

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

CARACTERIZAÇÃO DOS GRANITÓIDES BRASILIANOS DA
FAIXA DE DOBRAMENTOS PARAGUAI, MS E MT
JEFFERSON CASSU MANZANO

Orientador: Antonio Misson Godoy

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geologia
Regional, Área de Concentração em
Geologia Regional, para obtenção do título
de Mestre em Geologia

Rio Claro
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

CARACTERIZAÇÃO DOS GRANITÓIDES BRASILIANOS DA
FAIXA DE DOBRAMENTOS PARAGUAI, MS E MT
JEFFERSON CASSU MANZANO

Orientador: Antonio Misson Godoy

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geologia
Regional, Área de Concentração em
Geologia Regional, para obtenção do título
de Mestre em Geologia

Rio Claro
2009

552.303 Manzano, Jefferson Cassu

M296c Caracterização dos granitóides brasileiros da faixa de
dobramentos Paraguai, MS e MT / Jefferson Cassu Manzano.
- Rio Claro : [s.n.], 2009.
107 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Antonio Misson Godoy

1. Rochas graníticas. 2. Geoquímica. 3. Geocronologia.
I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Misson Godoy (Orientador)
IGCE/UNESP/Rio Claro

Prof. Dr. Antenor Zanardo
IGCE/UNESP/Rio Claro

Prof. Dr. Ticiano José Saraiva dos Santos
IG/UNICAMP/Campinas

Jefferson Cassu Manzano

Rio Claro, março de 2009

Resultado: _____

Resumo

Esta qualificação traz os resultados de uma pesquisa realizada nos Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, onde foram estudados e caracterizados quanto à composição mineralógica, comportamento geoquímico e idades isotópicas, sete corpos granitóides, intrusivos em rochas metassedimentares de baixo grau do Grupo Cuiabá. Estas rochas granitóides, conhecidas pelos nomes Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora no Estado do Mato Grosso do Sul e São Vicente, Lajinha e Araguaiana no Estado do Mato Grosso, representam um importante e pouco estudado capítulo na evolução geológica e tectônica do território brasileiro. Estes corpos representam um magmatismo sin a pós colisional, que ocorreu em dois eventos distintos, um ao redor de 500Ma e outro por volta de 540Ma. Geoquimicamente são caracterizados por uma tendência cálcio alcalina de alto potássio com caráter predominantemente peraluminoso. O quadro estrutural das rochas encaixantes mostra uma evolução polifásica, evidenciada pelo registro de três fases deformacionais, relacionadas à evolução da Faixa de Dobramentos Paraguai.

Plavras Chave: Rochas granitóides, geocronologia, geoquímica, Faixa Paraguai.

Abstract

This qualification brings the results of a research accomplished in Mato Grosso and Mato Grosso do Sul States, where they were studied and characterized as for the mineralogical composition, geochemical behavior and isotopic ages, seven bodies, intrusives in low grade meta sedimentary rocks of the Cuiabá Group. These granitic rocks, known by the names Taboco, Rio Negro, Coxim and Sonora in the Mato Grosso do Sul State and São Vicente, Lajinha and Araguaiana in the Mato Grosso State, represents an important however poor studied chapter in the geological and tectonic evolution of the Brazilian territory. These bodies represent a magmatism sin to pos colisionall, that happened in two different events, one around of 500Ma and other around 540Ma. Geochemically, are characterized predominantly by calcium alkaline of high potassium tendency with peraluminous character. The structural settings of the country rocks shows a polyphasic evolution, evidenced by the registration of three deformational phases, related to the evolution of Paraguai Folded Belt.

Key Words: Granitic rocks, geochronology, geochemical, Paraguai Bell.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	3
ABSTRACT.....	4
1 – INTRODUÇÃO	9
1.1 – APRESENTAÇÃO DO TEMA.....	9
1.2 – JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS.....	11
1.3 – MÉTODOS DE ESTUDO	12
1.3.1 – Estruturação da Dissertação.....	12
1.3.2 – Etapas da Pesquisa.....	13
1.4 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	19
1.5 – ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	21
2 – GEOLOGIA REGIONAL	24
2.1 – GEOLOGIA REGIONAL	24
3 – GEOLOGIA LOCAL.....	30
3.1 – UNIDADES GEOLÓGICAS ESTUDADAS	30
3.1.1 – Grupo Cuiabá.....	30
3.1.2 – Rochas Granitóides.....	31
3.1.2.1 – <i>Maçiço Taboco</i>	31
3.1.2.2 – <i>Maçiço Rio Negro</i>	32
3.1.2.3 – <i>Maçiço Coxim</i>	34
3.1.2.4 – <i>Maçiço Sonora</i>	36
3.1.2.5 – <i>Maçiço São Vicente</i>	36
3.1.2.6 – <i>Maçiço Lajinha</i>	37
3.1.2.7 – <i>Maçiço Araguaiana</i>	37
4 – PETROGRAFIA	39
4.1 – PETROGRAFIA DAS ROCHAS GRANITÓIDES	39
4.1.1 – <i>Maçiço Taboco</i>	39
4.1.2 – <i>Maçiço Rio Negro</i>	41
4.1.3 – <i>Maçiço Coxim</i>	43
4.1.4 – <i>Maçiço Sonora</i>	45
4.1.5 – <i>Maçiço São Vicente</i>	47

4.1.6 – Maciço Lajinha.....	49
4.1.7 – Maciço Araguaiana.....	51
5 – GEOLOGIA ESTRUTURAL	55
5.1 – GEOLOGIA ESTRUTURAL E METAMORFISMO.....	55
6 – GEOQUÍMICA.....	63
6.1 – GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL.....	63
6.2 – GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS MAIORES	68
6.3 – GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS TRAÇOS.....	75
6.4 – DISCUSSÕES GEOQUÍMICAS	85
7 – GEOCROLOGIA.....	87
7.1 – GEOCROLOGIA ISOTÓPICA	87
7.1.1 – Geocronologia da Província Granítica do Mato Grosso do Sul	88
7.1.2 – Geocronologia da Província Granítica do Mato Grosso	92
8 – EVOLUÇÃO GEOLÓGICA	96
9 – CONCLUSÃO	100
10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização.....	20
Figura 2 – Modelo Digital de Terreno da Área.....	22
Figura 3 – Mapa das Províncias Geocronológicas do Cráton Amazônico.....	25
Figura 4 – Mapa Geológico Regional	28
Figura 5 – Mapa Geológico da Província Granítica de Mato Grosso do Sul	33
Figura 6 – Mapa Geológico da Província Granítica de Mato Grosso.....	35
Figura 7 – Arranjo Estrutural do Grupo Cuiabá	56
Figura 8 – Perfis Geológicos dos Corpos Graníticos.....	58
Figura 9 – Fases Deformacionais no Grupo Cuiabá.....	60
Figura 10 – Arranjo Estrutural da Fase D1	60
Figura 11 – Arranjo Estrutural da Fase D2	61
Figura 12 – Arranjo Estrutural da Fase D3	62
Figura 13 – Diagramas de Correlação de Elementos Maiores	70

Figura 14 – Diagramas de Classificação Geoquímica.....	72
Figura 15 – Diagramas de Classificação Geoquímica.....	74
Figura 16 – Diagramas de Classificação Tectônica.....	76
Figura 17 – Diagramas de correlação de elementos incompatíveis	78
Figura 18 – Diagramas de ETR Normalizados pelo Condrito.....	80
Figura 19 – Diagramas de ETR Normalizados pela Crosta Inferior.....	83
Figura 20 – Diagramas de ETR Normalizados pela Crosta Inferior.....	84
Figura 21 – Diagrama Concórdia do Granito Taboco.....	90
Figura 22 – Diagrama Concórdia do Granito Rio Negro.....	90
Figura 23 – Diagrama Concórdia do Granito Coxim.....	91
Figura 24 – Diagrama Concórdia do Granito Sonora	91
Figura 25 – Diagrama Concórdia do Granito São Vicente.....	94
Figura 26 – Diagrama Concórdia do Granito Lajinha	94
Figura 27 – Diagrama Concórdia do Granito Araguaiana.....	95
Figura 28 – Modelo Evolutivo	99

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Índice de classificação de coloração.....	15
Tabela 2 – Parâmetros para classificação da granulação	15
Tabela 3 – Resultado das análises petrográficas	54
Tabela 4 – Análises químicas dos granitos Taboco e Rio Negro.....	64
Tabela 5 – Análises químicas dos granitos Coxim e Sonora	65
Tabela 6 – Análises químicas do Granito São Vicente	66
Tabela 7 – Análises químicas dos granitos Lajinha e Araguaiana.....	67
Tabela 8 – Valores de normalização para ETR	77
Tabela 9 – Análise Isotópica dos granitos Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora..	88
Tabela 10 – Análise Isotópica dos granitos São Vicente, Lajinha e Araguaiana ..	92
Tabela 11 – Análise Isotópica dos granitos São Vicente, Lajinha e Araguaiana ..	92

ÍNDICE DE PRANCHAS

Prancha 1 – Aspectos geomorfológicos da região	23
Prancha 2 – Fotografias do Granito Taboco.....	40
Prancha 3 – Fotomicrografias do Granito Taboco	41
Prancha 4 – Aparência macroscópica do Granito Rio Negro	42
Prancha 5 – Aspectos microscópicos do Granito Rio Negro	43
Prancha 6 – Fotografia das rochas do Granito Coxim.....	44
Prancha 7 – Fotomicrografias do Granito Coxim.....	45
Prancha 8 – Fotografias do Granito Sonora	46
Prancha 9 – Fotomicrografias do Granito Sonora	47
Prancha 10 – Litotipos do Granito São Vicente	48
Prancha 11 – Aparência do Granito São Vicente ao microscópio	49
Prancha 12 – Aspecto geral do Granito Lajinha	50
Prancha 13 – Fotomicrografias do Granito Lajinha	51
Prancha 14 – Fotografias do Granito Araguaiana	52
Prancha 15 – Microfotografias das rochas do Granito Araguaiana	53
Prancha 16 – Aspecto das rochas do Grupo Cuiabá.....	56
Prancha 17 – <i>Hornfels</i> no Grupo Cuiabá.....	57
Prancha 18 – Blastese desenvolvida no Grupo Cuiabá	59

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO DO TEMA

Os resultados a serem apresentados nesta dissertação, constituem a evolução dos conhecimentos obtidos a partir do desenvolvimento do projeto de pesquisa intitulado “Investigação Geológica-geocronológica do Maciço Rio Apa e da Relação Faixa Móvel (Cinturão de Dobramentos Paraguai) VS Cráton (Cráton Amazônico)” - (FAPESP, proc. 05/60371-6), que possibilitou a atualização dos conhecimentos geológicos do sudeste do Cráton Amazônico, além da compreensão dos processos petrogenéticos de parte do magmatismo ácido existente na região como também elaborar um quadro da sua evolução geotectônica no contexto do SE do Cráton Amazônico.

As rochas graníticas, em um termo mais abrangente, granitóides, constituem um importante registro da evolução, não só magmática, como também tectônica da região em que ocorrem, pois sua origem remonta uma história originada nas partes profundas da Terra, geralmente em períodos de grande atividade tectônica.

O estudo dessas rochas, evidentemente aliado a outras informações, permite traçar a história evolutiva de uma província geológica, uma vez que trazem consigo importantes informações a respeito do ambiente tectônico reinante na época de sua formação além de poder fornecer informações a respeito da evolução tardia da província.

Obviamente, o estudo único e exclusivo dos granitóides, sem considerar as rochas circunvizinhas (encaixantes e associadas), pouco irá retornar a respeito da história geológica da região, mas a partir de estudos sistemáticos de composição químico-mineralógica e isotópica, podem ser conseguidas informações fundamentais que definem o rumo de um modelo evolutivo.

Partindo desse ponto, tem-se apresentado aqui, a sistemática adotada e o resultado de uma pesquisa realizada na região centro-oeste do Brasil, que focou o estudo geoquímico e geocronológico, não abandonando importantes temas como petrografia e geologia estrutural, mas focando nos dois primeiros, de sete corpos graníticos denominados Taboco, Rio Negro, Coxim, Sonora, São Vicente, Lajinha e Araguaiana, intrudidos em metassedimentos de baixo grau do Grupo Cuiabá.

A área de estudo envolve tratos rochosos localizados no sudeste do Cráton Amazônico e, atualmente, encontra-se na literatura sem registros de trabalhos de maior envergadura e é particularmente interessante por possibilitar, através do estudo dos processos geotectônicos e petrogenéticos, o entendimento da evolução tardi-cinematática da granitogênese neoproterozóica mato-grossense.

A área de estudo estende-se desde a cidade de Aquidauana, no Estado do Mato Grosso do Sul, até a capital de Mato Grosso, Cuiabá, alcançando ainda os limites do Estado de Goiás, nas proximidades da cidade de Araguaiana. Os acessos principais são feitos por estradas federais, estaduais e municipais, além de pequenas estradas que dão acesso a fazendas e povoados.

Geologicamente, as rochas analisadas encontram-se intrudidas em metamorfitos de baixo grau, compostos por xistos, ardósias, quartzitos e principalmente filitos, exibindo marcante foliação de direção NNW/SSE com baixo ângulo de mergulho para SW, podendo, ao redor dos corpos magmáticos, ocorrerem auréolas de metamorfismo de contato.

Observações de campo e dados geoquímicos mostram que os granitóides são formados principalmente por monzogranitos peraluminosos e cálcio-alcálicos, de cor cinza a rósea, podendo ou não mostrar tênue foliação. Em alguns maciços ocorrem até quatro fácies, diferenciadas principalmente pela granulometria e coloração dos litotipos.

O quadro estrutural pode ser definido por três fases, designadas como D_1 , D_2 e D_3 , sendo a fase D_2 a que desenvolveu a principal foliação e a qual está associada a intrusão dos corpos graníticos. A foliação S_1 corresponde a uma tênue

clivagem, paralela ao acamamento reliquiar, enquanto S_3 está relacionada à formação de dobras suaves e clivagem de crenulação que afetam, descontinuamente, todo o pacote.

Dados isotópicos atestam para as rochas magmáticas investigadas, idades de cristalização (U/Pb) entre de 500 M.a. e 540 M.a, sendo os corpos do Mato Grosso do Sul (Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora, os mais velhos). Contudo, as idades modelo obtidas através do método Sm/Nd, mostram T_{DM} muito próximos, porém os granitóides do Mato Grosso mostram os menores valores.

1.2 - JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

Em algumas regiões do Brasil, principalmente aquelas mais afastadas dos principais centros, existe uma carência de estudos nas mais diversas áreas, na geologia não é diferente. Poucos são os trabalhos que tratam detalhadamente de certo tema, quando existem geralmente tratam de uma grande área, abrangendo e elucidando superficialmente vários assuntos.

Nos Estados do Mato Grosso do Sul e, especialmente, o Estado do Mato Grosso, ocorrem abundantes corpos graníticos que ainda carecem de estudos mais detalhados quanto à gênese e evolução do magmatismo e contexto geológico junto às rochas encaixantes. Desse modo, optou-se por pesquisar uma grande área geográfica, onde ocorrem sete corpos isolados, que podem ou não possuir afinidades evolutivas.

Estes corpos encontram-se pouco estudados na literatura, necessitando então de um estudo abrangente e detalhado. Assim, a escolha do tema justifica-se quando se pretende dar a esses corpos um enfoque evolutivo, determinando seu comportamento geoquímico e isotópico que, aliados a dados geológico-estruturais e observações de campo, permitirá determinar sua evolução geológica, dando uma importante contribuição ao entendimento dos processos geológicos que ocorreram na margem sudeste do Cráton Amazônico.

Como sugere o título desta dissertação, objetiva-se com este trabalho, caracterizar os corpos graníticos da Faixa Paraguai quanto aos aspectos geoquímicos, geocronológicos e estruturais. Para alcançar tal objetivo, foi traçada

um método de trabalho, detalhada à frente, que culminou com uma série de dados que permitiu elaborar uma breve síntese da evolução destas rochas.

Tais objetivos podem ser sumariamente definidos como:

- a) Classificar as rochas existentes em cada maciço, agrupando-as em fácies;
- b) Determinar o comportamento geoquímico das rochas de cada maciço;
- c) Realizar estudos geocronológicos a fim de determinar a idade de cada corpo;
- d) Definir o quadro estrutural/metamórfico das encaixantes e a relação temporal com a intrusão dos granitóides e;
- e) Esboçar um modelo evolutivo para a província granítica.

