseos, metagrauvas e quartzitos, na metade oriental, além de sedimentos argilosos e siltosos (com metamorfismo incipiente ou nulo), na porção ocidental.

A Formação Couto Magalhães, na área estudada (Folha Redenção), compreende basicamente quatro fácies, designadas de Pelítica (*mudrock*), Psamítica (*sandstone*), Carbonática (*mudstone*) e Silicosa (*chert*).

– Litofácies Pelíticas: predominante na área, compreende uma intercalação de lamito (*claystone*) e siltito (*siltstone*). Essa fácies não apresenta estruturas sedimentares conspícuas, além de acamamento e laminação planoparalela, definida pela variação granulométrica (silte e argila). Apenas em

um afloramento foi possível observar uma laminação cruzada acanalada, nos siltitos, dando a idéia de um transporte dos sedimentos de NW para SE. Normalmente esta fácies tem coloração esbranquiçada, manchada por óxido de ferro, dando à mesma um aspecto variegado (fotos 29 e 30). Atribui-se a esta fácies um ambiente marinho, plataformal. Esta litofácies apresenta um metamorfismo variando de incipiente a xisto-verde baixo. O metamorfismo parece estar intimamente ligado à deformação tectônica, pois argilitos (*argillite*), ardósias (*slate*) e filitos, encontram-se em zonas de cisalhamento, destacadamente as transcorrentes que imprimem uma foliação vertical (NE-SW), com abundante sericita (fotos 31 e 32), enquanto que nas rampas frontais, a foliação impressa é NW-SE, aparentemente coincidente com o aleitamento sedimentar (fotos 33 a 37).

– Litofácies Psamítica: ocorre em áreas restritas, sob a forma de camadas ou lascas tectônicas, intercaladas aos pelitos. Na borda da bacia, esta litofácies passa a ser predominante, com intercalações de pelitos e *chert*. De um modo geral, esta fácies está representada por arenitos que variam de arcoseanos a líticos e raramente chegam a um quartzito arenito. Em apenas um dos locais observados esse arenito poderia ser classificado como uma grauvasa (*quartz-wacke*). De um modo geral tem granulometria fina a média e raramente grânulo. Localmente ocorre um conglomerado com clastos no tamanho grânulo, angulosos a subangulosos e variam de moderadamente a mal selecionados. Apenas em um afloramento observou-se uma estratificação cruzada, truncada. Esses psamitos, pelas características supracitadas, podem ser classificados como imaturos, com pouco a moderado transporte, admitindo-se um ambiente fluvial para os mesmos.

Esses arenitos não têm indícios macroscópicos de metamorfismo. No entanto, em observação microscópica (seção delgada), verifica-se incipiente foliação na matriz. Em um afloramento a rocha se torna bastante coesa, com características de quartzito e se comporta como uma lasca tectônica, removida de maior profundidade e colocada isoladamente entre os pelitos. Clivagem de fratura é a feição mais freqüente no arenito.

– Litofácies Carbonática: apenas duas ocorrências foram verificadas na área em apreço. A primeira está representada por um calcário finamente recristalizado, que não preserva qualquer estrutura sedimentar e sua forma de ocorrência é, aparentemente, de uma lasca tectônica, encravada na serra



do Quatipuru (predominantemente constituída por rochas ultramáficas). Uma amostra analisada desse calcário registrou 49,1% de CaO e 3% de MgO. Uma segunda ocorrência de calcário, encontra-se intercalada à fácies pelítica e apresenta-se finamente laminada, criptocristalina, impura, com 18,5% de CaO, 1,6% de MgO, 49,1% de SiO<sub>2</sub> e 7,6% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Esse calcário poderia ser classificado como um laminito cripto algal ou como mudstone (segundo Dunhan). Admite-se para esta litofácies um ambiente de planície de maré.

- Litofácies Silicosa: Lentes milimétricas a centimétricas de chert, ocorrem amplamente distribuídas, de forma intercalada, em todas as litofácies da Formação Couto Magalhães, em especial na pelítica. Eventualmente ocorrem como faixas maiores (métricas), entre as ultramáficas da Suíte Quatipuru. Essas rochas têm coloração cinza-esbranquiçada, que as difere dos silexites vermelhos, provenientes da alteração das rochas ultramáficas. Apresentam uma textura de mosaico, sacaroidal, micro a criptocristalina e geralmente equigranular. Vênulas de quartzo são frequentemente observadas. As análises químicas mostraram para os cherts, teores relativamente elevados em Ca, Mg, Ti, Ba, etc. conforme quadro abaixo, enquanto que os silexites tiveram teores elevados em elementos associados às ultramáficas (Cr, Ni e Co), como será visto adiante. Admite-se para esta fácies uma origem diagenética, muito comum em fácies carbonática.

### Deformação e metamorfismo

O metamorfismo regional que afetou as unidades litológicas que constituem o Cinturão Araguaia varia de incipiente ou nulo na porção ocidental, a fácies anfíbolito alto, atingindo até a anatexia, na porção oriental, segundo Abreu *et al.* (1994). Esse metamorfismo crescente para leste parece estar intimamente ligado ao maior afundamento da bacia nesse sentido e, conseqüentemente, a um maior

espessamento dos sedimentos. Durante a fase de inversão da bacia, as fácies metamórficas mais altas foram se posicionando lado a lado, gradacionalmente às mais baixas. A Formação Couto Magalhães, objeto de estudo neste projeto, por ter ocupado porções menos profundas da bacia (borda oeste), ficou praticamente isenta de metamorfismo. As poucas evidências de metamorfismo de baixo grau parecem relacionar-se intimamente às condições físico-químicas estabelecidas em zonas de cisalhamento, na fase de inversão da bacia. Nessas zonas de cisalhamento, a constituição litológica predominantemente argilosa facilitou a sericitização e a implantação de foliação. Em alguns afloramentos é possível se observar uma foliação verticalizada com orientação (variando de NS a NE-SW), associada a outra de médio ângulo (variando de NS a NW-SE, com caimento para E em torno de 45°), atribuindo-se à primeira um caráter de direcional – rampa lateral – e à segunda um caráter de cavalgamento rampa frontal. Em escala microscópica, é possível se observar uma sutil foliação com sericitização da matriz dos arenitos.

Outras feições de deformação encontradas nas litofácies da Formação Couto Magalhães, são do tipo dobramento, por vezes com transposição de camadas, (fotos 38 e 39), *boudinage* (foto 40), resalto (franja) e lineação. Os dobramentos têm eixos que variam de norte-sul (submeridianos) a noroeste-sudeste e tem a forma simétrica, com ligeira recumbência para oeste e sudoeste. Segundo H.G. de Almeida (1995), na Folha Marabá, as linhas de charneira variam sistematicamente de NNW-SSE a WNW-ESE e, dessa forma, são coincidentes com o *trends* de cisalhamento de caráter cavalgante observados na Folha Redenção. Associados às zonas de cisalhamento cavalgante encontram-se ressaltos e lineações do tipo alinhamento de grãos e estrias com padrão direcional NE-SW e caimento para NE. Esses elementos (ressaltos e lineações), ainda que muitas vezes duvidosos, mantêm constância nas direções. Observações fotogeológicas mos-

Quadro 3.1

		ppm							
Elemento	Ca	Mg	Ti	Ba	Fe	Mn	Co	Y	Zr
Amostra									
<i>Chert</i> (AN-53C)	1.500	300	1.000	100	10.000	300	15	100	15
<i>Chert</i> (AN-83B)	20.000	10.000	3.000	700	30.000	700	20	20	150

tram que rochas mais competentes, como as ultramáficas da Suíte Quatipuru, bem como lineamentos correspondentes a trends de foliações de médio ângulo sofrem inflexões por movimentação predominantemente dextral, de zonas de cisalhamento de alto ângulo (transcorrências). Estas, predominantemente de direção NE-SW, representariam rampas laterais de um transporte de massa de NE para SW.

Deformações causadas por cisalhamento de caráter distensivo também afetaram os litótipos da Formação Couto Magalhães, após o processo deformacional causado pela inversão da bacia, e se caracterizam por falhas normais e transferentes (foto 41). As falhas normais são assim definidas, em observações de campo, pelos ressaltos nas superfícies de falhamento. Fotogeologicamente, usou-se o critério de analogia com os dados de campo, para definir os lineamentos que se relacionam às falhas normais e transferentes.

O *trend* geral das falhas normais é NW-SE, com mergulho para NE. Existem lineamentos definidos em mapa magnético com *trend* E-W que atravessam indistintamente as unidades litológicas da Faixa Araguaia e do embasamento, não tendo sido, porém, caracterizados em campo. Relacionadas a um evento distensivo do Mesozóico existem fraturas, preenchidas por diabásio, com *trend* N-S e ligeira tendência para NW-SE.

### Assinatura Geofísica

A Formação Couto Magalhães é caracterizada no mapa aeromagnético por um baixo relevo, com isotelas linearizadas, paralelizadas e espaçadas. Os eixos magnéticos são curtos, quase sempre negativos, com tendência de direção E-W. Essa “calmaria” magnética só é quebrada por corpos de rochas básicas introduzidas nos sedimentos da formação em apreço, algumas vezes não aflorantes, como no caso de uma unidade magnética com configuração semelhante ao mapa do Brasil (figura 3.14).

Os modelamentos magnético (figura 3.47) e gravimétrico (figura 3.48), conforme a seção D-D' (figura 3.14), indicam que a Formação Couto Magalhães assenta-se em um substrato mais denso e irregular. A combinação destes elementos, com os colhidos no terreno, levam à interpretação de um sistema de cavalgamentos, que alçou tanto o substrato (Tonalito Arco Verde), como a cobertura sedimentar.

O perfil cintilométrico, efetuado ao longo da PA-287 (aproximadamente paralelo à seção D-D'),

veio corroborar o zoneamento litológico, obtido através das demais ferramentas (figura 3.49).

Os valores radiométricos desta unidade geológica, são relativamente baixos variando de 500 a 1.000cps. São notórias as “ilhas” de contorno oval, formando conjuntos com direção geral N-S, nas proximidades da borda da bacia, com valores de 1.000 a 1.300cps. É possível que essas anomalias estejam relacionadas a rochas de embasamento próximas da superfície ou a um fácies arcoseano da Formação Couto Magalhães. Não é descartável a hipótese de uma crosta laterítica seguindo um *trend* estrutural (figura 3.19).

### Relações de Contato, Idade e Correlação

Os sedimentos da Formação Couto Magalhães assentam-se, na borda oeste da bacia, discordantemente sobre o Tonalito Arco Verde (Complexo Xingu, de Silva *et al.*, 1974). Embora os trabalhos de campo não tenham sido definitivos, aparentemente aqueles sedimentos repousam sobre o Granito Redenção, fato este também observado em fotografias aéreas. Essa observação é a única, na Folha Redenção, que pode caracterizar a idade daqueles sedimentos como sendo do Proterozóico Médio ou mais jovem, tendo em vista que em recente datação, Barbosa *et al.* (1994) obtiveram para aquele granito idade de  $1.801 \pm 126\text{Ma}$  pelo método Rb/Sr e  $1.892 \pm 89\text{Ma}$ , pelo método Pb/Pb.

Datações efetuadas por Moura *et al.* (1992), em corpos graníticos associados as rochas do Cinturão Araguaia, resultaram em idades de  $498 \pm 39\text{Ma}$  a  $583 \pm 39\text{Ma}$ , consideradas como mínimas para as cristalizações dos zircões analisados.

As unidades que compõem o Cinturão Araguaia, dentre as quais a Formação Couto Magalhães, foram por muito tempo correlacionadas ao Grupo Araxá. No entanto, não havendo consistência nessa correlação, admite-se a hipótese de uma unidade geológica distinta, como proposto por Almeida, H. G. de *et al.* (1995), na Folha Marabá.

#### 3.2.3.2 Ultramáfica Quatipuru (Pq)

#### Distribuição Geográfica e Morfologia

A principal ocorrência desta unidade, forma a serra homônima com aproximadamente 45km de comprimento por 1 a 2km de largura, com direção geral N-S. Ocorrências menores desta unidade, encontram-se nos extremos sudeste e nordeste

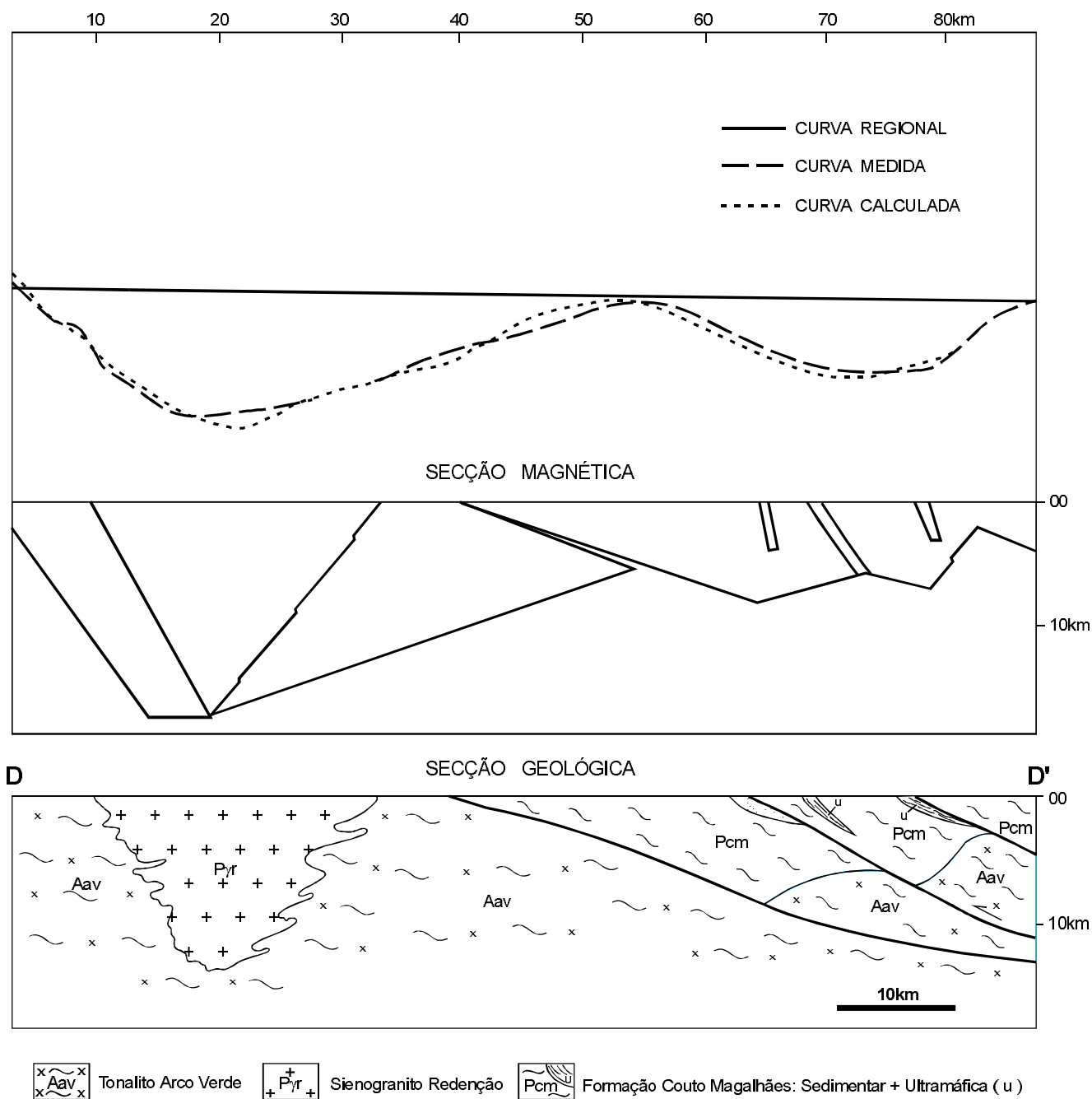


Figura 3.47 – Modelagem magnética com interpretação geológica.

da folha e na PA-287, próximo ao rio Arraias do Araguaia (figura 3.5).

Esses corpos ultramáficos apresentam-se sempre em forma de *cuestas*, com mergulho suave para leste e acentuado para oeste (foto 42), atingindo desnível de até cerca de 200m, na serra do Quatipuru. Essas serras são sustentadas por espessa crosta de silexito, formada às expensas da rocha ultramáfica (foto 43).

### Caracterização Petroológica

Além das rochas ultramáficas, associa-se à unidade em apreço, extensa cobertura de silexito, entendido como produto de alteração daquelas rochas. Em pequena proporção, associam-se ainda dolomitos, intercalados às ultramáficas, também atribuídos à alteração das mesmas.

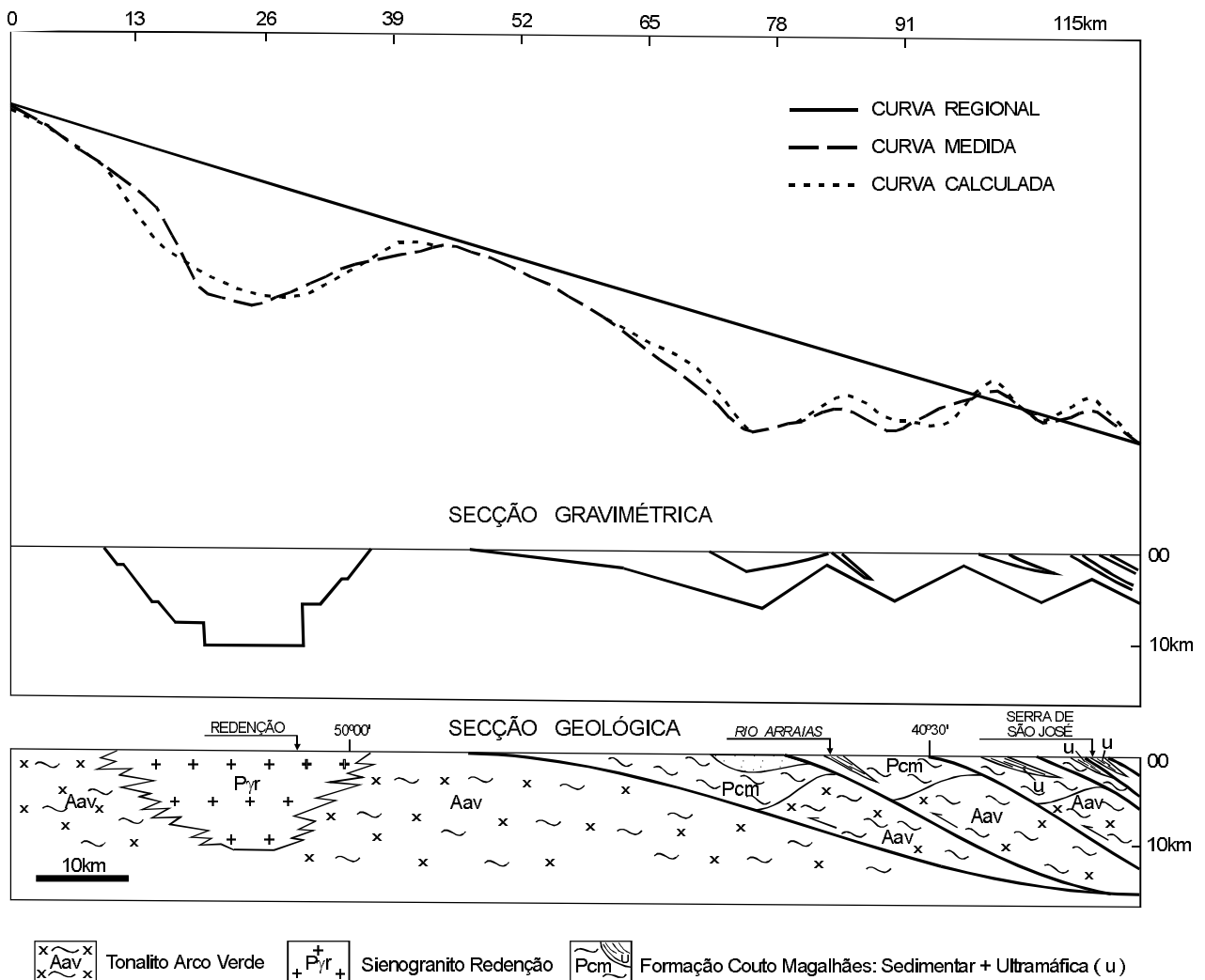


Figura 3.48 – Modelamento gravimétrico com interpretação geológica.

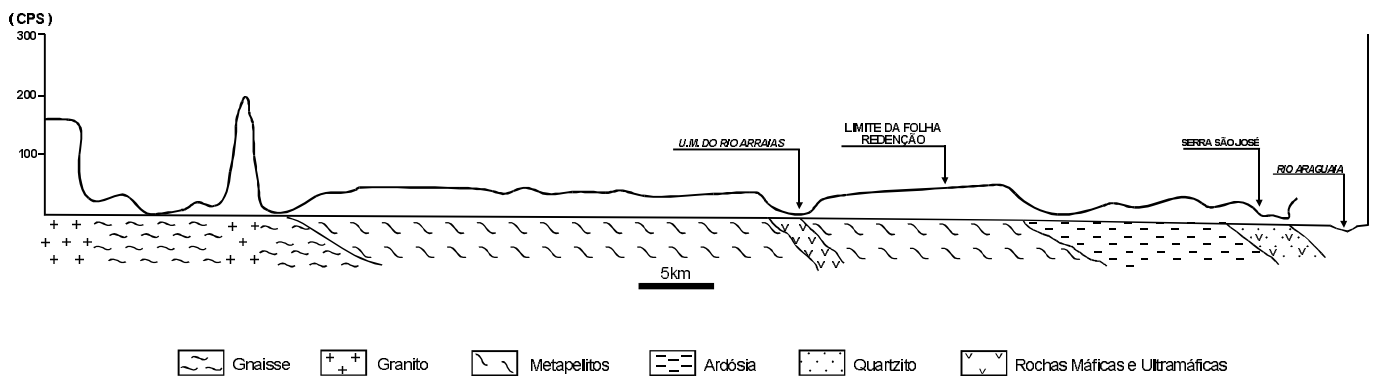


Figura 3.49 – Perfil cintilométrico ao longo da PA-297 rebatido para a secção A-A' da carta geológica.

As rochas ultramáficas estão representadas por serpentinitos, derivados primordialmente de peridotitos e em pequena proporção de dunitos (relatório de pesquisa da Docegeo, 1983).

Macroscopicamente esses serpentinitos têm coloração verde-clara, quando intemperizados e verde-escura quando frescos. Apresentam-se normalmente isotrópicos e grosseiros, porém em zona de cisalhamento assumem aspecto foliado. Neste trabalho constatou-se deformação milonítica, com foliação anastomótica, apenas na estação AN-R-50C (foto 44).

A análise petrográfica mostrou que essas rochas apresentam-se sistematicamente constituídas por antigorita (70%), serpofita (30%), crisotila e magnetita, como minerais essenciais. Os serpentinitos caracterizam-se por texturas pseudomórficas do protólito e não pseudomórficas, com serpentina mesch, lamelar, fibrolamelar e houghlass. Os peridotitos serpentinizados possuem textura equigranular preservada, com relictos de olivina e piroxênio serpentinizados (100% da área de todos os cristais), reconhecidos apenas pelo hábito e pelos contornos próprios de cada mineral e, aparentemente, por tipos distintos de serpentinas, nos pseudomorfos de olivina e de piroxênio.

Os silexitos são litótipos amarronzados ou avermelhados, intensamente cataclasados e venulados (foto 45). Essas rochas formam verdadeiras crostas sobre as rochas ultramáficas, camuflando totalmente algumas ocorrências. Na serra do Quatipuru, atingem espessuras consideráveis ( $\pm 50\text{m}$ ), cobrindo cerca de 70% de sua área. Em sondagens efetuadas pela Docegeo, fica evidente que os silexitos não ocorrem em profundidade, onde cedem lugar exclusivamente às rochas ultramáficas.

Observa-se que os silexitos são formados progressivamente, a partir das rochas ultramáficas. Em alguns casos ainda é possível observar-se relictos da rocha original, imersos no mosaico de sílica microcristalina. Em outras situações, quando a substituição é mais completa, observa-se, microscopicamente, a textura cumulática do protólito. A massa dominante dos silexitos, aflorantes, não mais preserva relictos do protólito. A análise química de duas amostras representativas de silexito, mostra teores elevados de elementos associados a rochas ultramáficas (quadro 3.2), corroborando com a vinculação dos mesmos à alteração daquelas rochas.

## Caracterização Litogeoquímica

### Rochas Máficas e Ultramáficas da Unidade Quatipuru

Conforme se verifica na tabela 3.9 os dados químicos, sobretudo os percentuais em peso dos óxidos dos elementos maiores e os teores de alguns poucos elementos-traço em que se embasaram os estudos litogeoquímicos das rochas dessa unidade, são provenientes de apenas sete amostras, onde cinco são de natureza ultramáfica e apenas duas foram classificadas como máficas.

As rochas ultramáficas apresentam notória a homogeneidade quanto aos baixos percentuais dos óxidos  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ , álcalis e  $\text{TiO}_2$ . Ao contrário, os altos percentuais de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  superam aqueles de  $\text{FeO}$ , denotando um elevado grau de oxidação/alteração desses espécimes com geração provável de serpentina. Esta relação acha-se invertida apenas na amostra AN-50D. As amostras de natureza máfica apresentam as relações entre os óxidos ferroso e férrico invertidas, ou seja, são superiores a 1, denotando maior participação de  $\text{FeO}$  em suas composições, mesmo em relação ao  $\text{MgO}$ , já que as razões  $\text{MgO}/\text{FeO}$  são inferiores a 1. A participação de  $\text{K}_2\text{O}$  é também significativa, com valores superiores a 0,5%. Merece destaque nesses espécimes os altos percentuais de  $\text{TiO}_2$ , superiores a 1.

Com base nas relações dos óxidos dos elementos ferromagnesianos e do alumínio, conforme mostradas no diagrama triangular da figura 3.50, essas rochas, do ponto de vista químico-mineralógico, são classificadas como picritos komatiíticos (ultramáficas) e como toleíto rico em ferro. Na verdade, as relações  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{CaO}$  mostradas na figura 3.51, além de indicarem o forte enriquecimento em magnésio das rochas ultramáficas, mostra também que os espécimes máficos tendem a assumir um caráter quase calcialcalino, onde as razões  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}$  são maiores do que 1. Apesar dos altos percentuais de  $\text{TiO}_2$  e de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , os parâmetros químicos dessas rochas, tanto no nível da participação dos elementos maiores quanto dos elementos-traço, permanecem dentro dos padrões de basaltos do tipo *greenstone belt*.

Os teores dos elementos-traço (Cr, Ni, V e Zr) apenas confirmam a natureza ultramáfica e máfica desses espécimes, valendo ressaltar a nítida correlação positiva que se constata entre os percentuais de  $\text{FeO}$ , Ti e V.

Quadro 3.2							
Elemento Amostra	ppm						
	Fe	Mg	Cr	M	Ni	Ba	Cu
AN-52	70.000	500	700	500	300	30	5
AN-59A	30.000	500	1.000	500	70	30	5

Tabela 3.9 – Dados químicos e litogeoquímicos das rochas máficas e ultramáficas da Unidade Quatipuru.

Nº AMOSTRA	AN-24	AN-99	AN-59B	AN-50D	AN-100	AN-83A	AN-76
	1	2	3	4	5	6	7
SiO <sub>2</sub>	38,20	38,30	38,60	38,90	38,90	49,30	50,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,94	0,47	0,94	0,94	0,71	12,30	13,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,30	7,80	8,60	2,50	7,30	3,90	4,40
FeO	0,91	0,37	0,23	5,30	0,33	8,00	9,10
MnO	0,06	0,09	0,05	0,09	0,04	0,15	0,21
CaO	0,35	0,05	0,07	0,17	0,05	10,10	9,40
MgO	37,10	37,30	37,40	37,40	37,10	6,70	6,60
Na <sub>2</sub> O	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	2,00	1,50
K <sub>2</sub> O	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,73	0,73
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	2,90	1,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,04	0,39	0,15	0,03	1,04	0,48
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,00	2,20	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00
P.F.	14,90	15,20	13,90	14,20	14,90	2,50	2,10
TOTAL	100,93	101,97	100,33	99,80	101,01	99,62	99,72
CaO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,37	0,11	0,07	0,18	0,07	0,82	0,69
FeO/Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,12	0,05	0,03	2,12	0,05	2,05	2,07
MgO/FeO	40,77	100,81	162,61	7,06	112,42	0,84	0,73
Ti	300	300	300	300	300	17386	7194
Cr	2.000	3.000	2.000	3.000	2.000	150	150
Ni	1.500	5.000	1.500	700	5.000	70	70
V	10	10	10	10	10	100	100
Co	100	50	70	70	30	50	50
Zr	10	10	10	10	10	50	30
Sr	100	100	100	100	100	500	100

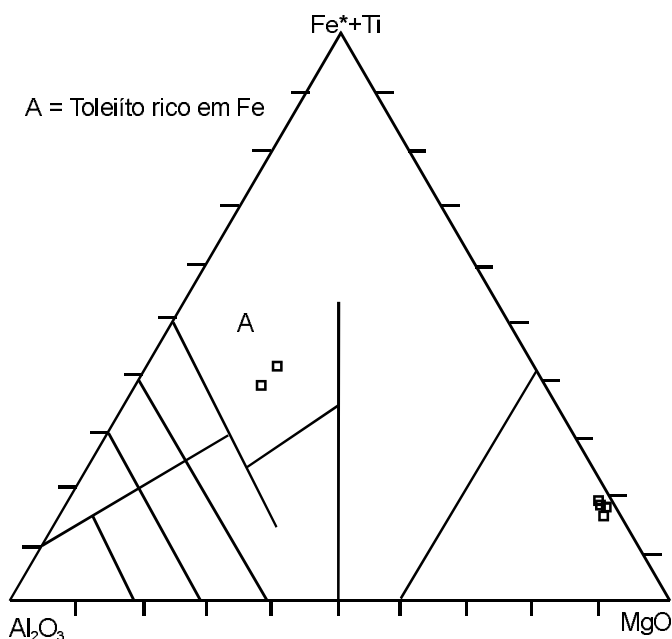
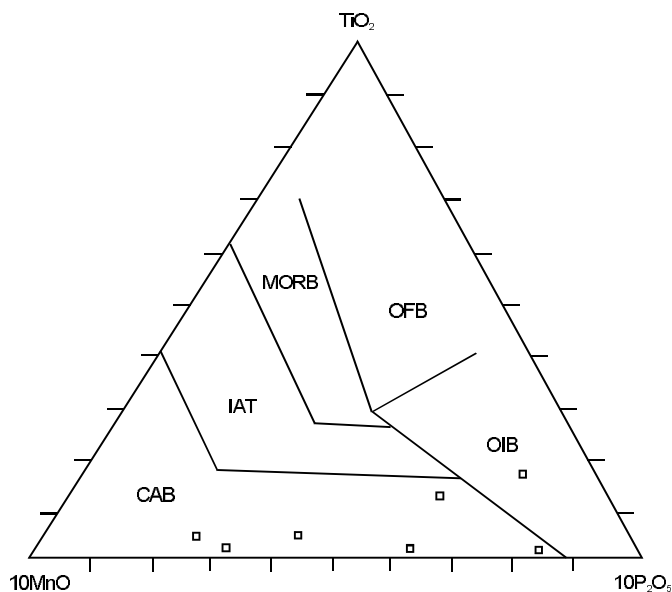


Figura 3.50 – Diagrama  $Al_2O_3 - FeO^* + TiO_2 - MgO$  classificatório das séries magmáticas vulcânicas, modificado de Jensen (1976). Aplicado às rochas máficas e ultramáficas da Unidade Quatipuru.



OIB – Basalto de ilha oceânica  
 MORB – Basalto de cadeia meso-oceânica  
 CAB – Basalto calcialcalino  
 OFB – Basalto de assoalho oceânico  
 IAT – Toleíto de arco-de-ilha

Figura 3.52 – Diagrama  $10MnO - P_2O_5 - TiO_2$  segundo Glukhovskiy & Morolev (1993). Aplicado às rochas máficas da Unidade Quatipuru.

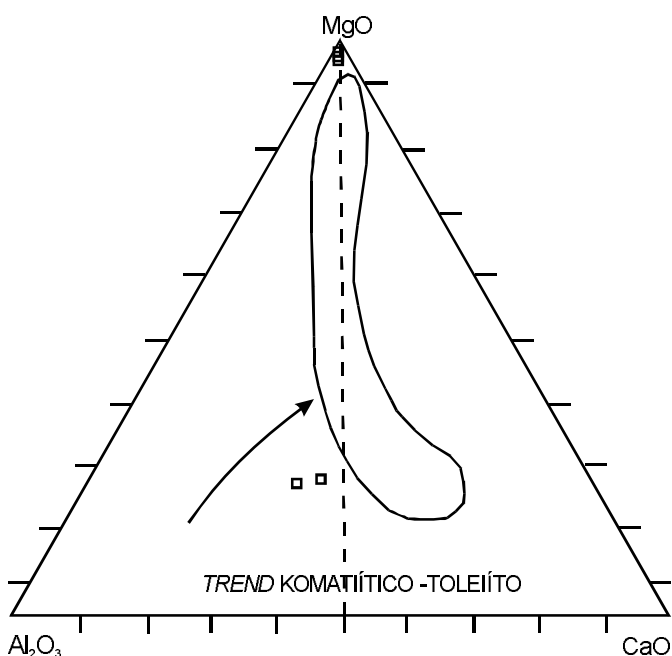


Figura 3.51 – Diagrama  $Al_2O_3 - MgO - CaO$  segundo Viljoen & Viljoen (1969). Aplicado às rochas máficas e ultramáficas da Unidade Quatipuru.

A pesquisa quanto ao ambiente geotectônico dessas rochas com base no diagrama triangular  $MnO - TiO_2 - P_2O_5$ , figura 3.52, revelou ambiência similar àquela dos basaltos calcialcalinos (CAB), com uma leve tendência para ambiente de basalto de ilha oceânica (OIB).

As expectativas quanto ao provável potencial metalogenético ficam um pouco prejudicadas devido a falta de maiores dados químicos, sobretudo de elementos-traço. Em princípio, pelos registros de alterações hidrotermais que se constata entre as rochas da presente unidade, pode-se prever mineralizações: Cu, PGE, Ni e Cr.

### Deformação e Metamorfismo

A deformação observada na Unidade Ultramáfica Quatipuru é predominantemente rúptil, que muitas vezes se reflete nos afloramentos ou forma dos blocos (foto 46), com exceção verificada em apenas uma estação (foto 44), localizada na serra homônima, onde observam-se feições relacionadas ao regime dúctil (milonito, com foliação anastomosada e minerais rotacionados). A coexistência de estruturas de regimes diferentes pode ser atribuída ao fato

de que as feições de natureza dúctil foram herdadas de deformação adquirida em profundidade, enquanto que as lascas tectônicas (alóctones) adquiriram feições rúpteis em níveis crustais superiores. Na serra do Quatipuru, principal local de ocorrência daquele litótipo, na folha em apreço, observa-se que a rocha, na porção central, apresenta-se maciça com aspecto isotrópico sem evidências de deformação mais intensa, a não ser fraturamentos. Nas bordas, os efeitos deformacionais são mais evidentes e estão normalmente representados por feições planares do tipo espelho de falha, com estrias, alinhamento das fibras de serpentina e ressaltos que imprimem na rocha um padrão estrutural semelhante ao encontrado nas encaixantes (foliação NW-SE, com caimento para NE e lineação NE). O corpo de Quatipuru, embora mantenha sua forma tabular, com orientação N-S e caimento para E, apresenta-se segmentado por falhas de rasgamento que rotacionam as extremidades daqueles segmentos. Nas encaixantes (pelitos), aquelas falhas de rasgamento imprimem um aspecto foliado com direção NE-SW e mergulho de alto ângulo, coincidente com o *trend* das mesmas. Nos silexitos (produtos de segregação supergênica de SiO<sub>2</sub>), observa-se apenas um intenso processo de fraturamento com venulação desordenada de sílica. Aparentemente, como nas rochas encaixantes, o metamorfismo que atuou nas rochas ultramáficas, foi de baixo grau nulo, difícil de ser caracterizado, em função do(s) processo(s) metassomático(s) a que essas rochas foram submetidas.

O contato dos corpos ultramáficos com os metassedimentos encaixantes é nitidamente tectônico e, portanto, sem qualquer vestígio de metassomatismo. A superfície de contato apresenta paralelismo com a foliação ou acamamento dos metassedimentos, conforme bem observado nas fotos 47, 48 e 49.

### Assinaturas Geofísica e Geoquímica

Caracteriza-se do ponto de vista magnético por um rosário de dipólos e monopólos, positivos ou negativos, com forte adensamento de isotelas. Esses cordões têm um *trend* N-S, bem marcado na Serra do Quatipuru e outro NW-SE, também com boa representação a leste da referida serra. A radiometria mostra para essa unidade valores que variam de 0 a 500cps, sendo que os mais baixos níveis radiométricos, marcam bem os *trends* supracitados.

Zonas anômalas em Ni, Co, Cr e secundariamente Fe, Mn, Cu, Pb e Zn, caracterizam a unidade em

apreço (Ultramáfica Quatipuru). Essas zonas anômalas, obtidas em sedimento de corrente, apresentam um halo de dispersão bem maior, evidentemente, que os corpos ultramáficos, porém alinham-se no *trend* N-S, dos mesmos.

### Idade e Correlação

Não existe, até o presente, elementos seguros para definir a idade das rochas ultramáficas associadas ao Cinturão Araguaia. No entanto admite-se que a geração dessas rochas está associada ao evento distensivo que gerou a bacia do Araguaia, atribuído ao Proterozóico (Inferior a Médio). A dúvida é se essas rochas fazem parte de um fundo oceânico ou se foram colocadas como intrusões magmáticas, tendo como encaixante as rochas sedimentares. Os estudos litogeoquímicos, corroboram com a primeira hipótese. Estudos realizados por Hasui *et al.* (1980), indicam idades (K/Ar) para essas rochas que variam de 480 a 780Ma (rejuvenescimento isotópico).

São diversas as ocorrências de corpos ultramáficos distribuídas tanto no âmbito da folha em apreço como fora da mesma. As exposições mais significativas estão nas serras de Quatipuru (serra do Chicão) e São José, esta com pequena área de ocorrência no extremo-NE da Folha Redenção.

### 3.2.4 Coberturas Sedimentares Proterozóicas

As coberturas sedimentares proterozóicas têm pequena representatividade em superfície na Folha Redenção, ocorrendo no seu extremo-sudoeste. Esses sedimentos, que entulham a Bacia Intercratônica do Médio Xingu, estão representados pelo Grupo Rio Fresco e Formação Gorotire. Essas unidades foram identificadas, na Folha Redenção, pelas suas marcantes características morfológicas (figura 35).

#### 3.2.4.1 Grupo Rio Fresco

Neste trabalho, engloba-se no Grupo Rio Fresco a parte superior, detrítica, da Formação Tocandeira, de Parada *et al.* (1966), mantendo-se essa mesma designação formal, e a Formação Rio Fresco, de Barbosa (1966), com a conotação de Marinho *et al.* (1977), que a consideraram essencialmente sedimentar e a renomearam de Formação Rio Naja; designação essa, aqui adotada.



### 3.2.4.1.1 Formação Tocandeira (Ptc)

A Formação Tocandeira conforme definida por Parada et al. (*op. cit.*) compreende uma seqüência metassedimentar, representada por quartzitos e itabiritos, correlacionados ao horizonte médio da Série Minas. A seção-tipo é no rio da Ponte, e a designação formal é alusão à serra homônima.

Diversas modificações têm sido propostas, ao longo do tempo, para redefinir a Formação Tocandeira. Adota-se aqui, a designação de Formação Tocandeira, para representar apenas o pacote superior formado por psamitos, deixando-se os "itabiritos" (BIF) da base, no Grupo Gradaús, de Macambira et al. (1986), que além desse litotipo, abriga metadacitos, metariólitos, metabasaltos, meta-cherts, metassiltitos, metarenitos, quartzo-clorita xistos e ardósias. Esta última unidade não está bem representada na Folha Redenção, como será visto a seguir, e conseqüentemente, não foi individualizada no mapa e nem alvo de maiores considerações.

Na área deste trabalho, a Formação Tocandeira ocorre em forma de serra alongada, estreita e descontínua. Em boa parte apresenta *trend* aproximadamente N-S, vindo posteriormente a infletir para NW.

#### Caracterização Litológica

A Formação Tocandeira, diante das considerações feitas acima, fica representada pelos conglomerados basais, quartzo arenitos, siltitos, argilitos, *cherts* laminados e folhelhos, conforme descrito por Marinho et al. (1977).

A litologia dominante é o quartzo arenito, que Marinho et al. (*op. cit.*), descrevem como formado essencialmente por grãos de quartzo, imersos em matriz sercítico-caulinica, cimentados por sílica secundária, criptocristalina, e mais raramente por óxido de ferro. Esses arenitos são mal selecionados e em alguns leitos apresentam forte diagênese. Localmente, em zonas de cisalhamento, apresentam mudanças texturais, passando a metarenitos com textura sacaróide.

Na Folha Redenção, ficou difícil a caracterização litológica da Formação Tocandeira tendo em vista uma forte imbricação com outras unidades, causadas por uma tectônica compressiva, com cavalgamento das unidades da bacia em apreço, daquela unidade sobre o terreno granito *greenstone*. Em um perfil E-W (perpendicular à estruturação), ficou clara essa imbricação com intercalação de lentes de

folhelho carbonoso, siltito laminado, formação ferrífera, *chert*, conglomerado e dacito. Alguns desses litótipos apresentam fortes indícios de deformação, com estiramento de grãos e o desenvolvimento de foliação milonítica. Ainda na Folha Redenção, alcançado por um granito (Granito Redenção?), encontram-se arenito arcoseano, *hornfels* pelítico, conglomerado e arenito, associados ao Grupo Rio Fresco.

#### Relação de Contato e Geocronologia

O contato da Formação Tocandeira, na Folha Redenção com as unidades basais, se dá através de zona de cisalhamento; enquanto que, com a unidade sobrejacente (Formação Rio Naja) o contato é discordante, angular, conforme citações feitas em outras áreas.

Atribui-se ao Proterozóico Inferior a idade mínima da Formação Tocandeira em virtude da mesma ter sido intrudida por um maciço granítico, associado ao Granito Redenção, com idade Pb/Pb, de aproximadamente 1.900Ma.

### 3.2.4.1.2 Formação Rio Naja (Prn)

As primeiras informações sobre a Formação Rio Fresco, aqui denominada de Formação Rio Naja, são de Oliveira (1928), que faz referência a material carbonoso, encontrado na bacia do rio Fresco.

A designação formal de Formação Rio Fresco, deve-se a Barbosa (1966), que a definiu como uma seqüência vulcano-sedimentar.

Algumas alterações têm sido propostas para a caracterização da Formação Rio Fresco preferindo-se, neste trabalho, adotar a definição de Marinho et al. (*op. cit.*), que a consideram como uma seqüência essencialmente sedimentar.

#### Caracterização Litológica

Os autores supracitados dividem a seqüência sedimentar da Formação Rio Fresco em um membro inferior, representado por folhelhos carbonosos e siltitos, e um membro superior constituído por folhelhos, siltitos, arenitos, arcósios e grauvacas. Níveis de carvão ocorrem tanto no membro inferior como no superior.

Na área deste projeto, verificou-se a presença de siltito carbonoso, laminado e metafolhelho grafitoso, com indícios de foliação tectônica. Essas litologias que ocorrem na borda da bacia, em zona de

cisalhamento compressivo, onde há imbricação de litótipos de outras unidades, correspondem ao membro inferior de Marinho *et al.* (*op. cit.*).

O contato da Formação Rio Naja, com as unidades subjacentes e sobrejacentes é discordante angular, conforme a literatura. Na área deste projeto, aparentemente, parte do contato da Formação Rio Naja com a Formação Tocandeira se dá por zona de cisalhamento.

A idade da Formação Rio Naja ainda não está bem caracterizada; por assentar-se sobre a Formação Tocandeira (Proterozóico Inferior), a sua colocação entre o Proterozóico Médio e/ou Inferior é a mais conveniente. Em se confirmando a coevalidade de um corpo granítico, que corta essa unidade, com o Sienogranito Redenção (1.900Ma), a idade desta unidade pode vir a ser atribuída ao Proterozóico Inferior.

### 3.2.4.2 Formação Gorotire (Pgo)

Embora não se tenha estudado, em campo, a continuidade física e as características morfológicas permitem assegurar-se a presença da Formação Gorotire na Folha Redenção.

A primeira referência sobre essa unidade deve-se a Oliveira, A.I. (1928), que reportou-se sobre arenitos de coloração esbranquiçada, sugerindo idade triássica para os mesmos.

A designação formal desses sedimentos coube a Barbosa *et al.* (1966), que os englobou na Formação Gorotire.

Inúmeras referências têm sido feitas a essa unidade citando-se entre outros: Ramos (1955), SUDAM (1972), Geomitec (1972), Silva *et al.* (1975), Jorge João *et al.* (1975), Araújo (1975), Pessoa *et al.* (1975), Marinho *et al.* (1977), Martins e Araújo (1979), Villas Boas *et al.* (1980) e Pastana *et al.* (1980).

### Caracterização Litológica

Segundo Cunha, B.C.C. da *et al.* (1981), a Formação Gorotire está representada por um pacote de sedimentos predominantemente psamíticos, com subordinadas intercalações de conglomerados. Os litótipos estão caracterizados petrograficamente como conglomerados polimíticos e oligomíticos, arenitos ortoquartzíticos, arenitos feldspáticos e sublíticos, arcósios, grauvacas e siltitos. Admitem a intercalação, ainda, de rochas vulcânicas ácidas.

## Relações de Contato e Geocronologia

Segundo Marinho *et al.* (*op. cit.*), a Formação Gorotire assenta-se discordantemente nas formações Sobreiro e Rio Fresco (Grupo Uatumã). Segundo Cunha *et al.* (*op. cit.*), assenta-se discordantemente sobre a Formação Iriri e a Suíte Intrusiva Rio Dourado (Supergrupo Uatumã).

A interpretação fotogeológica deste projeto permite visualizar os sedimentos da Formação Gorotire sobre os da Formação Rio Naja.

A idade da Formação Gorotire é admitida por Cunha *et al.* (*op. cit.*) como pré-cambriana superior, por ter sido introduzida por diques básicos, com idade de  $1.475 \pm 28\text{Ma}$  e granitos da Suíte Intrusiva Tarumã com idade de  $1.641 \pm 22\text{Ma}$ . Acredita-se que o limite inferior para a idade dessa unidade seja o da Formação Iriri, com  $1.856\text{Ma}$ , sobre a qual, segundo esse autor, assenta-se a Formação Gorotire. Atribuir esta unidade ao Proterozóico Médio, parece ser bem sensato.

### 3.2.5 Rochas Intrusivas Não-Deformadas (Pr)

#### 3.2.5.1 Sienogranito Redenção

#### Histórico, Localização Geográfica e Morfologia

O termo Suíte Intrusiva Redenção foi usado por Cunha *et al.* (1981) para nomear corpos graníticos relacionados a um evento plutônico com idade convencional de  $685 \pm 30\text{Ma}$ , obtida através de datação pelo método Rb/Sr e cuja unidade-tipo compreende as rochas que formam a serra em cuja porção nordeste está situada a cidade de Redenção.

Aqueles autores também definiram as suítes intrusivas Rio Dourado e Tarumã, a primeira com idade de  $1.735 \pm 50\text{Ma}$  e a segunda com  $1.641 \pm 22\text{Ma}$ , ambas datadas através do método Rb/Sr e interpretadas como constituídas de granitos anorogênicos. No decorrer dos trabalhos de campo do Projeto Redenção, entretanto, verificou-se que os corpos incluídos na Suíte Rio Dourado são formados por granitos levemente deformados e com características petrográficas e petroquímicas semelhantes ao Monzogranito Xinguará.

Os maciços situados nas cabeceiras do rio Inajá e cartografados por Cunha *et al.* (*op. cit.*) na Suíte Intrusiva Tucumã, por suas características petrográficas e petroquímicas foram incluídos na Unidade Granodiorito Rio Maria, com exceção da grande

estrutura circular, arrasada, situada nos limites da Bacia Intracratônica do Médio Xingu. Nesta estrutura o solo é grosseiro, arenoso, de coloração clara, com cristais de quartzo e de feldspato de diâmetros até centimétricos, muito semelhantes ao solo que ocorre na cidade de Redenção.

A granitogênese intimamente associada com o vulcanismo Uatumã, resultou na formação de centenas de corpos de dimensões variáveis desde pequenos *stocks* até gigantescos batólitos, espalhados em uma área de dimensões continentais. Estes corpos têm sido estudados de forma isolada nas últimas décadas e, apesar de apresentarem um mesmo comportamento geofísico, petrográfico, petroquímico, estrutural, metalogenético etc., foram separados em várias unidades litoestratigráficas, com ênfase principalmente no seu posicionamento na estratigrafia, geralmente baseado em datações K/Ar e Rb/Sr. Nos últimos anos, o uso de métodos geocronológicos mais precisos, como as datações U/Pb e Pb/Pb tem mostrado que a idade desses granitos, no sudeste do estado do Pará, invariavelmente está dentro do intervalo situado entre 1.850 e 1.900Ma, o que permite agrupá-los sob uma denominação comum e identificá-los pelo nome das serras onde se situam, conforme feito por Macambira *et al.* (relatório do Projeto São Félix do Xingu, já publicado).

Assim, adota-se o termo Sienogranito Redenção para denominar todos os corpos graníticos anorogênicos, de idade proterozóica, situados nos limites da Folha Redenção, enfatizando-se a nomenclatura petrológica e distinguindo-se os vários corpos pelo nome dos maciços ou localidades onde se situam.

Na área estudada o Sienogranito Redenção é formado pelo batólito onde foi caracterizada a unidade-tipo (Maciço Redenção), por um corpo circular nas cabeceiras do rio Inajá (Maciço Tarumã), por uma pequena fração de um outro batólito situado na porção NW da área de trabalho e cuja maior área de exposição encontra-se na Folha SC.22-V-B (Maciço Ponte Alta) e por raros diques sem expressão morfológica e cujas dimensões não permitiram a delimitação em mapa.

### **Maciço Tarumã**

Tem forma aproximadamente circular, em planta, com 6km de diâmetro máximo (figura 3.5), apresentando algumas feições que o diferenciam das

demais exposições de granitos anorogênicos proterozóicos na Amazônia Oriental: tem relevo negativo e apresenta valores aeroradiométricos baixos, inferiores a 50cps no canal de tório e 500cps em contagem total (figuras 3.17 e 3.19).

A borda da estrutura é formada por uma elevação que acompanha todo o corpo, sustentada por arenitos subarcoseanos e/ou *hornfels* pelíticos. Os arenitos pertencem à Bacia Intracratônica do Médio Xingu, na qual a intrusão se alojou, gerando uma auréola de metamorfismo de contato nos sedimentos. Dentro da estrutura, como dito anteriormente, só se encontrou um solo de coloração clara, arenoso, grosseiro, rico em cristais de quartzo e de feldspato, muito semelhante ao solo desenvolvido sobre o granito do maciço de Redenção. Este solo descarta a presença de rochas vulcânicas relacionadas a vulcanismo terciário, como aventado por Barbosa *et al.* (1966).

Cunha *et al.* (*op. cit.*) consideraram este corpo como a localidade-tipo da Suíte Intrusiva Tarumã, formada de hornblenda-biotita granito, tonalito e granodiorito, com textura granular hipidiomórfica a panidiomórfica, às vezes granofírica.

A ausência de dados impede uma melhor avaliação deste corpo e sua correlação ao Monzogranito Redenção é respaldada apenas pelo seu posicionamento estratigráfico, mais jovem que os sedimentos do Grupo Rio Fresco.

### **Maciço Ponte Alta**

A fração do maciço situada na porção NW da Folha Redenção e encaixada em granitos da unidade Xinguara e em gnaisses do Tonalito Arco Verde, foi interpretada como granito intrusivo, através de critérios fotogeológicos e com base em dados da literatura consultada (Cunha *et al.*, 1981, colocaram-no tentativamente na Suíte Intrusiva Redenção), já que não foi possível amostrá-lo por dificuldade de acesso.

O relevo é montanhoso, contrastando vivamente a nordeste com o relevo colinoso desenvolvido sobre o Tonalito Arco Verde, porém guardando as mesmas altitudes das elevações formadas pelo Monzogranito Xinguara. A diferença morfológica entre os dois conjuntos montanhosos é sutil, recomendando-se para sua individualização o uso de imagens de satélite que abranjam os dois maciços. As diferenças mais marcantes entre eles são o padrão e a elevada densidade do fratu-

ramento do Monzogranito Xinguara; e a vegetação mais rarefeita desenvolvida sobre o maciço Ponte Alta, o que lhe empresta uma tonalidade característica cinza muito escura. Os valores aeroradiométricos são elevados, porém muito semelhantes aos do Monzogranito Xinguara, superiores a 1.000cps.

### **Maciço Redenção**

Está situado na porção centro-norte da folha e corresponde em grande parte a uma serra sem denominação, em cujo extremo-NE localiza-se a cidade de Redenção. A serra é cortada por trechos da PA-150 e da PA-187, e pela estrada dos Gagos e várias vicinais, onde são abundantes os afloramentos constituídos por imensos lajeiros ou enormes blocos de forma abaulada (foto 50). Nos topos e meias encostas das elevações maiores são comuns grandes áreas de rocha desnuda. Duas pedreiras, ora em funcionamento na PA-150 favorecem a observação e a coleta de rocha fresca.

O Maciço Redenção é formado por serras com altitude variando entre 300 e 600m com ponto culminante de 680m, separadas por vales estreitos e profundos, compondo um conjunto de dimensões batolíticas. Abrange também áreas periféricas a NE, E e SE formadas de morros isolados situados em áreas colinosas e/ou arrasadas e aplainadas.

Este conjunto tem forma aproximadamente circular, em planta, distinguindo-se a NW, W e SW das rochas encaixantes pela mudança de relevo, que passa de montanhoso a colinoso. Nas outras porções onde tanto o relevo do granito como de suas encaixantes é colinoso, o contato foi obtido através da integração dos dados de campo, aerogeofísica e fotointerpretação.

### **Caracterização Litológica**

O Maciço Redenção é constituído de granito isótropo, com diferentes fácies caracterizadas pela variação de cor, granulometria, composição e textura, que ocorrem de modo aleatório e intimamente associados, não permitindo sua individualização em mapa. Os granitos são hololeucocráticos, variando de francamente avermelhados até acinzentados-claros, em função da predominância ora de feldspato cor-de-carne, ora de feldspato acinzentado e quartzo azulado.

A granulação, que varia de ponto a ponto, é predominantemente média a grossa (foto 51), raramente fina, com espécimes ora equigranulares ora

inequigranulares, freqüentemente porfiríticos, por vezes pegmatóides, com abundante textura rapakivi (fotos 52 e 53).

Mesoscopicamente identificam-se quartzo, feldspato e biotita. A biotita, além de ocorrer como pontuações milimétricas, pode formar agregados de até um centímetro de diâmetro, e freqüentemente está intemperizada, dispersando óxidos de ferro e manchando a rocha com tons avermelhados. O feldspato, além de ocorrer como pequenos cristais na matriz, chama a atenção pelos pórfiros idiomórficos, maclados, sempre com conspícua clivagem, e de cores variadas, desde avermelhado até acinzentado. Freqüentemente apresenta textura rapakivi e mais raramente anti-rapakivi. O quartzo varia de incolor a cinza-azulado, sempre com dimensão inferior a 1,0cm.

Ao microscópio, apesar de uma certa homogeneidade mineralógica, observam-se certas distinções na proporção dos feldspatos e nos aspectos texturais, permitindo a distinção de seis fácies: biotita sienogranito fino equigranular, biotita-a lcalifeldspato granito porfirítico, biotita-alcalfeldspato granito pegmatóide, biotita monzossienogranito grosseiro inequigranular e subvulcânico.

Texturalmente ocorrem variações sutis no arranjo dos grãos, observando-se desde textura hipidiomórfica-equigranular e/ou inequigranular, passando por textura alotriomórfica equigranular, até granofírica e micrográfica.

Mineralogicamente, tem-se uma associação dada por ortoclásio (microclina) +quartzo+plagioclásio+biotita  $\pm$ clorita  $\pm$ allanita  $\pm$ apatita  $\pm$ zircão  $\pm$ titanita  $\pm$ opacos  $\pm$ muscovita (nos granitos pegmatóides), em ordem decrescente de abundância.

O ortoclásio ocorre como grãos idiomórficos até alotriomórficos, exibindo caráter micropertítico e incipiente processo de argilização. O microclínio comparece subordinadamente, com cristais hipidiomórficos alotriomórficos, exibindo micropertitas e maclamento "xadrez" bem desenvolvido, além de freqüentes inclusões de plagioclásio e quartzo.

O quartzo ocorre sob diversos hábitos, do euédrico piramidal ao alotriomórfico intergranular, ou ainda como inclusões no plagioclásio e no microclínio, como vermículas e/ou cuneiforme, nos intercrescimentos granofíricos.

O plagioclásio se apresenta idiomórfico a hipidiomórfico, freqüentemente zonado e com forte alteração seletiva para sericita. As inclusões mais freqüentes são biotita, opacos e quartzo e a composição é do tipo albita-oligoclásio.

A biotita é o constituinte máfico exclusivo, ocorrendo como palhetas hipidiomórficas de cor mar-

rom, fortemente a totalmente cloritizadas e em pequenas proporções modais.

Apatita, titanita, zircão e opacos são os acessórios mais frequentes. Ocorrem ainda, ocasionalmente, allanita e muscovita, esta última na forma de inclusões em cristais de albita, nas fácies pegmatóides, fortemente fracionadas, ou em corpos de quartzo-muscovita *greisen* com cassiterita.

### Caracterização Litogeoquímica

As características petroquímicas do Sienogranito Redenção estão baseadas em análises petrográficas e químicas de onze amostras, conforme indicadas na tabela 3.10. A amostra AV-179, bastante destoante das demais, tanto petrográfica quanto quimicamente, ocorre no contato intrusivo dessa unidade com o Tonalito Arco verde e, na verdade, pertence a esse tonalito, que foi afetado pelo metassomatismo potássico, provocado pelo sienogranito.

Uma vez excluída essa amostra, constata-se que a unidade em questão, em termos de óxidos dos elementos maiores, apresenta as seguintes características:

a) altos percentuais de  $\text{SiO}_2$ , que variam em estreita faixa de valores (70 - 75%) e respondem pelos altos valores do ID (> 90);

b) Altos percentuais de álcalis, com predomínio de  $\text{K}_2\text{O}$  sobre  $\text{Na}_2\text{O}$ , ou seja os valores de IP ( $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ) são iguais ou superiores a 1;

c) baixos percentuais de ferro-magnesianos (Fe, Mn, Mg e Ti) e MgN tipicamente baixos (bem inferiores a 0,5);

d) baixos percentuais de CaO, característicos dos chamados *low-Ca granites*.

No *trend* da evolução petrológica das rochas dessa unidade, expresso pelos diagramas do tipo Harker, na figura 3.53, são marcantes as correlações positivas entre os percentuais de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{K}_2\text{O}$  e negativas entre  $\text{SiO}_2$  e os demais óxidos. Coerentemente, as amostras AV-113 e AN-12, com menores percentuais de  $\text{SiO}_2$ , são algo mais ricas nos elementos ferro-magnesianos e em cálcio (encontram-se na zona de contato do Sienogranito Redenção com o Tonalito Arco Verde).

As classificações químico-mineralógicas, expressas no diagrama Q x P de Debon & Le Fort (1983) (figura 3.54), indicam tratar-se de rochas do tipo adamelito, portanto um pouco diferente das classificações petrográficas microscópicas, que as identificou como sienogranitos. Ainda, com base

no diagrama B x A de Debon & Le Fort (1983) (figura 3.55), constata-se que o conjunto em análise é essencialmente metaluminoso e leucocrático, fatos que coincidem com os altos valores de ID e com os valores de PAL inferiores a 1.

O diagrama  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}$  de Rogers & Greenberg (1981) (figura 3.56), mostra claramente o caráter alcalino desses granitos e, de novo, coincidem com os altos valores dos índices PALK (em torno de 0,9).

A concentração marcante das amostras em torno do ponto triplice cotético do diagrama Qz-Ab-Or (figura 3.57), reforça o alto grau de evolução petrológica dos espécimes representantes dessa unidade.

Com relação aos elementos-traço, as rochas da população em pauta, caracterizam-se pelos altos teores em Rb, Ba e Zr e baixos teores de Sr. Os teores de Y, embora variados, são em geral baixos. As razões Rb/Sr são superiores a 1 e chega a valor extremamente alto na amostra AV-110 (66,70). As razões K/Rb com valores geralmente inferiores a 200, corroboram os altos índices de diferenciação dessas rochas.

Tomando-se como base os padrões dos grupos de curvas dos ETR (elementos de terras-raras) dos aranhogramas da figura 3.58, foi possível subdividir em três subgrupos as amostras em análise. Seu aspecto global, como mostrado no envelope, se caracteriza pela inclinação geral das curvas para a direita, altos teores dos elementos cêricos, individualmente, sobretudo em cério e forte fracionamento, além de amplas variações das anomalias negativas de európio e dos graus de fracionamentos dos ETRP (elementos de terras-raras pesadas).

O grupo I (AV-179, AV-113, AV-180A, AV-188 e AV-26B), caracteriza-se pelos maiores graus de fracionamento dos ETRP e valores mais baixos das anomalias negativas de európio, ou seja, um padrão mais próximo de granitos calcialcalinos. Observe-se a similaridade da curva da amostra AV-179, pertencente à Unidade Tonalito Arco Verde, com as outras das amostras do Sienogranito Redenção. O grupo II (AN-12, AV-107A, AV-111 e AV-52), apresenta maiores fracionamentos dos elementos cêricos, maiores valores de anomalias negativas de európio e menores declives dos ramos dos ETRP, ou seja, ele mostra maior grau de diferenciação e tendência ao campo de rochas mais alcalinas. Por fim, as duas amostras do grupo III (AV-110 e AV-119), além de apresentarem valores altos de anomalias negativas de európio, aparecem com enriquecimento das terras ítricas, pois são as únicas de todo o conjunto anali-

Tabela 3.10 – Dados químicos e litogeoquímicos do Granito Redenção.

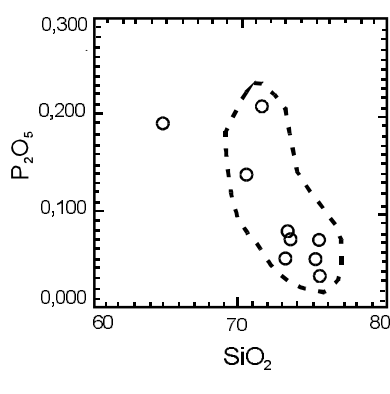
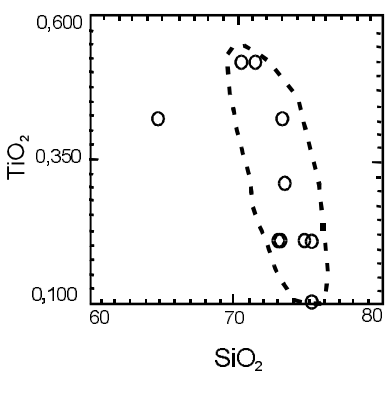
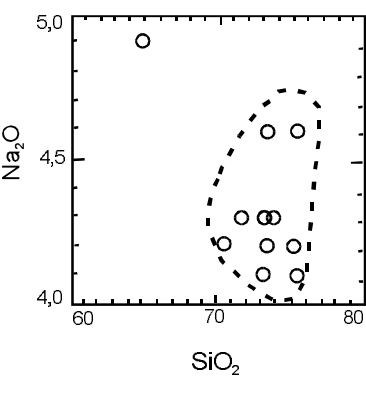
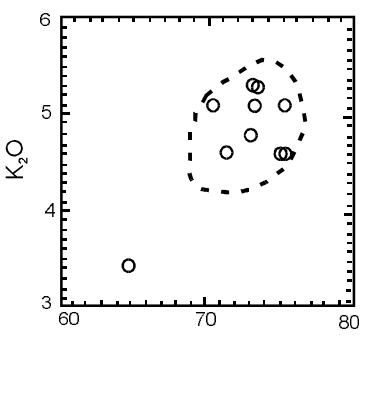
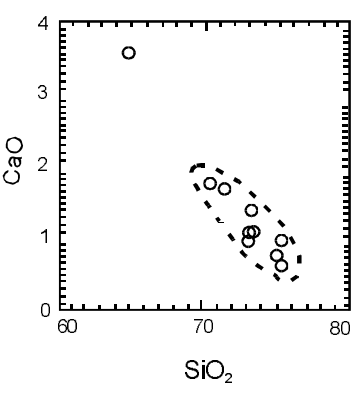
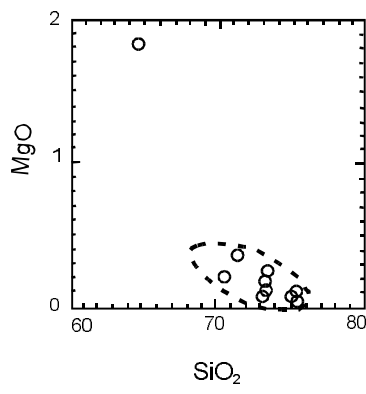
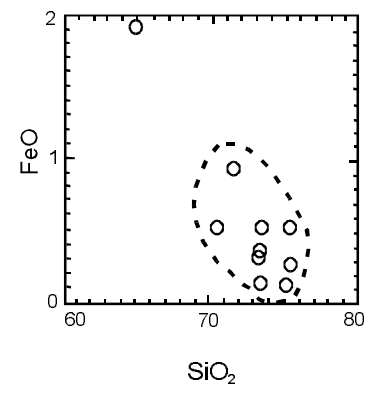
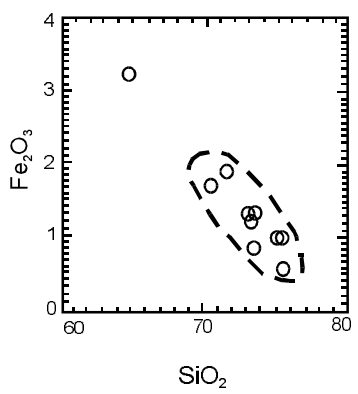
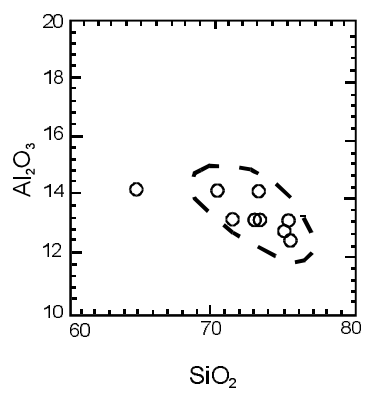
Nº AMOSTRA	AV-179	AV-113	AN-12	AV-180A	AV-107A	AV-26B	AV-111	AV-52	AV-119	AV-188	AV-110
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO <sub>2</sub>	64,70	70,40	71,50	73,10	73,20	73,30	73,30	73,50	75,10	75,40	75,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,20	14,20	13,20	13,20	14,20	14,20	13,20	13,20	12,80	13,20	12,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,20	1,70	1,90	1,30	1,20	0,84	1,30	1,33	0,99	0,99	0,54
FeO	1,90	0,53	0,95	0,33	0,33	0,14	0,37	0,53	0,14	0,53	0,28
MnO	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
MgO	1,80	0,21	0,37	0,08	0,17	0,17	0,12	0,25	0,08	0,10	0,05
CaO	3,60	1,80	1,70	0,98	1,10	1,40	1,40	1,10	0,77	1,00	0,63
Na <sub>2</sub> O	4,90	4,20	4,30	4,10	4,30	4,60	4,20	4,30	4,20	4,10	4,60
K <sub>2</sub> O	3,40	5,10	4,60	4,80	5,30	5,10	5,10	5,30	4,60	5,10	4,60
TiO <sub>2</sub>	0,42	0,52	0,52	0,21	0,21	0,21	0,42	0,31	0,21	0,21	0,10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19	0,14	0,21	0,05	0,08	0,06	0,08	0,07	0,05	0,07	0,03
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,10	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
P.F.	1,20	1,10	0,60	1,20	0,77	1,10	0,77	0,92	0,85	1,10	0,86
TOTAL	99,67	99,95	99,91	99,60	100,91	101,17	100,31	100,86	99,84	102,05	99,54
Ba	1.160	1.225	1.450	1.380	780	975	900	925	265	1.240	50
Sr	480	180	175	155	135	210	120	140	45	145	10
Zr	151	418	560	452	320	170	380	328	317	452	277
Rb	154	297	201	204	389	419	317	396	550	204	667
Y	11	10	17	40	10	10	43	10	10	40	10
Ba/Rb	7,53	4,12	7,21	6,76	2,01	2,33	2,84	2,34	0,48	6,08	0,07
Rb/Sr	0,32	1,65	1,15	1,32	2,88	2,00	2,64	2,83	12,22	1,41	66,70
Rb/Zr	1,02	0,71	0,36	0,45	1,22	2,46	0,83	1,21	1,74	0,45	2,41
K/Rb	266	207	276	283	164	147	194	161	101	301	83
La	37,90	55,38	78,72	38,16	73,16	49,27	56,32	56,45	60,59	80,94	38,75
Ce	81,59	129,10	171,60	89,40	141,30	103,70	115,90	115,60	112,40	174,30	75,50
Nd	33,20	48,32	63,19	29,58	49,78	33,97	48,16	42,32	36,22	60,77	17,89
Sm	5,85	8,48	9,54	5,02	7,85	5,00	8,35	6,58	5,89	9,83	2,68
Eu	1,07	1,28	1,49	0,78	0,69	0,56	1,10	0,73	0,70	1,33	0,20
Gd	4,16	5,80	6,46	3,68	5,28	2,89	5,97	4,55	4,71	7,07	2,00
Dy	3,17	4,84	5,58	3,38	4,21	1,73	5,72	3,93	4,59	6,34	2,04
Ho	0,60	0,92	1,13	0,65	0,84	0,32	1,14	0,77	1,01	1,22	0,51
Er	1,49	2,28	3,11	1,63	2,29	0,79	3,08	1,99	3,17	3,07	1,92
Yb	1,12	1,88	2,98	1,44	2,16	0,65	2,69	1,76	3,81	2,41	2,82
Lu	0,15	0,24	0,39	0,18	0,37	0,10	0,33	0,25	0,59	0,29	0,44
Eu/Eu*	0,63	0,53	0,55	0,53	0,31	0,42	0,45	0,39	0,40	0,47	0,26
(Gd/Yb)N	2,97	2,49	1,75	2,06	2,00	3,56	1,79	2,08	0,99	2,37	0,57
(La/Yb)N	22,65	19,85	17,82	17,88	22,77	50,61	14,09	21,57	10,70	22,66	9,27
(La/Sm)N	4,07	4,10	5,19	4,77	5,86	6,20	4,24	5,39	6,46	5,18	9,09
(SUMETR)	170,30	258,52	344,19	173,90	288,03	198,98	248,76	234,93	233,68	347,57	144,75
qz	15,65	23,64	26,31	29,57	25,73	24,68	27,46	26,54	31,98	30,13	31,03
or	20,42	30,48	27,37	28,88	31,27	30,11	30,27	31,33	27,45	29,91	27,54
ab	42,14	35,95	36,63	35,32	36,33	38,89	35,70	36,40	35,89	34,43	38,15
mt	4,71	0,20	1,56	0,46	0,45	0,00	0,00	0,81	0,00	1,09	0,22
il	0,81	0,99	0,99	0,40	0,39	0,29	0,78	0,58	0,29	0,39	0,19
Ap	0,45	0,33	0,50	0,12	0,18	0,14	0,19	0,16	0,12	0,16	0,07
ID	76,83	90,43	90,91	93,94	93,63	93,98	93,65	94,69	95,50	94,67	96,75
IP	0,69	1,21	1,07	1,17	1,23	1,11	1,21	1,23	1,10	1,24	1,00
INC	15,89	2,83	3,45	1,93	1,79	1,24	2,15	2,22	1,40	1,77	2,41
PAL	0,78	0,90	0,87	0,96	0,96	0,91	0,88	0,89	0,96	0,94	0,90
PALK	0,83	0,88	0,91	0,90	0,90	0,92	0,94	0,97	0,93	0,93	1,02
MgN	0,50	0,24	0,28	0,14	0,27	0,39	0,19	0,29	0,21	0,16	0,15

Classificações Petrográficas:

Bt-K-feldspato sienogranito pegmatóide (2); Bt-K-feldspato sienogranito (5,8,9,11);

Bt-K-feldspato granófiro (4); Bt-K-feldspato microgr. subvulc., alaskítico (6);

Hb-Bt gnaiss tonalítico (1); s/ análises Petrográfica - (3,7,10)



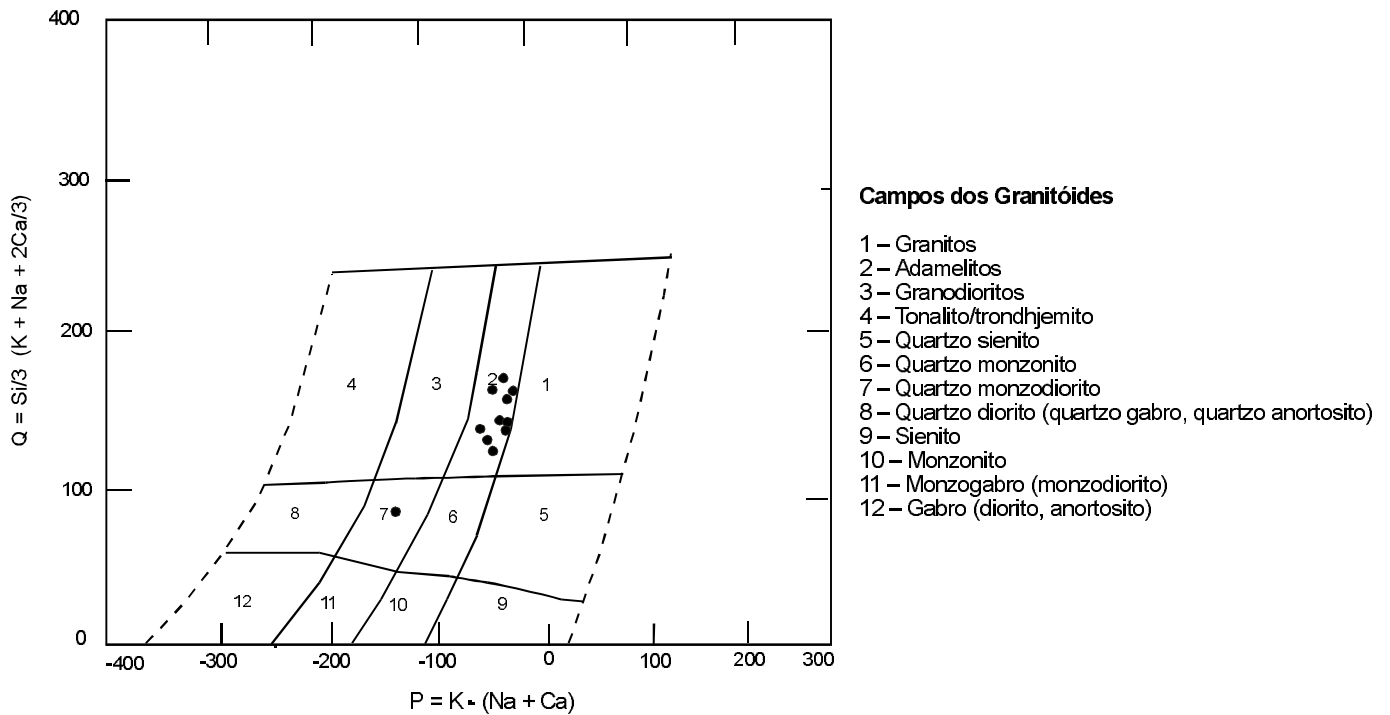


Figura 3.54 – Diagrama P x Q de Debon & Le Fort (1983) para as rochas da Unidade Granito Redenção.