Entende-se que tais objetivos satisfazem as exigências para a elaboração de uma dissertação de mestrado e dá uma importante contribuição ao conhecimento geológico da região Centro-Oeste do Brasil.

1.3 - MÉTODOS DE ESTUDO

Será aqui apresentado o método de estudo utilizado nos trabalhos de campo e laboratório e na elaboração da dissertação, necessários a alcançar os objetivos propostos anteriormente.

1.3.1. Estruturação da dissertação

Esta dissertação está dividida em dez Capítulos, abordados em uma ordem racional, sendo os capítulos anteriores necessários ao embasamento e compreensão dos posteriores, associando-se de modo a seguir um raciocínio lógico e progressivo.

Os primeiros capítulos elucidam o tema abordado na dissertação e insere as rochas estudadas no contexto geológico da Faixa de Dobramentos Paraguai. Posteriormente é abordada a metodologia utilizada durante os estudos, bem como as etapas da pesquisa, seguindo-se da localização dos corpos estudados e os meios de acesso a eles. Em seguida é feita uma breve síntese sobre o conhecimento geológico regional.

Os capítulos seguintes abordam necessariamente a pesquisa desenvolvida, sendo apresentados os dados geológicos dos granitóides, aspectos metamórficos e estruturais e petrografia, seguidos por estudos geoquímicos de rocha total e geocronologia isotópica, acompanhados das conclusões e finalmente a bibliografia consultada.

1.3.2. Etapas da pesquisa

A pesquisa necessária para a conclusão da dissertação seguiu várias etapas e é uma continuidade do trabalho de iniciação científica do autor, realizado no biênio 2004/2006, tornando-se mais completa e elaborada no período do mestrado. Seguiu-se os passos corriqueiramente utilizados em pesquisas científicas, sendo as diversas etapas agrupadas em três segmentos a saber:

ETAPA PREPARATÓRIA: Consistiu no primeiro trabalho realizado, contando com uma pesquisa bibliográfica a fim de serem levantados os dados já disponíveis a respeito da geologia local e regional, referências bibliográficas relativas à geoquímica de rochas, classificação de rochas graníticas, tratamento e interpretação de dados geoquímicos e interpretações geocronológicas.

ETAPA DE AQUISIÇÃO DE DADOS: Essa etapa representa os trabalhos desenvolvidos com o propósito de adquirir materiais e dados a serem analisados em laboratório e no escritório. Essa etapa é dividida em três segmentos como segue:

Levantamento de dados de campo: consistiu em cinco viagens às áreas de interesse com o intuito de conhecer a geologia regional e local, coletar amostras para análises e levantar dados a respeito da geologia estrutural e as relações entre rochas encaixantes e corpos graníticos.

Preparação de amostras: nesta etapa, as amostras coletadas em campo foram tratadas a fim de serem feitas as análises laboratoriais (petrografia, geoquímica e geocronologia). A preparação das amostras se deu seguindo as normas do Laboratório de Geoquímica – DPM/IGCE – UNESP.

Preparação das amostras para análises geoquímicas - As amostras receberam um tratamento prévio a fim de serem retiradas as porções intemperizadas, prejudiciais às análises geoquímicas. Em seguida as amostras foram cominuidas por meio de marreta e seguiram para a britagem por meio de

britadores de mandíbula. Após a britagem, o material, já em uma granulometria bastante reduzida, foi conduzido a um moinho oscilante em panela de tungstênio. O material resultante dessa pulverização foi peneirado de modo a se obter uma granulometria inferior a 80 *mesh*, esse material foi então homogeneizado, de onde se obteve a quantidade necessária para as análises geoquímicas, sendo esta encaminhada para o laboratório.

Preparação das amostras para análises isotópicas – As amostras destinadas a análise isotópica pelo método Sm/Nd, foram retiradas da mesma porção daquelas destinadas às análises geoquímicas, enquanto que as amostras destinadas à análise isotópica pelo método U/Pb, foram preparadas no mesmo laboratório citado anteriormente, porém com diferenças no procedimento laboratorial.

Os procedimentos iniciais (cominuição por marreta e britagem em moinho de mandíbula) foram os mesmos utilizados para as amostras destinadas à geoquímica, porém, para garantir a integridade dos grãos de zircão, o material resultando da pulverização foi processado em moinho de disco e posteriormente peneirado até se obter uma fração menor que 80 *mesh*. Em seguida, o material foi submetido à bateamento a fim de se obter a fração dos minerais mais pesados, eliminando os menos densos.

Esse material foi então processado sucessivas vezes por meio de separador de susceptibilidade magnética tipo *Franz* e por meio de líquido de alta densidade (bromofórmio) até se obter grãos de zircões puros e ideais para as análises isotópicas.

Estes grãos foram enviados ao Laboratório de Estudos Geocronológicos, Geodinâmicos e Ambientais, do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, onde foram analisados segundo os procedimentos do mesmo.

Análises petrográficas: Após os trabalhos de campo o primeiro passo, em gabinete, foi realizar a descrição das rochas dos corpos graníticos, a fim de determinar suas características quanto aos aspectos petrográficos (textura, estrutura (ambas em escala micro e mesoscópica)), coloração, granulação e composição mineralógica.

Este estudo permitiu orientar e qualificar as análises químicas, pois a composição química de uma rocha tem de ser condizente com sua composição

mineralógica. Assim, foram utilizados os seguintes critérios para a descrição das amostras:

Escala Mesoscópica: Nestes estudos foram realizadas as determinações dos seguintes parâmetros:

- Coloração: cor predominante dos minerais presentes na rocha, optou-se por desconsiderar cores oriundas da alteração supérgena;

- Índice de coloração: relação, em volume, da quantidade de minerais máficos presentes na rocha, segundo os critérios propostos pela IUGS em Streckaissen, 1973. Esta relação é determinada pela estimativa visual dos referidos minerais, em amostra de mão e em lâmina, para a classificação, utilizando-se a seguinte tabela:

Tabela 1. Índices para classificação de coloração de rochas magmáticas

Índice de Cor (% em volume)	Rocha
≤ 5	<u>Hololeucocrática</u>
<u>5-30</u>	<u>Leucocrática</u>
<u>30-60</u>	<u>Mesocrática</u>
<u>60-90</u>	<u>Melanocrática</u>
≥ 90	<u>Ultramelanocrática</u>

- Granulação e classificação de fenocristais: as rochas foram classificadas de acordo com o tamanho absoluto e relativo de seus constituintes, bem como pela presença de fenocristais. Para esta classificação, também foram adotados os critérios propostos pela IUGS (STRECKAISSEM, 1973), e resumidos na tabela 2:

Tabela 2. Parâmetros de classificação de granulação de rochas magmáticas

Tamanho Absoluto			
Granulação	1. Fina: <1 mm	2. Média: 1 a 5 mm	3. Grossa: > 5 mm.
Tamanho Relativo			
Granulação	1. Equigranular Rochas com grãos de tamanhos iguais ou apresentando variações mínimas;	2. Inequigranular Variação de tamanho entre os grãos minerais sem destaque dos maiores em relação aos menores;	3. Porfírica Rochas com fenocristais que sobressaem de tamanho em relação a matriz mais fina.

As rochas porfíricas tiveram seus fenocristais classificados de acordo com os seguintes critérios:

- Cor: coloração predominante no megacristal;
- Forma: formato dominante dos pórfiros (eudral, subedral e anedral);
- Dimensão: tamanho absoluto de duas dimensões dos cristais;
- Abundância: quantidade de fenocristais existentes na rocha, em % de volume;
- Tipo de contato: forma do contato do grão com a matriz (serrilhado, retilíneo, arredondado, etc.);
- Variação de tamanho: se existem dois (hiatal) ou mais (serial) tamanhos de fenocristais na rocha;
- Estruturas internas: presença de inclusões, zoneamento, clivagens.
- Estrutura e textura: aparência geral da rocha, relacionada com o arranjo dos cristais formadores; presença ou não de bandamento; orientação de cristais seja por fluxo magmático ou deformação posterior a cristalização.
- Enclaves: presença de fragmentos estranhos à rocha, sendo estes classificados como xenólitos, quando oriundos da encaixante, ou autólitos, quando provindos do mesmo magma formador.

Escala microscópica: as rochas foram analisadas à luz do microscópio de luz transmitida e polarizada. Em tal estudo foram utilizados, para a caracterização das rochas, os seguintes critérios:

- Composição mineralógica: tipos de minerais constituintes da matriz, bem como aqueles formadores de pórfiros;
- Textura e estrutura: aqui foram observadas as relações entre os minerais, presença de orientação na matriz, tipo de contato entre os grãos, presença de geminação e/ou zoneamento nos minerais, principalmente nos pórfiros, determinação da porcentagem (em volume) de cada mineral, definindo a composição modal da rocha.

Na posse dos dados de observações micro e mesoscópica, os litotipos foram classificados com base nos critérios propostos pela IUGS (STRECKAISSEM, 1973).

Análises laboratoriais: Após o preparo das amostras, estas foram enviadas aos laboratórios para as respectivas análises. As análises geoquímicas foram feitas no Laboratório de Geoquímica (LaboGeo) do Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM/IGCE – UNESP), onde foram determinadas as

porcentagens de óxidos de elementos maiores e as partes por milhão de elementos traços, incluindo os elementos terras raras. As análises isotópicas (métodos U/Pb e Sm/Nd) foram realizadas no Laboratório de Estudos Geocronológicos, Geodinâmicos e Ambientais, do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília.

Análise geoquímica de rocha total: Os óxidos de elementos maiores (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , CaO , Na_2O e K_2O) e elementos traços (Ba, Cr, Cu, Nb, Ni, Rb, Sr e Zr), excluindo-se os elementos terras raras, foram determinados por meio de fluorescência de raios X, os primeiros através de fusão em meio borato e os demais por pastilha prensada. Os elementos terras raras (Lu, Y, Dy, Er, Yb, Gd, La, Eu, Nd, Ce e Sm) foram analisados por separação cromatográfica e leitura em espectrômetro de emissão em plasma (ICP-AES), segundo Malagutti, et al, 1988.

Análises isotópicas – método U/Pb: No Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília foram realizadas análises U/Pb em monocristal de zircão por diluição isotópica, o que permite resultados precisos (com menores erros) e identificação de populações de zircões de diferentes idades, proporcionando uma melhor interpretação da evolução das rochas e das associações estudadas.

As composições isotópicas do Pb foram analisadas em filamento simples de Re utilizando-se sílica gel e ácido fosfórico, sendo estas análises corrigidas pela discriminação de massa média de $0,12 \pm 0,05$ % de massa por unidade, o qual foi determinado pela análise do padrão NBS SEM-982 e valores de Pb radiogênico foram monitorados, periodicamente, pelo padrão NBS SEM-983.

Para o U, as amostras foram depositadas no mesmo filamento e analisadas como UO_2^+ . O fracionamento de U foi monitorado pela análise do padrão NBS SEM U-500. Incertezas na razão U/Pb resultantes do fracionamento e da espectrometria de massa para as análises são ao redor de $\pm 0,5$ %. As composições isotópicas de ^{208}Pb , ^{207}Pb e ^{206}Pb radiogênicos foram calculadas levando em conta correções para o branco de Pb atual e para as composições não radiogênicas destes isótopos foram corrigidas utilizando-se o modelo de (STACER e KRAMMERS, 1975 in GIOIA e PIMENTEL, 2000). Incertezas no Pb radiogênico são da ordem de $\pm 0,1$ % com exceção das amostras com baixa razão $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, nas quais incertezas na composição de Pb comum original podem provocar erros maiores.

Os brancos laboratoriais situaram-se entre 5 e 24 pg de Pb total durante as

análises. Os cálculos das idades foram efetuados utilizando-se a rotina ISOPLOT de Ludwig (1999). Os erros gerados pela incerteza na regressão das discordâncias foram calculados para 2σ , ou 1σ quando indicado. Os resultados são apresentados em diagrama $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ versus $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ com elipses cujas dimensões são representativas dos erros analíticos obtidos. As constantes de decaimento utilizadas foram as recomendadas por Steiger e Jäger (1977).

Para os cálculos das idades e dos índices isotópicos (indicadores petrogenéticos) utilizou-se a rotina ISOPLOT for Excel de Ludwig (1999).

Análises isotópicas – método Sm/Nd: As análises geocronológicas pelo método Sm/Nd, foram realizadas a partir de amostras, oriundas da mesma alíquota destinada às análises químicas. Tais amostras foram quimicamente digeridas em bombas de teflon em forno microondas na potência média. Após pesar aproximadamente 0.100 g de amostras e adicionar o traçador (*spike*), partiu-se para as fases de digestão química das amostras em duas etapas: com uma mistura de HF + HNO₃, por 1 minuto e 30 segundos em forno microondas e secagem em placa aquecedora e uma etapa com HCl, em forno microondas por 1 minuto e 30 segundos.

Depois de dissolvidas as amostras, fez-se a extração dos elementos terras raras (ETRs) em colunas de troca iônica com resina BIO-RAD AG50W-X8 e a extração do Sm e do Nd dos demais ETRs foi realizada em colunas de teflon com resina LN SPEC (resina líquida HDEHP- ácido di-(etilhexil) fosfórico impregnada em pó de teflon).

As razões isotópicas foram tomadas em espectrômetro de massa Finnigan MAT 262 com multicoletores no modo estático. As razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ foram normalizadas para $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de 0,7219 (O'NIONS et al., 1978). Os valores atuais do CHUR empregados para o cálculo de ϵ_{Nd} foram $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0,1967 e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de 0,512638 (WASSERBURG et al., 1981). Os valores do MORB empregados no cálculo das idades-modelo foram $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0,513114 e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de 0,222 (MICHARD et al., 1985). Todo o procedimento laboratorial está descrito em Gioia e Pimentel (2000).

O cálculo das idades foi realizado segundo o modelo do Manto Empobrecido de De Paolo (1981) e a constante de decaimento do ^{147}Sm , recomendada por Lugmair e Marti (1978).

Será utilizado para datar a residência crustal (TDM) das rochas pós-cinematáticas e os valores de ϵ Nd serão utilizados como traçadores dos processos petrogenéticos e discriminante de ambientes geodinâmicos.

ETAPA DE INTERPRETAÇÃO E INTEGRAÇÃO DOS DADOS: Nesta etapa, os dados obtidos nas etapas anteriores foram agrupados e relacionados entre si de modo a se conseguir as interpretações geológicas e petrogenéticas.

As lâminas petrográficas foram analisadas através de microscópios ópticos de luz transmitida, onde foram feitas as descrições petrográficas e breves comentários a respeito da gênese e evolução das rochas graníticas.

Os dados geoquímicos foram tratados no *software NewPet*, onde se obteve os diagramas de classificação geoquímicas através dos elementos maiores e traços. Nesse mesmo *software*, foram obtidos os diagramas de elementos terras raras e elementos incompatíveis (*spiders*).

Os dados geocronológicos foram obtidos apenas para os corpos de Mato Grosso do Sul. Para rochas de Mato Grosso, foram utilizados os dados obtidos por Pinho et al. (Inédito).

1.4 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A área proposta para o estudo encontra-se em uma região com mais de 267.000 Km², situada entre as latitudes 15°00'S e 20°00' S e longitudes 56°00'W e 51°30'W, estendendo-se dos arredores de Aquidauana (MS) até Cuiabá e Barra do Garças (MT) às margens do rio Araguaia (Figuras 1 e 4). À leste está limitada pela Bacia do Paraná e a oeste pela Bacia do Pantanal, sendo que, apesar do tamanho da área, os corpos restringem-se a pequenas exposições

O Cinturão Móvel Paraguai ocupa, no Estado de Mato Grosso do Sul, uma extensa e estreita faixa, de direção NNE/SSW, projetando-se desde as proximidades da cidade de Aquidauana, até a cidade de Cuiabá, já no Estado de Mato Grosso, onde inflete-se para direção ENE/WSW, e o pacote sedimentar adquire maior exposição.

No Estado do Mato Grosso do Sul, estão localizados quatro dos sete corpos estudados, assim distribuídos (Figuras 1, 4 e 5).

Granito Taboco – localizado cerca de 30 Km a norte da cidade de Aquidauana, ao sopé da Serra de Maracaju, onde, juntamente com o Grupo Cuiabá, servem de sustentação à essa unidade geomorfológica.