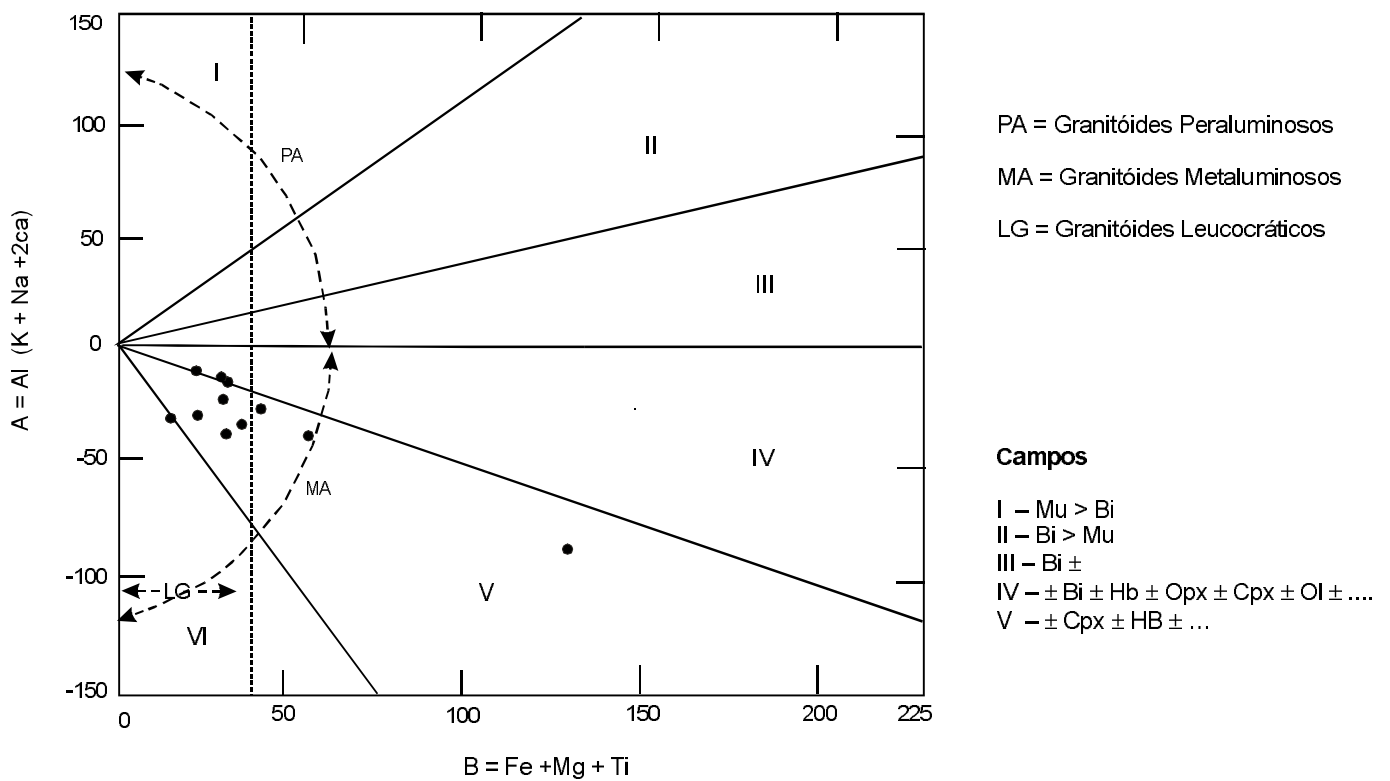


Figura 3.55 – Diagrama B x A de Debon & Le Fort (1983) para as rochas da Unidade Granito Redenção.



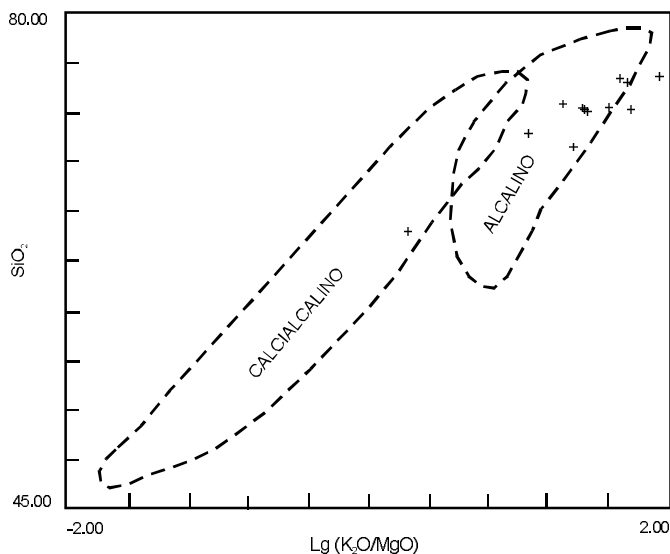


Figura 3.56 – Diagrama  $SiO_2 \times (K_2O/MgO)$  de Rogers & Greenberg (1981), aplicado às rochas da Unidade Granito Redenção.

ções de Sn, W, Nb e Ta, relacionadas a essas rochas. Observe-se, por fim, que no diagrama Rb-Ba-Sr de Bouseily & Sokkary (1975) (figura 3.60), as duas amostras aqui referidas estão deslocadas no sentido do vértice do Rb, ocupando posição no campo dos granitos especializados em Sn.

### Assinaturas Geofísica e Geoquímica

Os mapas gerados com os dados obtidos pelo levantamento aerogeofísico do Projeto Geofísico Brasil-Canadá, mostram que o Maciço Redenção apresenta uma quase exclusividade de pólos magnéticos negativos, com contornos magnéticos sinuosos e adensados, com gradientes caoticamente orientados (Amaral, 1994), e sem formar auréola magnética. O relevo magnético é moderado, o que permite afirmar que o corpo envolvido apresenta susceptibilidade magnética relativamente elevada (Amaral, *op. cit.*)

Discretas anomalias em cordões alinhados aproximadamente norte-sul podem estar relacionadas a intrusões de diques de diabásio. É importante assinalar que fortes alinhamentos magnéticos NE-SW, provocados por diques de diabásio, adentram na área de exposição do granito, indicando idade mais nova para as rochas máficas.

Os valores de contagem total para o maciço variam de 800 a 2.900cps (figura 3.19), diminuindo gra-

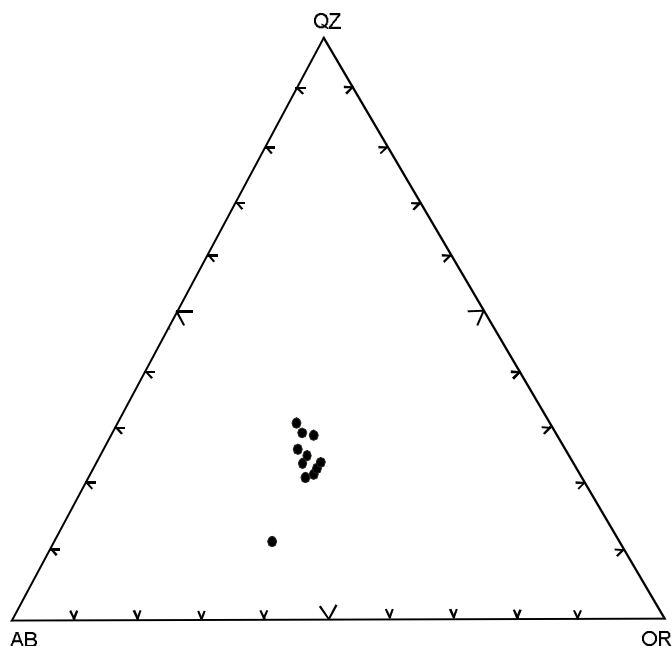


Figura 3.57 – Diagrama QZ-AB-OR (normativos) aplicado às rochas da Unidade Granito Redenção.

dativamente do centro para as bordas. Este fato pode refletir uma variação na composição mineralógica da rocha, com fácies mais sódicas nas bordas, ou uma resposta à variação do relevo, mais alto no centro do corpo e com muitas áreas desprovidas de vegetação, já que os valores acima de 1.500cps correspondem a estas regiões (figura 3.19).

O levantamento aerorradiométrico mostra também que os granitos desta suite são relativamente enriquecidos em urânio, com o Maciço Redenção apresentando valores superiores a 2,5 (figura 3.18). Estes granitos apresentam anomalias de tório, com curvas acima de 10,0, alcançando quase 30,0 (figura 3.17), muito elevados quando comparados com as rochas das demais unidades, exceto para os granitóides Xinguara com os quais se assemelham nesse aspecto.

### Relações de Contato, Geocronologia e Correlação

Especialmente as rochas do Sienogranito Redenção fazem contato com rochas das unidades Arco Verde, Xinguara, Couto Magalhães e do Grupo Rio Fresco. O corpo da fazenda Tucumã é claramente intrusivo nos arenitos do Grupo Rio Fresco, desenvolvendo auréola de metamorfismo de contato e formando *hornfels*. O maciço da Ponte Alta tam-

bém é claramente intrusivo tanto no Monzogranito Xinguara como no Tonalito Arco Verde, pois além de truncar a estruturação daquelas unidades desenvolveu uma forte feldspatização nas encaixantes. O caráter intrusivo também é corroborado pela idade, significativamente mais nova que a idade de suas encaixantes.

O contato do Sienogranito Redenção (maciço Redenção) com o Tonalito Arco Verde pode ser brusco, limitado por fratura (foto 54), ou transicional (metassomático), caso em que observam-se relictos do tonalito na massa sienogranítica (foto 55).

Parte do contato leste do Maciço Redenção se faz com metassedimentos da Formação Couto Magalhães. As relações de contato não são bem claras, mas aparentemente os metassedimentos fo-

ram empurrados sobre o maciço durante a inversão da Faixa Araguaia. Um pequeno corpo de *greisen*, mineralizado a cassiterita, e provavelmente relacionado ao Granito Redenção, apresenta leve foliação N10°E, concordante com a estruturação local dos epimetamorfitos, e feições de cisalhamento dúctil, indicando que foi afetado tectonicamente durante a inversão da faixa e por isso é mais velho. Adicionalmente, a ausência de metamorfismo de contato nos metapelitos, corrobora o pensamento de uma idade mais antiga para o granito.

Recentemente, Barbosa *et al.* (1994) dataram várias amostras coletadas no Maciço Redenção, usando os métodos Rb/Sr e Pb/Pb. O diagrama isocrônico obtido através de Rb/Sr forneceu uma idade de  $1.801 \pm 126\text{Ma}$ , ao passo que através de

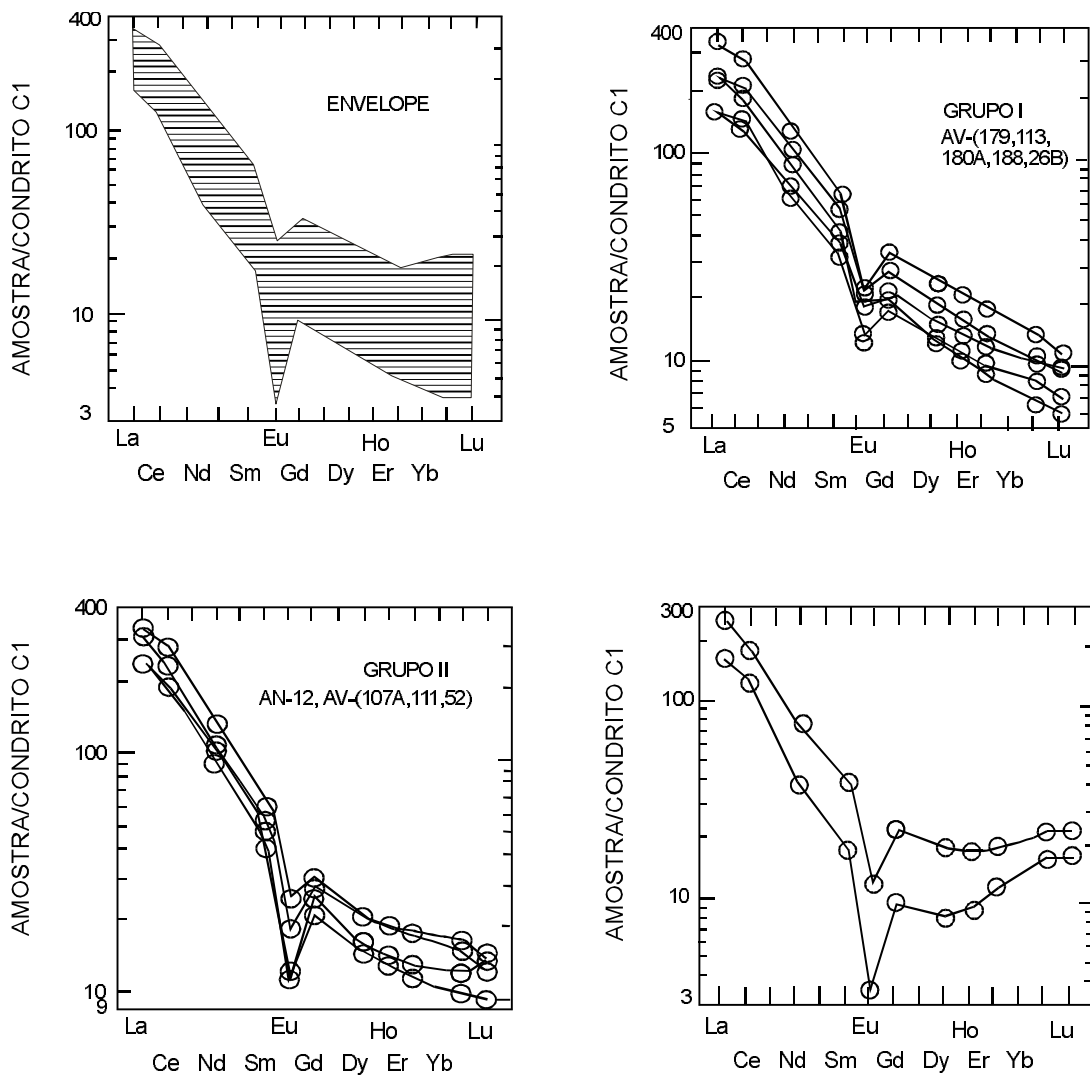


Figura 3.58 – Aranhogramas dos padrões dos elementos de terras-raras, normalizados segundo os valores do condrito C1 de Sun & McDonough (1989), para rochas da Unidade Granito Redenção.

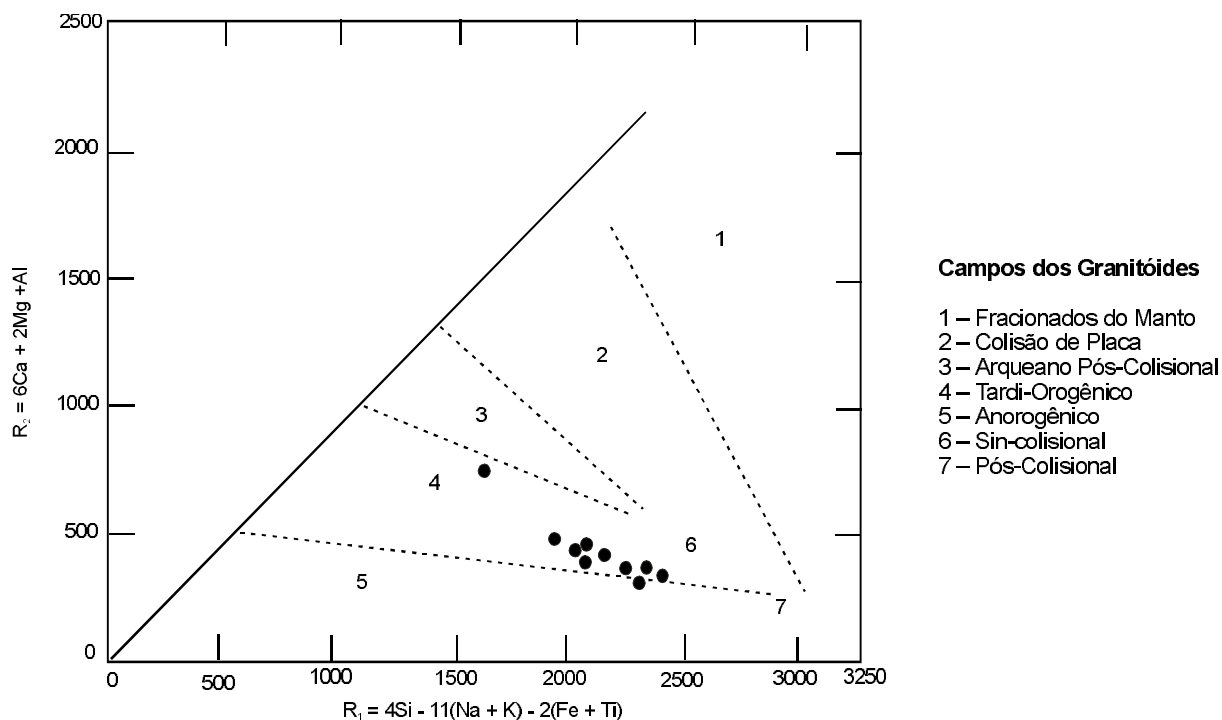


Figura 3.59 – Diagrama  $R_1$ - $R_2$  de Batchelor & Bowden (1985), aplicado às rochas da Unidade Granito Redenção.

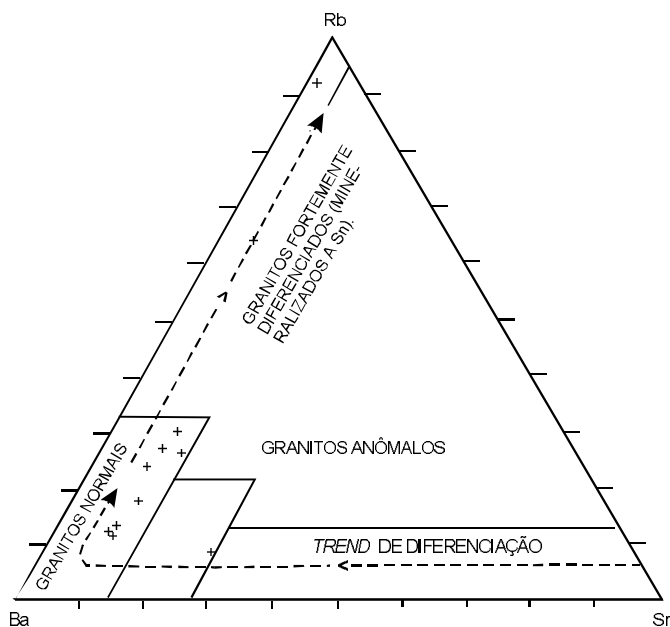


Figura 3.60 – Diagrama Ba-Rb-Sr de Bouseily & Sokkary (1975), aplicado aos granitóides da Unidade Granito Redenção.

$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  versus  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , o alinhamento obtido indicou uma idade de  $1.892 \pm 89\text{Ma}$ . Este último registro, segundo aqueles autores, pode ser interpretado como sendo a idade de cristalização do maciço e é substancialmente superior às idades obtidas anteriormente.

A idade de  $1.892 \pm 89\text{Ma}$  a permite correlacionar este maciço com todos os demais maciços formados por granitos anorogênicos e situados nesta porção da Amazônia e que, entre outros, são conhecidos pelos nomes de Velho Guilherme, São Vicente, Mocambo, Serra dos Carajás, Musa, Jamon etc.

### 3.2.5.2 Rochas Básicas (Mdb)

#### Distribuição Geográfica

As rochas básicas ocorrem em forma de dique e cortam indistintamente as unidades geológicas dominantes, mais antigas, tanto do embasamento arqueano, como também os granitos anorogênicos e sedimentos proterozóicos (figura 3.5).

Difíceis de serem identificados nas aerofotografias e imagens de radar ou satélite por raramente apresentarem relevo positivo, esses corpos foram

definidos, principalmente, pelos levantamentos aerogeofísicos (magnetometria e radiometria) e trabalhos de campo.

Nas unidades arqueanas, esses diques se dispõem segundo um *trend* ENE-WSW e raramente N-S. No entanto, em trechos de uma grande anomalia geofísica com *trend* NW-SE e cerca de 125km de extensão, foi registrada a presença de diabásio (não-deformado). Nos sedimentos proterozóicos da Faixa Araguaia, Formação Couto Magalhães, os diques de diabásio assumem um *trend* predominantemente N-S, com ligeira tendência para NNW-SSE.

### Caracterização Litológica

Gabro e principalmente diabásio, são os litótipos que representam a unidade em apreço.

Os tipos grosseiros são augita gabros, de coloração cinza-escuro, com textura equigranular hipidiomórfica e subordinadamente intergranular e micrográfica/granofírica.

A assembléia mineral é representada por plagioclásio, augita, quartzo, hornblenda, biotita, clorita, apatita, zircão e opacos.

Os diabásios estão bem representados na calha do rio Araguaia, onde formam travessões com *trend* NNW-SSE e aparente mergulho NE. Nas demais estações, ocorrem em forma de blocos rolados, sempre associados a um solo vermelho, argiloso, que permite mapeá-los, mesmo com a ausência de afloramentos. Esses diabásios apresentam textura ofítica, além de feições micrográficas e granofíricas localizadas. A paragênese desses diabásios é dada por plagioclásio, augita, uralita, quartzo e opacos. Alguns exemplares apresentam ainda hornblenda, titanita e epidoto. Um exemplar de diabásio parece ter gênese diferente dos demais, atribuindo-se ao mesmo uma origem a partir de diferenciação de rocha ultramáfica. Esse exemplar apresenta uma textura hipidiomórfica granular e uma associação mineral com anfibólio, plagioclásio, olivina, apatita e opacos. Essas rochas básicas não se apresentam deformadas ou metamorfozadas.

### Caracterização Litogeoquímica

Apenas oito espécimes de rochas, genericamente denominadas de "diabásios", foram analisadas quanto aos seus óxidos dos elementos maiores e aos teores dos elementos de terras-raras, estando os resultados dessas análises agrupados na tabela 3.11.

Em relação aos óxidos, destaca-se a grande variação dos percentuais de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{K}_2\text{O}$  relativamente aos padrões de rochas básicas chegando, como mostrado no diagrama álcalis x  $\text{SiO}_2$  da figura 3.61, a classificar as rochas até mesmo como traquianesito basáltico, muito embora predomine o termo basalto ou, como se vê no diagrama  $\text{K}_2\text{O}$  x  $\text{SiO}_2$  (figura 3.62), a integrar com destaque a série dos basaltos subalcalinos de médio potássio, porém deslocando-se para o campo dos basaltos de alto potássio ou alcalinos.

Mais característicos ainda são os altos percentuais de  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  e de  $\text{TiO}_2$ , de tal forma que essas rochas formam um agrupamento típico no campo dos toleítos ricos em ferro, conforme mostra o diagrama  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}^* + \text{Ti} - \text{MgO}$ , da figura 3.63. Por outro lado, chama atenção a correlação positiva registrada entre os óxidos de Ca e de Mg, o que, na concepção de Wilson (1989), constitui feição típica de basaltos continentais de platô ou de *rift*. Os percentuais dos óxidos de ferro, titânio e de fósforo nesse conjunto de rochas, se assemelham àqueles dos basaltos do tipo HPT (*high*  $\text{P}_2\text{O}_5 - \text{TiO}_2$ ) da Bacia do Paraná, supondo-se, dessa forma, que elas tenham sofrido contaminação crustal, responsável pelos percentuais altos de  $\text{SiO}_2$  presentes em algumas amostras da população em análise (figura 3.64).

Quanto aos elementos de terras-raras verifica-se, nas três amostras analisadas, feições típicas de basaltos continentais (figura 3.65), quais sejam: a) fracionamento geral das curvas, com depleção dos ETRP; b) enriquecimento e fracionamento dos ETRL; c) anomalia pouco significativa de európio; d) anomalia praticamente desprezível de cério (não superior a 0,97).

A ambiência gectectônica dessas rochas, quando analisada à luz do diagrama  $10 \text{MnO} - \text{TiO}_2 - 10\text{P}_2\text{O}_5$  (figura 3.66), mostra-se muito semelhante àquela dos basaltos de ilhas oceânicas (OIB), ou seja, onde se desenvolvem os basaltos do tipo E-MORB (enriquecidos). Entretanto, a sua posição continental é inquestionável, não somente pelo seu modo de ocorrência como também por todas as suas características químicas, com destaque especial para os percentuais de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e, também pelos valores de *Mgvalue*, todos inferiores a 0,7.

### Assinatura Geofísica

Quando cortando unidades arqueanas, as rochas básicas, nos mapas aeromagnéticos, aparecem representadas por anomalias estreitas, negativas,

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil

Tabela 3.11 – Dados químicos e litogeoquímicos de diabásios mesozóicos.

Nº AMOSTRA	AN-39	AV-187	AN-83A	AN-47	AV-31C	AN-76	AV-03	AV-24B
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	42,90	48,30	49,30	49,60	49,60	50,30	53,00	54,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,20	14,20	12,30	12,80	16,10	13,70	16,50	13,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,30	7,10	3,90	4,60	4,80	4,40	3,20	7,20
FeO	8,80	8,10	8,00	8,60	9,20	9,10	9,00	5,50
MnO	0,14	0,17	0,15	0,15	0,17	0,21	0,15	0,14
MgO	8,30	5,60	6,70	5,40	5,00	6,60	3,00	2,70
CaO	12,10	6,50	10,10	8,10	7,30	9,40	6,60	4,90
Na <sub>2</sub> O	1,80	3,00	2,00	2,30	3,50	1,50	3,80	3,20
K <sub>2</sub> O	0,36	1,40	0,73	0,84	0,97	0,73	1,70	2,40
TiO <sub>2</sub>	2,90	0,21	2,90	3,50	1,70	1,20	1,90	2,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,59	0,57	0,04	1,30	0,46	0,48	0,48	1,00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,00	0,39	0,00	0,00	0,30	0,00	0,30	0,30
P.F.	1,50	2,60	2,50	2,40	0,96	2,10	0,20	2,40
TOTAL	99,89	98,14	98,62	99,59	100,06	99,72	99,83	99,64
MgValue	0,34	0,35	0,39	0,33	0,30	0,36	0,21	0,28
MgO/FeO	0,94	0,69	0,84	0,63	0,54	0,73	0,33	0,49
CaO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,92	0,46	0,82	0,63	0,45	0,69	0,40	0,37
FeO/Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,21	1,14	2,05	1,87	1,92	2,07	2,81	0,76
Ti	17.386	1.259	17.386	20.983	10.192	7.194	11.391	13.189
Cr	150	70	150	100	-	150	30	20
Sr	150	500	500	300	-	100	500	1000
Y	10	30	20	20	-	20	30	20
Zr	20	50	50	70	-	30	70	50
Ti/Zr	869	25	348	300	-	240	163	264
Zr/Y	2	2	3	4	-	2	2	3
La	-	27,48	-	-	22,18	-	30,51	-
Ce	-	60,69	-	-	50,47	-	69,46	-
Nd	-	33,63	-	-	29,78	-	37,55	-
Sm	-	7,15	-	-	5,97	-	7,39	-
Eu	-	1,80	-	-	1,61	-	1,77	-
Gd	-	6,15	-	-	5,11	-	6,01	-
Dy	-	6,05	-	-	5,57	-	1,23	-
Ho	-	1,19	-	-	1,06	-	1,31	-
Er	-	3,11	-	-	2,60	-	2,59	-
Yb	-	2,41	-	-	2,03	-	0,34	-
Lu	-	0,31	-	-	0,25	-	0,79	-
Eu/Eu*		0,81			0,87		0,99	
Ce/Ce*		0,97			0,97		1,88	
Gd/Yb		2,06			2,03		2,60	
La/Sm		2,42			2,34		7,95	
La/Yb		7,70			7,37		164,58	
SUMETR		149,97			126,63			

Classificação Petrográfica

Augita gabro (4,5,7);

Gabro-norito: (3); hornblenda - augita gabro: (1);

Augita diabásio fortemente hidrotermalizado: (6);

s/ análise Petrográfica (2,8).

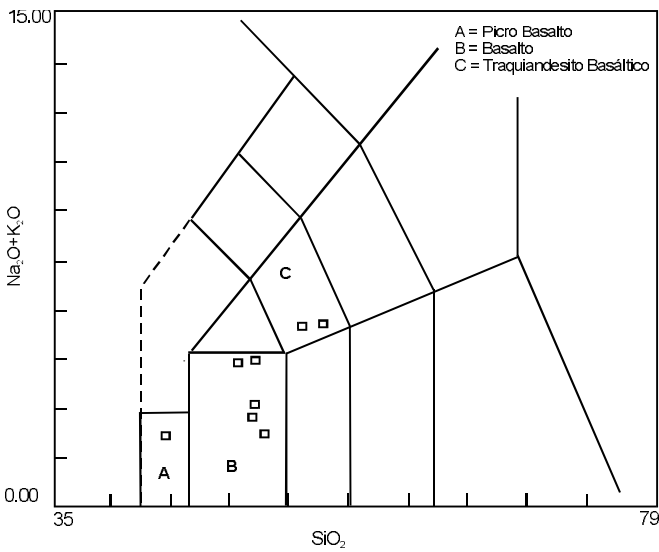


Figura 3.61 – Diagrama  $SiO_2$  versus  $Na_2O+K_2O$  classificatório de rochas básicas modificado de Le Maitre (1989), aplicado aos diabásios mesozóicos.

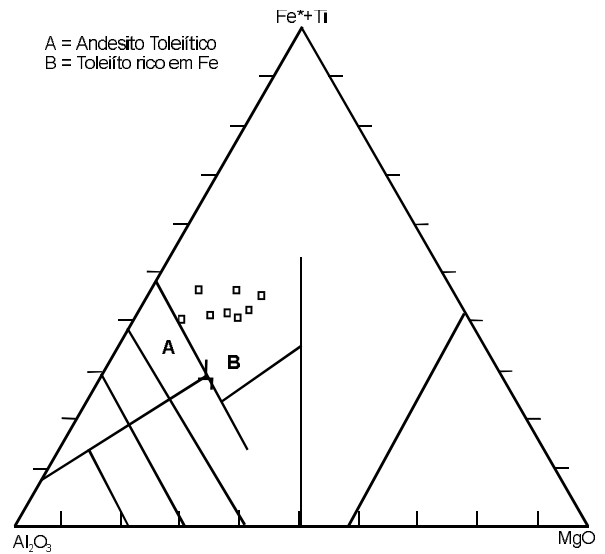


Figura 3.63 – Diagrama  $Al_2O_3+TiO_2 - MgO$  classificatório das séries magmáticas, modificado de Jensen (1976). Aplicado aos diabásios mesozóicos.

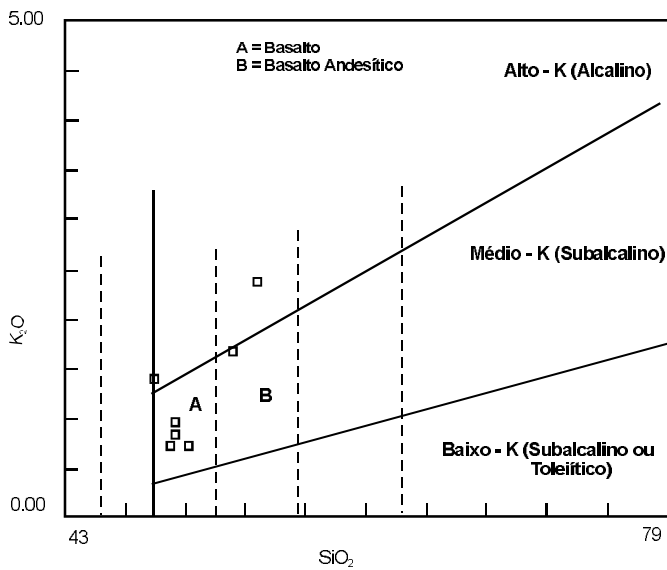


Figura 3.62 – Diagrama  $K_2O$  versus  $SiO_2$ , classificatório de séries vulcânicas, modificado de Le Maitre (1989), aplicado aos diabásios do Mesozóico.

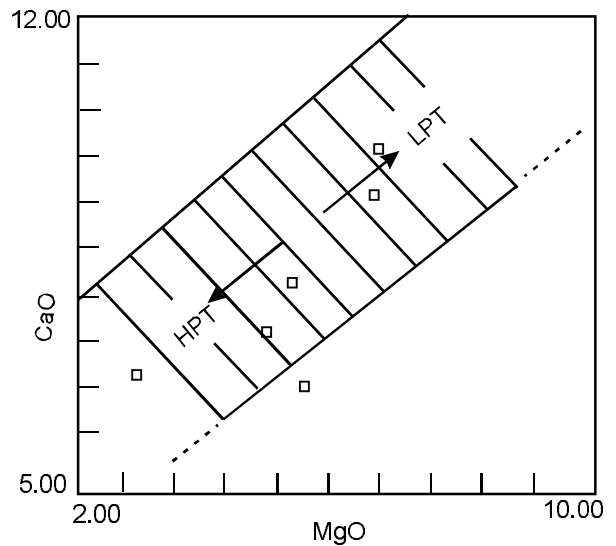


Figura 3.64 – Diagrama  $CaO$  versus  $MgO$  mostrando as correlações positivas entre esses elementos, muito comum nos basaltos continentais, conforme se vê no campo hachurado correspondente aos basaltos de platô da Bacia do Paraná, segundo Wilson (1989), aplicado aos diabásios do Mesozóico.

monopolares, alongadas, com alto relevo magnético (figura. 3.14). Essas anomalias possuem um trend ENE-WSW e raramente N-S. Entretanto, a anomalia mais proeminente tem uma orientação NW-SE, com cerca de 125km, prolongando-se desde o canto NW da folha até dentro da área de exposição dos sedimentos proterozóicos da Formação

Couto Magalhães. Esta anomalia, onde foi verificada a presença de rochas básicas, é representada por dipólos e monopólos, positivos ou negativos, alinhados segundo a direção supracitada. No contexto da Formação Couto Magalhães, aqueles dipólos desaparecem, podendo-se delinear apenas a descontinuidade.

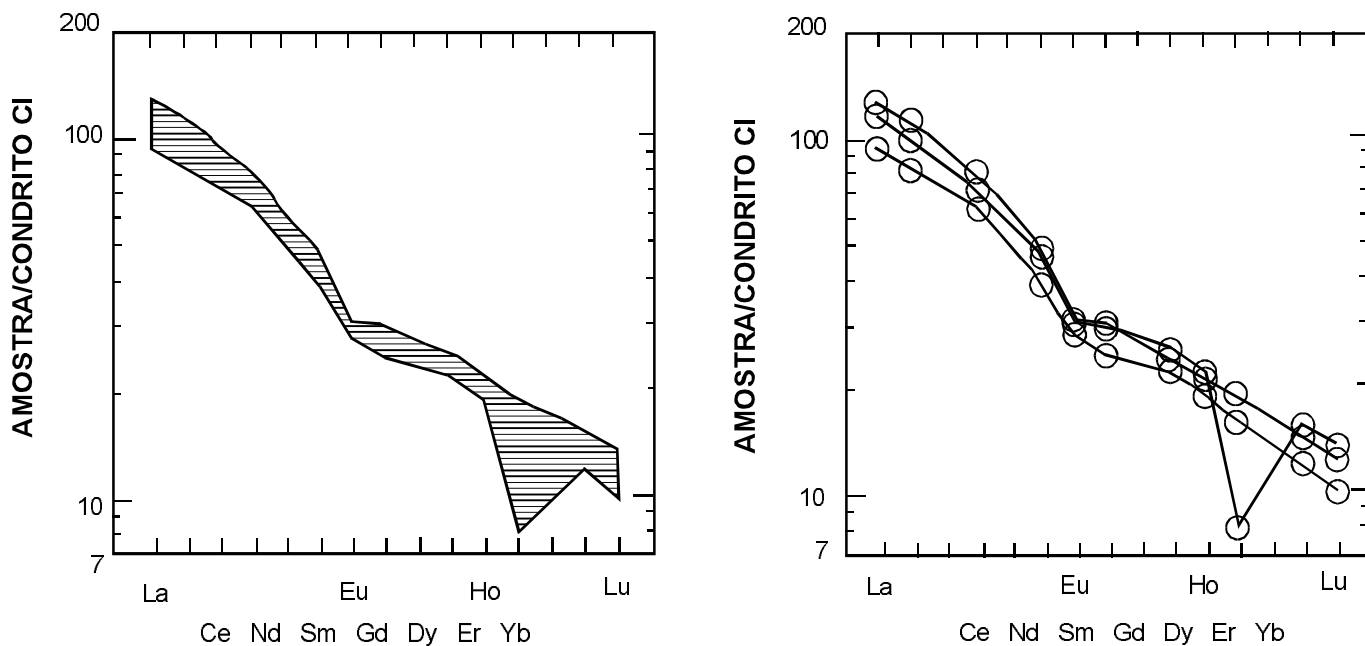


Figura 3.65 – Aranhograma dos elementos de terras-raras analisados nos diabásios mesozóicos da Folha Redenção, normalizados segundo o padrão condrito CI de Sun & McDonough (1989).

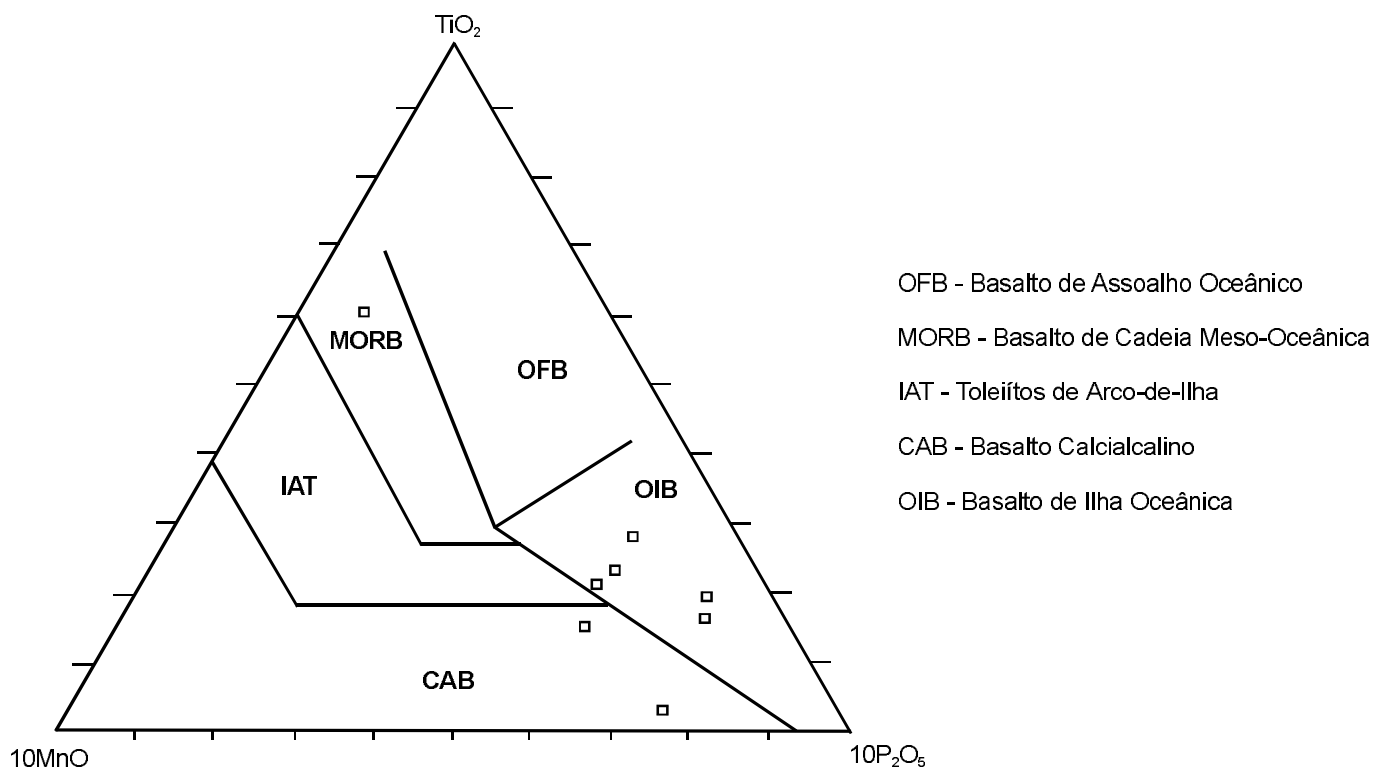


Figura 3.66 – Diagrama  $10\text{MnO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{TiO}_2$ , segundo Glukhovskiy & Morolev (1993), classificatório de ambientes geotectônicos de rochas vulcânicas. Aplicado aos diabásios mesozóicos.

O modelamento magnético, efetuado na seção C-C' (figura 3.14), denuncia a presença de um corpo verticalizado, com cerca de 1.000m de profundidade (figura 3.67).