Granito Rio Negro – situa-se no médio curso do rio homônimo, cerca de 15 Km a noroeste da cidade de Rio Negro, servindo, a exemplo do Granito Taboco, de sustentáculo à Serra de Maracaju.



Figura 1. Mapa de Localização da área de estudo, com as principais cidades e vias de acesso.

Granito Coxim – localiza-se em uma estreita faixa, que se estende desde as proximidades da cidade de Rio Verde de Mato Grosso até a cidade de Coxim, às margens da confluência dos rios Coxim e Taquari, sempre bordejando o sopé da Serra de Maracaju.

Granito Sonora – pode ser encontrado nas escavações da usina hidroelétrica de Sonora, no município homônimo, na divisa com o Estado do Mato Grosso, não possuindo afloramentos em superfície.

Os demais corpos abordados no estudo estão localizados em uma área mais ampla, no Estado do Mato Grosso, estando assim geograficamente situados (Figuras 1, 4 e 6):

Granito São Vicente – ocorre nas serras de São Vicente e São Jerônimo, em abrangente área a sudoeste da cidade de São Vicente, situada a cerca de 100 Km a leste - sudeste da cidade de Cuiabá.

Granito Lajinha – está localizado a cerca de 60 Km a nordeste da cidade de Barra do Garças, no extremo oeste mato-grossense, divisa com Goiás.

Granito Araguaiana – distribui-se por ampla área ao redor da cidade de Araguaiana, localizada à margem esquerda do Rio Araguaia.

Os acessos às áreas são regionalmente feitos através de estradas federais, a exemplo da BR-418, que conecta Aquidauana (MS) a Rio Verde de Mato Grosso (MS); BR-163, entre Rio Verde de Mato Grosso (MS) e São Vicente (MT), passando por Sonora (MS) e, BR-070, entre São Vicente (MT) e Barra do Garças (MT).

Acessos secundários às localidades específicas são feitos por rodovias e estradas estaduais, além de estradas municipais, ambas de pavimentação solta, além de outras estradas menos importantes que dão acesso principalmente a vilas, povoados e fazendas.

1.5 - ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

A região encontra-se predominantemente inserida nos contrafortes da Serra de Maracaju que corresponde à interface entre dois grandes domínios de relevo: uma compartimentação de relevo onde predominam as formas principalmente de acumulação e raramente de erosão, a oeste, dentro do Domínio da Depressão do Rio Paraguai, denominada Unidade das Planícies e Pantanaís Mato-grossenses, com exposição da Formação Pantanal. A outra unidade corresponde ao domínio oeste, representada pela Bacia do Paraná e onde predominam formas de dissecação e erosão (Figura 2).

No extremo nordeste, as rochas dos granitos Araguaiana e Lajinha

encontram-se parcialmente recobertas por sedimentos da Bacia Araguaia definindo o Domínio da Depressão do Rio Araguaia (ALVARENGA et al., 1982), a exemplo do que ocorre com os granitóides de Mato Grosso do Sul, que estão parcialmente recobertos pela Bacia do Pantanal/Paraguai.

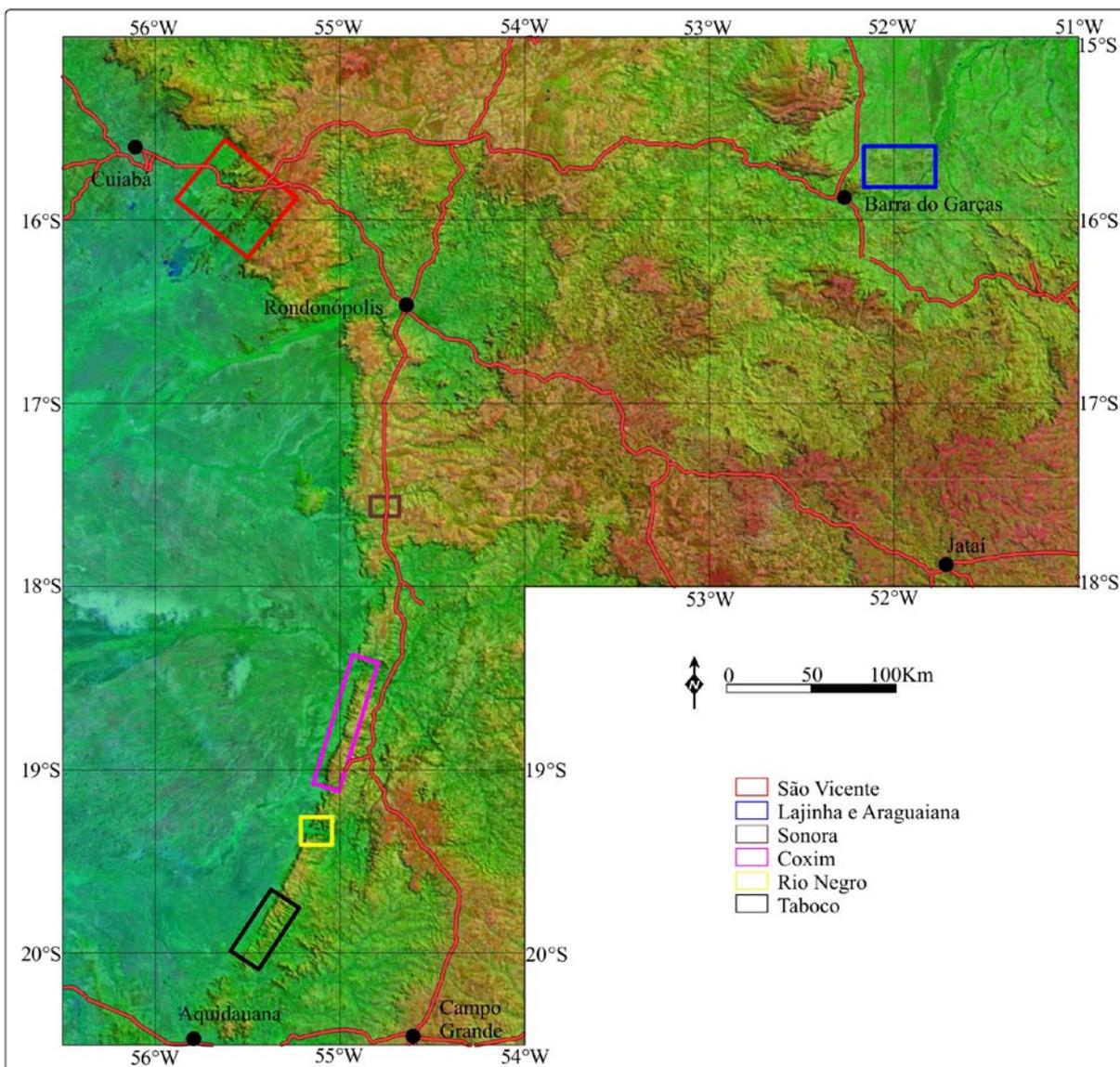


Figura 2. Sobreposição de modelo digital de terreno (*Sutle Radar Topographic Mission*) e mosaico LandSat, bandas 2, 3, 4 (RBG) e 7, mostrando a localização de cada corpo e a compartimentação geomorfológica da área. É notável a grande planície do pantanal sul-matogrossense e da bacia do Araguaia bem como os grandes altos topográficos da Bacia do Paraná e Faixa Paraguai.

À leste dos demais granitos e a sul dos Granitos Araguaiana e Lajinha dominam as formas de relevo de dissecação das rochas sedimentares da Bacia do Paraná, constituído principalmente pelos arenitos da Formação Aquidauana

associados a rochas básicas.

A Serra de Maracaju constitui o relevo mais ressaltado da região expondo as unidades geológicas da Bacia do Paraná e encobrimdo parcialmente as rochas pré-cambrianas constituído pelo Grupo Cuiabá e rochas graníticas. Localmente preservam-se também os pontificados por testemunhos ou *monadnocks*, com formas tabulares (Prancha 1).



Prancha 1. Aspecto geomorfológico da região onde as rochas graníticas se encontram. É notável o grande contraste de relevo, principalmente na parte sul, onde existem extensas planícies (de inundação ou de dessecamento) como nas fotografias A e B e grandes altos topográficos como serras escarpadas (C). Em D, vê-se o grande contraste geomorfológico existente na região de Rio Verde de Mato Grosso.

CAPÍTULO 2 – GEOLOGIA REGIONAL

2.1. GEOLOGIA REGIONAL

O Cráton Amazônico, uma das principais entidades geotectônicas pré-cambrianas da América do Sul, aflora principalmente em território brasileiro, mas estende-se em direção a Bolívia, Guiana, Suriname, Venezuela, Colômbia e Paraguai. Dentro do contexto geotectônico regional, a região foco deste estudo encontra-se localizada na porção sudeste do Cráton Amazônico, no seu limite oriental, definido pelos Cinturões Neoproterozóicos Paraguai (a SE) e Araguaia (a E) sendo dominados pelas rochas que compõem o Grupo Cuiabá e mais ao sul da área ocorrem os grupos Corumbá e Jacadigo, exibindo uma clara continuidade física desde a região de Nova Xavantina (MT) até a região da Serra da Bodoquena e Aquidauana (MS) e o Paraguai.

Os limites do Cráton nas regiões N, S e W apresentam-se recoberto pelos sedimentos das Bacias Sub-andinas. A Sinéclise do Amazonas, cuja calha central orienta-se segundo a direção E-W, separam-no em dois escudos: a norte o Escudo das Guianas e a sul o Escudo Brasil Central (Figura 3).

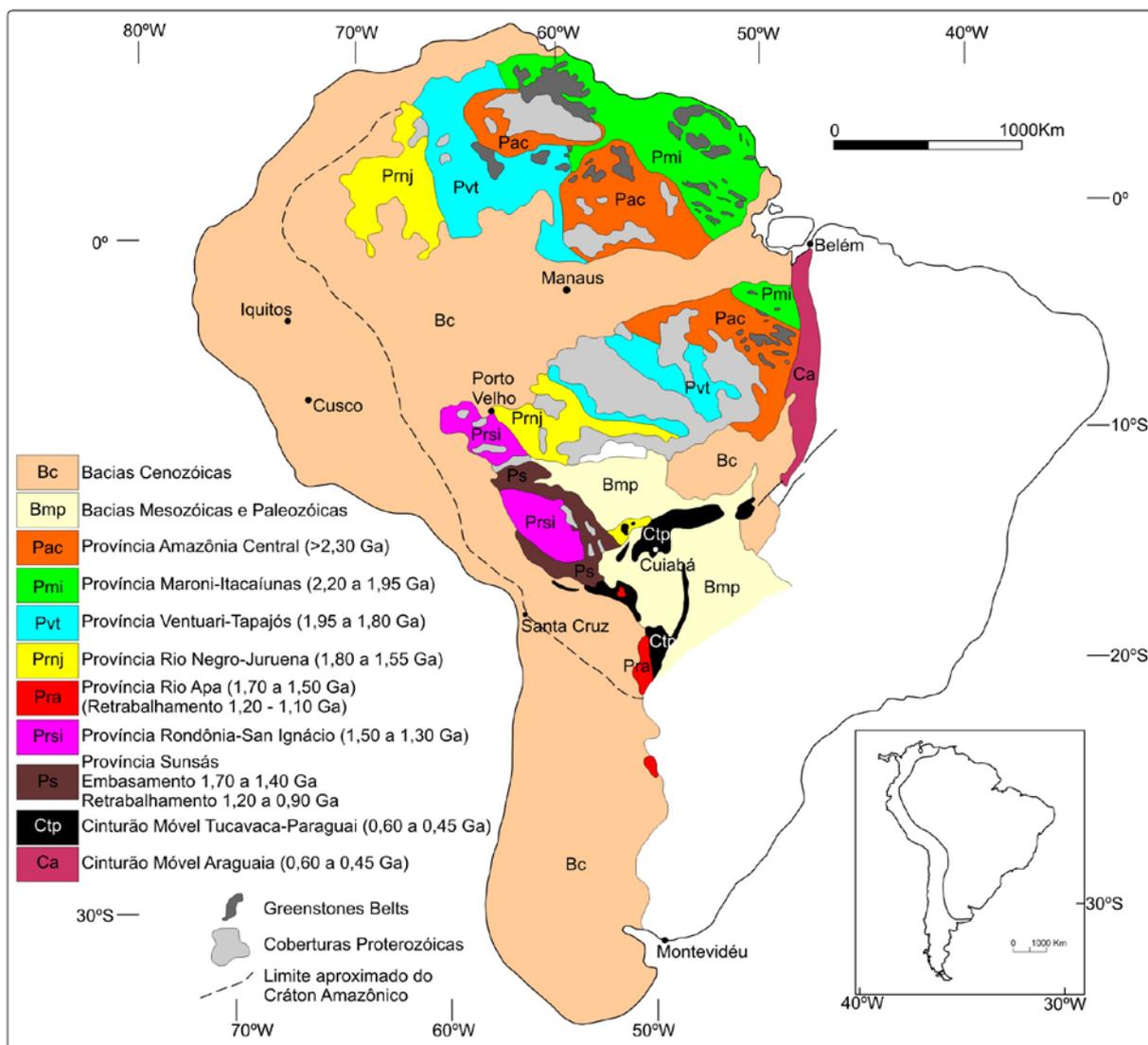


Figura 3. Mapa de províncias geocronológicas do Cráton Amazônico, mostrando sua compartimentação de acordo com a idade (Tassinari e Macambira, 1999). As faixas Paraguai e Araguaia, localidades em que foi desenvolvido este trabalho, representam as unidades limítrofes, a leste e a sudeste, do Cráton.

A evolução Proterozóica do Cráton Amazônico, segundo Tassinari e Macambira (1999), é caracterizada pela acresção de cinturões móveis que se anexaram ao núcleo arqueano do protocráton Amazônico, possibilitando a identificação do Cinturão Maroni-Itacaiunas (2,2 a 2,0 Ga), Cinturão Ventuari-Tapajós (2,1 e 1,9 Ga), Provincia Rio Negro-Juruena (1,7 e 1,55 Ga), Provincia Rondoniana (1,5 e 1,3 Ga) e o Cinturão Sunsás/Aguapeí (1,0 e 0,9 Ga), (Figura 3).

Os granitóides situam-se na porção interna da Faixa de Dobramentos Paraguai, uma unidade geotectônica evoluída às margens SSE do Cráton Amazônico durante a orogênese brasileira (600-450 Ma), que se estendeu do Neoproterozóico ao Cambriano. Esse Cinturão Orogênico apresenta um formato

convexo em direção ao antepaís e estende-se desde o Paraguai até a região da Bacia do Araguaia. No entanto, as maiores exposições de rochas desta faixa restringem-se às regiões da Serra de Bodoquena e Amolar (MS), Província Serrana e Baixada Cuiabana (MT) e em menores trechos às margens da Serra Azul (MT).

Na Faixa de Dobramentos Paraguai foram individualizados por Almeida, 1984; Alvarenga, 1990; Alvarenga e Trompette, 1993, três domínios tectônicos dispostos lateralmente ao antepaís, denominados por Ruiz et al. (1999) como Domínio Tectônico das Coberturas de Antepaís, Domínio Tectônico Externo e Domínio Tectônico Interno.

O *Domínio Tectônico das Coberturas de Antepaís* é composto pelas Formações Bauxi, Puga, Araras, Raizama e Diamantino que recobrem em discordância angular, largos trechos do embasamento pré-Cambriano. Estas unidades sedimentares constituem extensas áreas de estratos sub-horizontais a levemente ondulados, estando apenas afetados por basculamentos provocados por falhamentos normais.

O *Domínio Tectônico Externo* é constituído pelas rochas sedimentares das Formações Bauxi, Puga, Araras, Raizama e Diamantino, fortemente afetadas pela orogênese brasileira, provocando intenso dobramento linear e holomórfico, com vergência clara em direção ao antepaís cratônico. Completa esse quadro deformacional o desenvolvimento de megafalhas reversas ou de empurrão, associadas aos dobramentos regionais, e aos sistemas de falhas direcionais transcorrentes.

O *Domínio Tectônico Interno* é constituído pelos Grupos Cuiabá e Nova Xavantina, pelas Vulcânicas de Mimoso e pelos corpos graníticos (batólitos e stocks) (Taboco, Rio Negro, Coxim, Sonora, São Vicente, Lajinha e Araguaiana).

Os Grupos Cuiabá e Nova Xavantina apresentam uma evolução estrutural do tipo polifásica, evidenciada pelo registro de três (LUZ et al., 1980) ou quatro fases de deformação (ALVARENGA, 1990). A fase D₁, a mais importante no rearranjo tectônico, é responsável pelo desenho dos principais dobramentos regionais, que invariavelmente são inversos ou recumbentes e associam-se às zonas de cavalgamento de baixo a médio mergulho, descrevendo expressivos transportes crustais para Sudeste ou Sul, em direção oposta ao Cráton Amazônico. A foliação S₁ é penetrativa, mostrando direções que variam conforme o traçado curvilíneo do cinturão, de N para ENE. Falhas direcionais do tipo transcorrentes e veios de

quartzo auríferos, ambos ortogonais ao “*trend*” da Faixa Paraguai, são correlacionados a fase D₁. A fase D₂, menos intensa, provoca redobramentos assimétricos e clivagens de crenulação plano-axial (S₂), com mergulhos entre 40° e 60° para E até S. A fase D₃ caracteriza-se pela formação de dobras abertas e sanfonadas, com traço axial perpendicular ao “*trend*” do cinturão.

Evans (1984) foi quem anunciou as primeiras referências às ardósias do Grupo Cuiabá (*Cuyaba Slates*). Almeida (1954) denominou os metassedimentos da região de Aquidauana, Miranda e Bodoquena por Série Cuiabá e, posteriormente, (Almeida, 1965) emprega pela primeira vez o termo Grupo Cuiabá, para designar as rochas metassedimentares de baixo grau metamórfico que compõem o Cinturão de Dobramento Paraguai.

O Grupo Cuiabá constitui-se de uma expressiva associação de metassedimentos, metamorfizados em grau baixo, no máximo alcançando a zona da biotita, na fácies xisto-verde. Coube a Luz et al. (1980) a principal tentativa de individualizar as principais unidades que compõem este grupo, identificando, ao todo, oito sub-unidades. Os litotipos dominantes são metarenitos, metarcóseos, metadiamicritos, filitos sericíticos, metamargas, metacalcáreos, filitos carbonosos e formações ferruginosas.

O Grupo Nova Xavantina aflora em possíveis janelas tectônicas no Grupo Cuiabá expostas nas imediações da Serra do Cristal, no Garimpo do Araés e no Garimpo do Jatobá. É descrito por Pinho (1990) como uma associação vulcano-sedimentar constituída de metassiltitos, metarenitos, metacherts e metavulcânicas de composição básica e intermediária (xistos e filitos).

A maior parte das informações a cerca de Faixa Paraguai e os granitóides lá intrudidos são encontradas em alguns artigos, elaborados principalmente durante as décadas de 70 e 80 no projeto governamental (escala 1:1.000.000): “Projeto RadamBrasil” e Luz et al., 1980; Barros et al., 1982; Del’Arco et al., 1982; Drago et al., 1982; Pinho et al. 1993; Ruiz et al., 1999 e Sousa et al., 1999. Recentemente, com a definição da Província Granítica Brasileira (Figura 6) a região tem sido insistentemente trabalhada segundo várias abordagens por Godoy et al., 2004, 2005, 2007 e Manzano et al., 2005.

O setor sul da Província Granítica (Figuras 4 e 5), aflorante no estado de Mato Grosso do Sul é constituído pelo Granito Taboco descrito inicialmente por Almeida, 1965, Penalva, 1971 e Schobbenhaus Filho e Oliva, 1979, Granito Rio

Negro descrito por Schobbenhaus Filho e Oliva, 1979, Granito Coxim estudado por Schobbenhaus Filho e Oliva, 1979 e o Granito Sonora, somente descrito por Godoy et al., 2005 em função das escavações da Usina Hidroelétrica de Sonora, na divisa do MT/MS.

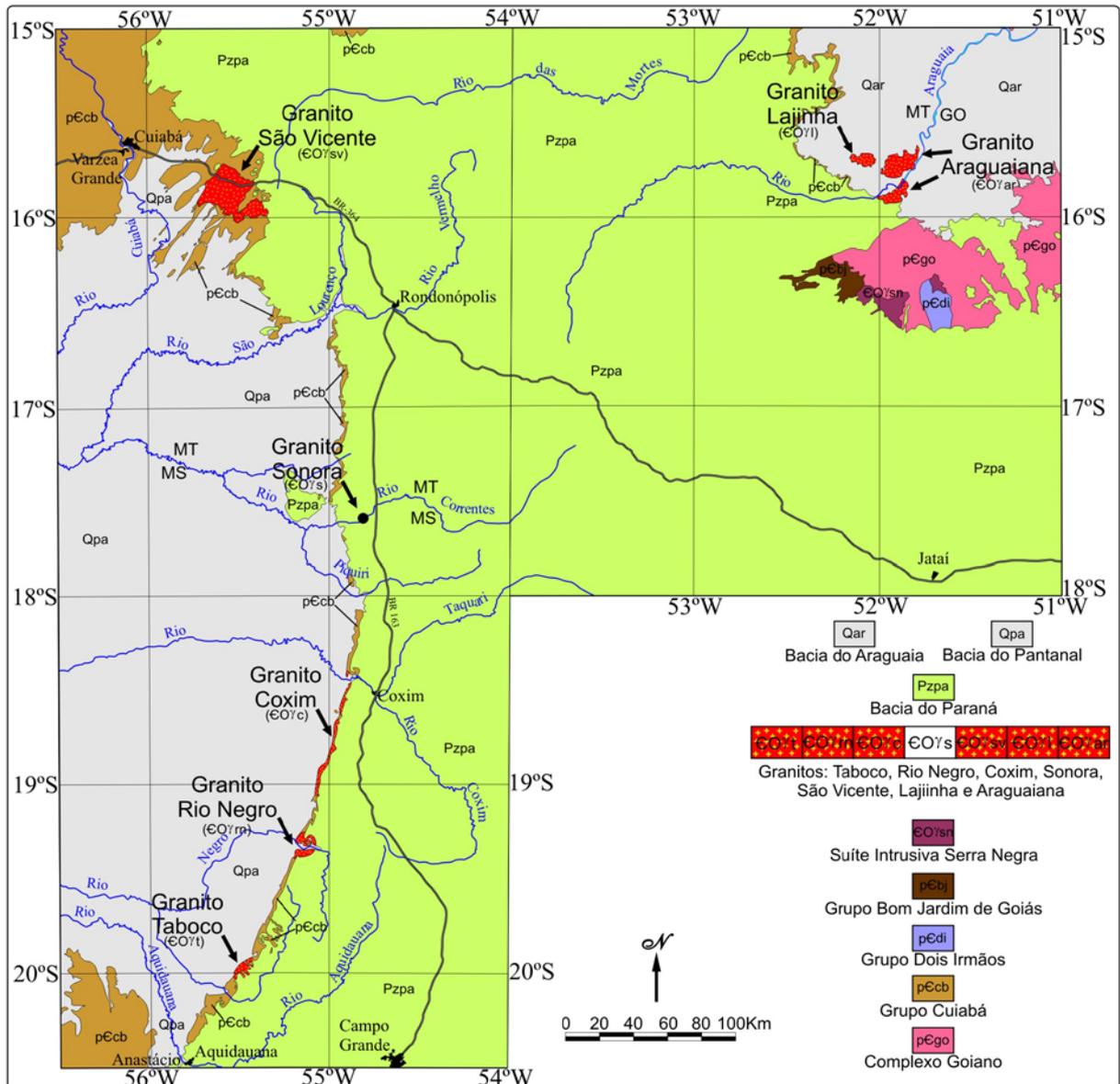


Figura 4. Mapa Geológico regional da área de estudo com as principais unidades geológicas. Modificado de RADAMBRASIL, folhas SE.21 (Corumbá), SD.21 (Campo Grande), SF.21 (Cuiabá) e SF.22 (Goiás).

O setor norte da Província Granítica (Figuras 4 e 6), aflorante no estado de Mato Grosso é constituído pelo Batólito São Vicente, que é o único que apresenta dados geocronológicos (HASUI e ALMEIDA, 1970; ALMEIDA e MANTOVANI, 1975), além de dados geoquímicos por Pinho et al. (1993) que, estudando amostras deste

corpo, o caracterizaram como granito do tipo I, de mesozona, com colocação passiva, de composição variando de monzo a sienogranito, apresentando conteúdo de elementos traços compatível com ambiente intraplaca.

Os Granitos Araguaiana e Lajinha foram classificados como biotita-granitos com anfibólio, e biotita-granitos (SOUSA et al., 1999). Segundo Ruiz et al. (1999) tratam-se de sienogranitos e álcali-feldspato granitos, mesozonais, tardi-tectônico e baseando-se nas suas composições mineralógicas (presença de anfibólio e/ou titanita), classificam como granitos do Tipo I ou da “série magnetita”, que são originados de fusão parcial de rochas ígneas.

CAPÍTULO 3 – GEOLOGIA LOCAL

3.1 - UNIDADES GEOLÓGICAS ESTUDADAS

3.1.1 - Grupo Cuiabá

O Grupo Cuiabá corresponde a um conjunto metassedimentar constituído essencialmente por rochas siliciclásticas metamorfasadas na fácies xistos verde, e no máximo alcança a zona da biotita. Do ponto de vista geotectónico, essa unidade litoestratigráfica constitui a Zona Estrutural Interna (ALVARENGA, 2000) da Faixa de Dobramentos Paraguai. Ocorre numa faixa de direção N-S, desde a região de Bonito, seguindo e estreitando-se em direção à segunda área de estudo, onde se inflete para E, a partir de Cuiabá até Barra do Garças. Em toda sua extensão, esta unidade representa as rochas encaixantes dos corpos granitóides brasileiros.

Estratigraficamente, Luz et al. (1980) reconheceram oito subunidades do Grupo Cuiabá que, da base ao topo, seria constituído por: Subunidade 1, filitos sericíticos com intercalações de filitos e metarenitos grafitosos; Subunidade 2, metarenitos arcoseanos, filitos grafitosos com intercalações de metarenitos e mármore calcíferos; Subunidade 3, filitos, metaconglomerados, metarcóseos, quartzitos e lentes de mármore calcíferos, Subunidade 4, metadiamicctitos com raras intercalações de filitos; Subunidade 5 – filitos sericíticos com intercalações de metaconglomerados e metarenitos quartzosos e metarcóseos; Subunidade 6 – filitos conglomeráticos, filitos e quartzitos; Subunidade 7 – metadiamicctitos com

intercalações de filitos e Subunidade 8 – mármore calcícticos e dolomíticos, margas e filitos sericíticos.

3.1.2 - Rochas granitóides

Segundo as análises laboratoriais e algumas evidências (indiretas) de campo, a província granítica estudada pode ser dividida em dois grandes conjuntos de rochas: um restrito ao Mato Grosso do Sul, constituído pelos maciços Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora; e outro restrito ao Estado do Mato Grosso, formado pelos maciços São Vicente, Lajinha e Araguaiana. As diferenças que permitem fazer essa divisão vão além das dimensões dos corpos, sendo apresentadas nos capítulos seguintes as evidências que permitiram tal classificação.

A província granítica estudada é constituída no Estado de Mato Grosso do Sul pelos maciços Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora (Figura 5) e no Estado do Mato Grosso pelos batólitos São Vicente, Araguaiana e Lajinha (Figura 6) e encontra-se discutida inicialmente em Godoy et al. (2004) e Manzano et al. (2005). As rochas granitóides da parte sul apresentam formas alongadas e afloram numa estreita faixa com direção NNE-SSW, apresentam feições geológicas e mineralógicas que permitem a identificação de dois conjuntos de granitóides discriminados devido a sua mineralogia e padrão geoquímico, os da parte meridional (Taboco e Rio Negro) e os da parte setentrional (Coxim e Sonora).

3.1.2.1 – Maciço Taboco

O Granito Taboco, descrito inicialmente por Almeida (1965), Penalva (1971) e Schobbenhaus Filho e Oliva (1979), ocorre nas nascentes do rio homônimo, na borda ocidental da serra de Maracaju no quadrante sudoeste da folha SE 21 Z-D, apresentando afloramentos pequenos que estão distribuídos em uma área total aproximada de 490 km². Os corpos mapeados são pequenos e dispõem-se alinhados grosseiramente segundo NNE-SSW, acompanhando a linha de contato entre o Grupo Cuiabá e a Formação Furnas, na borda da Bacia Sedimentar do Paraná. Estão localizados entre o córrego da Piúva e a margem direita do rio Taboco, na área da Fazenda Serrito, nos arredores do cruzamento das coordenadas 20°00' de latitude sul e 55°30' de longitude W. A maior ocorrência constitui um *stock*

com cerca de 12km² de área aflorante, estando separado dos demais corpos por rochas da Formação Furnas.

Apresenta-se intrusivo nos metassedimentos do Grupo Cuiabá que é caracterizado por rochas predominantemente de caráter filitoso em paragênese xisto-verde e atingindo no máximo a subfácies biotita, além de desenvolver uma auréola de metamorfismo de contato com as rochas em paragênese até hornblenda hornfels e que estão preservadas descontinuamente, possuindo espessura de cerca de 7 metros. Próximo aos afloramentos das rochas granitóides verifica-se com frequência a ocorrência de mica xistos bem desenvolvidos, que podem ser resultantes de um grau mais elevado do metamorfismo regional do Grupo Cuiabá, preservado para a região sul e/ou superposição de processos metamórficos de contato. Sobre este corpo estão as rochas sedimentares siluro-devonianos da Formação Furnas, em discordância erosiva/litológica e localmente está sotoposto a depósitos coluviais quaternários.

As rochas apresentam coloração rosada a cinza-claro, porfiríticos, granulação da matriz média a fina, sendo que as rochas próximas à zona de contato com o Grupo Cuiabá assumem feições predominantemente de granulação fina. São compostos essencialmente por feldspatos (microclínio e oligoclásio) e quartzo, além de biotita e raras hornblendas, opacos, zircão, apatita e minerais de alteração como clorita, epidoto e sericita.

3.1.2.2 – Maciço Rio Negro

O Granito Rio Negro, descrito em Schobbenhaus Filho e Oliva (1979), aflora à margem direita do Rio Negro no limite ocidental da serra de Maracaju. Expõe-se em uma área total de aproximadamente 16km², nas imediações das fazendas Potreiro e Rincão, próximo à rodovia MS-228 que liga, entre outras localidades, a cidade de Rio Negro a rodovia BR-419. Caracteriza-se morfologicamente como um anfiteatro erosivo, delimitado por escarpas de erosão remontante. Os sedimentos da Formação Furnas o recobrem em discordância, podendo aparecer como escarpas coroando esta intrusão. Na porção interna deste anfiteatro, mais arrasada, o granito em grande parte está encoberto pelos sedimentos coluviais quaternários e depósitos detríticos.