Na Faixa Araguaia, as anomalias que podem ser de rochas básicas, confundem-se com aquelas associadas às ultramáficas. Acredita-se ainda que, em função da pequena dimensão dos diques básicos, o levantamento aerogeofísico deixa muitas vezes de registrá-los. No entanto, no extremo sudeste da folha os diques básicos, que formam travessões no rio Araguaia, estão representados por cordões de dipólos e monopólos, positivos ou negativos, com trend N-S, em concordância com os registros efetuados no campo.

### Idade

Aparentemente existe mais de uma geração de rochas básicas (diabásio e gabro), introduzidas nos domínios dos cinturões de cisalhamento Araguaia e Pau d'Arco.

No domínio do Cinturão Araguaia, as rochas que estão representadas por diques de diabásio formam travessões no rio Araguaia, com trend NNW-SSE. A idade dessas rochas é atribuída ao Mesozóico, por datação K/Ar, com aproximadamente 197Ma (Hasui *et al.*, 1980). Uma outra gera-

ção de rochas básicas deve ter ocorrido no final do Proterozóico Superior, com idade determinada (K/Ar) de aproximadamente 565Ma (Hasui, *op. cit.*); sendo que estas não foram individualizadas na Folha Redenção.

No domínio do Cinturão Pau d'Arco existem várias ocorrências de rochas básicas, não-deformadas, em *trends* diferentes daqueles encontrados no Cinturão Araguaia. Destacam-se duas discontinuidades preenchidas por rocha básica, com direção NE-SW e ENE-WSW, que cortam indistintamente as rochas cratônicas, arqueanas (Tonalito Arco Verde) e o granito anorogênico, do Proterozóico Médio (Granito Redenção). Assim, embora não existam datações, é possível que essas rochas façam parte daquela manifestação atribuída ao Proterozóico Superior. Ainda no Domínio Cratônico, destaca-se uma grande discontinuidade NW-SE, preenchida por rocha básica não-deformada. Esse *trend*, corresponde ao de falhas normais, ocorridas em um evento distensivo do Proterozóico, que pode ter sido preenchido por magma básico ou pode ainda ter sido reativado e preenchido durante as manifestações básicas do Mesozóico.

Existe ainda, no domínio da bacia do médio rio Xingu (Formação Rio Fresco), citação de rocha básica (diabásio), com idade K/Ar de aproximadamente 965Ma.

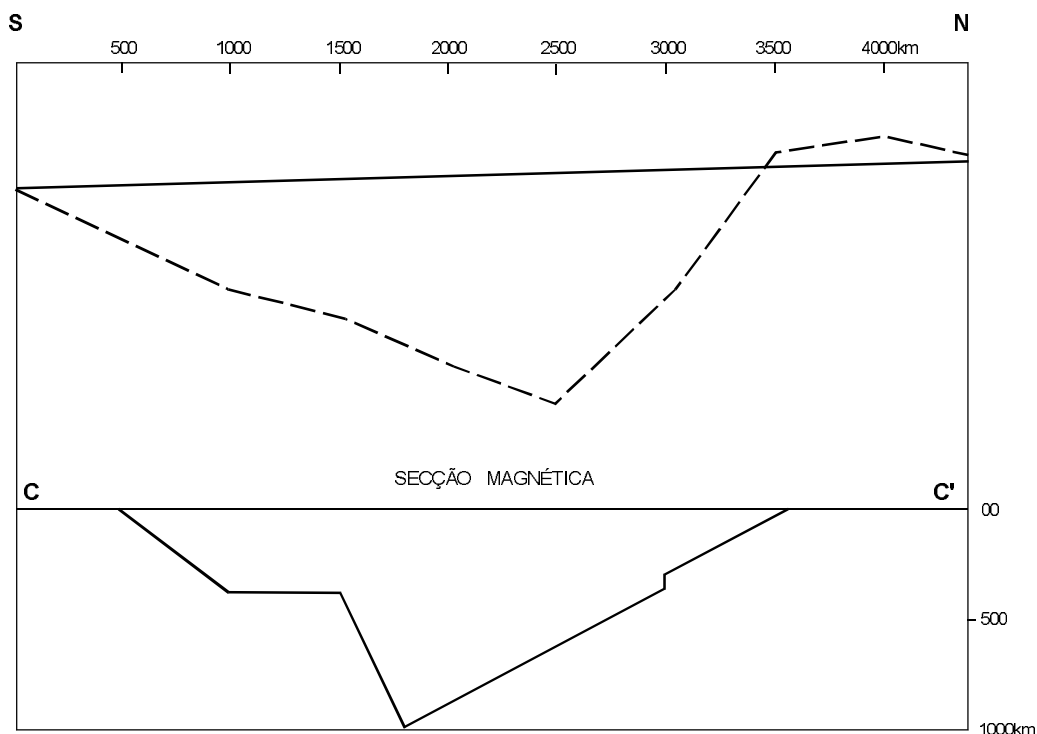


Figura 3.67 – Modelamento magnético de dique básico.



### 3.2.6 Coberturas Detríticas e/ou Lateríticas TQdl/TQlt)

As coberturas lateríticas são muito comuns em toda a região, objeto deste trabalho, porém são mais proeminentes sobre os sedimentos do Cinturão Araguaia, onde formam extensos platôs (Superfície Sul-Americana). Esses lateritos se desenvolvem como produto de alteração supergênica de qualquer litologia (fotos 56 e 57).

Observa-se que, quando esses lateritos desenvolvem-se a partir dos sedimentos pelíticos da Formação Couto Magalhães, são bastante aluminosos, em contraste com os derivados das rochas básicas e ultrabásicas, que são mais ferruginosos. No primeiro caso, os teores de uma amostra foram:  $Al_2O_3$  - 21,7%,  $Fe_2O_3$  - 38,0%,  $SiO_2$  - 21,6%,  $P_2O_5$  - 0,12% e  $TiO_2$  - 0,94%.

Ao sul do rio Inajá, ocorrem sedimentos detríticos laterizados, destacando-se entre esses os conglomerados (foto 58), que estão aparentemente imbricados (ATB), com direção de corrente variando entre N170° e N240°. Os lamitos (argilas) encontram-se lateralmente com os conglomerados, têm coloração cinza e estão laterizados. Esses litótipos compõem uma unidade, não designada formalmente por falta de mais estudos, porém parece preencher um *graben* bem caracterizado nos sensores remotos. A magnetometria mostra alinhamentos aproximadamente no mesmo *trend* das correntes supracitadas. A radiometria, contagem total, mostra um baixo na direção NW-SE, que corresponde ao *trend* definido pela magnetometria, das prováveis falhas normais que definiram o *graben*.

### 3.2.7 Coberturas Sedimentares do Quaternário

As coberturas sedimentares do Quaternário, estão representadas por sedimentos fluviais e/ou lacustres, atribuídos ao Pleistoceno e ao Holoceno.

#### 3.2.7.1 Formação Bananal (Qb)

Essa unidade foi identificada por Barbosa *et al.*, 1966 (*in*: Cunha *et al.*, 1981), na ilha do Bananal, e atribuída ao Pleistoceno.

Segundo Cunha *et al.* (*op. cit.*), trata-se de uma cobertura sedimentar formada por pacotes areno-argilosos, geralmente inconsolidados, de colo-

ração variada, muitas vezes em estágio avançado de laterização. Caracteriza-se por uma planície flúviolacustre, com inúmeras lagoas e canais intermitentes, com padrão de drenagem anastomosado.

Essa unidade ocorre na porção sudeste da Folha Redenção, acompanhando a calha do rio Araguaia. Caracteriza-se, nesse local, por formar terraços aluviais, alçados e sustentados por uma tênue laterização (foto 59). O contato inferior é discordante com os sedimentos da Formação Couto Magalhães e, nas calhas dos rios, aquela unidade é superposta por sedimentos holocênicos.

Na calha do rio Araguaia, em frente a cidade de Santa Maria das Barreiras, a Formação Bananal apresenta um perfil de baixo para cima com as seguintes características (foto 60):

- Areia de granulação média, com grãos subarredondados, bem selecionados e estratificação plano-paralela, horizontalizada. Forma um pacote com aproximadamente 1,0m de espessura.

- Conglomerado fino, oligomítico, com seixos de quartzo de diâmetro de aproximadamente 1cm e matriz arenosa. A camada tem aproximadamente 50cm de espessura e apresenta estratificação cruzada acanalada, dando uma idéia de transporte de NE para SW, ao contrário da atual corrente do rio Araguaia.

- Areia fina, com matriz argilosa. A estratificação é plano-paralela, horizontalizada e a camada tem aproximadamente 80cm.

- Sedimentos argilosos, com aproximadamente 50cm de espessura.

- Solo húmico com aproximadamente 20cm.

Sobre as rochas supracitadas desenvolve-se um incipiente processo de laterização, que se inicia em forma de coluna e termina em nódulos de laterito. Esse processo de laterização alcança aproximadamente 1,30m de profundidade.

#### 3.2.7.2 Aluviões Holocênicos (Qa)

As coberturas aluvionares, atribuídas ao Holoceno, têm maior representatividade ao longo das calhas dos cursos d'água de primeira ordem, destacadamente os rios Arraias do Araguaia, Inajá e Araguaia (foto 1). Essas coberturas têm morfologia de planície e estão representadas litologicamente por sedimentos fluviais, inconsolidados, de composição variada e granulometria variando de argila a seixo.

# 4

---

## GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA

### 4.1 Enfoque Descritivo

A integração das observações obtidas durante os trabalhos de campo, com a interpretação de imagens de satélite, de radar, aerofotos e mapas aerogeofísicos, bem como a associação com resultados de análises geocronológicas, petrográficas e modelamentos petrogenéticos e geofísicos, permitiram identificar, na área, os domínios geotectônicos definidos como Cinturão Pau d'Arco (Araújo *et al.*, 1994) e Cinturão Araguaia (Costa *et al.*, 1988).

O Cinturão Pau d'Arco (figura 3.4) ocupa os dois terços ocidentais da folha, e abrange rochas arqueanas de diferentes classes, submetidas a metamorfismo em fácies que variam de xisto-verde (supracrustais) a anfibolito (mesocrustais). Essa unidade encontra-se truncada a oeste por uma grande bacia sedimentar, bem como está cortada por rochas plutônicas ácidas e básicas de gerações mais novas.

Neste compartimento os litótipos das diversas unidades arqueanas exibem sistematicamente um bandamento estrutural e composicional orientado segundo E-W, com inflexões generalizadas em torno deste eixo, identificados nas cartas aeromagnéticas e aerorradiométricas (figuras 4.1 e 4.2) e me-

nos intensamente nas imagens de radar, satélite e aerofotografias.

Nos afloramentos alternam-se porções preservadas e porções fortemente deformadas, refletindo a natureza heterogênea da deformação. Nas porções menos afetadas pela deformação, a anisotropia é indicada por uma leve orientação dos minerais micáceos ou pela alternância de leitos claros, quartzo-feldspáticos, com leitos cinza-escuros.

Nas zonas de concentração da deformação, as rochas tendem a apresentar cominuição dos grãos minerais, mostrando forte orientação das micas, bandamento composicional mais evidente, estreitamento e lenticularização das bandas (foto 61), estiramento e rotação de enclaves de rochas máficas (foto 62), e paralelismo, alongação e rotação dos cristais de feldspato nos termos porfiríticos.

Regra geral, a foliação de caráter milonítico apresenta-se segundo o *trend* E-W, subverticalizada, ora mergulhando para o norte, ora para o sul. Localmente, em um mesmo afloramento ou em locais distintos, ocorre também foliação de baixo ângulo mergulhando para sul (figura 4.3).

A lineação de estiramento associada com a foliação subvertical, via de regra, apresenta disposição horizontal a subhorizontal e é indicada por bastões ou minerais alongados de quartzo e de feldspato,

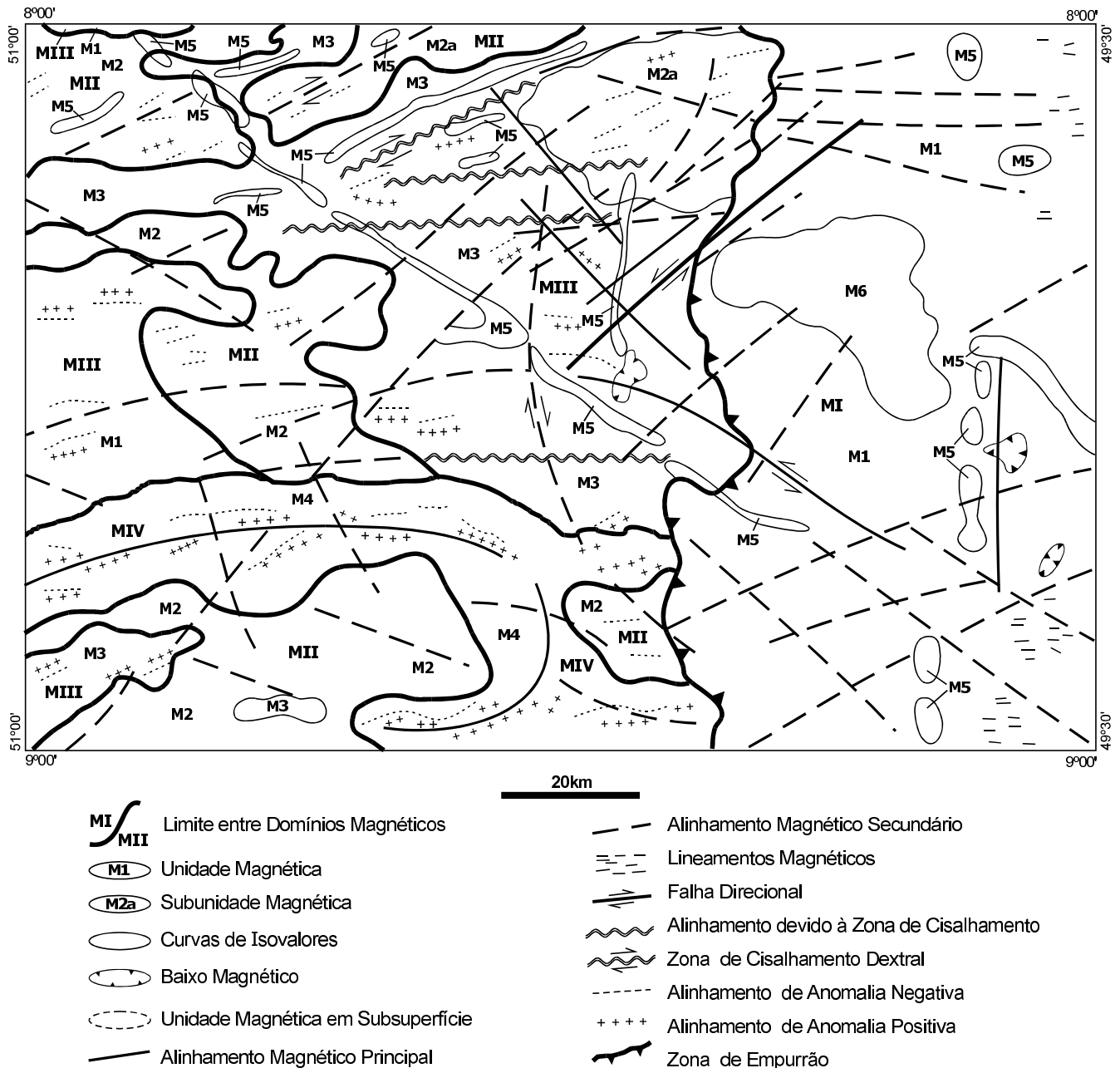


Figura 4.1 – Principais feições aeromagnetométricas (Contagem Total).

ou pelos enclaves decimétricos de ortoanfibolitos. A lineação não é conspicua, necessitando-se de um grau acurado de investigação para a sua identificação e isto se deve, em parte, à granulação grosseira dos minerais e em parte ao baixo grau de deformação, que regionalmente atingiu o estágio protomilonítico, raramente milonítico, sem termos ultramiloníticos.

Os indicadores cinemáticos, geralmente enclaves rotacionados e as relações S/C indicam prefe-

rencialmente uma movimentação sinistral, com movimentos dextrais subordinados (fotos 61 e 62).

As dobras, de escala métrica, são apertadas, isoclinais, sem raiz, com eixo paralelo à foliação regional.

A estruturação leste-oeste é ressaltada por segmentos da serra do Inajá, constituída de uma associação metavulcano-sedimentar tipo *greenstone belt*, submetida a condições de metamorfismo na fácies xisto-verde. A serra é descontínua, levemente-

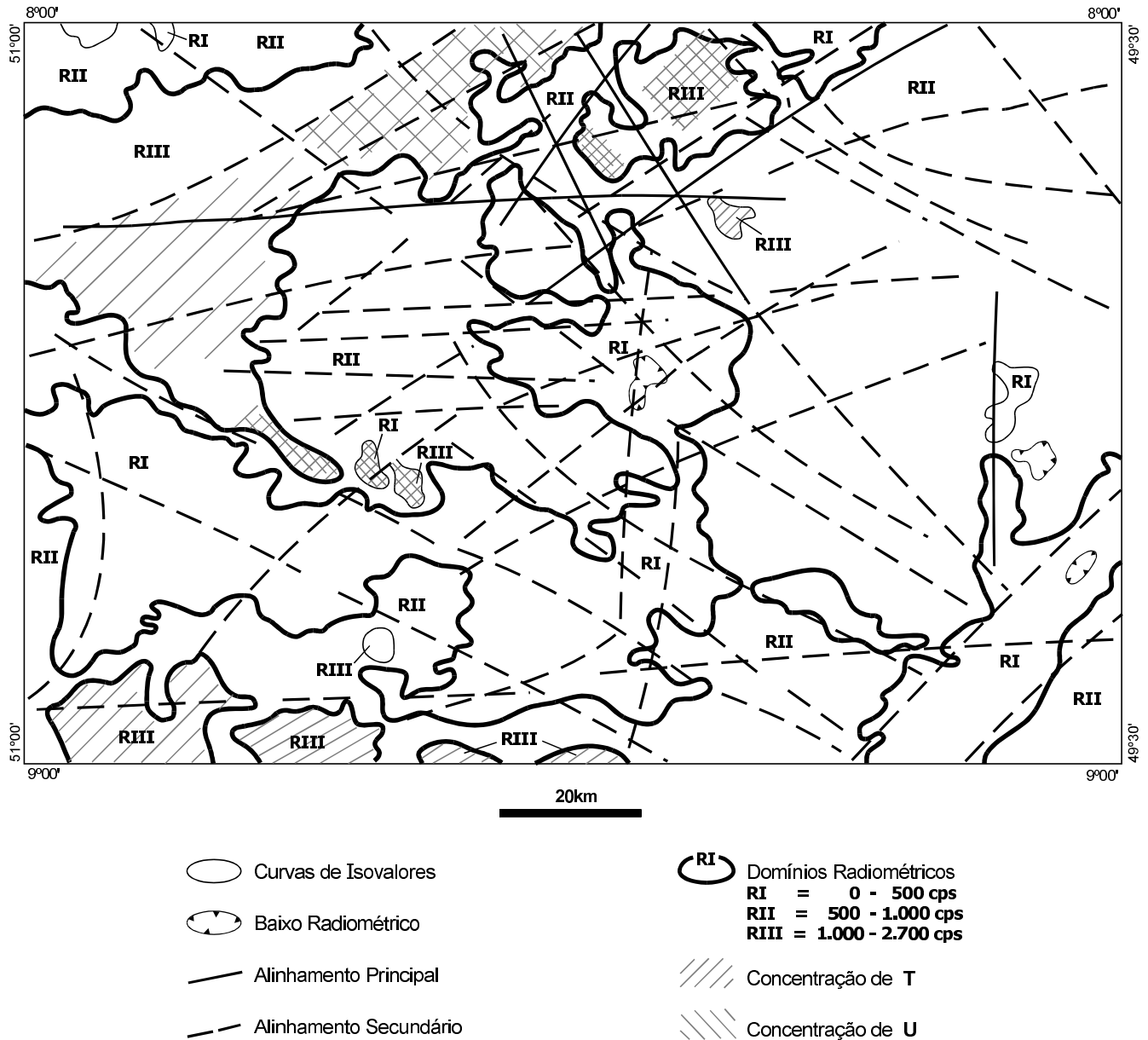


Figura 4.2 – Principais feições aerorradiométricas (Contagem Total).

te côncava para sul, e apresenta ramificações segundo NE-SW e NNE-SSW. As formações ferríferas bandadas são constituintes significativos do *greenstone* e imprimem fortes anomalias magnéticas E-W (figura 4.1).

O comportamento destas rochas supracrustais (caracterizadas pela presença de rochas vulcânicas, sedimentares e plutônicas), em relação à deformação dúctil é heterogêneo. Em geral, as rochas metabásicas e metaultrabásicas, no nível mesoscópico, apresentam-se pouco deformadas. Por outro lado, as rochas metassedimentares (como as formações ferríferas bandadas), apresentam forte

bandamento composicional formado pela alternância de leitos milimétricos a centimétricos de sílica que se alternam com leitos de óxidos de ferro (fotos 63 e 64). Os metassedimentos e as metamáficas, como os actinolita xistos, apresentam foliação milonítica, de aspecto anastomosado, localmente crenulada.

Os mergulhos da foliação geralmente são fortes e se voltam tanto para sul como para norte. Localmente variam de médios a suaves e aparentemente são cortados por bandas de cisalhamento verticalizadas. As lineações de estiramento ora são oblíquas ora são horizontais.

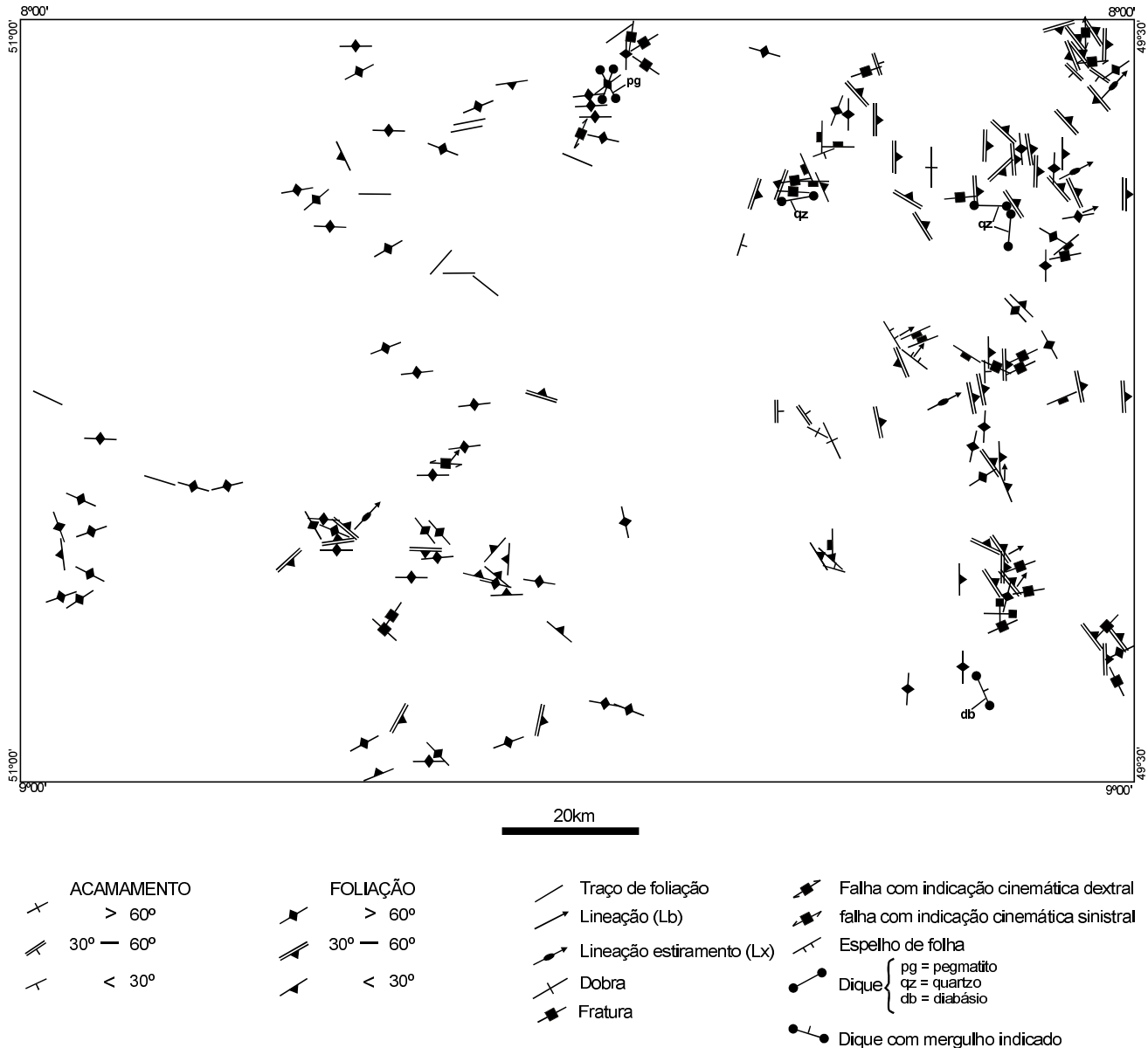


Figura 4.3 – Cartograma de elementos estruturais.

As dobras são abundantes, facilmente identificáveis no contexto das formações ferríferas bandadas e que prestam-se muito bem para identificá-las (foto 65). De modo geral, têm amplitude que varia de escala desde macro, passando pela meso até a micro. Em escala macro podem ser observadas nas imagens de satélite 1:100.000 e nas aerofotos. São em geral dobras suaves com eixo norte-sul.

O Cinturão Araguaia ocupa a porção mais oriental da Folha Redenção, abrangendo cerca de um terço da área mapeada, onde ocorrem rochas sedimentares e ígneas máficas e ultramáficas, submetidas a um incipiente metamorfismo.

Os elementos estruturais registrados nesta porção do cinturão, constam de atitudes de camadas, espelhos de falha, fraturas, foliações, lineações e dobramentos (figura 4.3).

O aleitamento dos sedimentos só é observado quando empinado por tectonismo, nas zonas de cisalhamento (foto 66), onde muitas vezes se confunde com a foliação. As camadas podem estar dobradas ou apenas empinadas. A atitude dessas camadas tem direção variando de NW-SE a N-S, com mergulho para o quadrante NE, ou SW, quando dobradas (foto 67). Essas dobras são melhor observadas em escala de afloramento e têm eixo nas dire-

ções NW-SE, NNW-SSE e N-S, paralelos aos *trends* de cisalhamento. Na estação AN-67, observa-se que a evolução do dobramento permitiu a transposição de camadas (foto 68).

A foliação, observada apenas nas zonas de maior intensidade de deformação é, na maioria das vezes, incipiente e definida por lamelas de sericita. Em função dos mergulhos, agrupam-se as foliações, em baixo (< 30°), médio (30°-60°) e alto (> 60°) ângulo. Aos grupos de baixo e médio ângulo, associa-se preferencialmente o *trend* NW-SE, enquanto que ao de alto ângulo, principalmente o NE-SW (figura 4.3). Apesar do relevo extremamente aplanado e das extensas coberturas detrito-lateríticas, as ravinas, curtas, paralelas e adensadas, refletem a foliação existente nas rochas. Esse parâmetro permite a definição do traço da foliação em aerofotos e imagens.

A lineação de estiramento mineral é de difícil identificação em função da fina granulação e da incompetência da rocha dominante (lamito). Na fácies de granulação mais grosseira (psamítica), uma observação acurada denuncia possíveis lineações desta natureza. Nas rochas ultramáficas encaixadas nos sedimentos, a lineação é dada pelo estiramento (arranjo) das fibras de crisotila. As lineações, de um modo geral, têm mergulho dominante para o sentido NE, com variações para NNE e N.

Os espelhos de falhas, com ressaltos indicativos de falha inversa, são melhores observados nas rochas ultramáficas, como na estação AN-50, com atitude N20°W/60°NE.

As fraturas, sem indicadores cinemáticos, são normalmente de alto ângulo, com *trend* predominante NE-SW e variações N-S e E-W.

## 4.2 Enfoque Interpretativo

### Arqueano

O registro de um evento tectônico mais antigo estaria impresso em uma “mancha” de trondhjemitó, correlacionado ao Trondhjemitó Mogno, conforme o entendimento de Pena Filho e Santos (*op. cit.*) e cuja ocorrência é expressiva na Folha Xinguara. Esse litótipo apresenta marcante foliação NE-SW, bem distinta da orientação dominante E-W do Cinturão Pau d’Arco. As relações de campo, obtidas na folha supracitada, induzem a caracterizar essa unidade como a mais antiga da região (datação geocronológica se faz necessária para confirmar este posicionamento). Em se confirmando essa hipótese, poder-se-ia considerar o Trondhjemitó

Mogno como o embasamento sobre o qual implantou-se o terreno granito-*greenstone*. Dessa forma, o pequeno corpo ocorrente na Folha Redenção (figura 4.4) é aqui considerado como testemunho de um terreno, melhor preservado na Folha Xinguara, imediatamente a norte.

A evolução do terreno granito-*greenstone*, em conformidade com o modelo de Tarney *et al.* (1976), deu-se inicialmente com a implantação de uma bacia retroarco e conseqüente manifestação magmática básica e ultrabásica, seguida por uma fase sedimentar, que constituem, no caso, o *greenstone belt* (Grupo Serra do Inajá) com idade U-Pb de 2.979Ma. (por correlação com o *Greenstone* Andorinhas). Na seqüência dos eventos, houve o fechamento da bacia com a deformação das supracrustais, acompanhada de atividade ígnea sin-orogênica, representada na área por tonalitos (Arco Verde), com idade U-Pb de 2.971Ma. A emergência desses granitos, propiciou nítido arqueamento das supracrustais, conforme observa-se na configuração dessa unidade e nas estruturas internas (figura 4.5).

Manifestações magmáticas ocorreram ainda no Arqueano, representadas, na área, pelo Granodiorito Rio Maria e o Monzogranito Xinguara, com idades U-Pb de 2.874Ma e Pb-Pb de 2.875Ma, respectivamente. Assim, esses granitóides seriam contemporâneos, porém não consagüíneos. Na Folha Redenção é expressiva a área de ocorrência do magmatismo monzogranítico, enquanto que a do granodiorítico é pontual (figura 4.5). Levanta-se aqui a hipótese desses granitóides terem sido alçados numa fase de relaxamento do evento direcional que deu origem ao Cinturão Pau d’Arco. Essa hipótese encontra respaldo no fato de que esses granitóides apresentam, apenas localmente, registros de deformação coerente com a do cinturão (foto 69) exibindo, na maioria das exposições, um caráter isotrópico (foto 70). A distância cronológica entre esses granitóides (2.875Ma) e os tonalitos (2.971Ma), de aproximadamente 100Ma, leva à suposição de que os primeiros fazem parte de um evento magmático posterior à implantação do terreno granito-*greenstone* ou quando muito representam termos graníticos tardios.

Em se confirmando a hipótese supra-levantada, a manifestação tectônica, em regime direcional (Cinturão Pau d’Arco), que propiciou a deformação, com a geração de foliações e bandamentos no *trend* E-W, tanto dos tonalitos (Arco Verde), como das supracrustais, teve sua evolução no período de 2.971Ma a 2.875Ma.

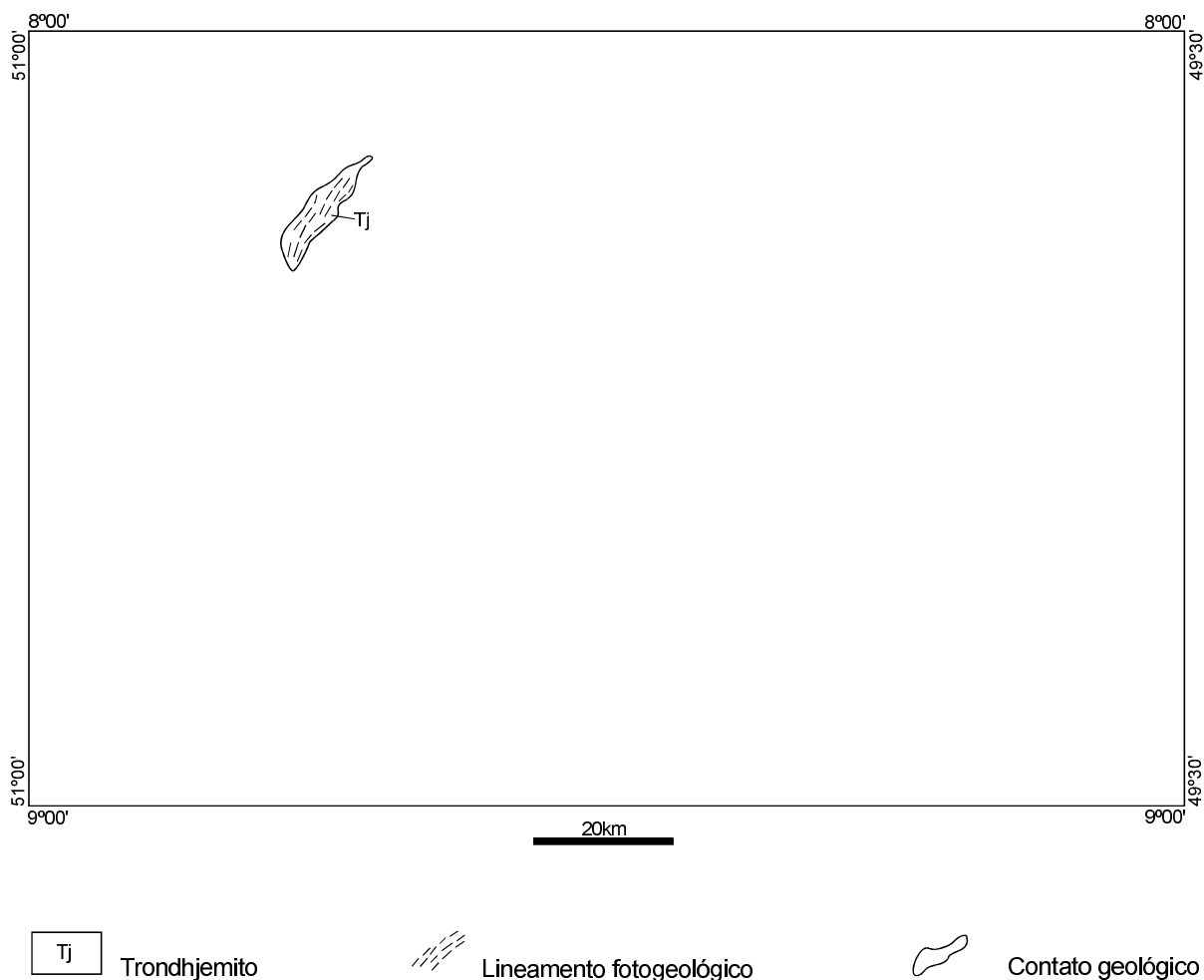


Figura 4.4 – Elementos litoestruturais associados ao Arqueano (Indiviso).

Zonas de cisalhamento direcional, com *trend* NW-SE, existem deslocando corpos rochosos do terreno granito-*greenstone*, com notoriedade nas supracrustais. Não se tem idéia bem formada a respeito do evento tectônico que as promoveu. Poder-se-ia hipoteticamente atribuí-las à distensão que permitiu a colocação dos magmas granodioríticos e monzograníticos, apenas em função de uma certa conformidade com os limites daqueles granitóides. Essas ZC's, podem ter sido reativadas em eventos posteriores (figura 4.5).

O quadro estrutural arqueano anteriormente levantado reflete, principalmente, o registro daquela manifestação tectônica, em regime direcional (Cinturão Pau d'Arco).

### Proterozóico

Os sedimentos do Grupo Rio Fresco, responsáveis pelo entulhamento da bacia do médio Xingu,

são atribuídos ao Proterozóico Inferior. Não foi observado, porém, na área em apreço, registro da fase distensiva dessa bacia. A zona de cisalhamento que marca o contato desta unidade com o terreno granito-*greenstone*, tem características de cavalgamento oblíquo, com transporte de massa de SW para NE, caracterizando um certo grau de inversão dessa bacia (figura 4.6).