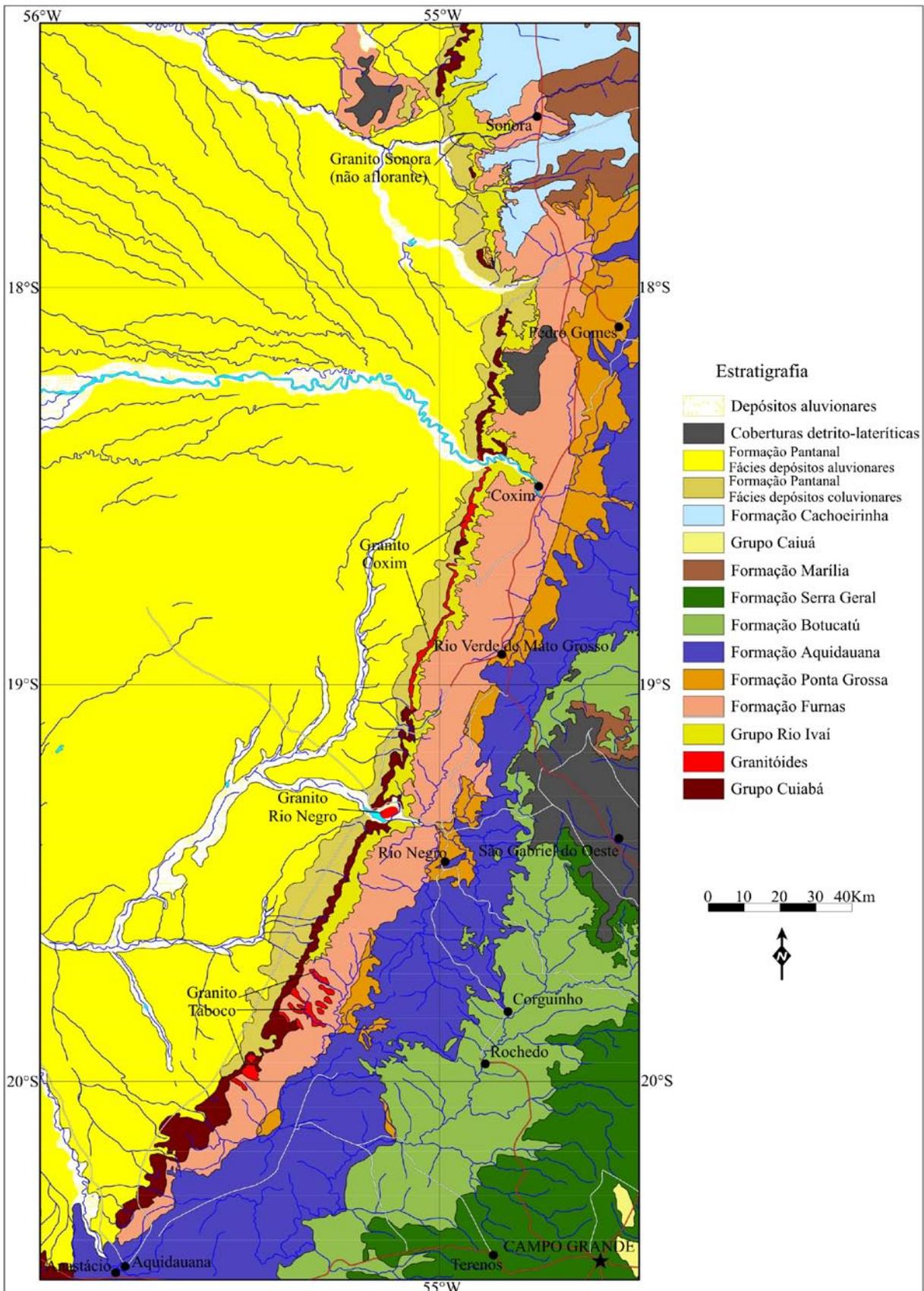


Figura 5. Mapa geológico da província granítica de Mato Grosso do Sul, mostrando as principais unidades litoestratigráficas (Filho et. al., 2006)

É intrusivo nos metassedimentos do Grupo Cuiabá, apresentando posição estratigráfica, estrutural e alinhamento semelhante ao Maciço Taboco. Em campo foram observadas zona de metamorfismo de contato, com presença de hornfels e recristalização dos xistos e quartzitos do Grupo Cuiabá. Pode ser dividido em quatro fácies que são representadas por monzogranitos a biotita-monzogranitos, granodioritos e quartzo-monzonitos de granulação grossa a média e coloração variando do esbranquiçado ao cinza-escuro, textura granular hipidiomórfica, com granulação variando de fina a grossa e mineralogia formada por quartzo, microclínio, oligoclásio/andesina, biotita, hornblenda, titanita, zircão, opacos, apatita e minerais de alteração como epidoto e clorita.

3.1.2.3 – Maciço Coxim

O Granito Coxim, descrito em Schobbenhaus Filho e Oliva (1979), possui uma distribuição alongada com cerca de 70km de comprimento e 1km de largura, orientada segundo nordeste. Aflora ao longo da linha de escarpas da borda noroeste da Bacia do Paraná, na meia encosta, orlando a porção ocidental da serra de Maracaju, na zona centro-sul da Folha SE 21-Z-B e uma pequena faixa na porção noroeste da Folha SE 21-Z-D. Apresenta-se intrusivo em metassedimentos do Grupo Cuiabá, com forma alongada controlada por zona de cisalhamento; contudo não foi observada na área a auréola de metamorfismo de contato com as rochas adjacentes. A leste é encoberto por rochas da Formação Furnas e a oeste, no sopé da Serra de Maracaju, está encoberto por acumulações conglomeráticas dos depósitos detríticos.

É composto predominantemente por monzogranitos leucocráticos de coloração avermelhada, inequigranulares, mas em alguns tipos ocorrem fenocristais de até 5 mm, isotrópicos a localmente cataclásticos próximo ao contato com as rochas encaixantes e são constituídos por microclínio, oligoclásio, quartzo, biotita, opacos, allanita, apatita e minerais de alteração como clinzoizita, clorita e sericita. Localmente ocorre granodiorito, isotrópico, coloração roséa cinza, textura granular hipidiomórfica e granulação média. Apresenta textura hipidiomórfica, cataclasada, granulação fina a grossa, constituído por oligoclásio, quartzo, microclínio, albita, biotita, hornblenda, clorita, titanita, apatita, opacos e minerais de alteração como epidoto e argilominerais.

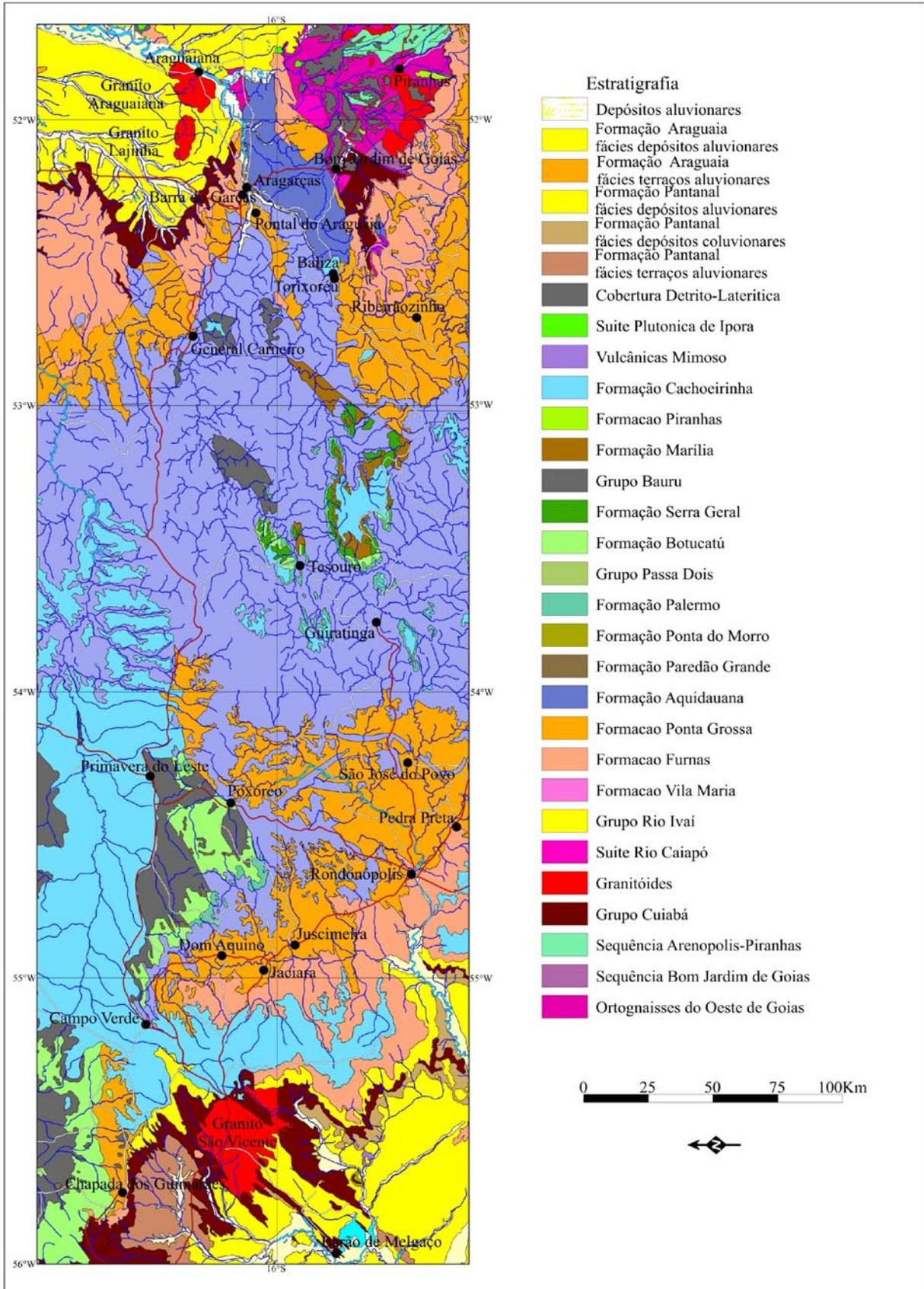


Figura 6. Mapa geológico da região de localização dos corpos graníticos da província norte (Filho et. al, 2004).

3.1.2.4 – Maciço Sonora

O Granito Sonora aflora à margem direita do Rio Sonora no limite ocidental da Serra de Maracaju. Não se encontra exposto, ocorrendo nas escavações da Usina Hidroelétrica de Sonora na divisa MT/MS. Dispõe-se no mesmo alinhamento e também se encontra intrusivo nos metassedimentos do Grupo Cuiabá. É constituído por sienogranitos leucocráticos de coloração vermelha, inequigranulares, granulação média a fina, isotrópica e localmente cataclástica, composto por microclínio, oligoclásio, quartzo, biotita, opacos, titanita, apatita e minerais de alteração como clorita e epidoto.

A Província Granítica na parte norte aflora no Estado do Mato Grosso e é constituída pelos batólitos São Vicente, Araguaiana e Lajinha (Figura 6). Constituem intrusões de dimensões batolíticas, o primeiro intrudido na região da inflexão das rochas do Grupo Cuiabá de NNE-SSW para ENE-WSW e os demais no extremo leste da faixa, controlados pela Zona de Cisalhamento Araguaia e parcialmente recobertos pelos sedimentos da Bacia do Araguaia.

3.1.2.5 – Maciço São Vicente

O Batólito Granítico São Vicente, primeiramente estudado por Almeida (1954) é um corpo de composição essencialmente sienogranítica e subordinadamente monzogranítica, alojado no estágio tardi-cinemático do evento Brasileiro. Com uma área aflorante de 437km², está localizado a 60km ao sudeste de Cuiabá, intrusivo em rochas metassedimentares do Grupo Cuiabá e parcialmente recoberto pelos sedimentos da Bacia do Paraná, na sua porção leste. Observa-se em todo o maciço um grande número de diques e veios aplíticos e/ou pegmatóides de espessuras centimétricas.

Os litotipos predominantemente são representados por biotita–granitos e muscovita-biotita granitos, sendo possível a individualização inicial de quatro fácies texturais: a fácies equigranular grossa a porfirítica, tendo a sua maior expressão em faixa circunscrita às bordas de contato; a fácies porfirítica de matriz média a equigranular média, ocupando a zona central do corpo; a fácies equigranular fina a porfirítica, distribuída na região sudeste do batólito e a fácies pegmatítica restrita à zona noroeste do maciço. São rochas isotrópicas, inequigranulares, leucocráticas, de coloração rósea ou localmente cinza, de granulação fina a grossa e/ou porfirítica,

apresentando texturas rapakivi nas porfiríticas, localmente cataclástico e composto por feldspato potássico, oligoclásio/ andesina, quartzo intersticial e biotita representando a única fase máfica primária. Como acessórios exibe apatita, zircão, magnetita, pirita, allanita e mais raramente fluorita e, como minerais de alteração, apresenta epidoto, muscovita, sericita, hematita, clorita e calcita.

Os granitos Araguaiana e Lajinha caracterizados em Sousa et al. (1999) e Ruiz et al. (1999) possuem dimensões batolíticas e afloram nas proximidades da cidade de Araguaiana, no extremo leste do Estado de Mato Grosso. Encontram-se intrudidos no Grupo Cuiabá e parcialmente recobertos pelos sedimentos coluvionares e aluvionares da Bacia do Araguaia. Estes granitos se diferenciam, entre outras características, pelas suas formas, dimensões e estruturas, encontrando-se separados por Coberturas Holocênicas.

3.1.2.6 – Maciço Lajinha

O Batólito Lajinha, inicialmente descrito por Barros et al. (1982) e posteriormente por Sousa et al. (1999) e Ruiz et al. (1999), desenvolve estrutura semicircular e dimensões de aproximadamente 110 Km². O seu caráter isotrópico, a ausência de anfibólio e sua textura variando de inequigranular a discretamente porfirítica, constituem as suas principais diferenças do Granito Araguaiana. É constituído por sieno a monzogranitos, isotrópico a fracamente deformado, composto por microclínio, quartzo, plagioclásio exibindo alteração proeminente (saussuritização), biotita, zircão, apatita, titanita e minerais de alteração como epidoto, clorita e sericita.

3.1.2.7 – Maciço Araguaiana

As rochas do Batólito Araguaiana, inicialmente descrito por Barros et al. (1982) e posteriormente por Sousa et al. (1999) e Ruiz et al. (1999), afloram nas proximidades da cidade homônima exibindo estrutura alongada com direção N-S e ocupando uma área de 250 Km². São individualizadas duas fácies, de composição sieno a monzogranítica e leucocrática. A que predomina, de coloração rósea a rosa-avermelhada apresenta textura porfirítica com a presença localmente de feições rapakivi, imersas em uma matriz de granulação média a grossa de composição quartzo-feldspática e biotita, mas termos equi-inequigranulares, aplíticos e pegmatóides estão presentes.

Confere particular destaque ao conjunto litológico o aparecimento de grandes cristais de feldspato potássico zonados, da ordem de 5 cm de comprimento, caoticamente distribuídos. A segunda apresenta coloração cinza e textura porfirítica, apresentando porcentagens menores de fenocristais. As fácies ocorrem controladas pela Zona de Cisalhamento do Araguaia que é responsável pela estrutura fortemente foliada e cataclasada. As rochas são constituídas por biotitas-granitos de composição sieno a monzogranítica, isotrópicas a localmente foliadas, constituídas por microclínio perítico, quartzo, oligoclásio e/ou andesina.

Os minerais de quantidade subordinada são definidos por biotita discretamente cloritizada e com muitas inclusões de zircão; anfibólio é raro e ocorrem na fácies de composição dominante monzograníticas, além de zircão, titanita, allanita, apatita e opacos. Localmente, observam-se veios micrograníticos e grande quantidade de enclaves microgranulares félsicos.

CAPÍTULO 4 - PETROGRAFIA

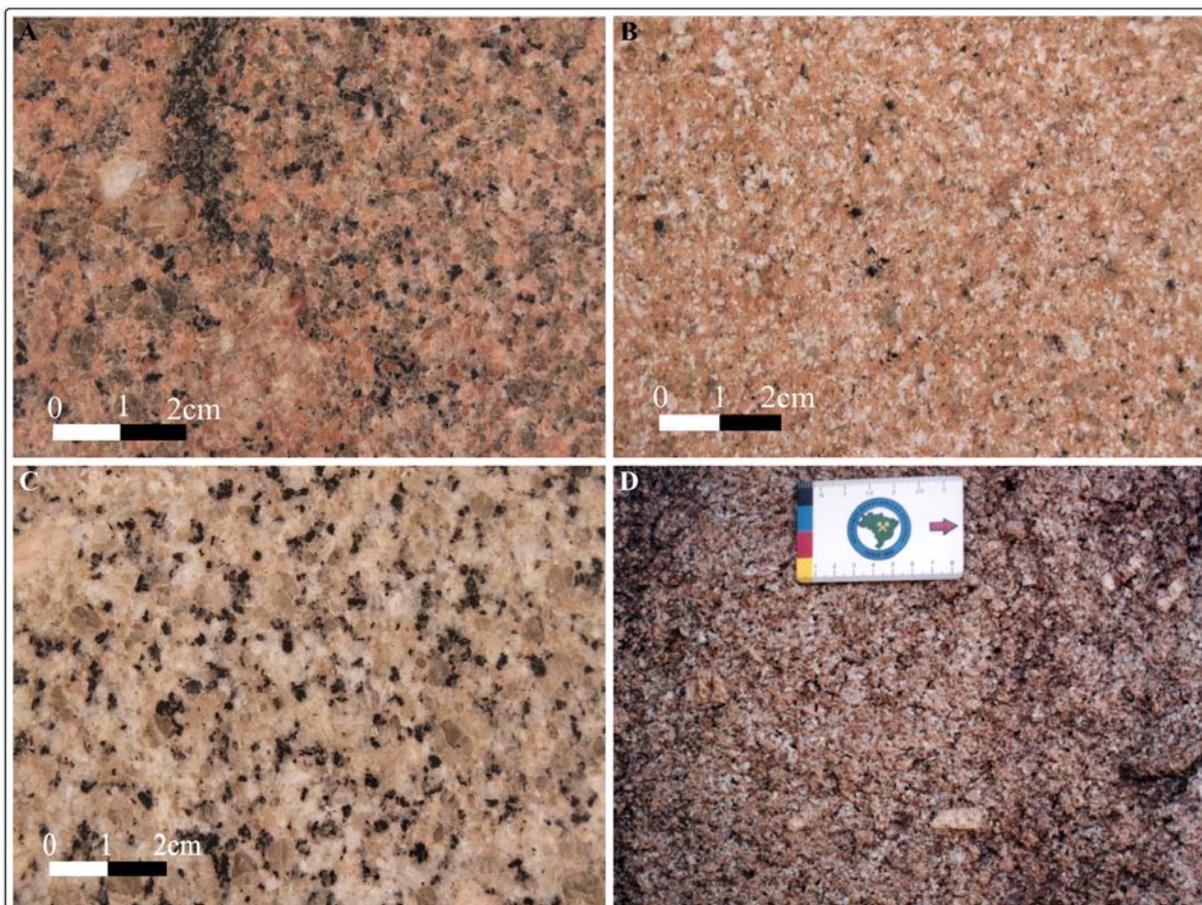
4.1 – PETROGRAFIA DAS ROCHAS GRANITÓIDES

A seguir, serão discutidos os aspectos mesoscópicos e microscópicos das fácies dos Maciços, que integrados aos dados químicos de rocha total e isotópicos, permitem uma melhor compreensão da composição e gênese dos referidos corpos.

4.1.1 - Maciço Taboco

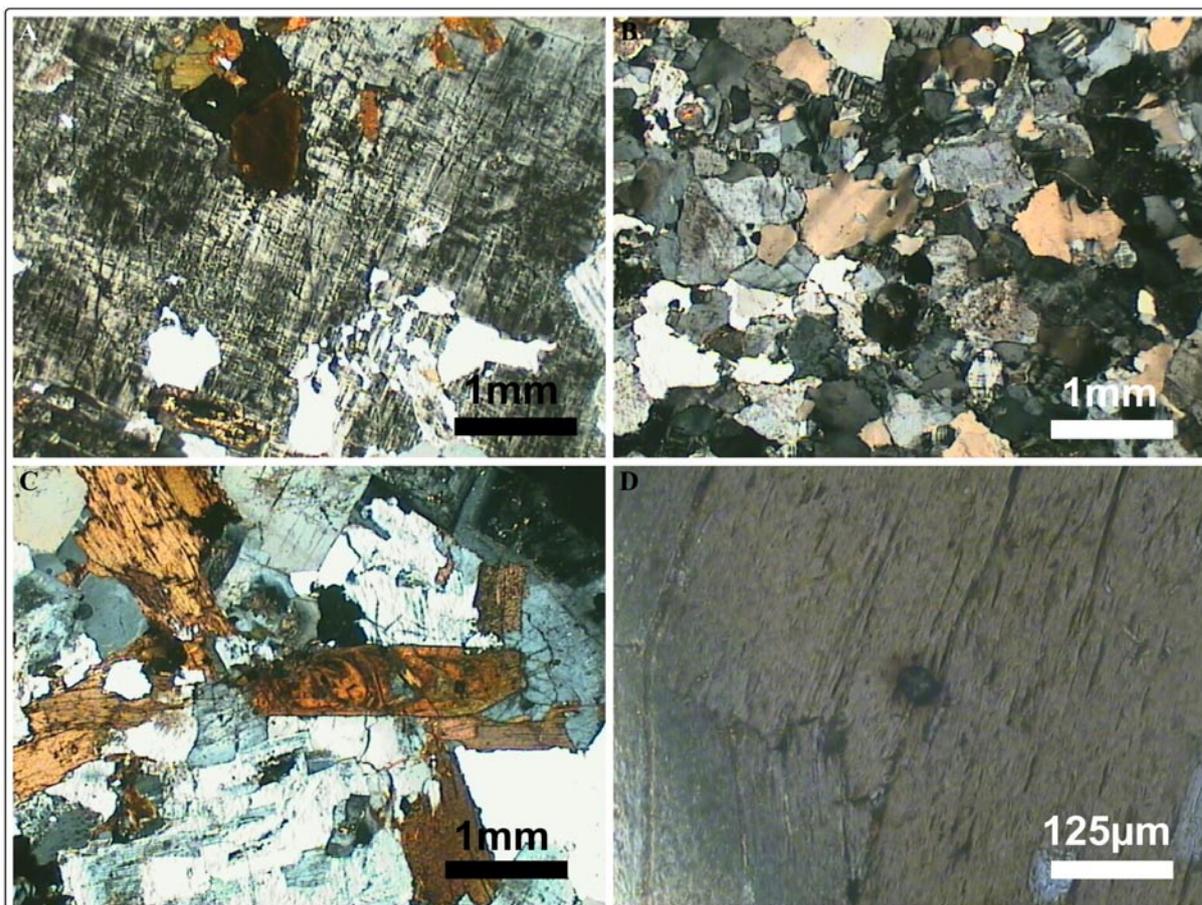
Predominam para este corpo, rochas holocristalinas e geralmente porfíricas. Alguns tipos apresentam grande variação faciológica, como as rochas nas proximidades da Fazenda Serrito, onde em um perfil de cerca de duzentos metros localizam-se até 4 fácies diferenciadas principalmente por coloração e granulometria

De modo geral, o Granito Taboco é uma rocha isotrópica e fanerítica, pouco equigranular, no qual predominam cristais anedrais dando uma aparência panxenomórfica a rocha. A variação na granulometria da rocha fornece a ela uma textura porfírica e formada por uma matriz com cristais ao redor de 500 μm e fenocristais da ordem de 2500 μm . Os contatos entre os cristais são pouco retilíneos, predominando os denteados; fraturas são comuns e quando abertas estão preenchidas por material de alteração (argilas).



Prancha 2. Fotografias mostrando os aspectos macroscópicos das rochas do Granito Taboco: **A)** monzogranito médio avermelhado (placa polida); **B)** monzogranito fino avermelhado (placa polida); **C)** monzogranito médio esbranquiçado (placa polida) e **D)** monzogranito médio avermelhado (rocha bruta).

Na mineralogia, o quartzo geralmente está bastante límpido, rico em fraturas e extinção ondulante e com inclusões de biotita e opacos. Os feldspatos apresentam geminação pronunciada e médio grau de alteração para argilominerais; podem ocorrer texturas mirmequíticas assim como pertitas e antipertitas. A biotita mostra forte pleocroísmo castanho a marrom e comumente mostra remanescências de hornblenda sob a forma de pequenos cristais no centro, também são comuns sinais de corrosão magmática. Os minerais acessórios e de alteração ocorrem geralmente inclusos nos essenciais sempre com dimensões reduzidas. A Prancha 2 trás aspectos macroscópicos de textura e coloração destas rochas e a Prancha 3 mostra aspectos gerais da textura e estrutura do Granito Taboco vistos ao microscópio.



Prancha 3. Aspectos microscópicos do Granito Taboco. **A)** megacristal de microclínio com geminação em grade e algumas inclusões de biotita (pol. X); **B)** visão geral da textura de uma fácies pouco mais equigranular que os demais (pol. X); **C)** cristais de biotita, feldspatos e quartzo, no centro observa-se um cristal de allanita zonado (pol. //) e **D)** grão de zircão incluído em uma placa de biotita onde causa halo pleocróico (pol. //). (*)

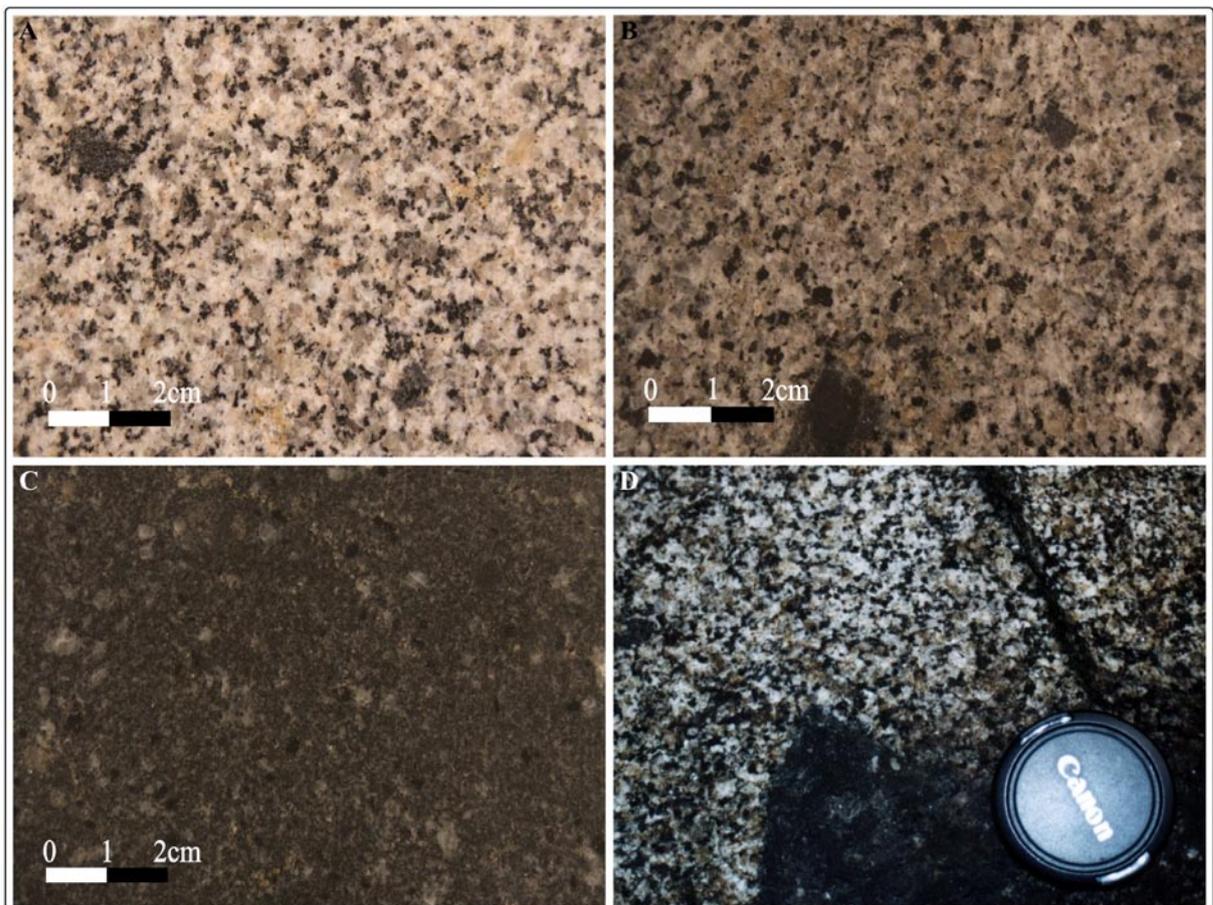
Os afloramentos são constituídos por monzogranitos de coloração rósea, avermelhada e esbranquiçada, predominando as fácies de granulação média, fina e porfírica, composto por microclínio, oligoclásio, quartzo, biotita, (raras hornblendas), clorita, opacos, zircão, apatita, epidoto e sericita.

4.1.2 - Maciço Rio Negro

O Granito Rio Negro, que ocorre na parte central da área sul, apresenta-se em grandes blocos, não sendo visitados afloramentos *in situ*. Foram recolhidas amostras de várias fácies, sendo que em um mesmo local ocorriam 3 fácies. É o mais fino dos três tipos, também é uma rocha que mostra grande variação faciológica. Sua granulometria situa-se em torno de 1000 µm, sempre sendo uma rocha isotrópica normalmente inequigranular mas que pode ocorrer alguns tipos

equigranulares; extinção ondulante não é muito comum, ao contrário e microfraturas são abundantes.

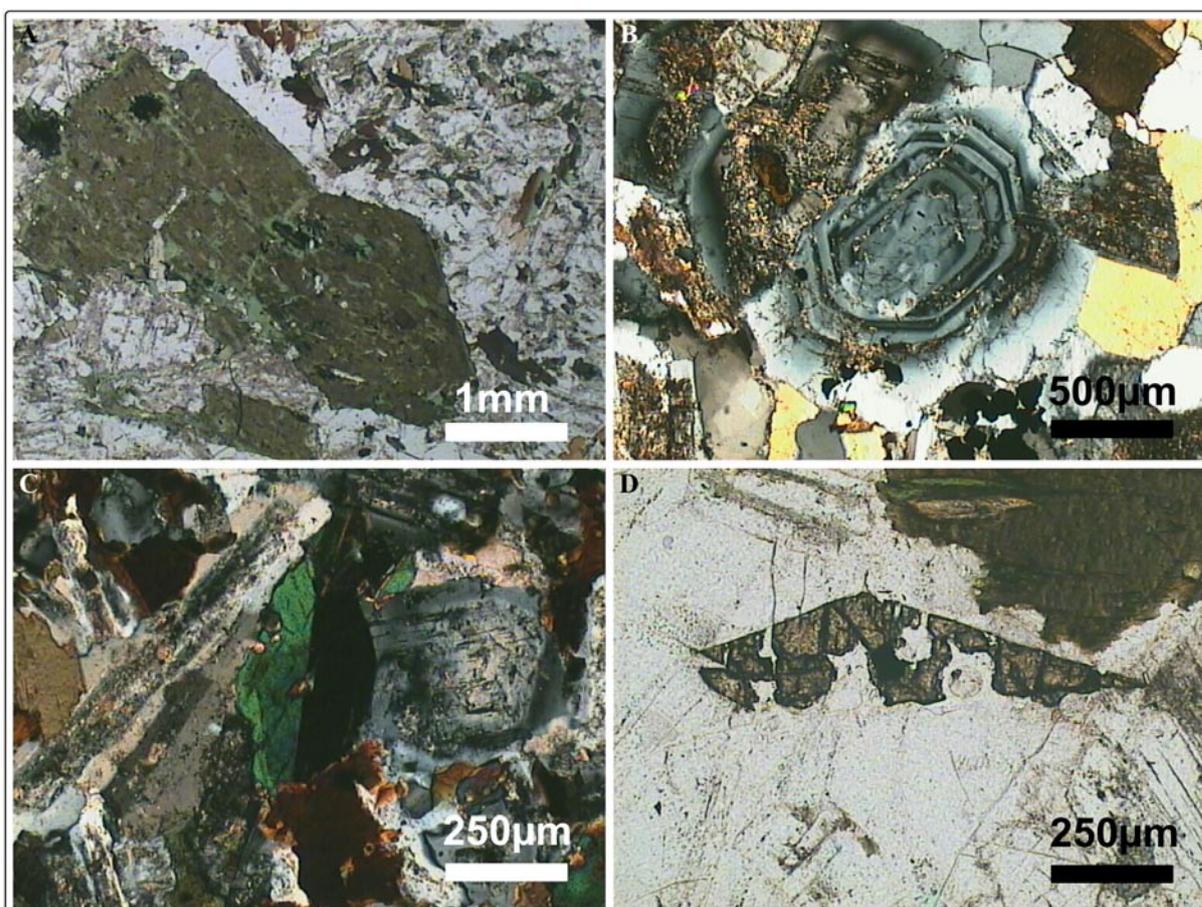
O quartzo no Granito Rio Negro por vezes, se encontra não muito límpido e sempre fraturado com contatos geralmente serrilhados e inclusões de biotita, opacos e apatita. Os feldspatos, bem geminados, apresentam cobertura de alteração pertitas e antipertitas, normalmente na forma de fios; no plagioclásio há grande zoneamento simétrico. A biotita, com sinais de corrosão magmática, geralmente está associada a raros cristais de hornblenda de onde é produto de alteração, as inclusões mais comuns são de opacos e quartzo e mais raramente zircão. Os minerais de alteração estão associados com seus minerais fontes e muitas vezes ainda mostram características daqueles, os acessórios estão bem distribuídos pelas lâminas analisadas.



Prancha 4. Aspectos macroscópicos do Granito Rio Negro: **A)** granodiorito médio esbranquiçado (placa polida); **B)** granodiorito médio a fino acinzentado (placa polida); **C)** biotita-granodiorito fino a médio (placa polida) e **D)** granodiorito (rocha bruta).