Ao final do Proterozóico Inferior atribui-se o início de um evento distensivo que seria responsável pela ascensão de plútons graníticos e pela subsidência da Faixa Araguaia. O Granito Redensão, com idade Pb-Pb de  $1.870 \pm 68$  Ma, seria o marcador do início desse evento. Uma distensão para leste, segundo o modelo de Lana, M.C. (1988), viria explicar muitos fatos observados na área (figura 4.7). Assim, antigas anisotropias NW-SE, seriam reativadas como falhas de gravidade, com rejeito oblíquo, facilitando a colocação dos plútons graníticos, observados no terreno granito-*greenstone*, bem como de mag-

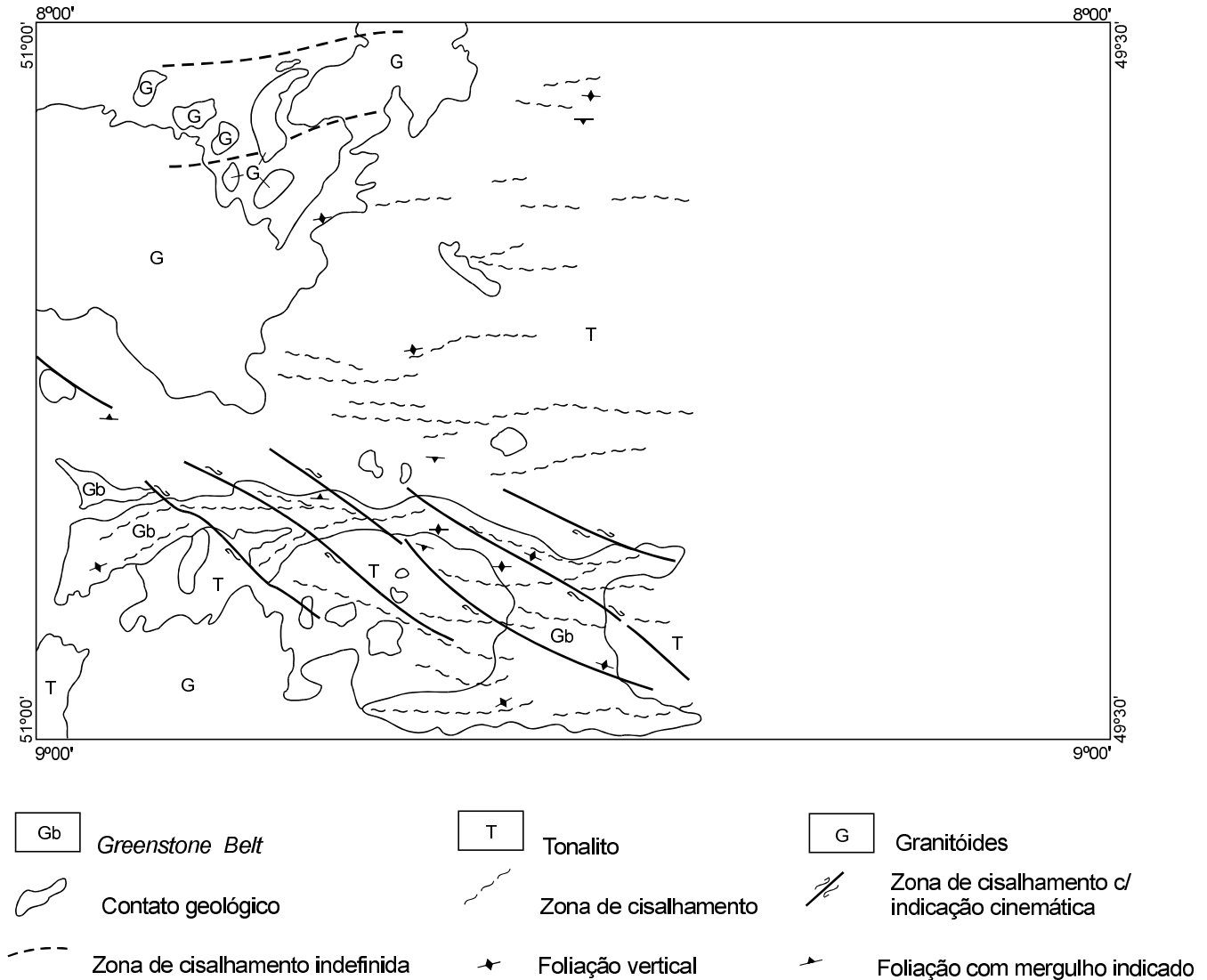


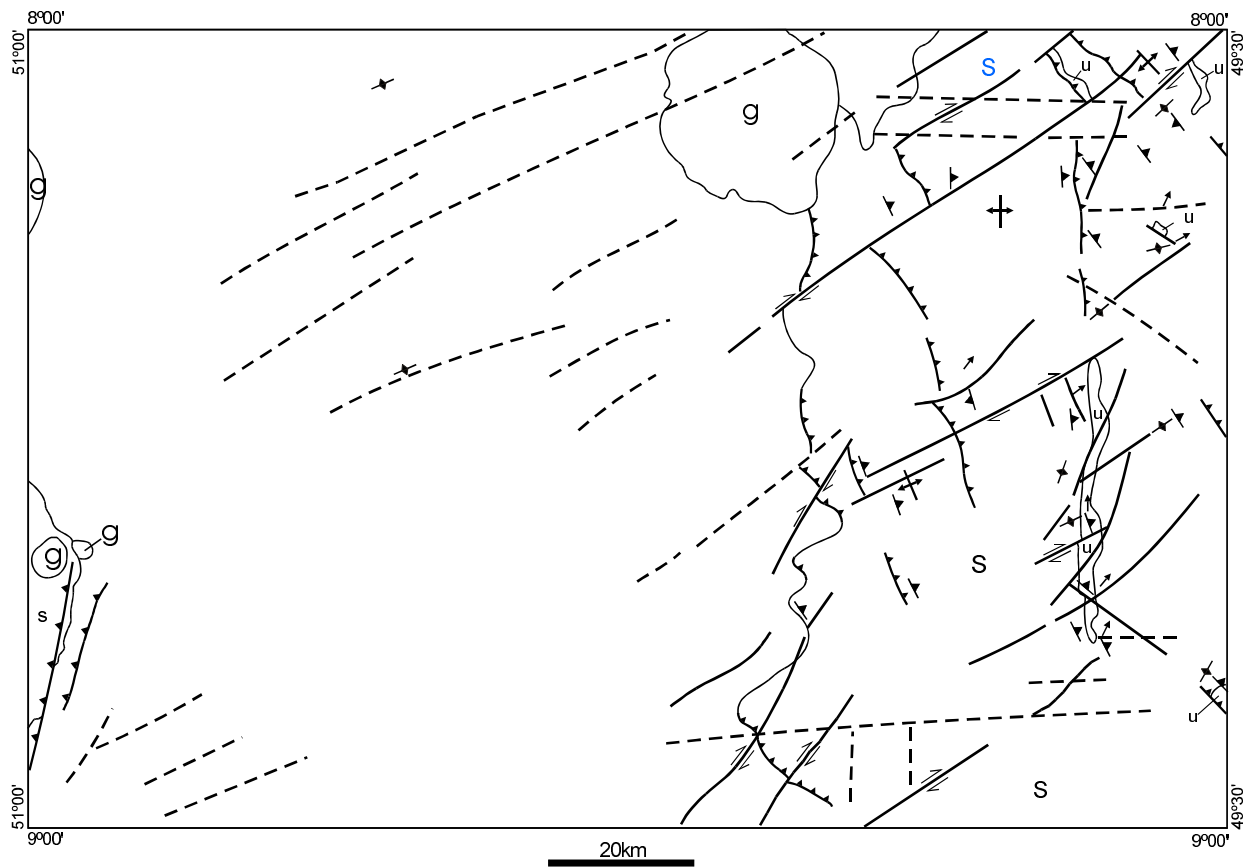
Figura 4.5 – Elementos litoestruturais associados ao Arqueano Superior.

mas máfico-ultramáficos, na Faixa Araguaia, bem representados nas porções NE, SE e rio Arraias do Araguaia (figura 4.8). As falhas normais com direção N-S, perpendiculares ao eixo distensivo, também teriam permitido a colocação de magmas máfico-ultramáficos, bem representados pelas ultramáficas da serra do Quatipuru. As falhas transcorrentes (E-W), conforme o modelo citado, nem sempre bem delineadas nas fotografias aéreas e no campo, são identificadas por lineamentos magnéticos e radiométricos (figuras 4.1 e 4.2). Ressalte-se que esses métodos geofísicos marcam muito bem os três *trends* de lineamento abordados (NW-SE, N-S e E-W). Assim, esses elementos poderiam representar registros da fase distensiva da bacia do Araguaia.

À fase de inversão da bacia do Araguaia, associam-se os principais registros estruturais, levantados através de diversos sensores (imagens, aerofotografias e geofísica) e trabalhos de campo. Nesse processo, anisotropias da fase distensiva foram reativadas e novas estruturas também foram geradas (figura 4.6).

As zonas de cisalhamento de caráter compressional, estão bem marcadas por foliações com mergulho de baixo a médio ângulo ( $< 60^\circ$ ) com direções N-S, NW-SE e NNW-SSE (foto 71). Esse último sistema não tem relação com as antigas anisotropias da fase distensiva e deve, portanto, ter sido gerado na fase de inversão da bacia, associado com as zonas de cisalhamento direcional (rampas laterais), ENE-WSW, associadas a foliações de alto ângulo ( $> 60^\circ$ ) (foto 71). O fato destas zonas de cisa-





- g Granito
  - s Sedimento
  - u Ultramáfica
- 
- Zona de cisalhamento compressiva
  - Zona de cisalhamento com indicação cinemática
- 
- Foliação vertical
  - Foliação com mergulho indicado
  - Lineação
  - Dobramento

Figura 4.6 – Elementos litoestruturais associados ao Proterozóico.

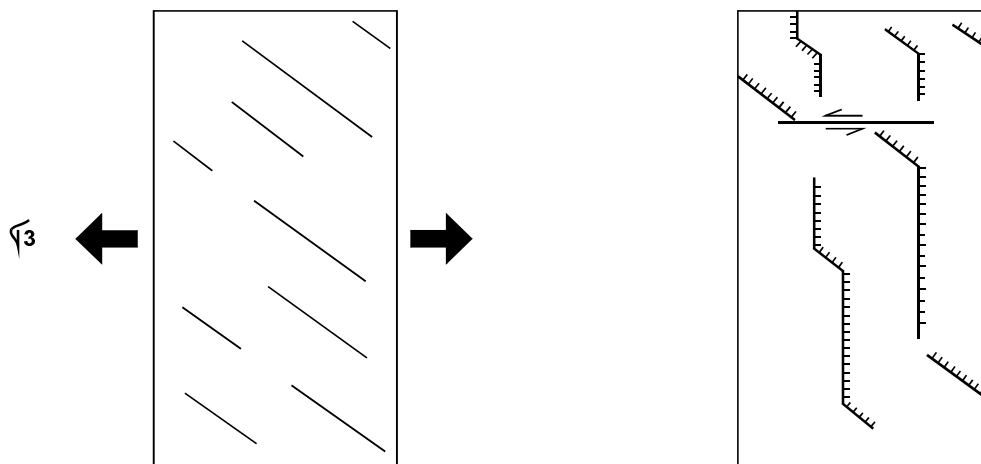


Figura 4.7 – Reativação de estruturas anteriores – Lana, M.C. (1988).

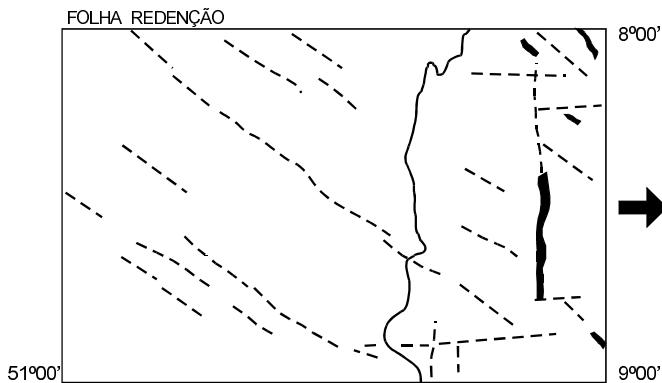


Figura 4.8 – Localização das ultramáficas e anisotropias do Cinturão Araguaia.

lhamento, aparentemente, não serem portadoras de manifestações magmáticas, vem corroborar a idéia de suas neoformações. As cartas aeromagnetométricas e aeroradiométricas destacam os *trends* N-S e NW-SE pelo fato de estarem associadas a manifestações magmáticas. Por outro lado, registram o *trend* ENE-WSW, como lineamentos secundários e não registram o NNW-SSE, correspondente ao que se atribui como rampas laterais e frontais, respectivamente. Esta observação vem corroborar as interpretações anteriores, no que diz respeito ao não preenchimento desses *trends* de cisalhamento por manifestações magmáticas, em função de terem sido gerados na fase contracional.

Necessário se faz observar que os efeitos dessa inversão tectônica, aparentemente, transcende os limites da Faixa Araguaia, não só pelas observações fotogeológicas, como geofísicas. Este fato pode explicar a presença de zonas de cisalhamento direcionais ENE-WSW, que atravessam o Granito Redenção.

Associa-se à tectônica de inversão da Faixa Araguaia o deslocamento de antigas anisotropias, relacionadas à fase distensiva. Esses deslocamentos ficam mais evidentes nas zonas permeadas por manifestações magmáticas, como é o caso das ultramáficas da serra do Quatipuru (figura 4.6). O cisalhamento (ENE-WSW), admitido como dedirecional (rampa lateral), é o responsável pelos referidos deslocamentos. As ultramáficas Quatipuru registram localmente uma foliação NW-SE (baixo a médio mergulho) associada ao cisalhamento de caráter inverso, e os dobramentos observados na área têm, invariavelmente, os eixos paralelos às zonas de cisalhamento (N-S, NW-SE e NNW-SSE), mos-

trando que as anisotropias da base distensiva, falhas normais, mesmas funcionaram como o anteparo que forçou o enrugamento.

A análise dos elementos estruturais, supra-elaborada, associada às lineações, invariavelmente nos sentidos ENE, com derivações NNE, permitem que se entenda, na Folha Redenção, um transporte de massa de ENE para WSW. Em um raciocínio inverso, esse transporte explica os sentidos das lineações (NE), as foliações verticalizadas (NE-SW), as foliações de baixo a médio ângulo de mergulho (NW-SE), os eixos dos dobramentos concordantes com as direções das zonas de cisalhamento de caráter inverso, frontal (NNW) e oblíquo (N-S e NW-SE), bem como os deslocamentos de antigas anisotropias, por falhas de rasgamento (NE-SW).

## Fanerozóico

Manifestações magmáticas básicas denunciam atividades tectônicas possivelmente de caráter distensivo, relacionadas ao final do Proterozóico e início do Fanerozóico. A datação de um desses corpos básicos forneceu idade, K-Ar, segundo Hasui, 1980 (*op. cit.*) de 565Ma. Não ficou claro, nos estudos realizados na área, o registro de elementos estruturais associados a esse evento tectônico.

Ao Mesozóico estão associados lineamentos com *trends* NW-SE e NE-SW, distribuídos indistintamente nos cinturões de cisalhamento Pau d'Arco e Araguaia. Registros estruturais de campo (espelhos de falha com ressaltos e estrias), indicam que o *trend* NW-SE corresponde a falhas normais e por consequência, o *trend* NE-SW, representaria as falhas transferentes (figura 4.9). Esse quadro é coerente com a distensão no sentido NE, atribuída ao Mesozóico. Evidentemente essa distensão reativou antigas anisotropias com *trends* diferentes, que permitiram permear os magmas básicos. No Cinturão Araguaia os diques de diabásio com idade Rb-Sr de 197Ma, têm uma forte tendência ao *trend* NNW-SSE. Em um dos diques de diabásio que formam travessões no rio Araguaia, com esse *trend*, observou-se que o mesmo mergulha para ENE.

Uma extensa zona de cisalhamento, surpreendentemente bem definida pela aeromagnetometria, e identificada apenas em alguns trechos por outros sensores remotos (por isso, apelidada de falha oculta), corta literalmente a Folha Redenção do extremo-NW ao extremo-SE. Por comportar tanto rocha básica metamorfizada (anfíbolito), como diabásio isotrópico (não-metamorfizado e/ou deforma-

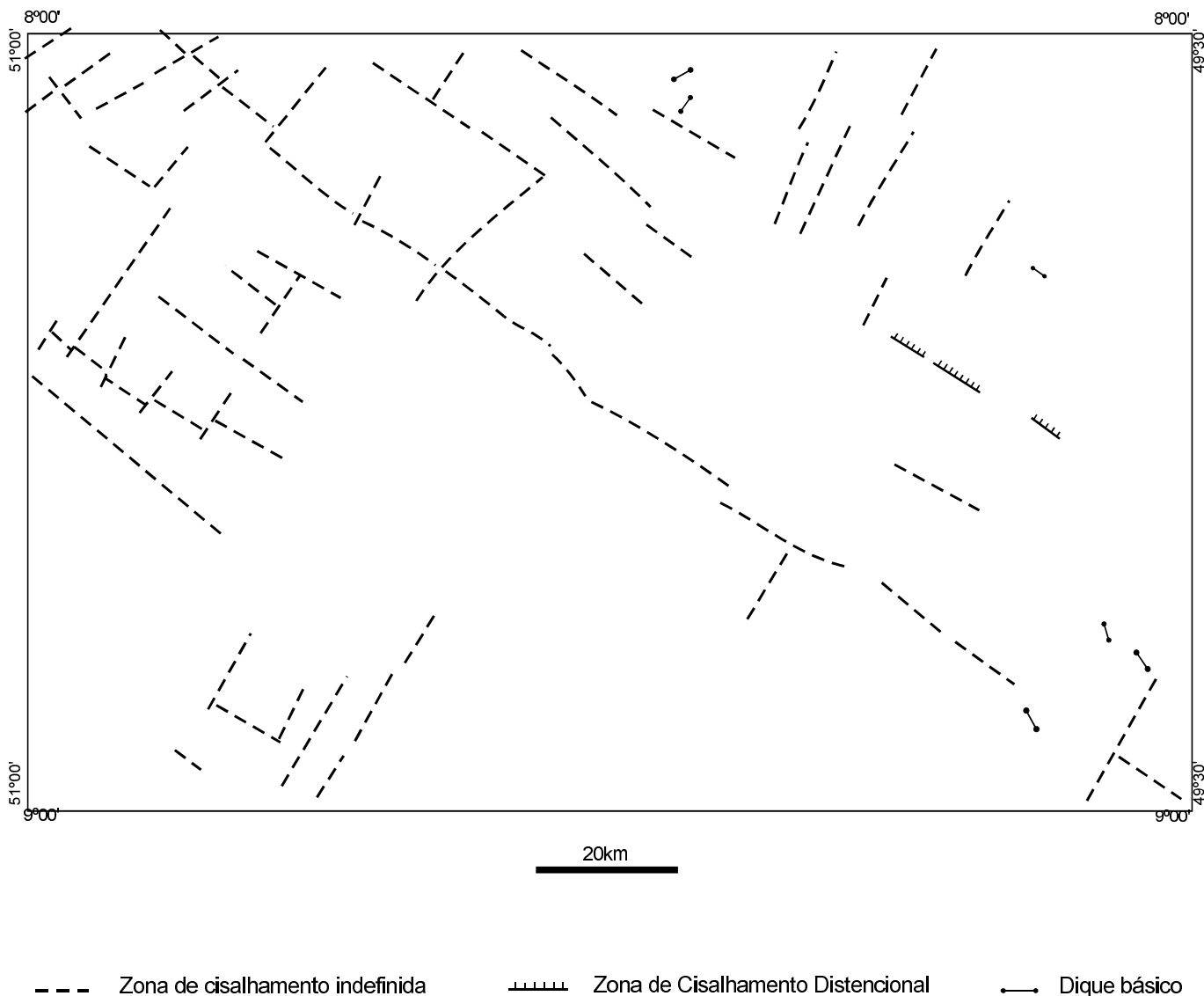


Figura 4.9 – Elementos estruturais associados ao Fanerozóico (Mesozóico).

do), além de remanescência magnética, acredita-se que essa zona de cisalhamento tenha se originado no Arqueano e sofrido reativações pelo menos até o Mesozóico. Ortogonais a essa zona e deslocando-a, aparecem as falhas admitidas como transcorrentes.

A neotectônica, não devidamente estudada neste trabalho, aparentemente tem influência na quebra da Superfície Sul-Americana, no alinhamento de drenagens e na geração de bacias, como a de Bananal e outras menores (figura 4.10).

A Superfície Sul-Americana, associada aos platôs lateríticos, apresenta uma quebra de relevo com um aparente alinhamento NE-SW e menos conspicuo NW-SE.

O rio Araguaia, no trecho encartado pela Folha Redenção, bem como a sua planície aluvionar, mantém o *trend* NE-SW, com forte quebra para E-W, na parte intermediária. Em se confirmando o *trend* NE-SW, como originado por falha transcorrente, caberia a hipótese de uma bacia do tipo *pull-apart*, neste trecho.

Os sedimentos detriticos laterizados, ao sul do rio Inajá, parecem preencher um pequeno *graben*, implantado sobre os metassedimentos do Grupo Tocantins e grosseiramente associado a lineamentos magnéticos NE-SW e NW-SE, e está (o *graben*) muito bem individualizado na carta aerorradiométrica, contagem total (figuras 3.19, 4.2 e 4.10).

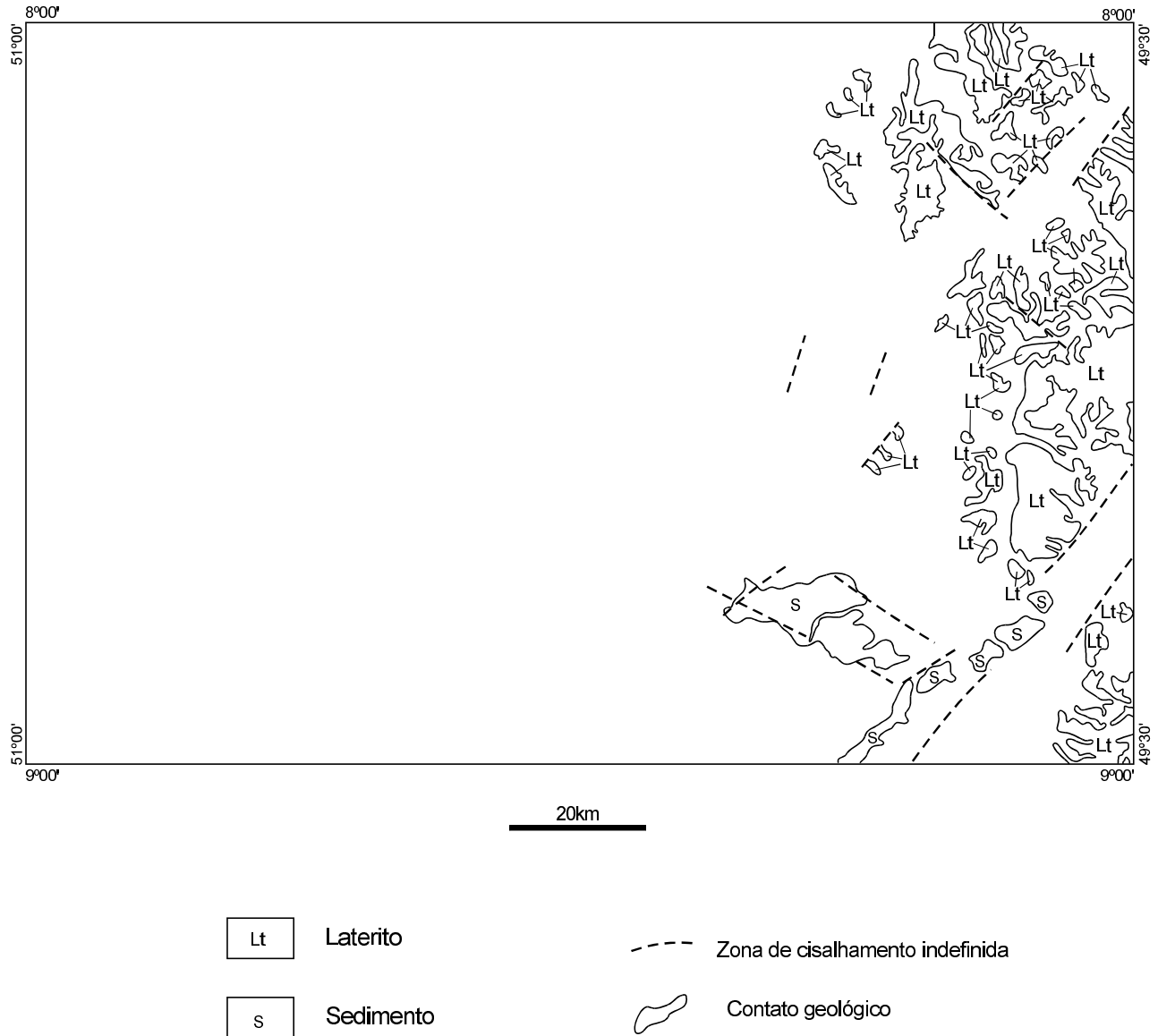


Figura 4.10 – Elementos litoestruturais associados ao Fanerozóico (Terciário/Quaternário).

# 5

---

## METALOGENIA/GEOLOGIA ECONÔMICA

### 5.1 Considerações Gerais

A carta metalogenética e previsional registra os indícios de mineralizações (estações ou zonas anômalas), e as ocorrências e depósitos minerais, estudados em associações ou individualmente, de forma a se estabelecer, sempre que possível, o condicionamento litoestrutural e, por conseguinte, a ambiência metalogenética e seu potencial econômico.

As estações de elementos anômalos (em sedimento ativo de corrente), que não permitiram uma associação litológica e/ou estrutural clara, permaneceram com este *status*. As estações anômalas que permitiram um relacionamento litológico e/ou estrutural, foram suprimidas e transformadas em zonas anômalas, a fim de não sobrecarregar o mapa. Nas zonas anômalas, indicam-se os elementos químicos, o número de estações e os valores máximos em ppm. Os valores pontuais de cada elemento, encontram-se nas cartas geoquímicas, que fazem parte do relatório específico da Folha Redenção. Os indícios de mineralizações obtidos em análise de rocha e de concentrados de minerais pesados, encontram-se registrados em mapa e devidamente interpretados.

Os jazimentos classificados como ocorrência, depósito, jazida e mina, encontram-se plotados, numerados e devidamente representados em mapa, de acordo com as suas principais características. Foram registradas 37 concentrações de substâncias minerais (quadro 5.1).

O estudo integrado desses registros de concentrações de substâncias minerais, permitiu o selecionamento de áreas mineralizadas e previsionais, para estudos geológicos mais detalhados e aprofundados, visando ao aproveitamento econômico (figura 5.1).

### 5.2 Jazimentos Minerais e Indícios de Mineralizações

#### 5.2.1 Ouro

As concentrações de ouro estão associadas ao domínio geotectônico do Cinturão Transcorrente Pau d'Arco (terreno granito-*greenstone*) e, mais precisamente, às supracrustais (*greenstone belt*). Uma única ocorrência é citada no Domínio de Rochas Intrusivas Proterozóicas (Granito Redenção). No domínio supracrustal, ainda se observa uma maior incidência de concentrações auríferas na

Quadro 5.1

Substância Mineral	Nº de Ocorrências	Nº de Depósitos	Nº de Minas (Pedreiras)
Ouro	1	18	–
Cromo	–	6	–
Cromo-Cobre-Talco	1	1	–
Níquel	1	1	–
Amianto	1	–	–
Calcário	3	–	–
Esatanho	1	–	–
Manganês	1	–	–
Ferro	1	–	–
Granito	–	–	2
Total	14	21	2

porção metassedimentar, predominantemente composta por formação ferrífera bandada (*BIF*).

As concentrações de ouro podem apresentar-se de forma disseminada nos *BIF*'s (0,15ppm), nos filões (depósitos primários) e nas aluviões (depósitos secundários).

A maior incidência de concentrações auríferas nas porções metassedimentares e zonas de cisalhamento, caracteriza o controle litoestrutural das mineralizações. Assim, a percolação de fluidos mineralizantes através de zonas de cisalhamento em metassedimentos, propicia maior possibilidade de concentrações econômicas de ouro (foto 72).

Os indícios de ouro, obtidos em concentrados de minerais pesados (a partir de sedimentos ativos de corrente), indicam uma proveniência de zonas de cisalhamento e/ou metassedimento.

A presença de ouro em um veio de quartzo analisado (225ppm) e filões auríferos, encaixados em xistos máficos, indicam que essa porção metaigneia dos *greenstone belt*, também tem potencial para concentrações auríferas.

Alguns depósitos primários de ouro, estão nitidamente associados a zonas de cisalhamento dúctil, cartografadas, como E-W (nº 30) e NW-SE (nºs 24, 33 e 37). Outros apresentam-se como filões paralelizados segundo os *trends* NNW-SSE (nºs 23 e 28) e NE-SW (nºs 19 e 31), que provavelmente correspondem a cisalhamentos rúpteis, não cartografados.

### 5.2.2 Cromo, Níquel e Amianto (Cobalto)

As concentrações em forma de jazimento e os indícios de mineralização destas substâncias mine-

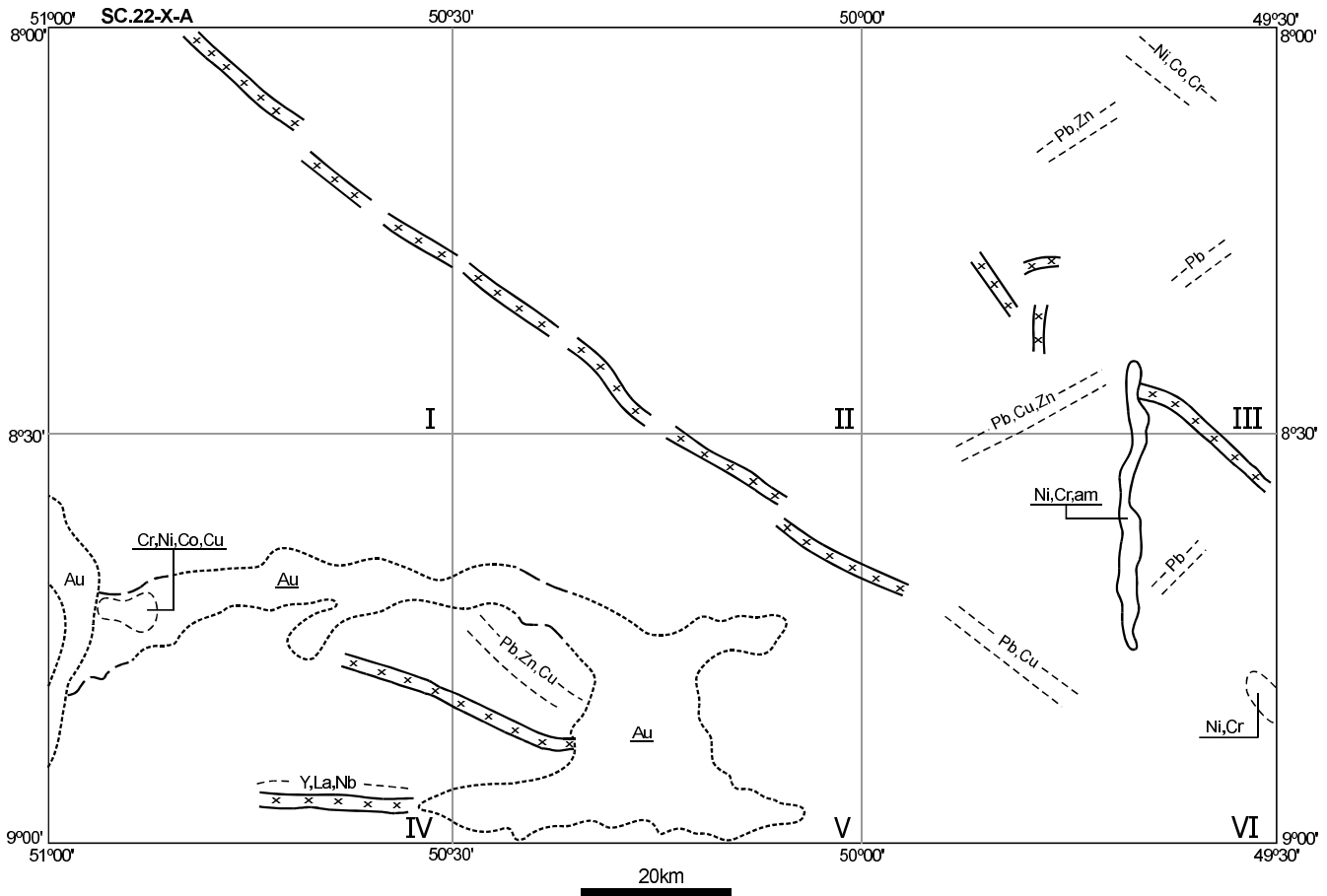
rais estão associados a fatias alóctones de rochas ultramáficas (Ultramáfica Quatipuru), encaixadas nos metassedimentos (Formação Couto Magalhães) do Cinturão de Cisalhamento Araguaia. Associado ao *greenstone belt* (Grupo Serra do Inajá), no domínio do Cinturão Pau d'Arco, existem indícios pontuais (em sedimentos de corrente) e em zonas anômalas dos elementos em destaque.

Os corpos ultramáficos no Cinturão Araguaia, possuem dois *trends* distintos, sendo um N-S e outro NW-SE. É no *trend* N-S que se encontra a lasca de ultramáfica (peridotito = 90% e dunito = 10%) com as maiores dimensões (serra do Quatipuru), à qual associam-se depósitos e ocorrências de níquel, cromo e amianto, além de significativas anomalias (em sedimentos de corrente) de níquel, cromo e cobalto. Na porção sudeste da carta, existe pequeno corpo ultramáfico, com direção NW-SE, ao qual encontram-se relacionadas ocorrências de cromo, cobre e talco, além de anomalias (em sedimentos de corrente) de níquel e cromo. Na porção NE da folha encontra-se uma zona anômala para níquel, cobalto e cromo, além de uma estação anômala para esses elementos, sendo ambas associadas a cisalhamento contracional (cavalgamento), que pode ter transportado pequenas lascas de rochas ultramáficas, não cartografadas.

Existem diversas anomalias pontuais, de cromo, níquel e cobalto, associadas tanto às zonas de cisalhamento com *trend* N-S, como às NW-SE. Nas porções leste e central do Cinturão Araguaia, existem anomalias geoquímicas pontuais, associadas a anomalias magnéticas de corpos tabulares que, embora não cartografadas, denunciam a existência de rochas ultramáficas, enriquecidas naqueles elementos. Na supracitada porção central o solo é argiloso, de cor marrom (chocolate), característico de alteração de rocha ultramáfica.

A cromita, nos corpos ultramáficos do Cinturão Araguaia ocorre principalmente em forma de lentes, além de bolsões e pequenas eluviões. A textura pode ser disseminada, maciça e nodular. Os teores médios nos bolsões e aluviões (segundo pesquisa da DOCEGEO), são de 21,52% de Cr e 10,62% de Fe. A cromita foi classificada como do tipo refratário, em função da relação Cr/Fe (2,02).

O níquel encontra-se em depósito do tipo laterítico, sob a forma de silicato hidratado de níquel (garnierita). A concentração de níquel é determinada pelo intemperismo das rochas ultramáficas (dunito e peridotito) que, originalmente, possuem níquel na estrutura da olivina. O *bed-rock* possui teores em níquel que variam de 0,2 a 0,3%, enquanto que ao



**ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA MAPEAMENTO GEOLÓGICO E PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA NA ESCALA 1:100.000  
FOLHAS: SC.22-X-A-IV e V, SC.22-X-A-III e VI**

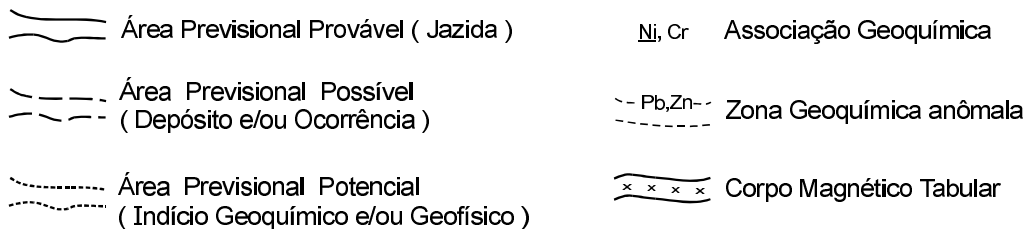


Figura 5.1 – Cartograma orientativo para planejamento de ações governamentais.

longo do perfil laterítico, esses teores variam de 1 a 3%. O perfil laterítico tem em média 5,5m de profundidade, sendo que as maiores concentrações de níquel, encontram-se em laterito amarelo, com profundidade em torno de 3,0m.

O amianto crisotila está associado aos peridotitos serpentinizados, em veios com fibras do tipo *cross*. As vênulas têm espessura inferior a 2mm. Segundo as pesquisas feitas pela DOCEGEO, não apresentam concentrações significativas, apesar dos bons indícios, geológico e geofísico.

O cobalto aparece quase sempre associado ao níquel e ao cromo, em amostras de sedimentos ativos de corrente, com até 110ppm.

Ao *greenstone belt* do Cinturão Pau d'Arco, associa-se um corpo ultramáfico (extremo-oeste), cuja mineralização está representada por uma ocorrência de níquel, em laterito e por uma zona geoquímica, anômala em cromo, níquel, cobalto e cobre. Esta zona anômala tem uma abrangência maior que o corpo cartografado, sugerindo a presença de outros corpos deste litótipo. Anomalias

pontuais desses elementos são registradas no contexto do *greenstone belt*.

### 5.2.3 Cobre, Chumbo e Zinco

A associação cobre, chumbo e zinco é encontrada tanto no Cinturão Pau d'Arco (terreno granito-*greenstone*) como no Cinturão Araguaia. Esses elementos só foram detectados como indícios de mineralização, obtidos em sedimento ativo de corrente. Os indícios estão registrados como estações anômalas ou zonas geoquímicas anômalas.

O controle desses indícios de mineralização, parece ter um forte componente estrutural. Assim, no domínio do Cinturão Araguaia, quase sempre as zonas anômalas podem ser associadas ao *trend* de cisalhamento NE-SW. Embora não definitivo, por falta de mais dados, os indícios pontuais, nos granitóides do terreno granito-*greenstone*, parecem estar associados às zonas de cisalhamento com o mesmo *trend* do Cinturão Araguaia. Na área de influência do *greenstone-belt*, quase sempre é possível associar-se esses indícios às principais zonas de cisalhamento (dúctil) com *trends* E-W e NW-SE. O controle litológico não está claro no domínio do Cinturão Pau d'Arco, porém, no domínio do Cinturão Araguaia é possível pensar-se em rochas carbonáticas, tendo em vista as ocorrências de calcário nesse contexto geotectônico.

### 5.2.4 Ítrio, Lantânio e Nióbio

Os indícios de mineralização em ítrio, lantânio e nióbio estão representados por anomalias geoquímicas pontuais.

O controle dessas mineralizações está associado à litologia, embora as estruturas possam ter contribuído para um maior enriquecimento. Assim, no domínio do Cinturão Pau d'Arco, associam-se aos granitóides arqueanos (Monzogranito Xinguara) e ao Sienogranito Redenção anorogênico e de idade proterozóica. No contexto do Cinturão Araguaia, são registrados três indícios pontuais de mineralizações das substâncias em apreço, que podem estar associadas ao substrato granito-*greenstone*, alçado tectonicamente.

### 5.2.5 Manganês e Ferro

Uma ocorrência de manganês e outra de ferro são citadas pelo Projeto RADAM, no contexto do

*greenstone belt* (Grupo Serra do Inajá). O ferro apresenta-se em forma de lentes, milimétricas a centimétricas, de magnetita, com intercalação de lentes silicosas com magnetita e hematita subordinadas. Não se tem conhecimento de concentrações significativas de ferro. A ocorrência de manganês é citada como blocos erráticos, na zona de contato entre um granito e os metassedimentos do *greenstone-belt* (Grupo Serra do Inajá).

### 5.2.6 Estanho

Apenas uma ocorrência de cassiterita foi registrada, na zona de contato de um granito com metassedimentos do Cinturão Araguaia. Trata-se de uma lasca de *greisen*, intercalada aos metassedimentos por transporte tectônico. A composição é predominantemente de quartzo e muscovita. Apresenta indício de deformação tectônica, representado por incipiente foliação, com atitude N10°E/30°SE. A cassiterita apresenta-se com textura disseminada.

### 5.2.7 Calcário

As ocorrências de calcário encontram-se no domínio do Cinturão Araguaia, sendo duas associadas aos metapelitos (n°s 5 e 35) e outra às ultramáficas (n° 12). A ocorrência de n° 5, consiste em um calcário (*mudstone*), finamente laminado, intercalado em pelitos. A análise de uma amostra forneceu teores de 18,5% de CaO, 1,6% de MgO, 7,6% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e 49% de SiO<sub>2</sub>. A área desta ocorrência parece ser restrita, necessitando de melhor investigação. Quanto à ocorrência de n° 12, parece tratar-se de um carbonato de cálcio, bem cristalizado, resultante da alteração de rocha ultramáfica, não se descartando a hipótese de tratar-se de uma lasca de calcário sedimentar, tectonicamente alçado. A análise deste carbonato de cálcio forneceu teores de 49,1% de CaO e 3% de MgO. A ocorrência de n° 35 não foi constatada no terreno.

### 5.2.8 Alumínio

O perfil laterítico desenvolvido sobre as rochas pelíticas do Cinturão Araguaia, possui uma maior tendência a enriquecer-se em alumínio do que os desenvolvidos em outros litótipos. O processo de



laterização desses sedimentos gerou crostas lateríticas responsáveis pela preservação de extensos platôs. A análise de uma amostra desse laterito revelou teores de 21,7% de  $Al_2O_3$ , 38% de  $Fe_2O_3$ , 21,6% de  $SiO_2$ , 0,12% de  $P_2O_5$  e 0,94% de  $TiO_2$ .