O Maciço Rio Negro pode ser dividido em quatro fácies (Prancha 4) que são representadas por monzogranitos a biotita-monzogranitos, granodioritos e quartzomonzonitos de granulação predominantemente média e coloração variando do esbranquiçado ao cinza-escuro, constituído por quartzo, microclínio, oligoclásio/andesina, biotita e hornblenda, titanita, zircão, opacos, apatita, epidoto e clorita.

Não é comum a presença de pórfiros na rocha, no entanto, alguns cristais podem atingir 5000 μm . A Prancha 5 apresenta a textura comum ao litotipo, notar a grande quantidade de minerais máficos e o ótimo zoneamento do plagioclásio.



Prancha 5. Microfotografias do Granito Rio Negro. **A)** cristal de hornblenda bem formado e com indícios de alteração (pol. //); **B)** cristal de plagioclásio mostrando um marcante zoneamento (pol. X); **C)** visão geral da textura da rocha, no centro um cristal de hornblenda geminado/zonado rodeado por cristais de plagioclásio (pol. X) e **D)** cristal eudedral de titanita com evidência de corrosão magmática (pol. //). (*)

4.1.3 - Maciço Coxim

O litotipo conhecido como Granito Coxim que ocorre na parte norte da área é uma rocha isotrópica, inequigranular, com a matriz ao redor de 2000 μm e

fenocristais de até 7000 μm . É uma litotipo panxenomórfico a subdiomórfico, pouco porfirítico com coloração avermelhada a esbranquiçada (Prancha 6). Ocorrem significativas quantidades de fraturas enquanto extinção ondulante é mais rara.

O Maciço Coxim é composto por monzo a sienogranitos leucocráticos de coloração avermelhadas, inequigranulares, mas em alguns tipos ocorrem pórfiros de até 5 mm, maciço, isotrópico a localmente cataclástico próximo ao contato com as rochas encaixantes; são compostos por microclínio, oligoclásio, quartzo, biotita e subordinadamente hornblenda em fácies mais localizada, opacos, clinozoisita, allanita, apatita, clorita e sericita.

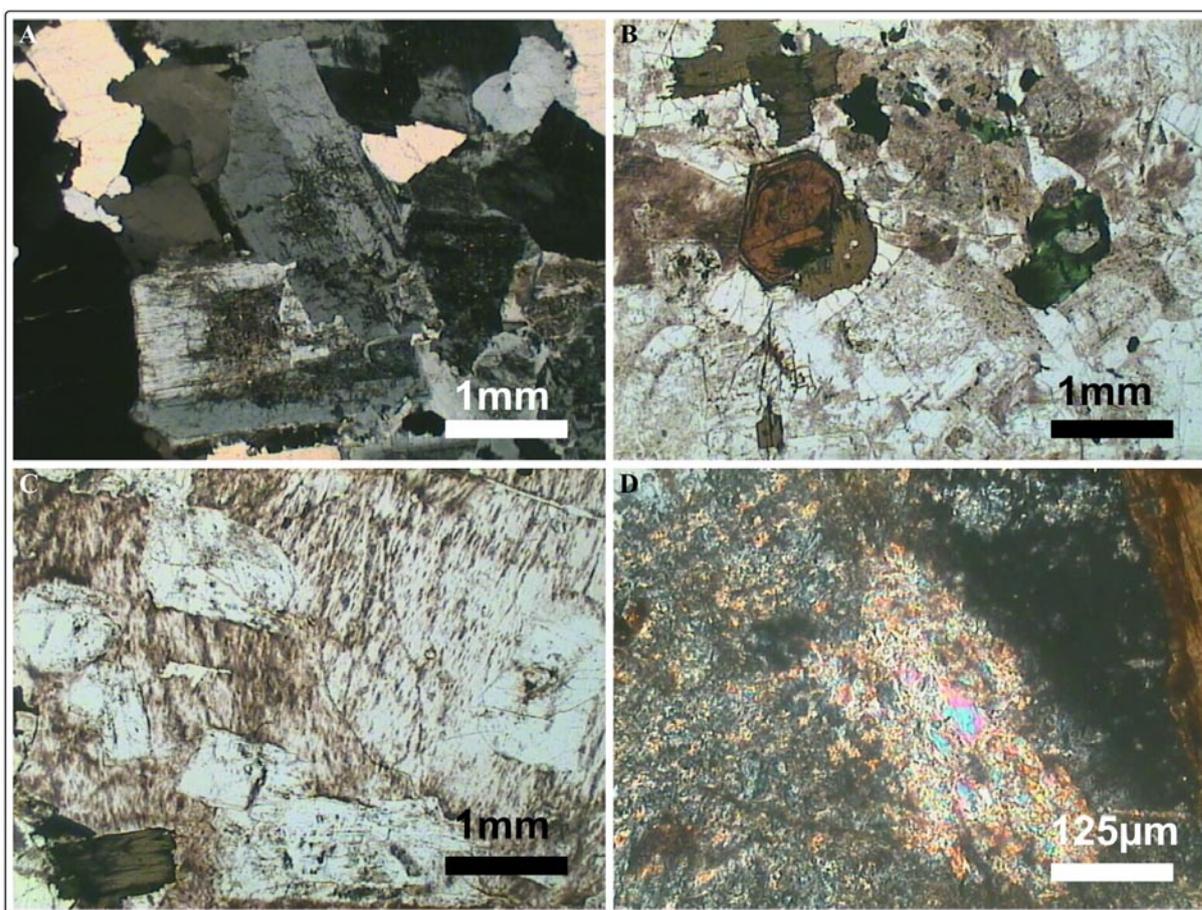


Prancha 6. Aspectos macroscópicos do Granito Coxim: **A)** monzogranito róseo porfirítico (placa polida); **B)** monzogranito médio avermelhado (placa polida); **C)** afloramento em uma pedreira em atividade no município de Coxim e **D)** monzogranito róseo (rocha bruta).

A mineralogia é representada por minerais típicos as rochas ácidas; o quartzo possui contatos predominantemente denteados, ocorrendo também retos, inclusões são raras ocorrendo de minerais opacos. Os feldspatos estão comumente alterados para argilominerais, sendo que os plagioclásios são os mais atacados por

essa alteração. É comum a presença de filetes perfiticos nos feldspatos potássicos e de inclusões de quartzo, nos plagioclásios é muito comum a ocorrência de zoneamento.

A mica presente é a biotita e sempre com mostras de corrosão magmática e freqüentes inclusões de quartzo. Raras alterações, além daquelas sobre os feldspatos, ocorrem, sempre associadas a biotita e na forma de sericita. Os minerais opacos são geralmente bem arredondados e pouco esféricos. Na Prancha 7 temos o aspecto microscópico geral da rocha, como o grande volume de alteração sobre os feldspatos e a concentração de sericita secundária.

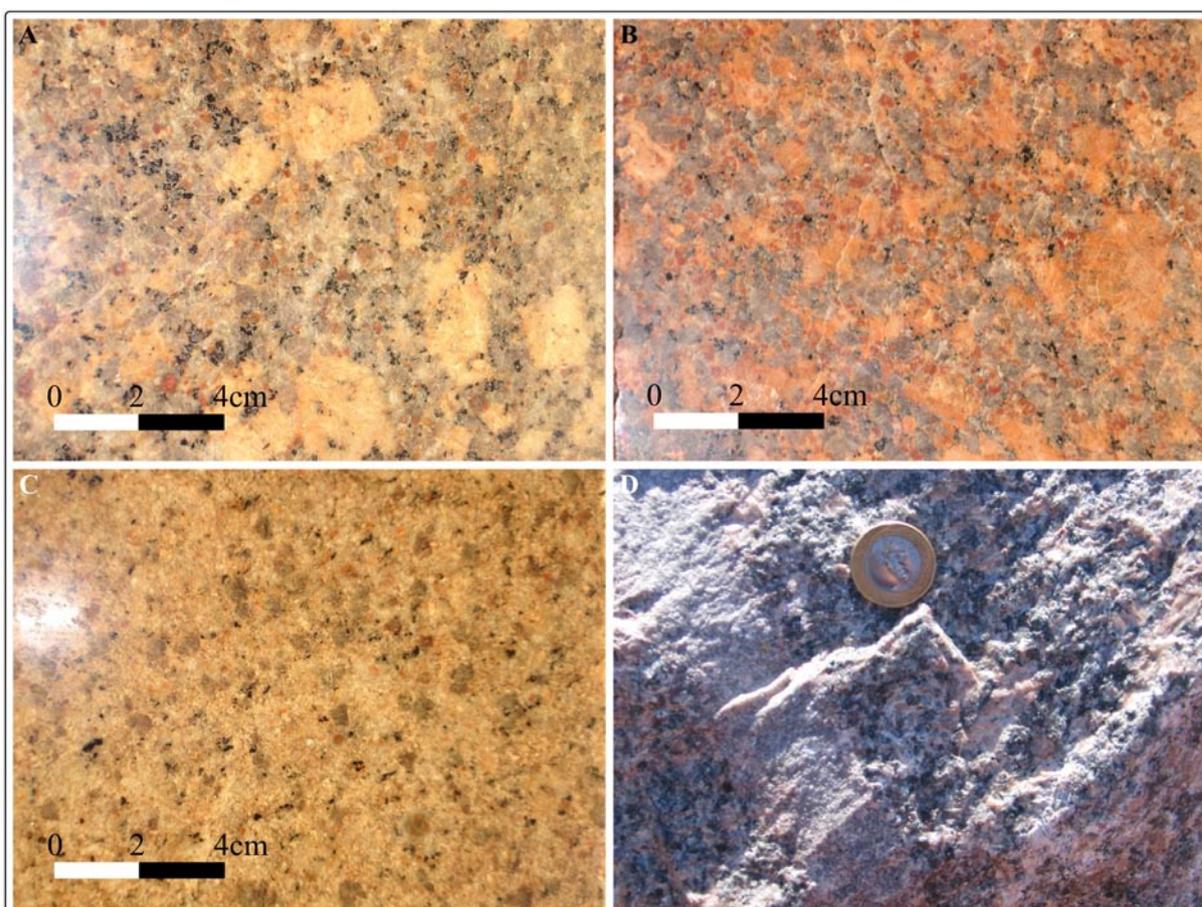


Prancha 7. Visão geral dos aspectos microscópicos do Granito Coxim. **A)** Visão geral da textura da rocha (pol. X); **B)** cristal de allanita e de hornblenda em uma matriz de plagioclásio (pol. //); **C)** feldspatos atacados por processos de caulinitização (pol. //) e **D)** cristais de sericita neoformados (pol. X). (*)

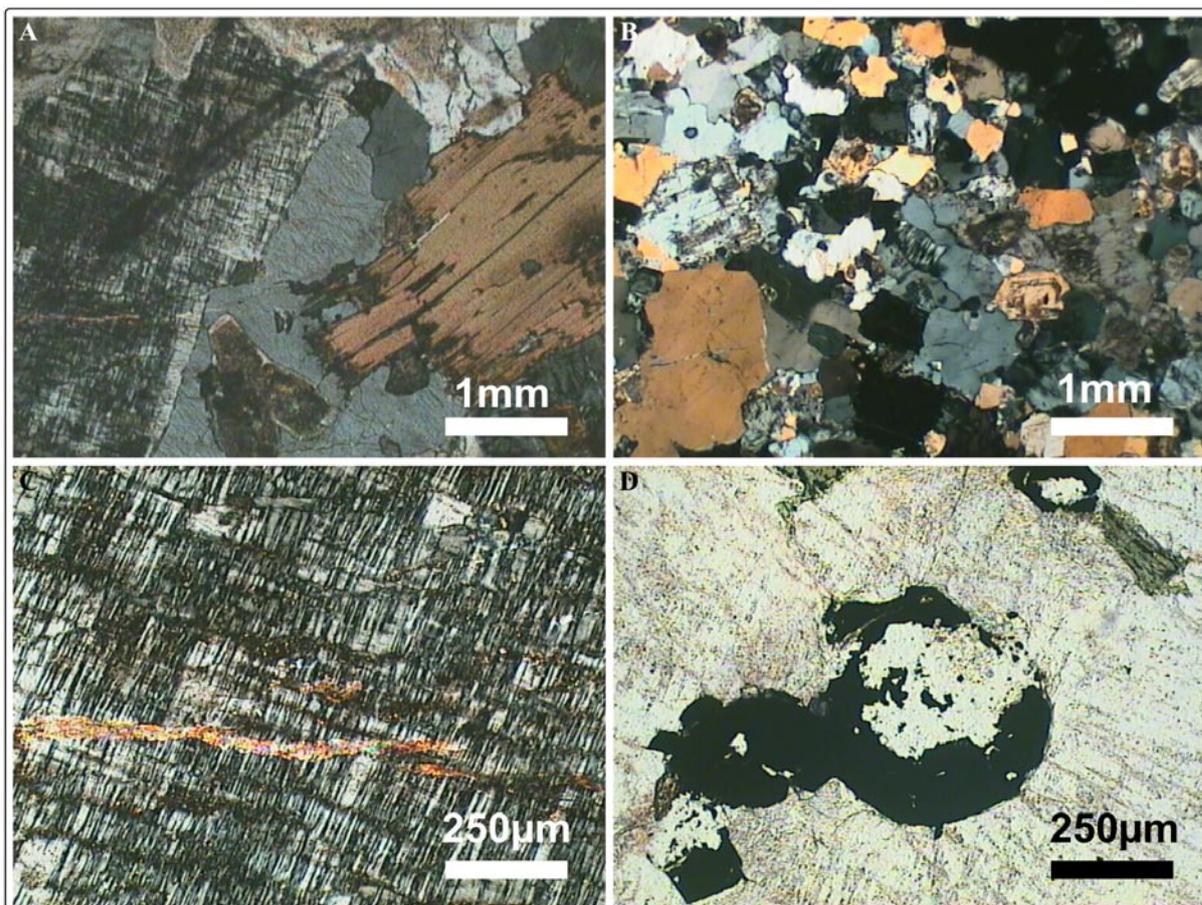
4.1.4 - Maciço Sonora

O Granito Sonora não foi encontrado em afloramento *in situ*, sua amostragem foi feita em blocos retirados durante as escavações para a construção da Usina hidroelétrica de Sonora, no rio Correntes, divisa dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Trata-se de uma rocha bastante avermelhada, isotrópica, ocorrendo sob a forma de 3 fácies principais (Prancha 8), uma fina, pouco equigranular e duas mais grossas inequigranulares, que são diferenciadas pela coloração.

Ocorrem fenocristais de microclínio, que atingem até 10 mm nos tipos mais grossos, cuja matriz sempre está na fração média, entre 1,5 e 3 mm. O tipo fino possui matriz da ordem de 200 a 800 μm , ocorrendo fenocristais de quartzo da ordem de 8 mm. Na Prancha 9 estão fotomicrografias destas rochas, onde se pode observar alguns aspectos gerais de sua estrutura e textura.



Prancha 8. Fotografias do Granito Sonora: **A)** monzogranito pórfiro acastanhado (placa polida); **B)** sienogranito vermelho (placa polida); **C)** monzogranito fino porfirítico (placa polida) e **D)** sienogranito vermelho (rocha sã).



Prancha 9. Fotografias de lâminas delgadas do Granito Sonora. **A)** cristal de quartzo (centro), biotita (direita) e microclínio (esquerda), observar no cristal de biotita um grão de zircão causando halo pleocróico (pol. X); **B)** visão geral da textura da rocha (pol. X); **C)** cristal de microclínio com ótima geminação em grade e cortado por uma microfratura preenchida por sericita (pol. X) e **D)** cristal de mineral opaco mostrando processo de corrosão magmática (pol. //). (*)

É constituído por sienogranitos leucocráticos de coloração vermelha, inequigranulares, granulação média a fina, isotrópica e localmente cataclástica, composto por microclínio, oligoclásio, quartzo, biotita, além de opacos, titanita, apatita, clorita e epidoto.