### 5.2.9 Granito

O sienogranito anorogênico, formalmente designado de Granito Redenção, possui excelente qualidade para indústria de pedra ornamental e grande aceitação no mercado. Assim, duas pedreiras se desenvolvem sobre esta rocha, nas proximidades da cidade de Redenção. A potencialidade desse maciço rochoso (Maciço Redenção) é muito grande, tendo em vista a sua grande dimensão, aproximadamente 20km de diâmetro, além do generalizado isotropismo (granito não-deformado e/ou metamorfozido).

### 5.3 Áreas Favoráveis à Prospecção ou à Pesquisa

As áreas mineralizadas foram individualizadas e caracterizadas pela maior ou menor favorabilidade em abrigar jazimentos minerais. Assim, as áreas foram classificadas em provável, possível e potencial. Os parâmetros adotados para essa classificação envolveram, principalmente a ambiência litológica e/ou estrutural, além da existência de mina, jazida, depósito, ocorrência, indicio direto de mineralização e anomalias, geoquímica e/ou geofísica. A combinação desses parâmetros resulta nas seguintes características adotadas para cada uma das áreas supracitadas:

– Provável: área de rocha hospedeira e/ou estrutura favorável, com mina e jazida.

– Possível: área de rocha hospedeira e/ou estrutura favorável, com depósito e/ou ocorrência mineral.

– Potencial: área de rocha hospedeira e/ou estrutura favorável, com indicio direto de mineralização e anomalia geoquímica e/ou geofísica.

Diversas áreas representadas na carta metalogenética apenas como zonas anômalas, porém com ambiência litoestrutural favorável, devem ser alvo de investigação geológica mais detalhada. Em função da potencialidade geológica mais imediata, à luz dos atuais conhecimentos, três áreas foram destacadas para as substâncias minerais a seguir.

### 5.3.1 Ouro

Área I – Compreende supracrustais associadas a um *greenstone belt*, denominado formalmente de Grupo Serra do Inajá. Toda essa área enquadra-se como potencial para mineralizações auríferas, seja pelo condicionamento litológico ou estrutural. A associação metassedimentar, predominantemente representada por formação ferrífera bandada (*BIF*), destaca-se da associação máfico-ultramáfica pela pré-concentração aurífera (0,15ppm). Esta área comporta depósitos primários (filões) e secundários (aluviões), além de indícios de ouro. Grande parte dessas concentrações auríferas associa-se às zonas de cisalhamento. Os garimpos desenvolvem-se tanto nos depósitos primários como nos secundários. Subáreas com maior potencial aurífero estão individualizadas na carta metalogenética e caracterizadas abaixo:

Subárea Ia – Encarta metassedimentos, onde ocorrem filões (nºs 23, 28 e 30) e aluviões (nºs 18, 22 e 32) auríferos, explotados por garimpagem. Os filões estão associados a zonas de cisalhamento NNW-SSE (nºs 23 e 28) e E-W (nº 30). Esta área é altamente promissora, por suas características litoestruturais e intrínsecas mineralizações. Enquadra-se, portanto, na classificação de Área Provável.

Subárea Ib – Está associada a uma zona de cisalhamento de direção E-W, superimposta em formação ferrífera bandada, da qual originam-se um depósito aluvionar (nº 25) e um indicio de ouro, determinado em concentrado de minerais pesados, obtido a partir de sedimento ativo de corrente. Embora seja bastante promissora, com os elementos atuais, enquadra-se na classificação adotada como Área Potencial.

Subárea Ic – Associa-se a uma zona de cisalhamento (NE-SW), superimposta em associação metassedimentar e máfico-ultramáfica. Um indicio de ouro foi detectado em concentrado de minerais pesados e outro em quartzo de veio (225ppm), associado a filão encaixado em xisto máfico. Esta área pode ser enquadrada na classificação de Possível para mineralização aurífera.

Subárea Id – Envolve tanto metassedimentos como xistos máficos. Nesta área é proeminente uma zona de cisalhamento com direção NW-SE, com derivação que se inflete até a direção ENE-WSW. Os filões auríferos encontram-se nos *trends* NE-SW (nºs 19 e 31), N-S (nº 26) e NW-SE (nº 33). Ainda associado a essa área encontra-se um depósito aluvionar (nº 16). Esta área é bastante promissora por suas características litoestruturais e mine-

realizações associadas, enquadrando-se na classificação de Provável.

Subárea Ie – Relaciona-se à formação ferrífera bandada, com cisalhamento sub-meridiano. Um depósito aluvionar (nº 36) está associado a esta área, que é classificada como Possível de conter mineralização.

Subárea If – Compreende formação ferrífera bandada e xistos máficos. O filão associado (nº 37), possui direção NW-SE, coincidente com importante zona de cisalhamento, que pode ser o agente controlador da mineralização. Associado a esse contexto litoestrutural, ocorre um indício de ouro, detectado em concentrado de minerais pesados. Esta área enquadra-se na classificação de Provável.

Área II – Compreende pelitos carbonosos e arenitos do Grupo Rio Fresco e corpo granítico intrusivo, correlacionado ao Granito Redenção. Importante zona de cavalgamento coloca estes sedimentos sobre as rochas do *greenstone belt*, além de imbricá-las. A mineralização pode estar associada a fluidos mineralizantes que percolaram o *greenstone belt*, devido às facilidades criadas pelo cisalhamento. A intrusão granítica pode ter funcionado como agente remobilizador do ouro, também a partir do *greenstone belt*. Um depósito aluvionar (nº 20) e dois concentrados de minerais pesados evidenciam a mineralização da área. Os sedimentos do Grupo Rio Fresco funcionam apenas como rochas hospedeiras das mineralizações auríferas.

### 5.3.2 Cromo e Níquel (Amianto)

Área III – Compreende, exclusivamente, uma lasca de rocha ultramáfica (peridotito = 90% e dunito = 10%), designada formalmente de Ultramáfica Quatipuru. Abriga diversas ocorrências e depósitos de cromo, níquel e amianto.

– Cromo (cromita): encontra-se principalmente em forma de lente, podendo ocorrer também em bolsões e pequenas aluviões. Esses jazimentos (nºs 6, 7, 9, 10, 14 e 24), foram pesquisados pela DOCEGEO e revelaram uma reserva potencial de 2.000t de cromita (considerando apenas blocos soltos, bolsões e aluviões), com teores médios de 21,52% de Cr e 10,62% de Fe. Embasado no resultado analítico, essa cromita é classificada como do tipo refratário (Cr/Fe = 2,02) e pode ser economicamente explotada, mesmo considerando a pequena reserva, tendo em vista a carência desse tipo de minério no mercado brasileiro (DOCEGEO).

– Níquel (garnierita): encontra-se associado aos peneplanos lateríticos resultantes da alteração das rochas ultramáficas: o depósito pesquisado pela DOCEGEO (nº 11), é do tipo laterítico, com maior concentração de níquel no nível de saprólito (em média a 3,0m de profundidade). O minério é do tipo limonítico e o teor varia de 1 a 3%. As reservas de minério e os respectivos teores encontrados discriminam-se abaixo:

Reserva medida:	10.674.350t (1,33% Ni)
Reserva indicada:	2.159.885t (1,26% Ni)
Reserva total:	12.834.235t (1,32% Ni)
Níquel contido:	169.000t

– Amianto (crisotila): as ocorrências de crisotila associam-se, na serra do Quatipuru, aos peridotitos serpentinizados. Os trabalhos de pesquisa (sondagem), efetuados pela DOCEGEO, orientados para zonas magnéticas anômalas e bem definidas (até acima de 3.000 gamas), não detectaram concentrações econômicas de amianto crisotila. As ocorrências de crisotila comportam-se como veios, com fibras do tipo *cross* e espessuras inferiores a 2mm.

Quanto à caracterização preliminar, esta área (serra do Quatipuru) foi classificada como Possível.

### 5.4 Planejamento de Ações Governamentais

O mapeamento geológico, na escala 1:250.000, ora apresentado, trouxe um importante avanço no conhecimento da potencialidade minero-econômica dos 18.000km<sup>2</sup>, abrangidos pela Folha Redenção (SC.22-X-A), situada na porção sudeste do estado do Pará. No entanto, o aprimoramento das informações obtidas requer investigações mais detalhadas, visando propiciar aos investidores da mineração, subsídios geológicos com maior confiabilidade e precisão. Assim, propõe-se aqui o mapeamento geológico de 4 folhas, na escala 1:100.000 (corte padrão internacional), de forma a complementar a ação governamental (figura 5.1).

As justificativas geológicas e metalogenéticas para a efetivação dos trabalhos complementares encontram-se abaixo discriminadas:

– Folhas SC.22-X-A-IV e V: Presença de *greenstone belt* (Grupo Serra do Inajá), com abundante distribuição de formação ferrífera bandada, com indícios de ouro, além de significativas concentrações dessa substância mineral, nas zonas de cisa-

lhamento. Ocorrência de corpo ultramáfico, com indícios de mineralização de cromo, níquel, cobalto e cobre. Em outro contexto geotectônico, mas encarado por estas folhas, registra-se a presença de ouro associado a folhelhos carbonosos (Formação Rio Fresco) em zonas de cisalhamento e de intrusão granítica.

- Folhas SC.22-X-A-III e VI: Presença de corpos ultramáficos (Ultramáfica Quatipuru) encaixados em metassedimentos pelíticos (Formação Couto Magalhães), com comprovada mineralização em

níquel, cromo e amianto. Ainda em associação com os corpos ultramáficos, encontram-se significativas anomalias geoquímicas de níquel, cromo e cobalto. No contexto dos metassedimentos, encontram-se anomalias de chumbo, zinco e cobre, quase sempre associadas a zonas de cisalhamento. É necessário que se registre a presença de um fácies carbonático entre esses metassedimentos, embora não se tenha comprovado, neste trabalho, a associação com estes metais, o que seria de grande importância metalogenética.

# 6

---

## CONCLUSÕES

### 6.1 Geologia

A Folha Redenção (SC.22-X-A), situa-se no compartimento geotectônico regional denominado de Bloco Crustal Araguacema, onde dominam granodioritos e seqüências vulcano-sedimentares do tipo *greenstone belt*.

O evento tectônico mais antigo, na área em apreço, estaria impresso em uma “mancha” de trondhjemito, correlacionado ao Trondhjemito Mogno, onde se verifica forte orientação NE-SW, o qual teria sido preservado quando da implantação do Cinturão Pau d’Arco.

O terreno granito-*greenstone*, está representado na área, por uma seqüência metavulcano-sedimentar, representando o Grupo Serra do Inajá e por tonalitos, denominados Tonalito Arco Verde. Por correlação com o Grupo Andorinhas (*greenstone*), atribui-se às supracrustais a idade de 2.979Ma e aos granitóides 2.971Ma, por extensão destes, da Folha Xinguara (onde foi datado), até a Folha Redenção. Os estudos litogeoquímicos atribuem a geração do Tonalito Arco Verde a um regime compressivo em ambiente de subducção e de origem mantélica, enquanto que as supracrustais (komatiitos), são atribuídas a ambiente de arco-de-ilha. Esta conclusão é coerente com os estudos geológi-

cos que atribuem a esse par granito-*greenstone*, uma origem em bacia de retroarco.

Sobre esse terreno, granito-*greenstone*, implantou-se o Cinturão Transcorrente Pau d’Arco, com evolução atribuída ao período de 2.971Ma a 2.875Ma. A idade mais antiga corresponde à do Tonalito Arco Verde, totalmente deformado por este evento, e a mais nova à do Monzogranito Xinguara, parcialmente afetado pelo mesmo evento.

O Granodiorito Rio Maria e o Monzogranito Xinguara são contemporâneos, com idades de 2.874 Ma (U-Pb) e 2.875Ma (Pb-Pb), respectivamente. Admite-se que ambos tenham sido alçados na fase de relaxamento do evento tectônico transcorrente do Cinturão Pau d’Arco. A litogeoquímica indica uma ambiência geotectônica, variando de pré-placa a tardi-orogênica para o Granodiorito Rio Maria e tardi-orogênica para o Monzogranito Xinguara. Conclui-se ainda, com base em litogeoquímica, que o Granodiorito Rio Maria é de origem mista (manto+crosta), enquanto que o Monzogranito Xinguara é de origem crustal.

O Grupo Rio Fresco, que entulha a bacia do médio Xingu, compreende, neste trabalho, a Formação Tocandeira e a Formação Rio Naja. A primeira engloba apenas a parte sedimentar, que foi originalmente definida como Formação Tocandeira, en-

quanto a segunda compreende os sedimentos definidos como Formação Rio Fresco. As idades dessas formações são aqui atribuídas ao Proterozóico Inferior e Inferior a Médio, respectivamente. Admite-se que a bacia do médio Xingu sofreu um certo grau de inversão, e na Folha Redenção denuncia um transporte de massa de SW para NE, com cavalgamento e imbricação sobre o Grupo Inajá.

A Formação Gorotire assenta-se sobre o Grupo Rio Fresco, porém, extrapola os limites desta unidade, em outras áreas, atribui-se ao Proterozóico Médio a idade desta formação.

O termo Sienogranito Redenção foi utilizado para denominar corpos graníticos anorogênicos com predominância deste litótipo. A idade (Pb-Pb) obtida para esse granito é de  $1.892 \pm 89$  Ma. Os estudos de litogeoquímica realizados em espécimes desta unidade, indicam tratar-se de corpos graníticos tardi-tectônicos, formados em ambiente distensivo, do tipo *rift* intracratônico. Existem algumas similaridades entre o Sienogranito Redenção e o Monzogranito Xinguara, tanto do ponto de vista litogeoquímico como geofísico, o que leva a supor-se que a manifestação magmática do primeiro pode ter metassomatizado o segundo ou mesmo se intrudido neste, impossibilitando que alguns desses corpos pudessem ser individualizados no mapeamento.

Admite-se que o evento distensivo que causou a subsidência da bacia do Araguaia, possa ter sido o mesmo que propiciou a ascensão do Granito Redenção. Assim, atribui-se o início da subsidência daquela bacia ao final do Proterozóico Inferior. Baseado nesta assertiva, adota-se o Proterozóico Médio como período de sedimentação da Formação Couto Magalhães (Grupo Tocantins). Ainda associada a essa distensão, durante o preenchimento da bacia, houve a colocação de corpos ultramáficos (Ultramáfica Quatipuru). Uma abertura com eixo extensional E-W, justifica os *trends* NW-SE e N-S, daqueles corpos. Os sedimentos da Formação Couto Magalhães são de ambiente marinho plataforma, com contribuição fluvial. Esses sedimentos foram tectonicamente deformados e submetidos a um incipiente metamorfismo. A análise dos elementos estruturais na Folha Redenção denuncia uma

inversão da bacia com transporte, provavelmente, de massa de ENE para WSW, pelo menos nesta porção da unidade.

As manifestações de magma básico, atribuídas ao Mesozóico, estão representadas por diques de diabásio, com *trends* NW-SE, NE-SW e submeridiano. Associa-se esse magmatismo a um evento tectônico distensivo, com eixo NE-SW. A idade obtida em um desses corpos, é de 197 Ma (Rb-Sr).

A neotectônica é responsável pelo alinhamento de drenagens, geração de bacias sedimentares (Bananal) e quebra de platôs lateríticos (Superfície Sul-Americana).

## 6.2 Metalogenia

O maior potencial metalogenético da Folha Redenção está associado aos litótipos do Grupo Inajá e da Ultramáfica Quatipuru. Outras unidades litológicas possuem menor importância, à luz dos atuais conhecimentos.

O Grupo Inajá possui um grande potencial para ouro e elementos associados, em sua porção metassedimentar (Formação Morada da Prata) e especialmente nas zonas de cisalhamento. Ainda associada a este grupo, na sua porção máfica a ultramáfica (Formação Quixadá), existe uma certa potencialidade para os elementos do tipo cromo, níquel, cobalto, cobre, vanádio, ouro, elementos do grupo da platina e mineralizações sulfetadas. Ouro e elementos associados podem ser ainda encontrados na Formação Quixadá e no Grupo Rio Fresco, em especial nas zonas de cisalhamento, porém, com menor potencial. A Unidade Ultramáfica Quatipuru, com diversos corpos encaixados na Formação Couto Magalhães, tem grande potencial para elementos como níquel, cromo e cobalto, além de amianto crisotila.

Associadas às zonas de cisalhamento, implantadas nos sedimentos da Formação Couto Magalhães, existem indícios de mineralização de chumbo, zinco e cobre. Esta associação de elementos também é encontrada em zonas de cisalhamento ocorrentes no terreno granito-*greenstone*.

## 7

---

## RECOMENDAÇÕES

### 7.1 Geologia

Seria recomendável o mapeamento geológico na escala 1:100.000, em especial nas folhas SC.22-X-A - III, IV, V e VI. No entanto, alguns aspectos geológicos, independentemente de escalas, precisam ser melhor elucidados, necessitando, portanto, de estudos complementares, conforme discriminado abaixo:

- O Trondhjemito Mogno, precisa, antes que tudo, ter sua presença confirmada na Folha Redenção. Na "mancha" do litótipo atribuído a essa unidade, devem ser feitas seções geológicas visando uma melhor caracterização litoestrutural. Datação geocronológica é de fundamental importância, visando assegurar o correto posicionamento cronoestratigráfico.

- O Grupo Serra do Inajá carece de seções geológicas para um melhor entendimento de suas características litológicas, estratigráficas e tectono-estruturais. Seções gravimétricas seriam recomendáveis, visando um melhor entendimento do comportamento espacial. Estudo geocronológico de algum espécime litológico associado a esta unidade é de fundamental importância.

- O Tonalito Arco Verde necessita de datação geocronológica, na Folha Redenção, visando definir a sua relação com o *greenstone belt*.

- O Monzogranito Xinguara, em suas porções com maiores valores radiométricos (cerca de

2.000cps), precisa ser melhor investigado, do ponto de vista litológico e litogeoquímico, visando constatar um possível metassomatismo causado pelo Granito Redenção, ou mesmo a presença deste, sob a forma de intrusão, naquele contexto.

- A Formação Couto Magalhães necessita de seções gravimétricas, para melhor definir o arcabouço de seu substrato (embasamento), na Folha Redenção. Seriam convenientes mais algumas seções geológicas, estrategicamente locadas, visando dirimir dúvidas no que tange ao sentido do transporte de massa.

- Inserido nos trabalhos supra-recomendados, deve-se buscar melhores informações sobre a tectônica rúptil que afetou a região nos diversos períodos geológicos.

### 7.2 Metalogenia

As folhas recomendadas para mapeamento geológico, na escala 1:100.000, tiveram para a sua escolha um forte componente metalogenético, de forma que atendem também as necessidades neste campo.

Baseado na ambiência metalogenética, recomendam-se os trabalhos complementares especificados a seguir:

- Estudo litogeoquímico complementar e prospecção geoquímica detalhada no contexto do Grupo Serra do Inajá;
- Prospecção geoquímica detalhada nas zonas e estações anômalas para chumbo, zinco e cobre, no contexto da Formação Couto Magalhães;
- Investigação nos platôs lateríticos visando a ocorrência de lateritos aluminosos (bauxita);
- Investigação das ocorrências de calcário, visando seu aproveitamento econômico (corretivo de solo e outros), além da possibilidade de associação, em zonas de cisalhamento, com elementos do tipo chumbo, zinco e cobre.



**Foto 1**

*Relevo de agradação, formando planícies aluviais holocênicas (rio Araguaia).*



**Foto 2**

*Relevo de agradação, formando planícies aluviais pleistocênicas, na Formação Bananal (rio Araguaia).*



**Foto 3**

*Relevo de agradação, formando colinas, em primeiro plano (Tonalito Arco Verde). Em segundo plano, relevo de Serras Alongadas (Gp. Inajá - Fm. Morada da Prata).*



**Foto 4**

*Relevo de degradação, formando colinas com topos aplanados (Gp. Inajá - Fm Quixadá).*





**Foto 5**

*Relevo de colina com topo aplanado e perfil em platô-superfície Sul-Americana (Fm Couto Magalhães).*



**Foto 6**

*Relevo de Serras Alongadas "cuestas" (Ultramáfica Quatipuru).*



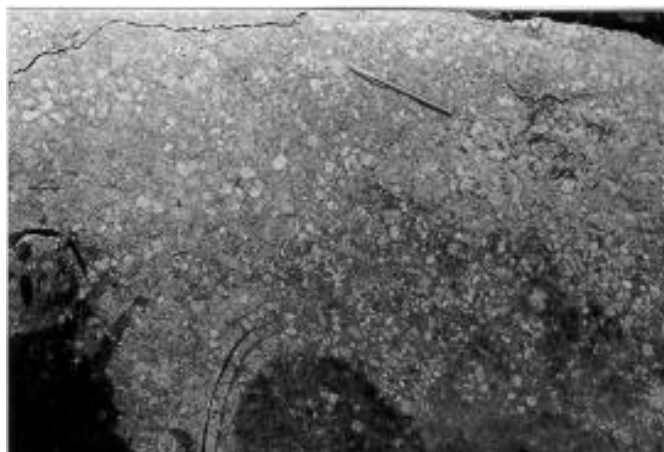
**Foto 7**

*Aspecto morfológico da Formação Quixadá (Grupo Inajá).*



**Foto 8**

*Formação Quixadá (Grupo Inajá). Plagioclásio-actinolita xisto, com foliação N90°E/80°S (est. AV-R-152).*



**Foto 9**

*Aspecto mesoscópico do xisto actinolítico, protomilonítico da Formação Quixadá (est. AV-R-152).*



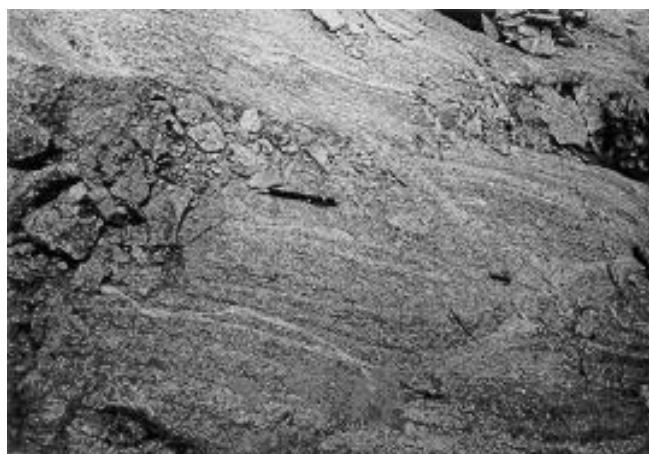
**Foto 10**

*Formação Morada da Prata representada por BIF's, com bandamento verticalizado e juntas horizontais de decompressão (est. AV-R-148).*



**Foto 11**

*Formação Morada da Morada da Prata (BIF), com bandamento verticalizado (est. AV-R-148).*



**Foto 12**

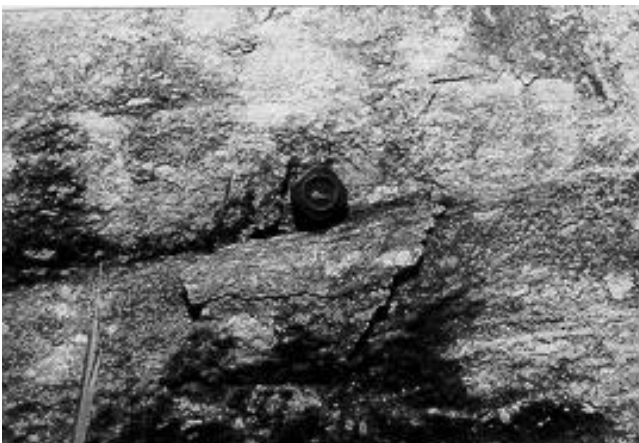
*Tonalito Arco Verde – ortognaisses, fortemente bandados e foliados (N80°W/70°NE). Estação AN-R-105.*



**Foto 13**  
*Tonalito Arco Verde, fortemente migmatizado  
(est. AV-R-15).*



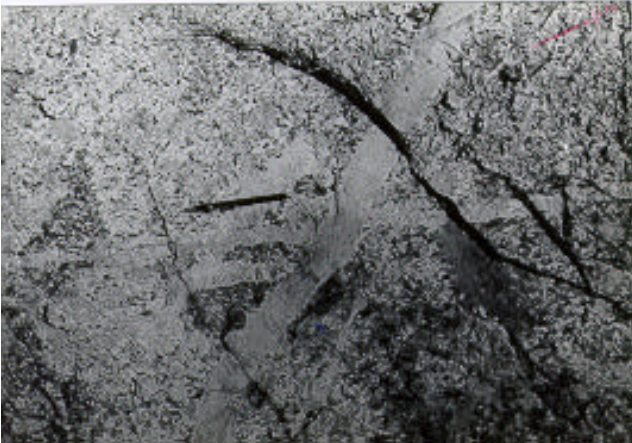
**Foto 14**  
*Tonalito Arco Verde (granodiorito gnaisses) com  
xenólito de rocha básica, estirado e  
rotacionado (est. AV-R-15).*



**Foto 15**  
*Tonalito Arco Verde, granodiorito gnaisse  
protomilonítico, porfirítico (est. AV-R-181).*



**Foto 16**  
*Tonalito Arco Verde com foliação milonítica  
N80°W/70°NE (est. AN-R-105).*



**Foto 17**

*Tonalito Arco Verde, com foliação milonítica N40° E/80° E , com veios pegmáticos e pórfiros de ortoclásio, associados a metassomatismo do Sienogranito Redenção (est. AN-R-14).*



**Foto 18**

*Tonalito Arco Verde com xenólito em veio pegmático, atribuído ao Monzogranito Xinguara (est. AV-R-31).*



**Foto 19**

*Tonalito Arco Verde, metassomatizado pelo Monzogranito Xinguara (est. AV-R-31).*



**Foto 20**

*Granodiorito Rio Maria, aspecto de um afloramento (est. AV-R-84).*



**Foto 21**

*Granodiorito Rio Maria, com xenólito de ortoanfibólito. A foliação de fluxo magmático amolda-se ao xenólito. (Est. AV-R-12).*



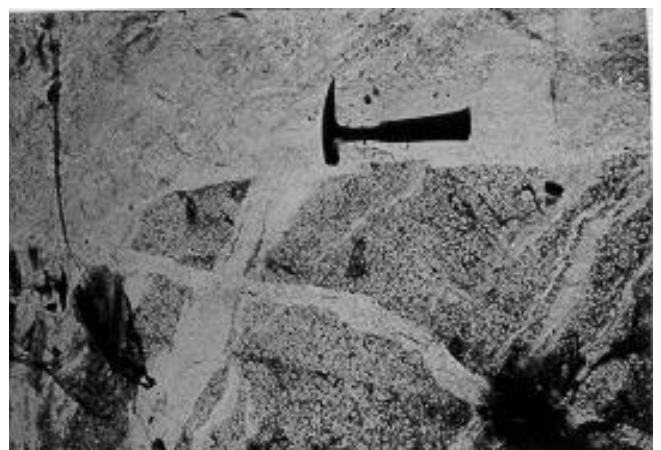
**Foto 22**

*Granodiorito Rio Maria, rico em hornblenda, isotrópico a ligeiramente foliado (est. AV-R-08).*



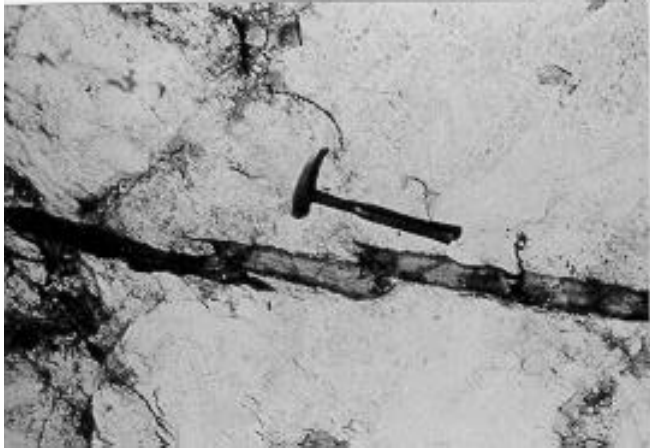
**Foto 23**

*Granodiorito Rio Maria, parcialmente digerido pelo magmatismo do Monzogranito Xinguara (est. AV-R-10C).*



**Foto 24**

*Granodiorito Rio Maria (est. AV-R-10C).*



**Foto 25**

*Granodiorito Rio Maria, milonitizado com dique máfico, de aspecto vítreo (est. AV-R-10B).*



**Foto 26**

*Monzogranito Xinguara, afloramento em forma de grandes blocos (est. AV-R-19).*



**Foto 27**

*Monzogranito Xinguara, afloramento em forma de lajedo e grandes blocos (est. AN-R-01).*



**Foto 28**

*Monzogranito Xinguara, esfoliação esferoidal com aspecto de casco-de-tartaruga (est. AN-R-01).*



**Foto 29**  
*Cinturão Araguaia/Fm. Couto Magalhães, metapelito lenticularizado, com atitude N10° E / 60° SE (est. AN-R-68).*



**Foto 30**  
*Detalhe da estação AN-R-68.*



**Foto 31**  
*Formação Couto Magalhães, metapelito com foliação milonítica N40° E / 90° S (est. AN-R-91).*



**Foto 32**  
*Formação Couto Magalhães, metapelito com foliação milonítica N30° E / 90° e movimento dextral (est. AN-R-104).*



**Foto 33**

*Formação Couto Magalhães, metapelitos (cinza-claro) intercalados com metarenitos (est. AN-R-40).*



**Foto 34**

*Detalhe da estação AN-R-40. Lascas de metarenito (cinza-escuro), intercalados a metapelitos (cinza-claro).*



**Foto 35**

*Detalhe da estação AN-R-40. As lascas de arenito têm atitudes variando de  $N15^\circ - N45^\circ W / 45^\circ NE$ , coincidentes com a foliação dos metapelitos.*



**Foto 36**

*Detalhe da estação AN-R-40.*





**Foto 37**

*Detalhe do metarenito, em corte paralelo ao strike. Os ressaltos indicam cavalgamento de NE para SW. (Est. - AN-R-40)*



**Foto 38**

*Formação Couto Magalhães, metarenito, com os metapelitos amoldando-se à lente de arenito (Est. AN-R-67).*



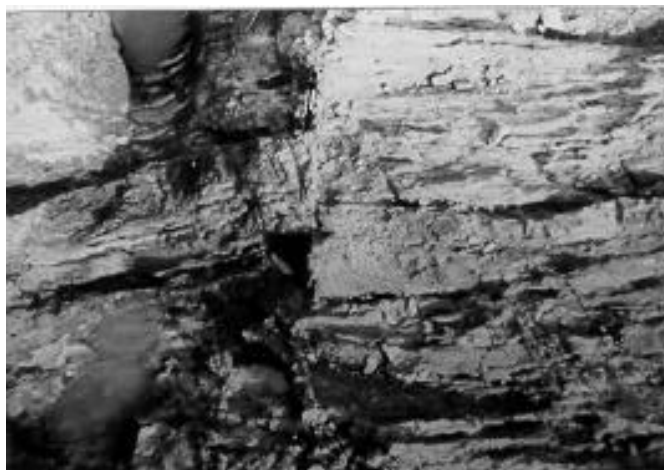
**Foto 39**

*Formação Couto Magalhães, metarenitos com camadas empinadas, estação situada a 4,25km de Novo Horizonte.*



**Foto 40**

*Formação Couto Magalhães, metapelitos com foliação geral N-S a N80°E, amoldando-se aos boudins de arenito (est. AN-R-22B).*



**Foto 41**

*Formação Couto Magalhães, metarenitos intercalados com metapelite, com cisalhamento rúptil e aparente movimento dextral (est. AN-R-67).*



**Foto 42**

*Serra Quatipuru, com morfologia de "cuesta", em seção E-W (leste à direita).*



**Foto 43**

*Serra Quatipuru, a porção desnudada é formada por rocha ultramáfica, e a porção com vegetação densa por silexito (est. AN-R-30).*



**Foto 44**

*Ultramáfica Quatipuru, afloramento de rocha ultramáfica com foliação anastomótica variando de N15°W a N30°W (est. AN-R-50C).*



**Foto 45**

*Silexito brechóide, formado às expensas da Ultramáfica Quatipuru (est. AN-R-40).*



**Foto 46**

*Ultramáfica Quatipuru, afloramento em forma de blocos (est. AN-R-24).*



**Foto 47**

*Lasca da Ultramáfica Quatipuru (porção escura), encaixada no metassedimento da Formação Couto Magalhães (est. RN-R-01).*



**Foto 48**

*Detalhe de contato tectônico da estação RN-R-01. Superfície de falhamento N25° W / 60° NE e S<sub>0</sub>/S<sub>n</sub> do metassedimento N30° W / 60° NE.*



**Foto 49**

*Rocha ultramáfica alterada com vestígios do serpentinito. Detalhe da estação RN-R-01.*



**Foto 50**

*Afloramento do Sienogranito Redenção, em forma de blocos abaulados (est. AN-R-105).*



**Foto 51**

*Sienogranito Redenção, aspecto macroscópico mostrando textura equigranular grosseira (est. AV-R-53).*



**Foto 52**

*Sienogranito Redenção, textura inequigranular porfírica (est. AV-R-51).*



**Foto 53**

*Sienogranito Redenção, textura fina, com pórfiros rapakivi (est. AV-R-51).*



**Foto 54**

*Contato brusco do Tonalito Arco Verde (à esquerda), com Sienogranito Redenção, limitado por zona de fraturamento (est. AV-R-11).*



**Foto 55**

*Zona de contato do Sienogranito Redenção, com o Tonalito Arco Verde. As porções mais escuras são relictos do tonalito (est. AV-R-11).*



**Foto 56**

*Cobertura laterítica sobre rochas do terreno granito-greenstone (est. AV-R-92).*



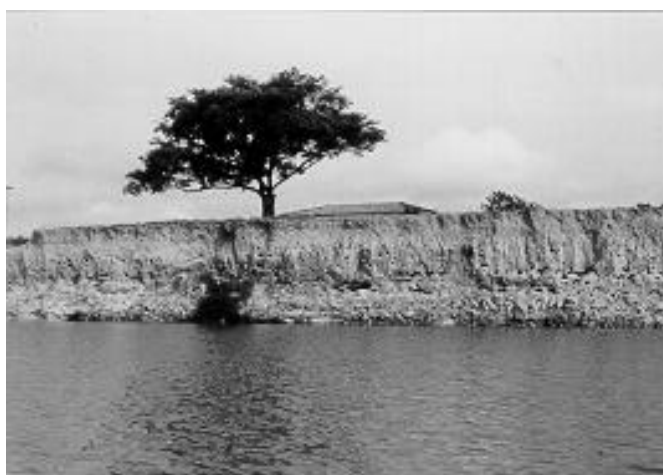
**Foto 57**

*Cobertura laterítica sobre rochas da Formação Couto Magalhães (Est. RN-R-02).*



**Foto 58**

*Sedimento detrítico (conglomerado) laterizado (est. AN-R-42).*



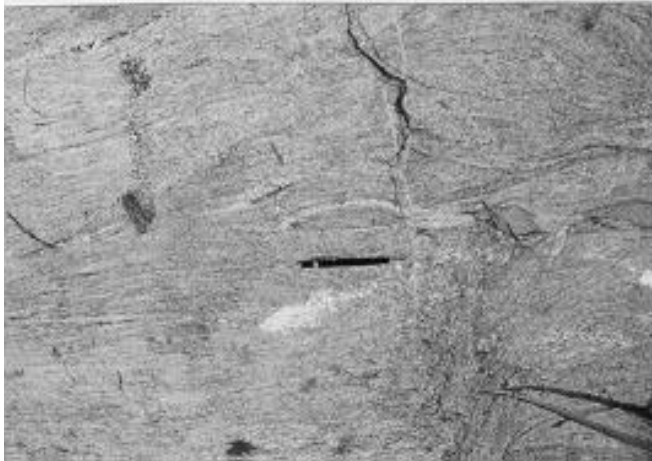
**Foto 59**

*Formação Bananal, sedimento areno-argiloso, pouco consolidado, com incipiente perfil laterítico (Est. AN-R-48).*



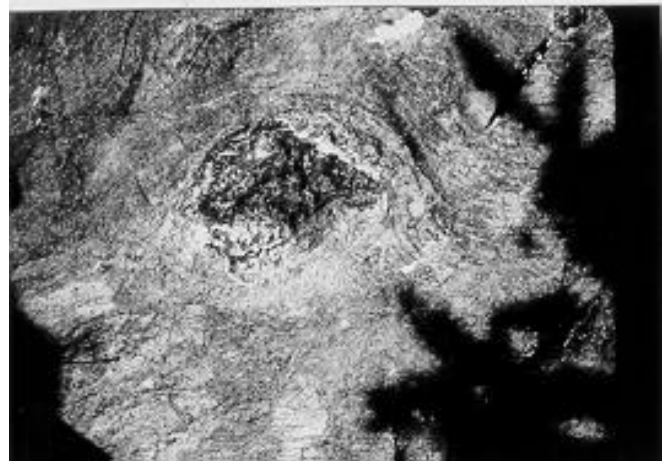
**Foto 60**

*Formação Bananal, detalhe da estação AN-R-48.*



**Foto 61**

*Estiramento e lenticularização de bandas (Tonalito Arco Verde). Regime direcional, movimento sinistral (3km a sul da est. AN-R-14).*



**Foto 62**

*Estiramento e rotacionamento de enclave máfico. Regime direcional, movimento sinistral (est. AN-R-21).*



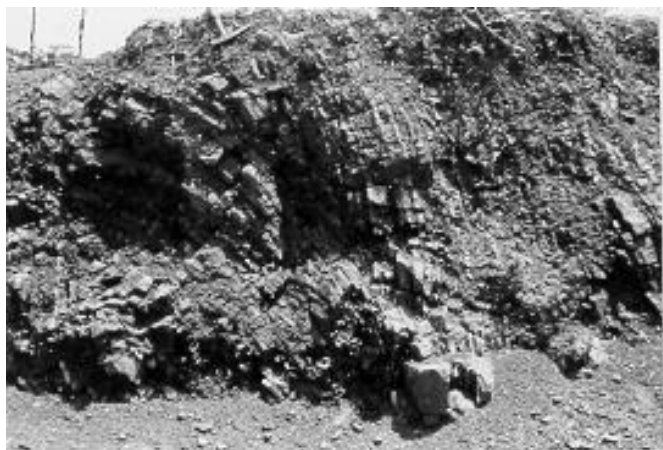
**Foto 63**

*Formação Ferrífera Bandada (BIF); Gp. Inajá, Fm. Morada da Prata (est. AN-R-05).*



**Foto 64**

*Formação Ferrífera Bandada (detalhe da foto 63).*



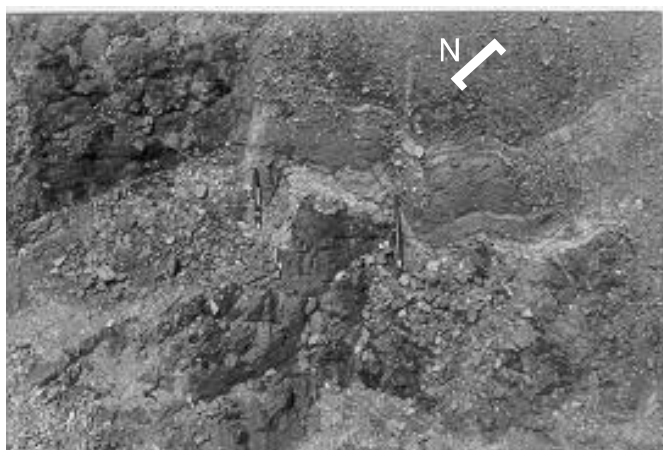
**Foto 65**

*Formação Ferrífera Bandada; Gp. Inajá/Fm. Morada da Prata (est. AV-R-148).*



**Foto 66**

*Zona de cisalhamento de caráter inverso (Fm. Couto Magalhães).  $S_0/S_n=N30^\circ W / 60^\circ NE$  (est. RN-R-01).*



**Foto 67**

*Metapelitos intercalados com metarenitos (Fm. Couto Magalhães).  $S_0=N60^\circ W / 70^\circ SW$ . Foliação  $N50^\circ E / 90^\circ$  (est. AN-R-91).*



**Foto 68**

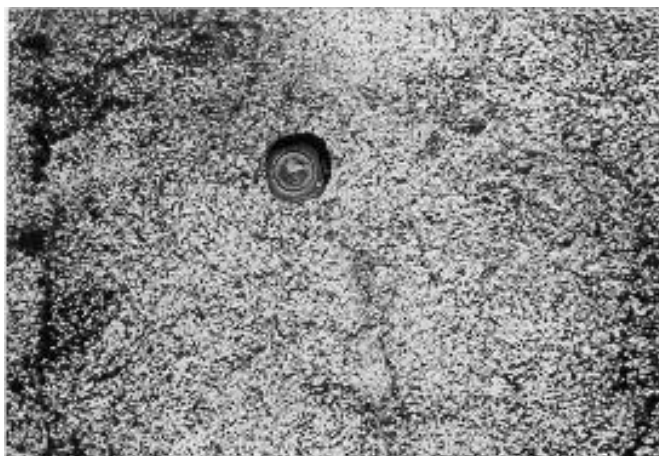
*Microdobras com ligeira transposição das lentes de pelitos (Fm. Couto Magalhães).  $S_n=N20^\circ E / 60^\circ SE$  (est. AN-R-67)*





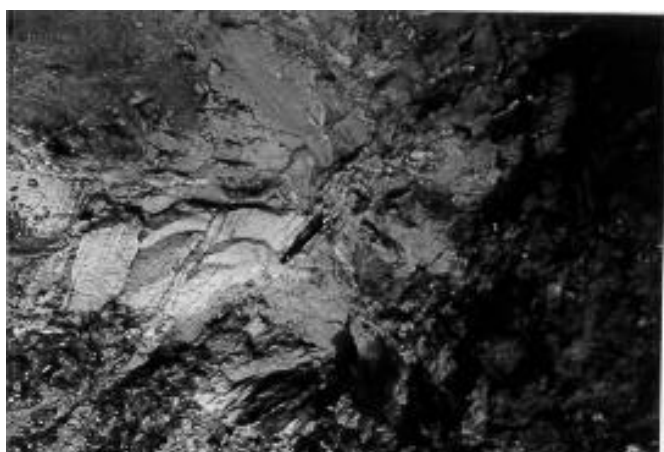
**Foto 69**

*Granodiorito Rio Maria, localmente deformado, com foliação milonítica E-W, subvertical (est. AV-R-10C).*



**Foto 70**

*Granodiorito Rio Maria, isotrópico (est. AV-R-08).*



**Foto 71**

*Metapelito intercalado com metarenito (Fm. Couto Magalhães);  $S_0/S_n=N80^\circ W / 35^\circ SW$ ;  $S_{n+1} N40^\circ E / 70^\circ SE$  (lapiseira) (est. AN-R-91).*



**Foto 72**

*Garimpo em depósito primário de ouro – Garimpo da Forquilha.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

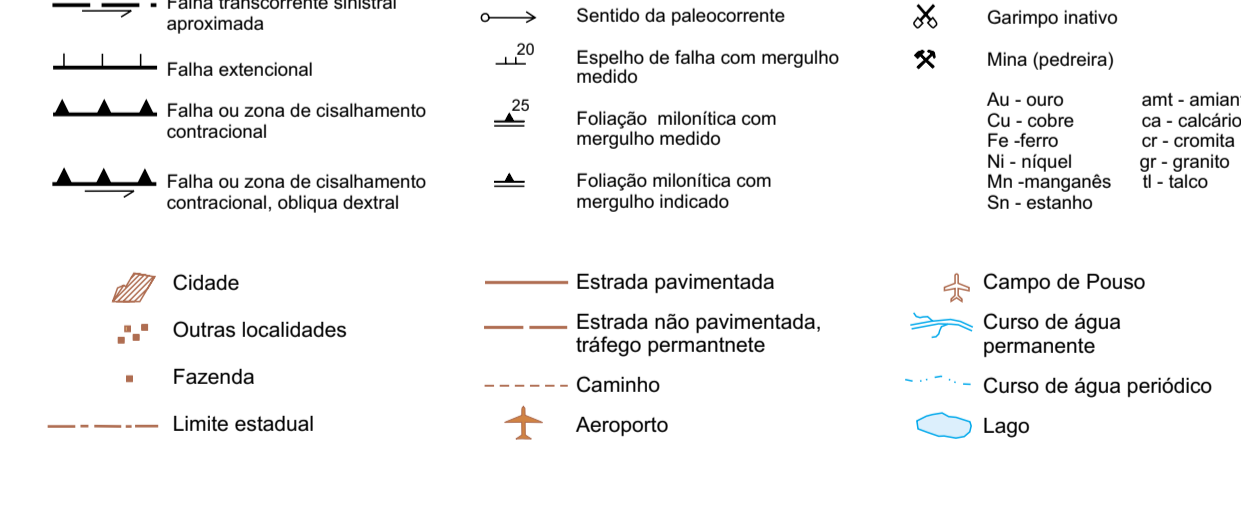
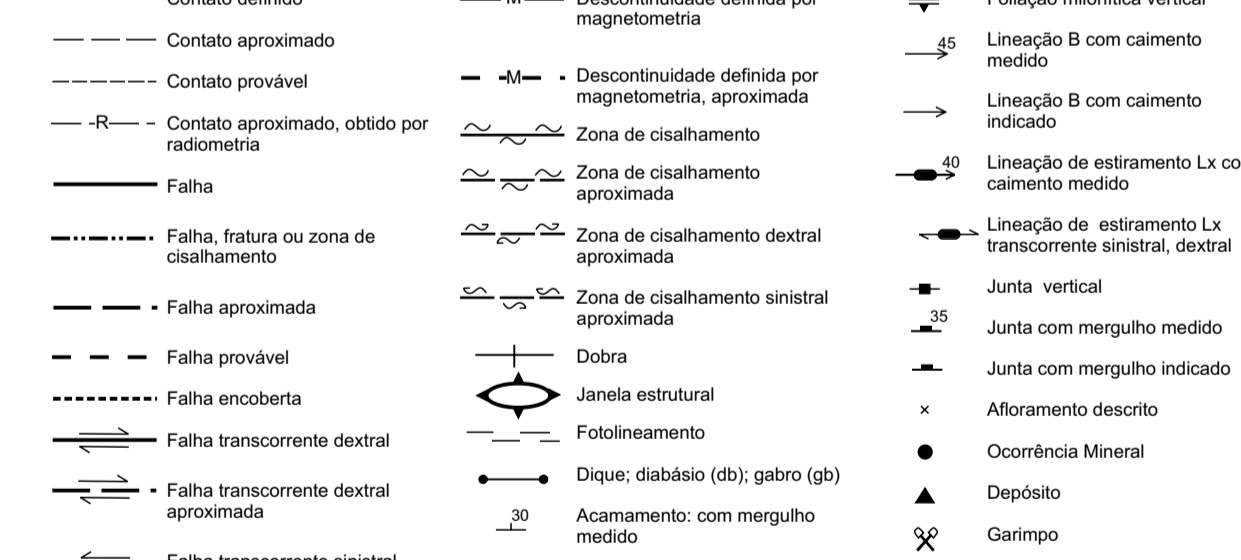
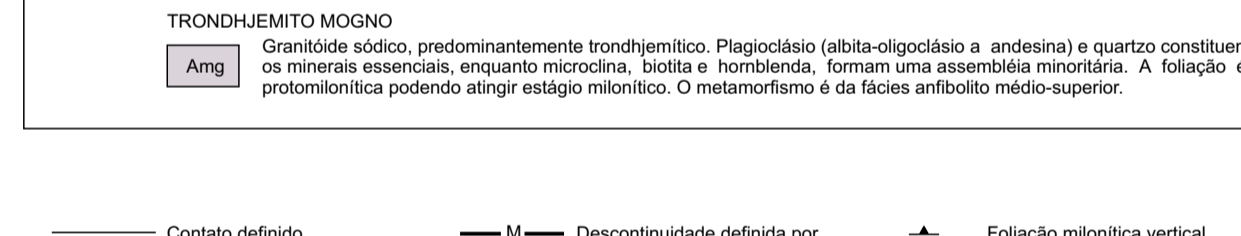
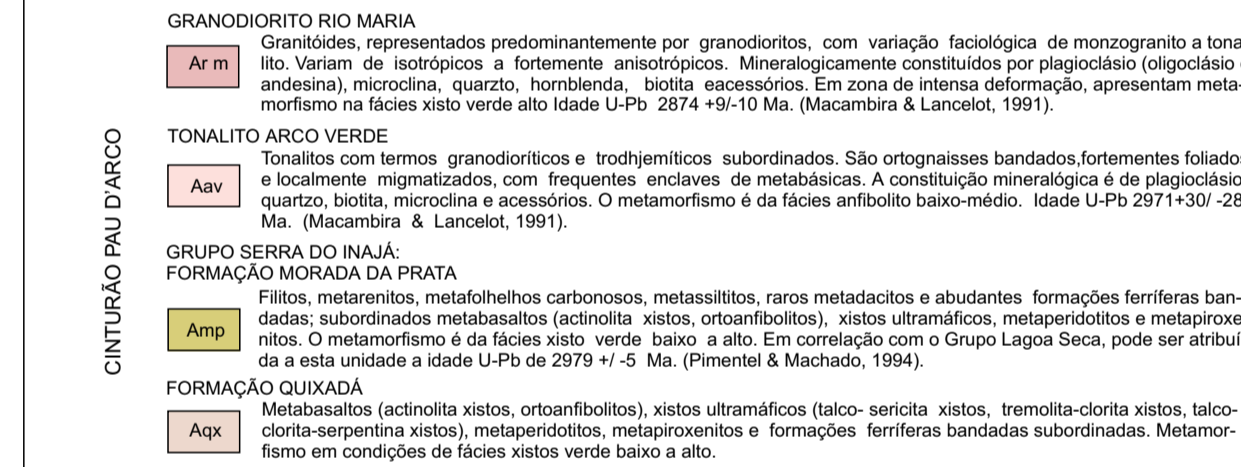
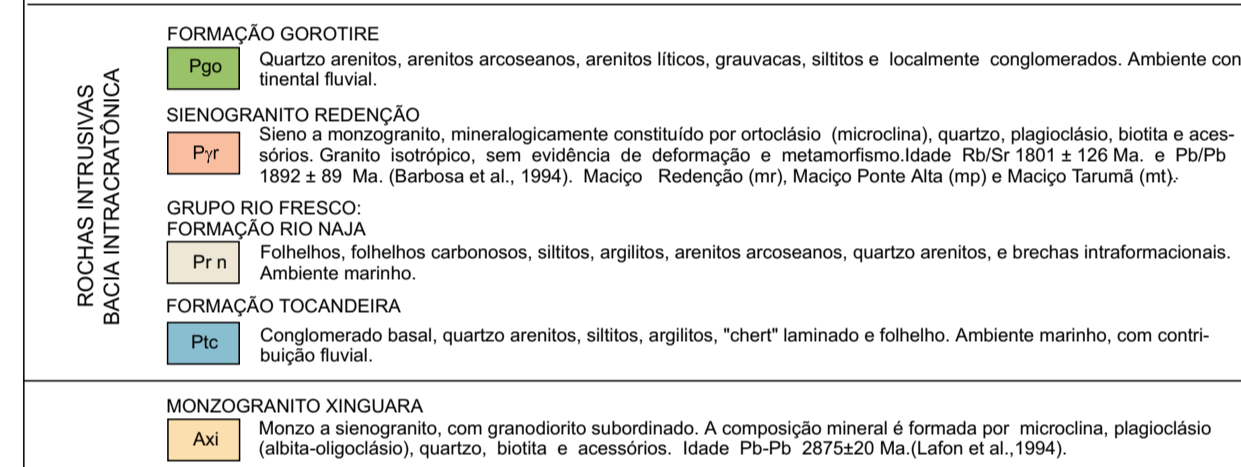
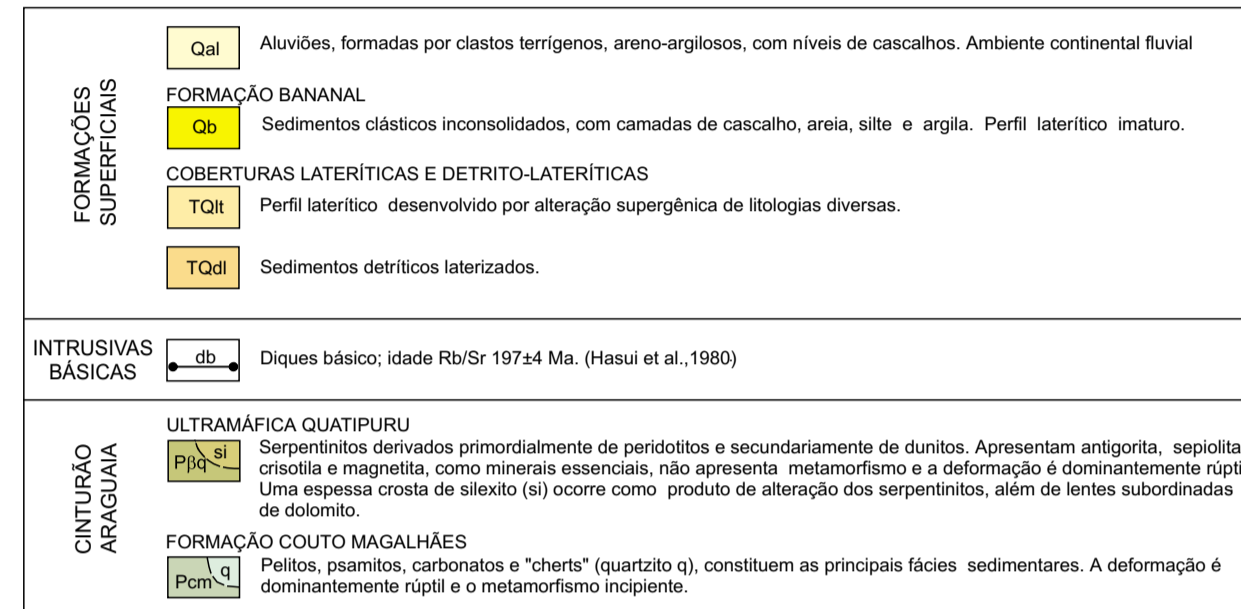
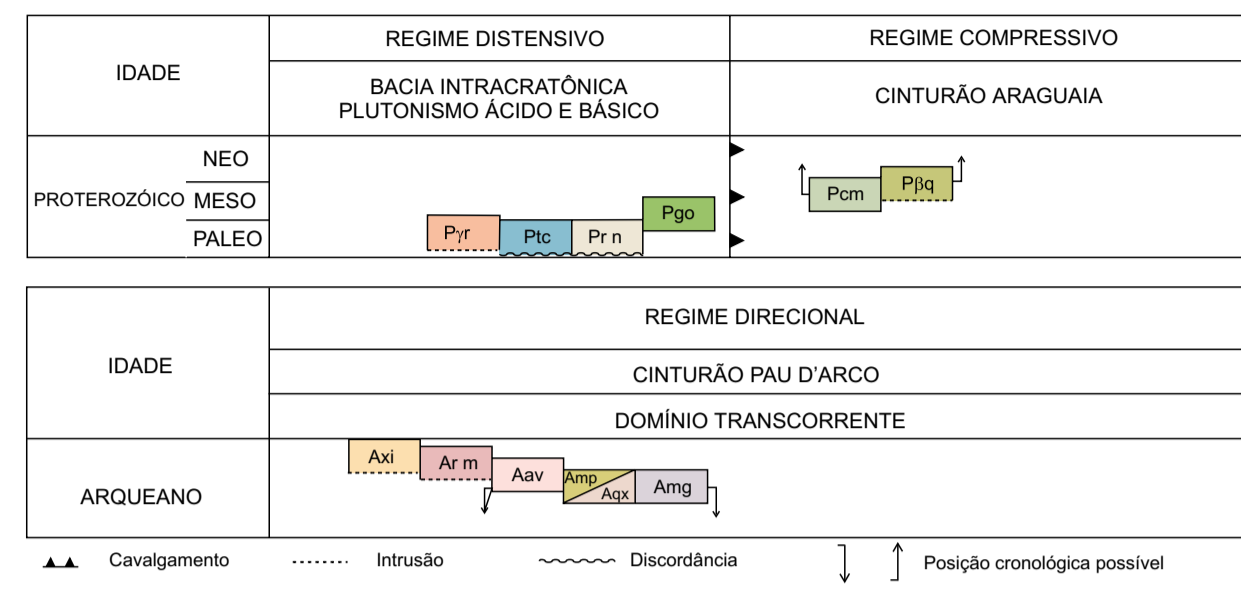
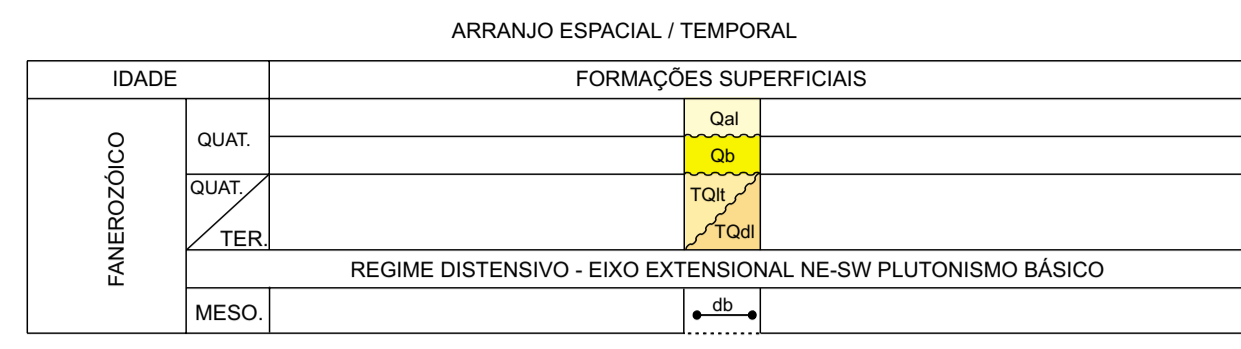
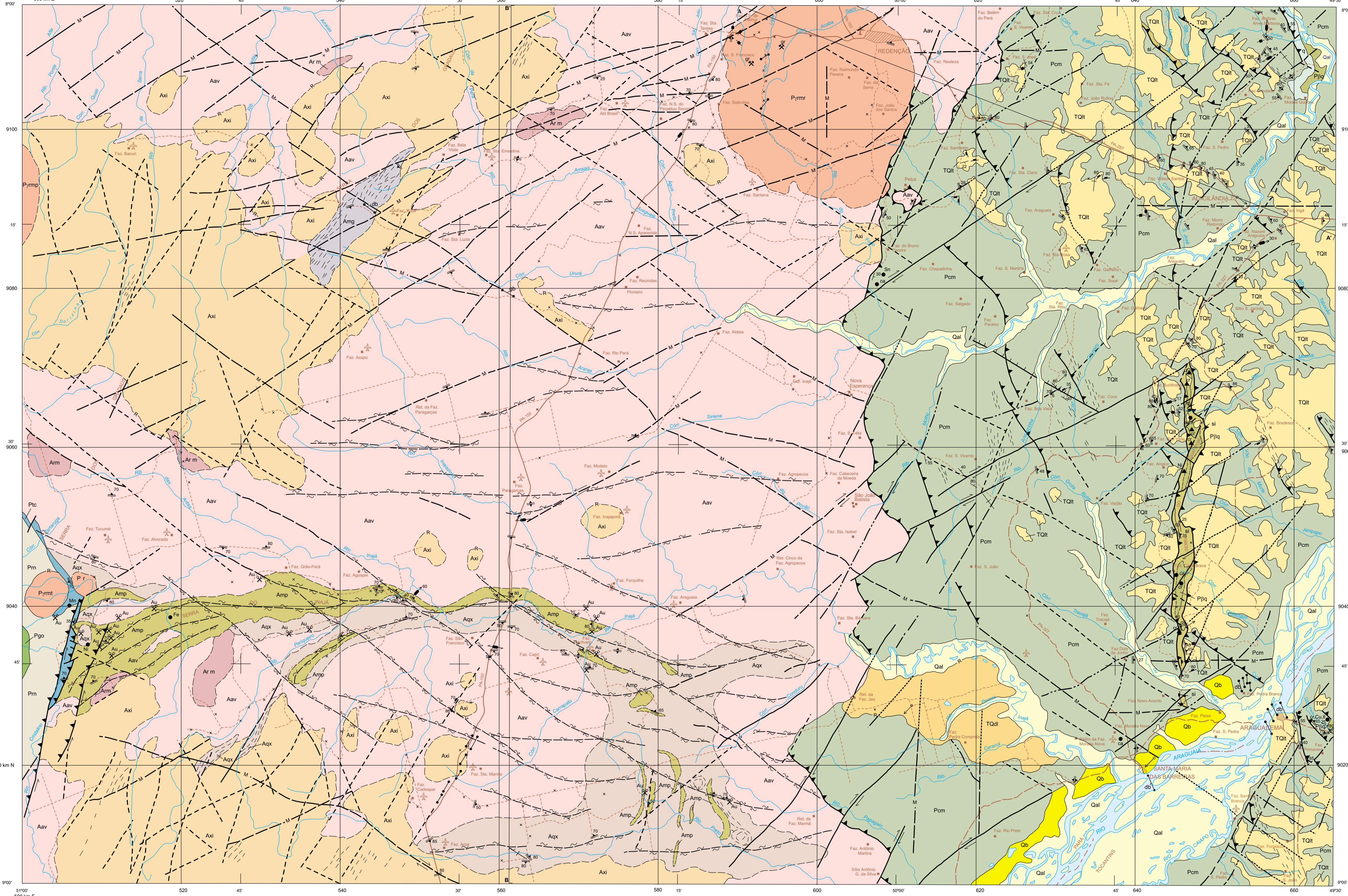
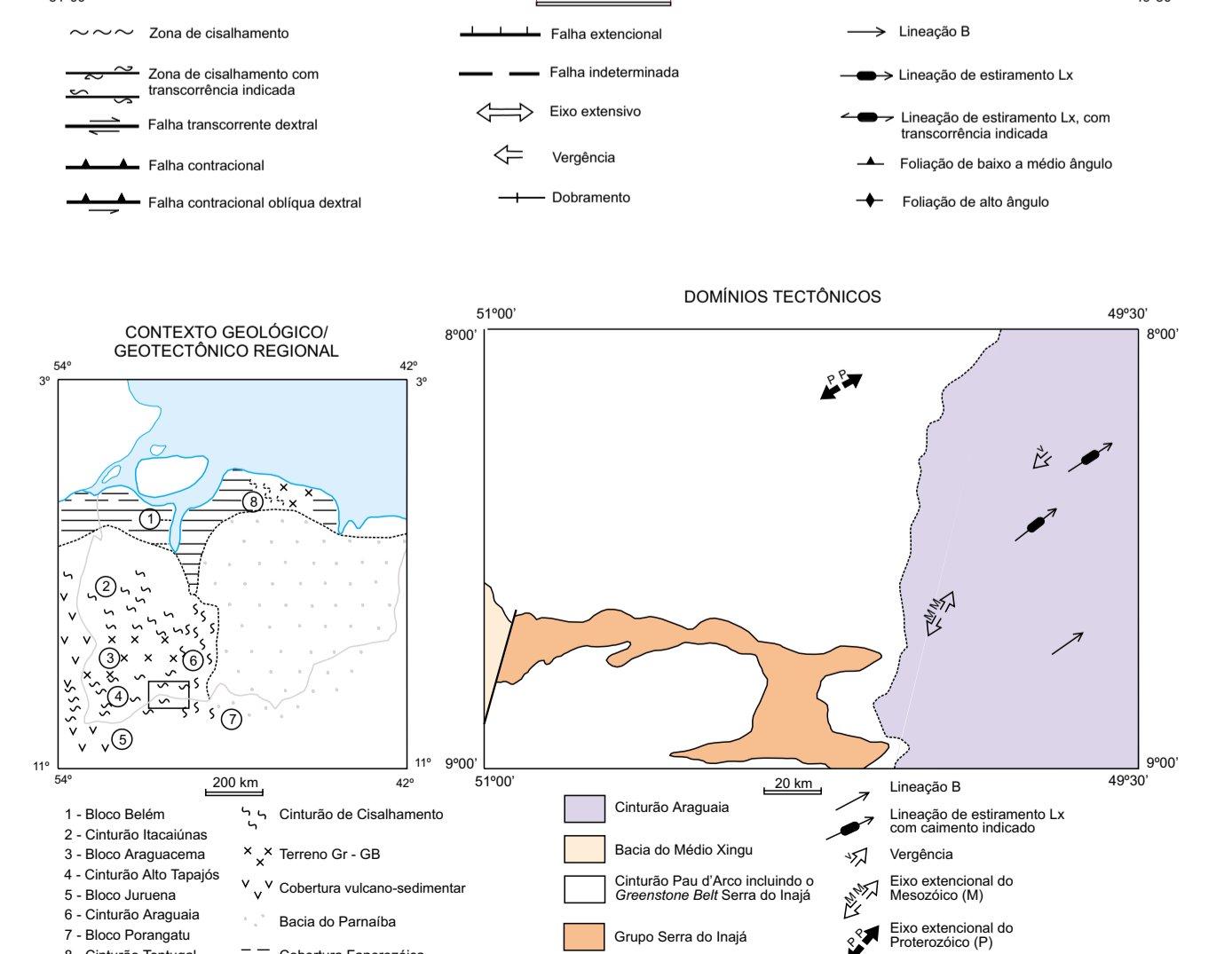
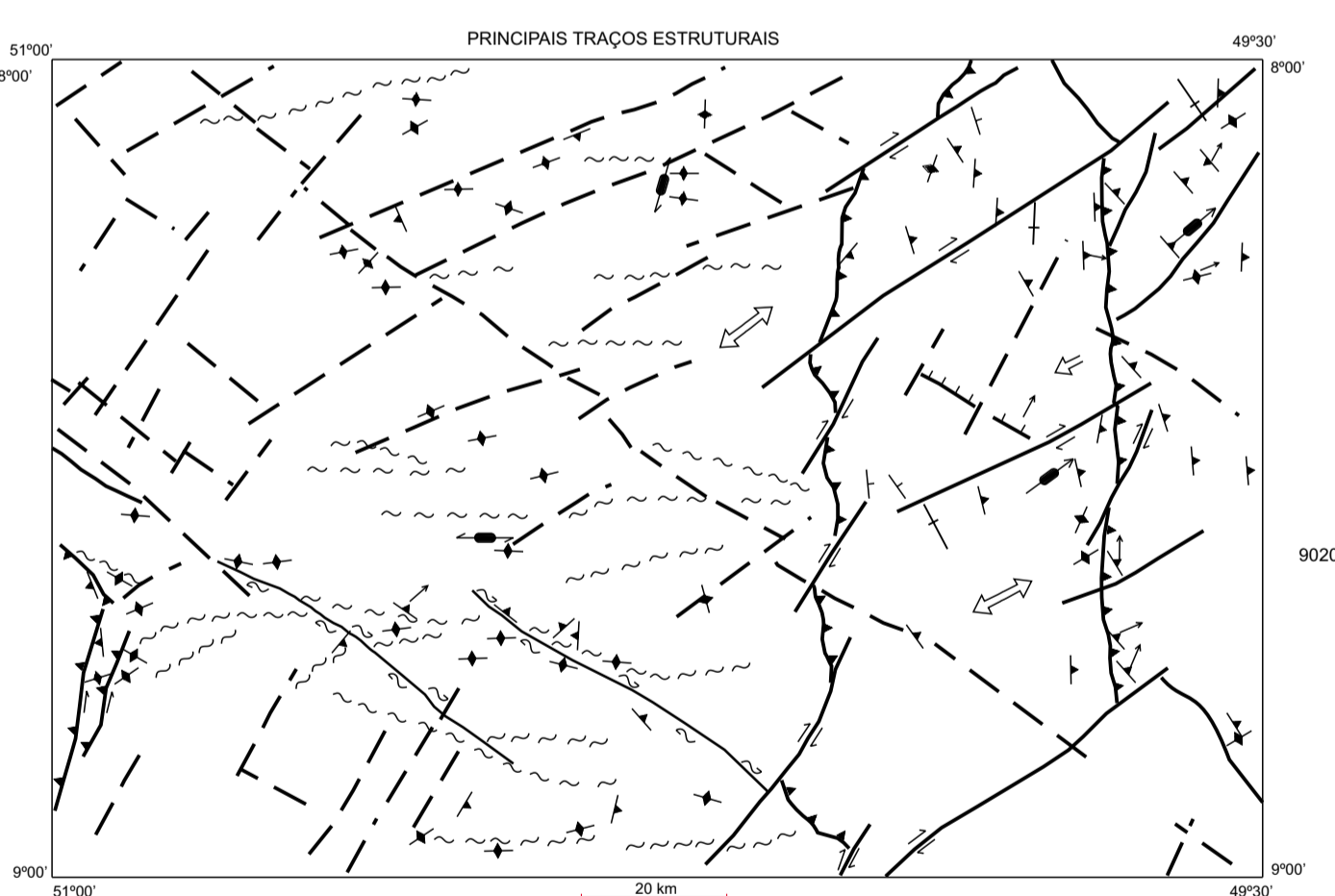
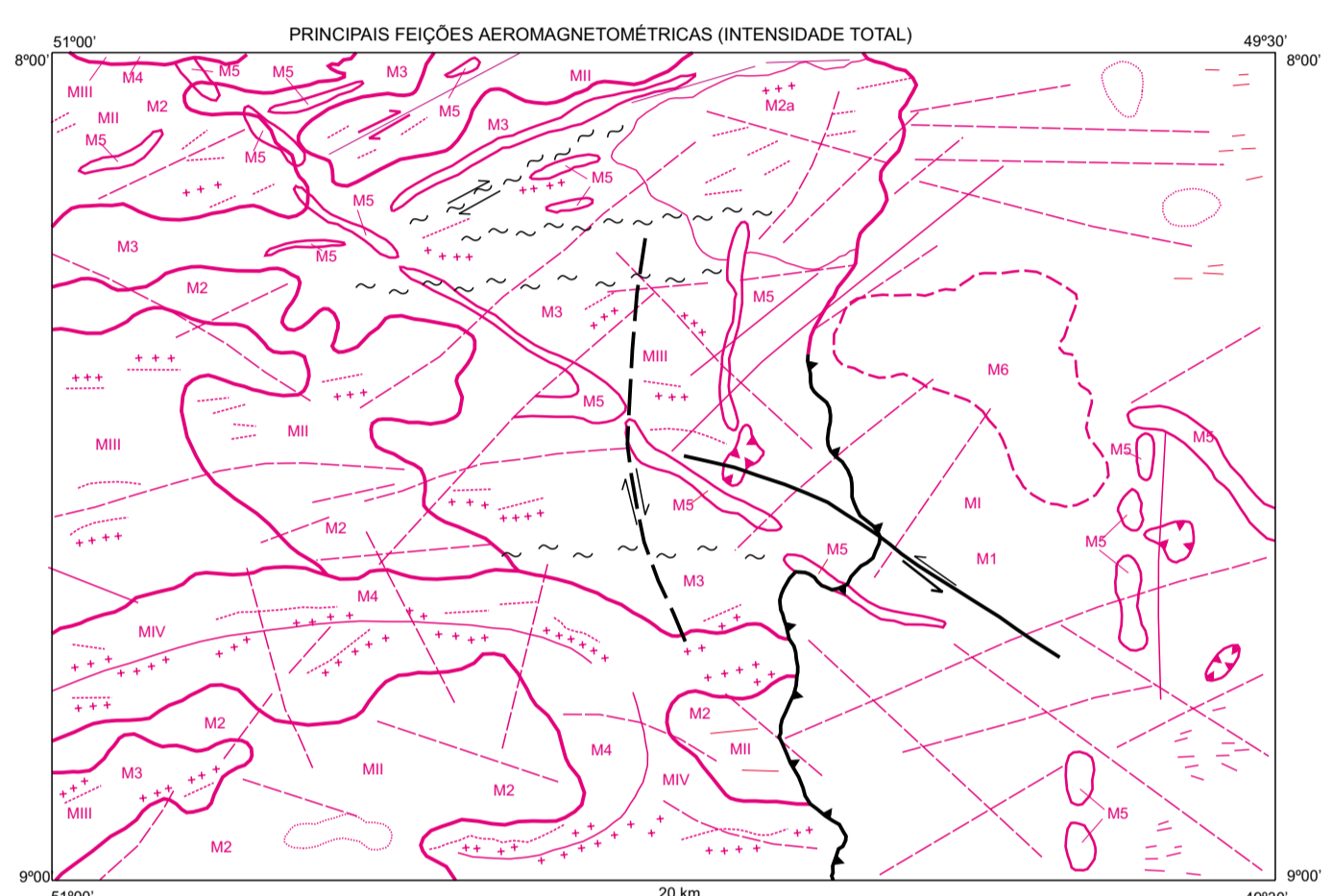
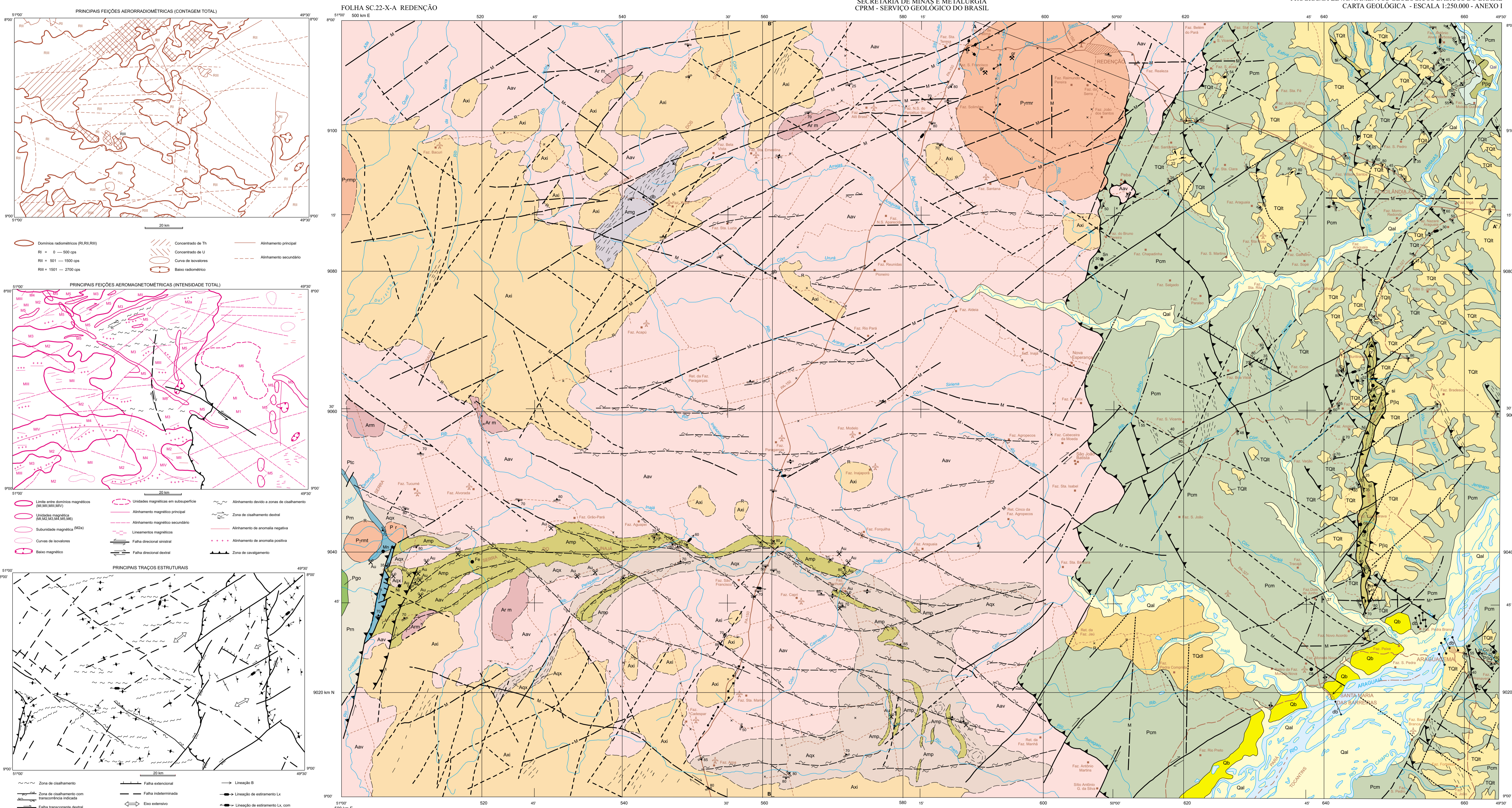
- ABREU, F. de A.M. de, O Super Grupo Baixo Araguaia. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, Recife.1978. *Anais do ...* Recife: SBG, 1978. p. 539-544. v.2 il.
- ABREU, F. de A. M. de. Estratigrafia e evolução do segmento setentrional da faixa de dobramentos Paraguai-Araguaia. Tese (Mestrado em Ciências Geológicas). Belém: UFPa/NGC, 1979. 90p. il.
- ABREU, F.de A.M. de, GOYRAEB, P.S. de S., HASUI, Y. Tectônica e inversão metamórfica no Cinturão Araguaia. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 4, Belém, 1994. *Boletim de ...* Belém: SBG, 1994. p.01-03.
- ALMEIDA, F.F.M. de, Sistema Tectônico Marginal do Cráton do Guaporé. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 28 Porto Alegre, 1974. *Anais do ...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974. V. 4, P. 7 - 17.
- ALMEIDA, F.F. M. de, HASUY, Y. *et al.* Província Tocantins; setor setentrional. *In: O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo: Edgard Blucher, 1984. p. 187-203. il.
- ALMEIDA, H.G. de, MARINHO, P.A. da C., MARTINS, R.C. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folha Marabá SB.22-X-D. Estados do Pará, Maranhão e Tocantins. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM, 1995. 144p il.
- ALTHOFF, F.J., DALL'AGNOL, R., SOUZA, Z.S. DE. Região de Marajoara-SE do Pará: prolongamento dos terrenos Arqueanos de Rio Maria ou retrabalhamento? *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 3, Belém, 1991. *Anais do ...* Belém: SBG, 1991. p. 130-141.
- AMARAL, G. 1974. Geologia Pré-Cambriana da Região Amazônica. Tese, Inst. Geoc. Univ. São Paulo
- ARAÚJO, O.J.B. *et al.* Primeira integração das investigações geológicas do Programa Grande Carajás na Região SSE do Estado do Pará. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 4, Belém, 1994. *Boletim de ...* Belém: SBG, 1994. p. 299-301.
- BARBOSA, O. *et al.* Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do "Projeto Araguaia". *Monografia da Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, nm. 19, 1966 94p. il.
- BAHIA, R.R., ABREU, F.de A.M. de. O Rift do Amazonas – sistema aulacogênico na Plataforma Amazônica. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 2, 1985, Belém. *Anais do ...* Belém: SBG, 1985. p.222-241. v.1 il.
- BARBOSA, A.A. *et al.* O Granito Redenção (Sul do Pará): novos dados geocronológicos Pb-Pb e Rb-Sr. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 4, Belém, 1994, *Boletim de ...* Belém: SBG, 1994. p. 302-306
- BARBOSA, E.P. Projeto Serra do Inajá (Norte); relatório final de pesquisa, São Paulo: PIC Mineração, 1985. 17p. il.
- BELTRÃO, J.F. Métodos Geofísicos aplicados ao ultramafito da Serra do Quatipuru – Estado do Pará. Tese (Mestrado em Geofísica). Belém: UFPa/NCGG, 1980. 58p. il.

- BEZERRA, P.E.L., MONTALVÃO, R.M.G. de. As sequências supracrustais do Arqueano Cráton Amazônico em território brasileiro. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 2, 1985, Belém. *Anais do...* Belém: SBG, 1985. p.44-58 v.1. il.
- BORGES, M. da S. *et al.* O quadro Litoestrutural da Folha SA.23-V-C (Castanhal). *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Camboriú-SC, 1994. *Boletim de Resumos...* Camboriú-SC: SBG, 1994. p. 113-116. v.2.
- CARVALHO, J.M. de A. *et al.* Características das principais mineralizações auríferas no Pará e Amapá. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Camboriú-SC, 1994. *Boletim de resumos...* Camboriú-SC: SBG, 1994. p. 286-288, v.1.
- CORDEIRO, A.A. C., Mc Candless, G. Maciço Ultramáfico de Quatipuru. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 29, Ouro Preto-MG, 1976. *Anais do...* Ouro Preto-MG:SBG, 1978. p. 9-15. v.3 il.
- COSTA, J.B.S. *et al.* Panorama tectono-estrutural da região sudeste do estado do Pará. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 4, Belém, 1994. *Boletim de...* Belém: SBG, 1994. p. 314-317.
- COUTINHO, L.F.C. *Sistemas distensivos*. Belém: PETROBRAS, DEXNOR/DINTER/ SEBAT-II [S.D] [Curso para Mestrado/Doutorado em Geofísica da UFPa conveniado com a PETROBRAS].
- CUNHA, B.C.C. de. O Grupo Rio Fresco como sequência plataformal da faixa de dobramentos Araguaia-Tocantins. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 2, Belém, 1985. *Anais do...* Belém: SBG, 1985. p. 362-375 v.1, il.
- CUNHA, B.C.C. de *et al.* *Folha SC.22 Tocantins*. Geologia... Rio de Janeiro; Projeto RADAMBRSIL, 1981 p. 21-196 (Levantamento de Recursos Naturais, v.22).
- DALL'AGNOL, R. *et al.* Estado atual do conhecimento sobre as rochas granitóides da porção Sul da Amazônia Oriental. *Revista Brasileira de Geociências*, v.16, n.1, p. 11-23, mar. 1986.
- DOCEGEO. Relatório final de pesquisa Serra do Quatipuru. Rio Doce Geologia e Mineração, Grupo CVRD. [S.N.T.] 3v. 1983 – Luiz Francisco P. Fragomeni (Resp. Técnico)
- FARACO, M.T.L., CARVALHO, J.M. de A. A carta metalogenética e previsional do Pará e Amapá. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Camboriú-SC, 1994. *Boletim de Resumos...* Camboriú-SC: SBG, 1994. p. 291-293. v.1.
- FIGUEIREDO, A.J. de A., SOUZA, J.O., OLIVATTI, O. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil*. Programa Grande Carajás. Conceição do Araguaia. Folha SC-22.X.B. Estados do Tocantins/Pará. Brasília: DNPM/CPRM, 1994. 136p. il.
- FRAGOMENI, L.F.P. *Relatório de Pesquisa*. Processos DNPM 850.038/039 e 045/80. Contagem-MG, 1983. 23p. il.
- GAY JR, S.P. Fundamental Characteristics: of aeromagnetic lineaments their geological significance and their significance to geology. Utah: American Stereo Map Company, 1972.
- GORAYEB, P.S. de S. Corpos serpentiniticos da Faixa Araguaia na região de Araguacema - Pequizeiro - Conceição do Araguaia (Goiás-Pará). *Revista Brasileira de Geociências*. São Paulo, v.19, n.1, p.51-62, mar., 1989.
- HASUI, Y., COSTA, J.B.S. O Cinturão Araguaia, um novo enfoque estrutural-estratigráfico. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 36, Natal, 1990. *Anais do...* Natal: SBG, 1990. p.2535-2549. v. 6. il.
- HASUI, Y., HARALYI, N.L.E., SCHOBENHAUS, C. Elementos geofísicos e geológicos da região Amazônica: subsídios para o modelo geotectônico. *In: SYMPOSIUM AMAZÔNICO*, 2, Manaus, 1984. *Anais do...* Manaus: DNPM/CNPq, 1984. p. 129-141.
- HASUI, Y. *et al.* Datações Rb-Sr e K-AR do Centro-Norte do Brasil e seu significado geológico-geotectônico. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 31, 1980, Camboriú. *Anais do...* Camboriú – SC: SBG, 1980 v.5. P.2659-2676.
- HERZ, N. *et al.* The Araguaia fold belt, Brazil: a reactivated Brasiliano-Pan-African cycle (550 Ma) Geosuture. *Precambrian Research*, v. 42, p.371-386, 1989.
- IDESP. *Formação Piauí (?)* - calcários da área do "Sítio do Meio" (Redenção) (Primeira fase relatório, suplementar nº 3) Belém: 1974.
- LAFON, J.M., RODRIGUES, E., DUARTE, K.D. Le granite Mata Surrão: Un magmatisme monzogranitique contemporain des associations tonalitiques Trondhjemitiques – granodioritiques archéennes de la région de Rio Maria (Amazonie orientale, Brésil Academie). *Académie des Sciences*. v. 318, p. 643-649, 1994.

- LAFON, J.M. *et al.* A Faixa de dobramentos Araguaia (TO) novos dados geocronológicos. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 36, Natal, 1990. *Anais do ...* Natal: SBG, 1990. p. 2550-2563. v.
- LAFON, J.M. *et al.* Geocronologia Rb-Sr. em rochas totais e Minerais Do Granodiorito Cumaru, Serra Dos Gradaús, Pa. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 36, Natal, 1990. *Anais do ...* Natal: SBG, 1990. p. 2959-2940, v.6 il.
- LANA, M.C. *Dinâmica do rifteamento continental*. Seminário interno da PETROBRAS, 1986. *In: Curso para Mestrado/Doutorado em Geofísica da UFPa, Conveniado com a PETROBRAS...* Belém: PETROBRAS/DEXNOR/DINTER/SEBAT I [S.D.]. il.
- LEITE, A.A.S., DALL'AGNOL, R. Estratigrafia e aspectos geológicos da região de ocorrência do granito Xinguara (SE do Pará) *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 4, Belém: SBG, 1994. p. 325-327.
- MACAMBIRA, J.B. *et al.* Projeto Gradaús I; relatório final. Belém: Convênio DNPM/UFPa., 1986. 99p. il.
- MACAMBIRA, M.J.B., SCHELLER, T. Estudo comparativo entre métodos geocronológicos aplicados em zircões; o caso do granodiorito Rio Maria, Província de Carajás. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 4, Belém, 1994. *Boletim de ...* Belém: SBG, 1994. p. 339-342.
- MAGALHÃES, M.S., FIGUEIREDO, M.A.B.M., ALTHOFF, F.J. Comportamento magnético do Tonalito Arco Verde e do granito Guarantã, Rio Maria, Pará: Susceptibilidade magnética e minerais opacos. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 4, Belém, 1994. *Boletim de ...* Belém: SBG, 1994. p. 347-348.
- MARINHO, P.A. da C. Cinturão Itacaiúnas e Araguaia na folha Marabá. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Camboriu-SC, 1994. *Boletim de Resumos...* Camboriu-SC: SBG, 1994 p. 214-215. v.1.
- MARINHO, P.A. da C. *et al.* *Projeto Carvão no Rio Fresco*. relatório final; Texto. Belém: Convênio DNPM-CPRM, 1977. v.1. il.
- MARTINS, R.C. A Geofísica em auxílio ao mapeamento geológico básico na Folha Marabá. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Camboriu-SC, *Anais do...* Camboriu-SC: SBG, 1994. p.18-20, v.2.
- MEDEIROS, H 1987. Petrologia da porção leste de batólito granodiorito de Rio Maria, sudeste do Pará, tese de mestrado, Belém. CPGG/UFPa. 184 p.
- MONTALVÃO, R.M.G. Litoestratigrafia do Grupo Araxá (Grupo Estrondo) O Grupo Tocantins. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, Recife, 1978. *Anais do ...* Recife: SBG, 1978. p.649-660 v.2. il.
- MONTALVÃO, R.M.G. *et al.* Características petrográficas e geoquímicas do Granito Redenção e suas possibilidades metalogenéticas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 32, Salvador, 1982. *Anais do...* Salvador: SBG, 1982. p. 520-546. v.2.
- MONTALVÃO, R.M.G. *et al.* Cobertura de plataforma sua sedimentação evolução tectônica. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais do ...* Rio De Janeiro: SBG, 1984. p. 2101-2124, v.4.
- MONTALVÃO, R.M.G. *et al.* Geocronologia Rb-Sr dos terrenos granodioríticos e trondhjemiticos da Região de Rio Maria, sul da Serra dos Carajas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 35, Belém, 1988. *Anais do ...* Belém: SBG, 1988. p. 1478-1486. v.3.
- MONTALVÃO, R.M.G. de, BEZERRA, P.E.L. Evolução geotectônica do cráton Amazônico (Amazônia Legal) durante o Arqueano e Proterozóico. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 2, Belém, 1985. *Anais do ...* Belém: SBG, 1985. p. 282-297, v.1. il.
- MONTALVÃO, R.M.G. de, BEZERRA, P.E.L. Geologia e tectônica da plataforma (cráton) Amazônica (Parte da Amazônia Legal Brasileira) *Revista Brasileira de Geologia*, São Paulo, v.10, n.1, p.1-27, mar., 1980.
- MOURA, C.A.V. Geochronology and geochemistry of the basement orthogneisses of the Araguaia Belt, Brazil. Tese (Doctor of Philosophy in Earth Sciences) Durham: University of New Hampshire, 1992. 236 p.
- MOURA, C.A.V. *et al.* Geocronologia da parte setentrional do Cinturão Araguaia, Estado atual do conhecimento. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Camboriu-SC, 1994. *Boletim de Resumos...* Camboriu-SC: SBG, 1994. p. 242-243. v.1.
- MOURA, C.A.V., GAUDETTE, H.E. Archean zircon ages of the basement rocks of the Araguaia Belt, North-Central Brazil; additional evidence of Gondwana evolution. *Spring Meeting Montreal*. p. 369-370, 1992.

- MOURA, C.A.V., GAUDETTE, H.E. Evidence of Brasiliano/Panafrican deformation in the Araguaia Belt: implications for Gondwana evolution. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 37., São Paulo, 1992. *Boletim de Resumos Expandidos*. São Paulo: SBG, 1992. p. 316-317. v.1.
- MOURA, C.A.V., GAUDETTE, H.E. Zircon ages of the basement orthogneisses of the Araguaia Belt, North-Central Brazil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA*, 4, Brasília, 1993. *Resumos expandidos*. Brasília: SBG, 1993. p. 232-235.
- NEVES, A.P. Formação Couto Magalhães aspectos sedimentares e tectônicos. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Camboriú-SC. *Boletim de Resumos...* Camboriú-SC: SBG, 1994. p. 273-275. v.3.
- PARADA, J. N. *et al.* O minério de ferro; Rio Naja. *Boletim do DNPM/DGM*, Rio de Janeiro, n. 235, 1966. P.1-24.
- PASTANA, J.M. do N. *et al.* Projeto Rio Chiché; Relatório de Progresso; texto. Belém: Convênio DNPM-CPRM, 1980. v.1. il.
- PENA FILHO, J.I. de C., SANTOS, A. dos, RICCI, P. dos S. F. Novas contribuições à cobertura Sedimentar Proterozóica da Serra das Andorinhas, Município de Rio Maria e Conceição do Araguaia - Sul do Pará. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Camboriú-SC, 1994. *Boletim de Resumos...* Camboriú-SC: SBG. 1994. p.300-301. v.3.
- PENA FILHO, J I de C ,SANTOS, A. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Xinguara. Folha SB.22-Z-C.Estado do Pará. Escala 1:250.000. (no prelo).
- PIMENTEL, M.M., MACHADO, N. Geocronologia U-Pb dos terrenos granito-*greenstone* do Rio Maria-Pará. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Camboriú-SC, 1994. *Boletim de Resumos...* Camboriú-SC: SBG, 1994. p. 390-391. v.2.
- PROJETO Geofísico Brasil-Canadá – *Geoquímica regional no centro-oeste do Brasil (fase brasileira)*. Relatório, 7. Texto. Goiânia: 1979. 189p. il.
- RAMOS, J.L. *et al.* - 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, 1984. p. 862-872. v.2.
- SANTOS, R.O.B., COSTA, J.B.S. A estruturação do Cinturão Araguaia na Região de Xambioá. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 4, Belém, 1994. *Boletim de ...* Belém: SBG, 1994. p. 61-64.
- SILVA, G.G. da *et al.* *Geologia das folhas SB.22 Araguaia e parte de SC. 22 Tocantins...* Rio de Janeiro: Projeto RADAM, 1974. (Levantamento de Recursos Naturais, 4).
- SILVA, J.M.R. da. Metamorfismo das rochas pelíticas do segmento setentrional da faixa Paraguai-Araguaia Tese (Mestrado em Ciências na área de Geologia) Belém: UFPA/NCGG, 1980. 48 p. il.
- SOUZA, J.O., MORETON, L.C. Geologia da Folha Xambioá (SB.22-Z-B). *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Camboriú-SC, 1994. *Boletim de Resumos...* Camboriú-SC: SBG, 1994. p. 84-86. v.2.
- SOUZA, Z.S., DALL'AGNOL, R. Metamorfismo de alto grau no "Greenstone-belt" de identidade, região de Xinguara - Rio Maria, SE do Pará. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 4, Belém, 1994. *Boletim de Resumos ...*:Belém-PA: SBG, 1994. p. 387-390.
- SOUZA, Z.S. *et al.* Geologia do Terreno Granito – "Greenstone" Arqueano da região de Rio Maria, Sudeste do Pará. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 36, Natal, 1990. *Anais do...* Natal: SBG, 1990. p.2913-2928. v.6. il.
- STRIEDER, A.J. *et al.* O Significado tectônico dos lineamentos transbrasilianos no processo colisional neoproterozóico da Província Estrutural do Tocantins – uma hipótese de trabalho. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Camboriú-SC, 1994. *Boletim de Resumos...* Camboriú-SC: SBG, 1994. p.267-268 v.1.
- VALE, A.G., NEVES, A.P. O Granito Redenção: Estado do Pará. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, Camboriú-SC, 1994. *Boletim de Resumos...* Camboriú-SC: SBG, 1994. p. 149-150 v.1.
- VILLAS BOAS, J.M. *et al.* *Projeto Prospecção de Carvão Energético nas áreas de ocorrência da Formação Rio Fresco*; relatório final. Texto. Belém: Convênio DNPM-CPRM, 1980. 38 p. il.

FOLHA SC.22-X-A REDEÇÃO

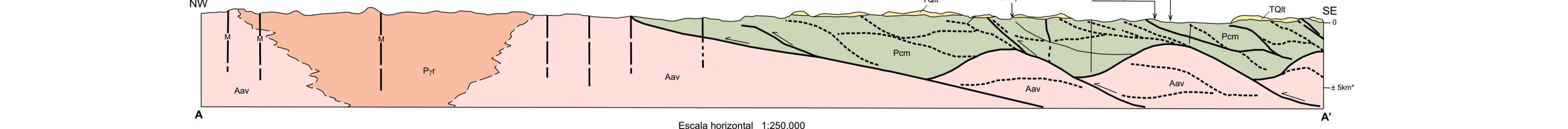


Baixa planimétrica e tema digitalizados pela GERDES/SUREG/BE, a partir da folha SC.22-X-A Redenção, 1ª edição, IPR, 1966.

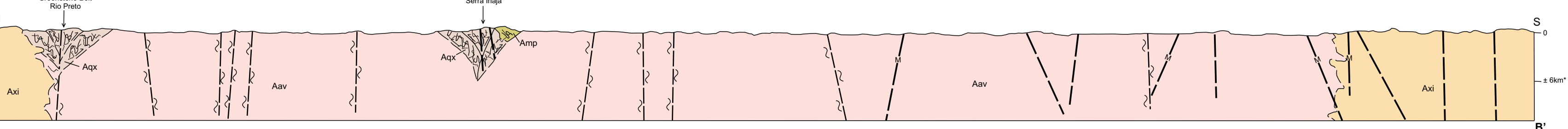
Responsável Técnico: Agildo P. Neves e Arminio G. Vale Supervisor: Afrêdo dos Santos

Projeto: Programa Grande Carajás - PGC e Programa Levantamentos Geológicos do Brasil - PLGB...

SEÇÃO GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA INTEGRADA (GEOLOGIA/GRAVIMETRIA)



SEÇÃO GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA INTEGRADA (GEOLOGIA/MAGNETOMETRIA)



CARTA GEOLÓGICA ESCALA 1:250.000 PROJECÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL  
CARTA METALOGÊNICA/PREVISIONAL - ESCALA 1:250.000 - ANEXO II

FOLHA SC 22-X-A REDENÇÃO

**CONVENÇÕES METALOGÊNICAS**

**ÁREAS MINERALIZADAS/PREVISIONAIS**

PROVÁVEL	POSSÍVEL	POTENCIAL
Área com identificação de metalo- tecto comprovado (relação entre aumento geoquímico do elemento definido) e/ou indicado (relacionado a raras indicações de mineralização)	Área com continuidade de metalo- tecto comprovado e/ou com iden- tificação de metalo- tecto indicado (relacionado a raras indicações de mi- neralização)	Área com continuidade de metalo- tecto indicado (relacionado a raras indicações de mineralização) e/ou in- dicado (deduzido a partir de análi- ses com contexto geológico-metal- logenético similar)

**CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS**

**OURO**  
ÁREA I - Compreende supracrustais associadas a uma granitização met-  
amórfica de médio grau da Serra de Inajá. Toda esta área é  
previsionamente favorável para mineralizações auríferas, tanto pelo  
condicionamento tectono-strutural quanto pelo tipo de associação metasedimen-  
tar e predominantemente representada por formação ferrífica bandada (BFB),  
destacada da associação mafico-ultramáfica pela pré-conformação  
aurífera (0.55ppm). Esta área comporta depósitos primários (filões) e  
secundários (aluviais), além de indicadores de ouro em concentrado de batela.  
Grande parte dessas concentrações auríferas associadas às zonas  
de cisalhamento. Os garrimpos desenvolveram-se tanto nos depósitos  
primários como nos secundários. Subáreas com maior potencial aurífero  
estão individualizadas no mapa e caracterizadas abaixo:

**SUBÁREA Ia** - Engloba metassedimentos onde ocorrem filões (n°s 23, 28 e  
30) e aluviais (n°s 18, 22 e 32) auríferos, expólos por garrimpos. Os  
filões estão associados a zonas de cisalhamento NNW-SSE (n°s 23, 28 e  
E-W (n° 30). Esta área é altamente promissora, por suas características lito-  
estruturais e intrínsecas mineralizadoras.

**SUBÁREA Ib** - Esta associada a uma zona de cisalhamento de direção E-W  
superficial em formação ferrífica bandada da qual originam-se um  
garrimpo aluvionar (n° 25) e um indicio de ouro, delimitado em  
concentrado de minerais pesados, a partir do sedimento ativo de corrente.

**SUBÁREA Ic** - Associa-se a uma zona de cisalhamento (NE-SW) super-  
ficial a associação metasedimentar e mafico-ultramáfica. Um indicio  
de ouro foi detectado em concentrado de minerais pesados e outro em  
quarto de veio (225ppm) associado a filão encasado em xisto máfico.

**SUBÁREA Id** - Envolve todo metassedimento como xistos máficos.

**Nesta área é promissora uma zona de cisalhamento com direção NW-SE.**  
**Os filões auríferos encontram-se nos "trechos" NE-SW (n°s 19 e 31), N-S (n°s 29 e NW-SE (n° 33). Áreas associadas a esta área, encontram-se um garrimpo aluvionar (n° 16).**  
Esta área é bastante promissora por suas características lito-estruturais e mineralizadoras associadas.

**SUBÁREA II** - Relaciona-se a formação ferrífica bandada, com orientação sub-meridiana. Um garrimpo aluvionar (n° 36) está associado a esta área.

**SUBÁREA III** - Compreende formação ferrífica bandada e xistos máficos.  
O filão associado (n° 37) possui direção NW-SE, coincidente com importante zona de cisalhamento que pode ser o agente controlador da mineralização. Indício de ouro em concentrado de minerais pesados ocorre associado a esse contexto litoestrutural.

**ÁREA IIII** - Compreende sedimentos do Grupo Rio Fresco e corpo granítico intrusivo. O jazimento aluvionar e a presença de ouro em concentrados de batela nas terças do granito, sugerem a ação mineralizante deste, provavelmente a partir da seqüência metavulcano-sedimentar.

**NÍQUEL E CROMO (Amianto)**

**ÁREA III** - Compreende uma lasca alóctona de rocha ultramáfica (peridotito = 90% e dunito = 10%), designada formalmente de Ultramáfica Quaternária. Possui diversas ocorrências e depósitos de cronita (n°s 6, 7, 9, 10, 14 e 27) em forma de lente. A textura pode ser maciça desmineralizada e nodular. A cronita contém 10.52% de Fe e 4 da latido relativo (Cr:Fe=2.02). O níquel forma significativo depósito laterítico (n° 11), com reserva total de 12834000t e teor médio de 1,32% Ni. Ocorrência de emantio-cristolito (n° 9) é registrada nesta área.

**LISTAGEM DE RECURSOS MINERAIS**

Nº DE REF.	SUBSTÂNCIA MINERAL	STATUS DA MINERALIZAÇÃO	TOPONIMIA	ROCHA ENCAIXANTE/HOSPEDERA E/OU ASSOCIADA	DADOS ECONÔMICOS
02	Granito	Mina (pedreira)	Serra Redenção	Granito	
03	Granito	Mina (Pedreira)	Serra Redenção	Granito	
06	Estanho	Ocorrência	Estrada dos Cagões	"Gneiss" pelito	
07	Cromo	Depósito	Serra do Quatiupuru	Serpentino	RG = 3.200t T = 21,52% Cr
09	Cromo	Depósito	Serra do Quatiupuru	Serpentino	
10	Cromo	Depósito	Serra do Quatiupuru	Serpentino	
14	Cromo	Depósito	Serra do Quatiupuru	Serpentino	
27	Cromo sobre talco	Ocorrência	Serra do Quatiupuru	Serpentino	RM=10.674.350t T = 1,33% Cr Ri=2.159.885t T = 1,26% Ni
34	Cromo	Depósito	Serra do Quatiupuru	Serpentino	
08	Amianto	Ocorrência	Serra do Quatiupuru	Serpentino	
11	Níquel	Ocorrência	Serra do Quatiupuru	Serpentino	4.000 ppm Ni
29	Níquel	Ocorrência	Serra do Inajá	Serpentino	
17	manganes	Ocorrência	Serra do Inajá	Metasedimento	
21	Ferro	Ocorrência	Serra do Inajá	Form. Ferr. Bandada	
13	Ouro	Garrimpo	Garrimpo do Ovalado	Aluvial	
15	Ouro	Garrimpo	Gar. Cabec. do Inajá	Aluvial	
16	Ouro	Garrimpo	Gar. Forquilha	Aluvial	
18	Ouro	Garrimpo	Gar. Forquilha	Aluvial	
19	Ouro	Garrimpo	Gar. Forquilha	Aluvial	
20	Ouro	Garrimpo	Gar. Cabec. do Inajá	Aluvial	
22	Ouro	Garrimpo	Gar. Cabec. do Inajá	Aluvial	
23	Ouro	Garrimpo	Gar. Rio Perito	Veio de Quartzo	
24	Ouro	Garrimpo	Gar. Rio Perito	Veio de Quartzo	
25	Ouro	Garrimpo	Gar. Luiz Baltista	Aluvial	
26	Ouro	Garrimpo	Gar. Cabec. do Inajá	Veio de Quartzo	
28	Ouro	Garrimpo	Gar. Cabec. do Inajá	Veio de Quartzo	
30	Ouro	Garrimpo	Gar. Cabec. do Inajá	Veio de Quartzo	
31	Ouro	Garrimpo	Gar. Carrapato	Aluvial	
32	Ouro	Garrimpo	Gar. Cabec. do Inajá	Veio de Quartzo	
33	Ouro	Garrimpo	Gar. Carrapato	Aluvial	
35	Ouro	Garrimpo	Gar. Rio Preto	Veio de Quartzo	
36	Ouro	Garrimpo	Gar. Rio Preto	Form. Ferr. Bandada	T=18,5% CaO 1,6% MgO 49,1% SiO <sub>2</sub> 7,6% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
05	Calcário	Ocorrência	Ribeirão Sobrado	Pelito	
12	Calcário	Ocorrência	Serra Quatiupuru	Serpentino	T=49,1% CaO 3,0% MgO
35	Calcário	Ocorrência	Sta. Maria das Barréras	Pelito	

RM = Reserva Medida; RI = Reserva Indicada; RG = Reserva Geológica; T = Teor Médio

**CARACTERES DOS JAZIMENTOS**

SUBSTÂNCIA MINERAL	METALÍCA	NÃO METALÍCA	CLASSE DO JAZIMENTO
METAL NOBRE	METALÍCA	NÃO METALÍCA	Detritico em placar
Au-Ouro	Cr-Cromo Cu-Cromo Ni-Ferro Mn-Manganes Si-Níquel	am-Amianto ca-Calcário gr-Granito tr-Talco	Associado a rochas ígneas-ultramáficas
			Vulcanogenico e/ou associado a seqüência vulcano-sedimentar
			Sedimentar e/ou associado a seqüência sedimentar
			Laterítico ou de alteração supergênea
			Filoneano hidrotermal

**MORFOLOGIA (orientada na direção do corpo)**

lenticular, filoniana, irregular, não especificada

**DADOS ECONÔMICOS**

TAMANHO	SITUAÇÃO ATUAL	CATEGORIAS
pequeno	mina	Substâncias Pequeno Médio Grande Unidade
pequeno	garrimpo	Ouro < 10 > 100 t Au
pequeno	depósito	Níquel < 25x10 <sup>3</sup> > 250x10 <sup>3</sup> t Ni
pequeno	depósito	Cromo < 200x10 <sup>3</sup> > 2.000x10 <sup>3</sup> t Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

**INDÍCIOS DE MINERALIZAÇÕES**

**INDÍCIOS GEOQUÍMICOS**

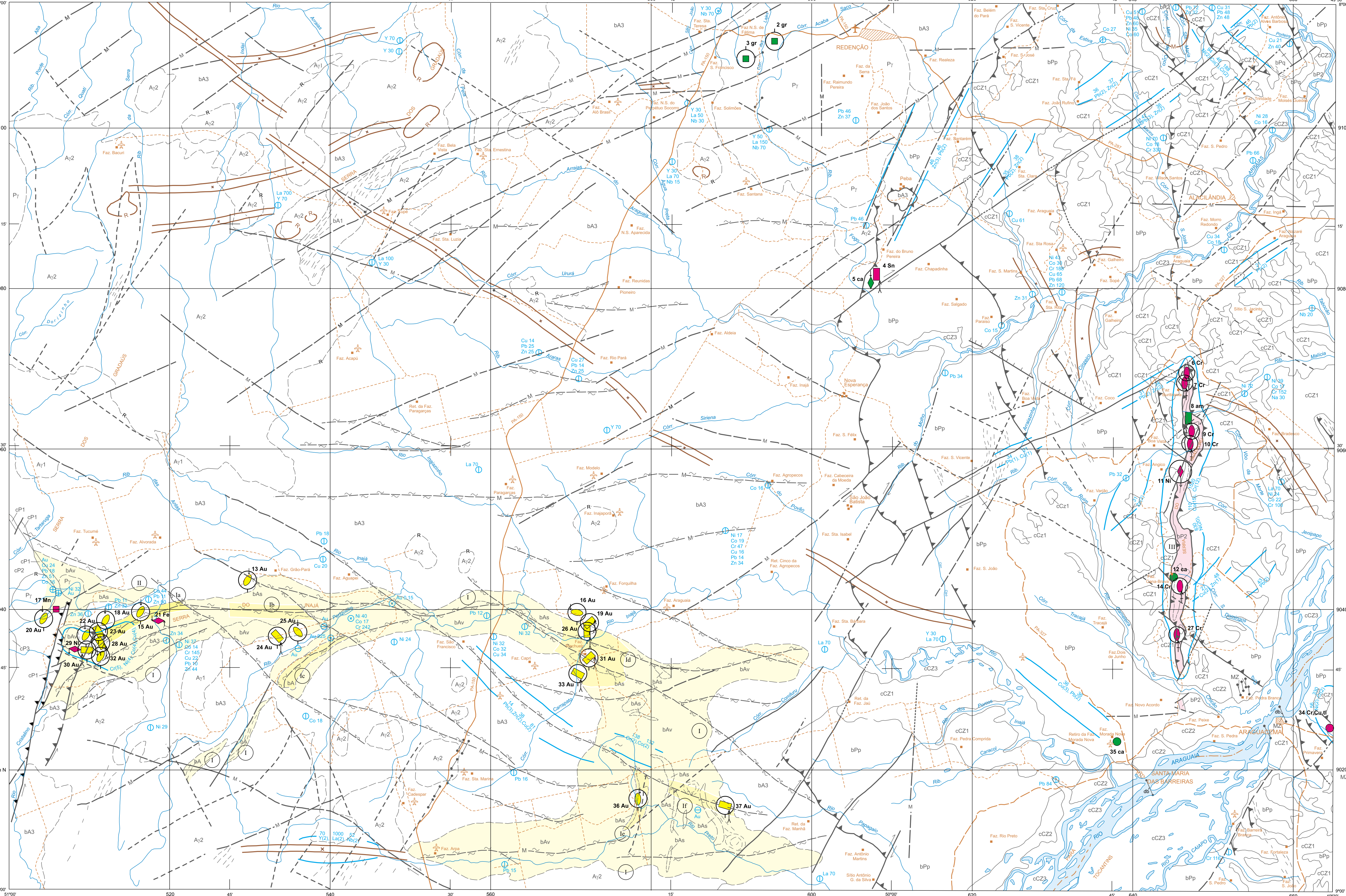
Zona anomalia: Cr 3t

Estações anomalias:

- Cu 18: Em sedimento de corrente (ex: para Cu, com teor de 18ppm)
- Au 25: Em concentrado de batela de sedimento de corrente para Au
- Au 225: Em rocha para Au, com teor de 225ppm
- Ni 30: Em sedimento de corrente (ex: para Ni e com teor de 30ppm) em concentrado de batela para Au

**INDÍCIOS GEOFÍSICOS**

- Anomalia aeromagnética: corpo lenticular ou tabular
- Anomalia aeromagnética: corpo circular
- Anomalia radiométrica de contagem total



**COLUNA TECTONO-GEOLÓGICA**

**COBERTURAS SUPERFICIAIS**

PERÍODO	CENOZOICO	MESOZOICO	PROTEROZOICO	ARQUEANO
CZ	cCZ3 cCZ2 cCZ1			
MZ				
P				
M				
I				
A				

**COBERTURAS PLATAFORMAS**: cCZ3, cCZ2, cCZ1

**MAGMATISMO**: MZ1

**CINTURÕES DE CISALHAMENTO**: bP2, bP

**BACIA INTRACRATÔNICA DO MÊDIO XINGU**

**CINTURÃO ARAGUAIÁ**: regime compressivo

**CINTURÃO PAU D'ARCO**: regime transcorrente

**ASSOCIAÇÕES LITOLÓGICAS**

ROCHAS SUPERGÊNICAS	ROCHAS METAMÓRFICAS
cCZ1: Coberturas lateríticas e detrito-lateríticas	bP: Seqüência sedimentar marinha com contribuição fluvial; pelitos e subordinados psamitos e carbonatos (p); quartzitos (q), com incipiente metamorfismo
cCZ3: Seqüência clástica fluvial	bA3: Ortossenais tonalíticas com subordinados termos trondjemíticos e granodioríticos
cCZ2: Seqüência clástica flúvio-lacustre	bA: Seqüência metavulcano-sedimentar de "granesteno belts"; basaltos, ultramáficas e formações ferríferas subordinadas (v); sedimentos, formações ferríferas abundantes e vulcânicas ácidas raras (s)
cP3: Seqüência psamítica fluvial	bA1: Granulidade sódica, metamorfizado de composição predominantemente trondjemítica
cP2: Seqüência pelítica-psamítica marinha	
cP1: Seqüência ferrífera conglomerática e psamo-pelítica marinha com contribuição fluvial	

**ROCHAS ÍGNEAS**

MZ6: Diques básicos

Py: Granito cálcio-alcalino

bP2: Associação ultramáfica alóctona, serpentinizada e silicificada

bA1: Granulidade sódica, metamorfizado de composição predominantemente trondjemítica

Av2: Granito monzonítico

Av1: Granodiorito

b: Cinturão de cisalhamento

c: Coberturas superficiais e coberturas plataformas

~: Discordância

CARTA METALOGÊNICA/PREVISIONAL

ESCALA 1:250.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
Origem do quilômetro UTM: Equador e Meridiano Central 51° W Gr.  
acessadas as constantes: 10.000km e 500km, respectivamente.  
Datum horizontal: SAD 89 - MG  
Declinação magnética do centro da folha em 1998 - 1999: W, cresce 7 anualmente.



Responsável Técnico: Agildo P. Neves e Aminio G. Vale  
Supervisor: Afêdo dos Santos  
Colaboração: José Maria de A. Carvalho

O Programa Grande Carajás - PGC e o Programa Levantamentos Geológicos do Brasil - PLGB, são executados pela CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, através de suas unidades regionais, sob a coordenação do Departamento de Geologia - DEGEOL/ Diretoria de Geologia e Recursos Minerais. Esta Folha do PGC foi executada pela Superintendência Regional de Belém - SUREGIBEL, tendo sido concluída em 1995.  
Diretor da DGR: Humberto Raimundo Costa  
Chefe do DEGEOL: Sabino Orlando C. Logezco  
Coordenador Nacional do PLGB: Inácio de Medeiros Delgado  
Coordenador Nacional do PGC: Orlando José Barros de Araujo  
Coordenador Regional do PGC: Paulo Augusto da Costa Marinho

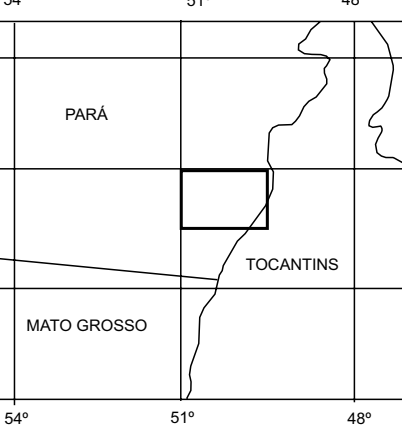
Base planimétrica e tema digitalizados pela GERIDE/SUREGIBEL, a partir da folha SC 22-X-A Redenção, 1ª edição, 1ª impressão, DSGO, 1986. Dados topográficos e atualização da base planimétrica foram transferidos pelos setores de Superintendência Regional de Belém SUREGIBEL, responsáveis pelos trabalhos de campo, visualmente, a partir da interpretação de aérotiros e imagens de satélite.  
Compilação, desenho e digitalização na SUREGIBEL: Agildo P. Neves, Aminio G. Vale e Alexandre Dias Carvalho.  
Edição cartográfica e impressão sob a responsabilidade da Divisão de Cartografia - DICART/ Departamento de Apoio Técnico - DEPAT/ Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento - DRI  
Diretor da DRI: Paulo Roberto Carneiro Dantas  
Chefe do DEPAT: Gasparina Gasparini de Araújo  
Editoração Cartográfica: Wilmem Peter de F. Bernard, Maria Luiza Pouchinho, Maria Santos Salinas do Rosário, Valter Alvarenga Barradas e Sinalmi das Santas Carvalho.  
Revisão da DICART: Carlos Alberto da Silva Copollito e Paulo José da Costa Ziver.  
Revisão na DIEDIG: Antonio Lagarde.

**PRINCIPAIS FONTES DE INFORMAÇÃO**

- 1 - Projeto Araguaia, 1:1.000.000 DNPM-SP/VEIA/PROPEC, 1966.
- 2 - Projeto Geológico Brasil-Carajás, MME/ DNPM, 1979.
- 3 - Projeto RADAM, 1:1.000.000, DNPM, 1974. Folha SC 22.
- 4 - Projeto Proposição de Carta energética nacional de economia da Formação Rio Fresco, 1:100.000, DNPM/CPRM, 1980.

Nota: As demais fontes de informação, constam da referência bibliográfica

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA



ARTICULAÇÃO DA FOLHA

W 70° 0'	W 69° 30'	W 69° 0'	W 68° 30'	W 68° 0'
RO RIO FRESCO SB.22-V-D	XINGUARA SB.22-Z-C	ARAGUAIÁ SB.22-Z-O		
SERRA DO CUBENCRAGUÉM SC.22-V-B	REDENÇÃO SC.22-X-A	CONCEIÇÃO DO ARAGUAIÁ SC.22-V-B		
RO CARVARRA SC.22-V-D	SANTANA DO ARAGUAIÁ SC.22-X-C	IRACEMA DO NORTE SC.22-X-D		