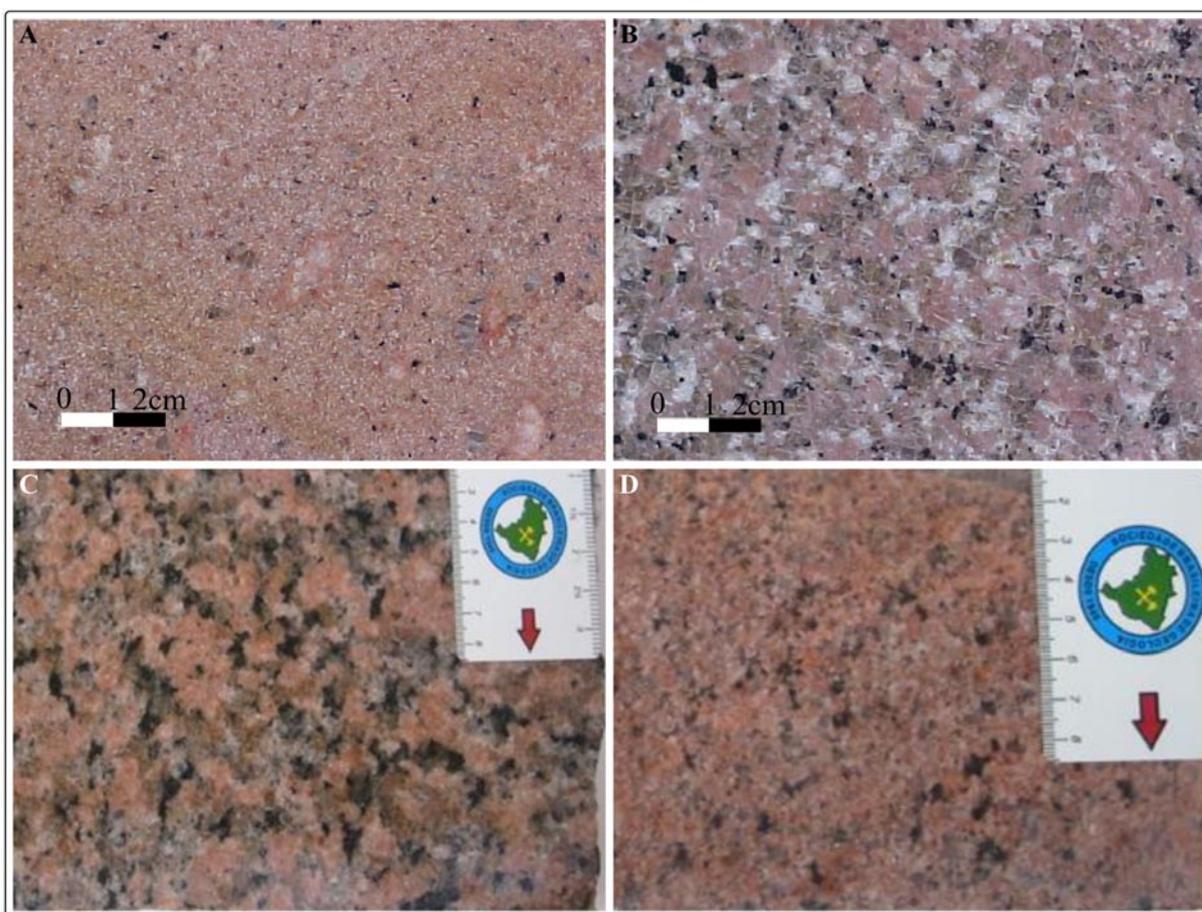
4.1.5 - Maciço São Vicente

O Granito São Vicente é o corpo que possui a maior área aflorante, onde predominam tipos leucocráticos de granulação média a grossa, ocorrendo também tipos de granulação fina que são mais localizados.

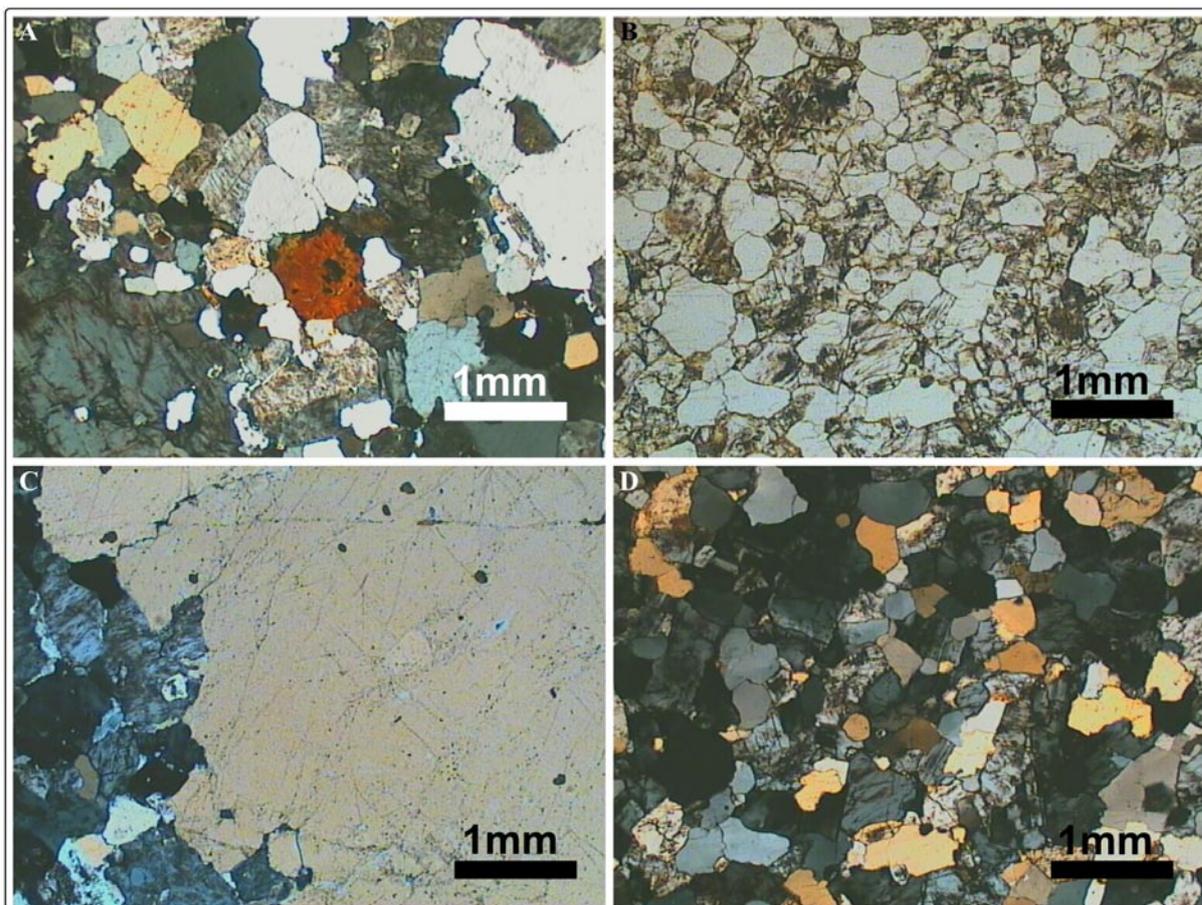
Os litotipos predominantemente são representados por biotita–granitos e muscovita-biotita-granitos (Prancha 10), sendo possível a individualização inicial de quatro fácies texturais: a fácies equigranular grossa a porfírica, tendo a sua maior

expressão em faixa circunscrita às bordas de contato; a fácies porfirítica de matriz média a equigranular média, ocupando a zona central do corpo; a fácies equigranular fina a porfirítica (Prancha 11), distribuída na região sudeste do batólito e a fácies pegmatítica restrita à zona noroeste do maciço.

São rochas isotrópicas, inequigranulares, leucocráticas, de coloração rósea ou localmente cinza, de granulação fina a grossa e/ou porfirítico, rapakivi ou não, localmente cataclástico e composto por ortoclásio, oligoclásio/ andesina; quartzo intersticial e biotita representando a única fase máfica primária.



Prancha 10. Fotografias das rochas do Maciço São Vicente: **A)** fácies porfirítica, de matriz média a equigranular (placa polida); **B)** fácies equigranular grossa a porfirítica (placa polida); **C)** biotita granito de coloração vermelha, pouco equigranular (rocha sã) e **D)** sienogranito vermelho (rocha sã).

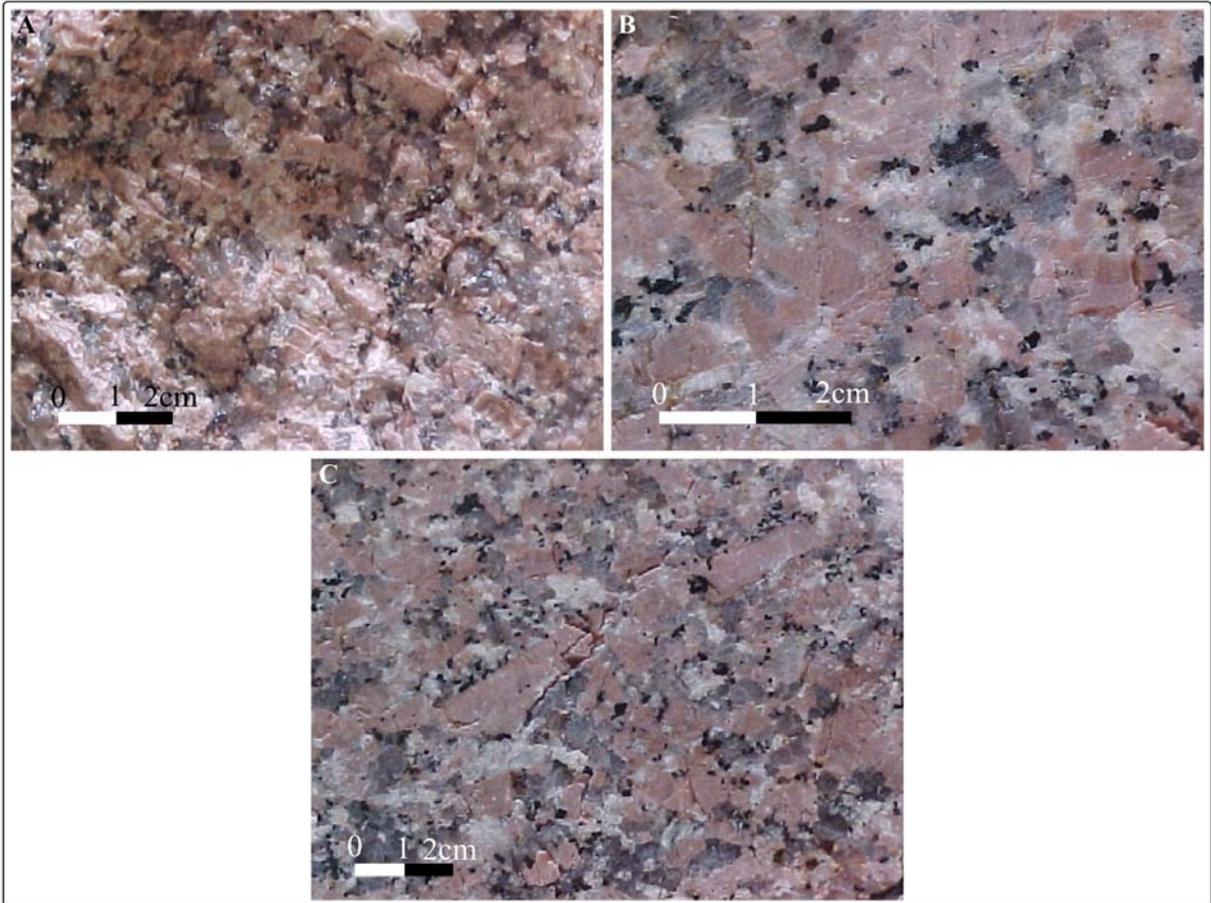


Prancha 11. Fotografias microscópicas do Granito São Vicente: Todos os tipos são monzogranitos, sendo **A**) fácies biotita granito (pol. X); **B**) fácies porfirítica de matriz média a equigranular média (pol. //); **C**) fácies equigranular grossa a porfirítica (pol. X) e **D**) mesma fotografia de B), a nicóis cruzados (*)

4.1.6 - Maciço Lajinha

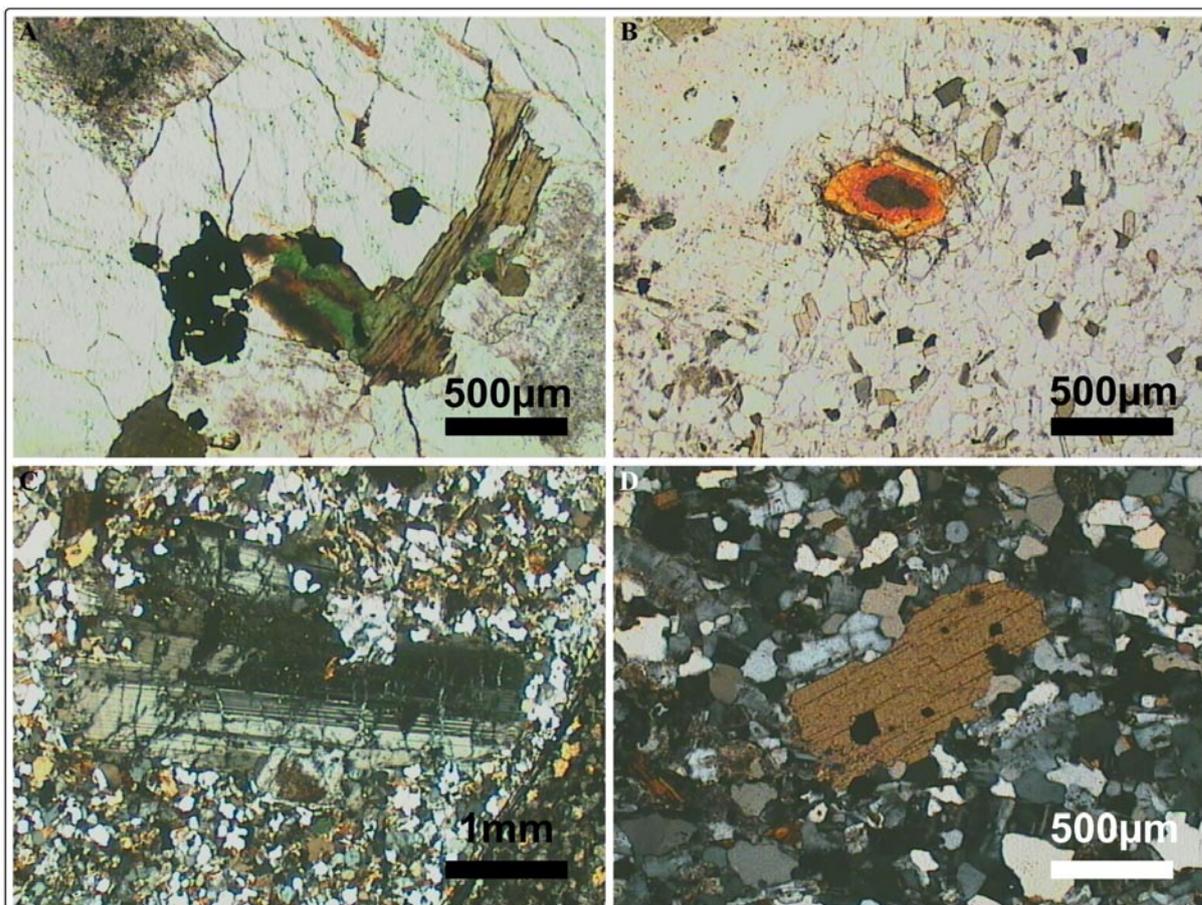
O Granito lajinha ocorre parcialmente recoberto pelos sedimentos da Bacia do Araguaia, na forma de um grande batólito grosseiramente alongado segundo a direção E-W. Os afloramentos desta rocha não são muito comuns e, geralmente os litotipos encontram-se em avançado estágio de alteração.

Facilmente não foi individualizado, mas a grosso modo apresenta ao menos duas fácies, diferenciadas principalmente pela granulometria, já que não foi possível, em termos de composição mineralógica, a identificação de mais fácies.



Prancha 12. Fotos do Granito Lajinha. Todas as fotografias são da mesma fácies (média a grossa). Observar o caráter isotrópico peculiar a esta rocha.

De modo geral são rochas isotrópicas, de coloração variando do róseo claro ao esbranquiçado, não deixando de ocorrer tipos de coloração acinzentada. A granulação das duas fácies é bem distinta e compreende os tipos médio a grosso e médio a fino, em ambas as fácies predomina uma textura de matriz equigranular, xenomórfica, onde podem ocorrer cristais alongados de feldspato potássico. Na prancha 12 são mostradas fotografias de uma das fácies.



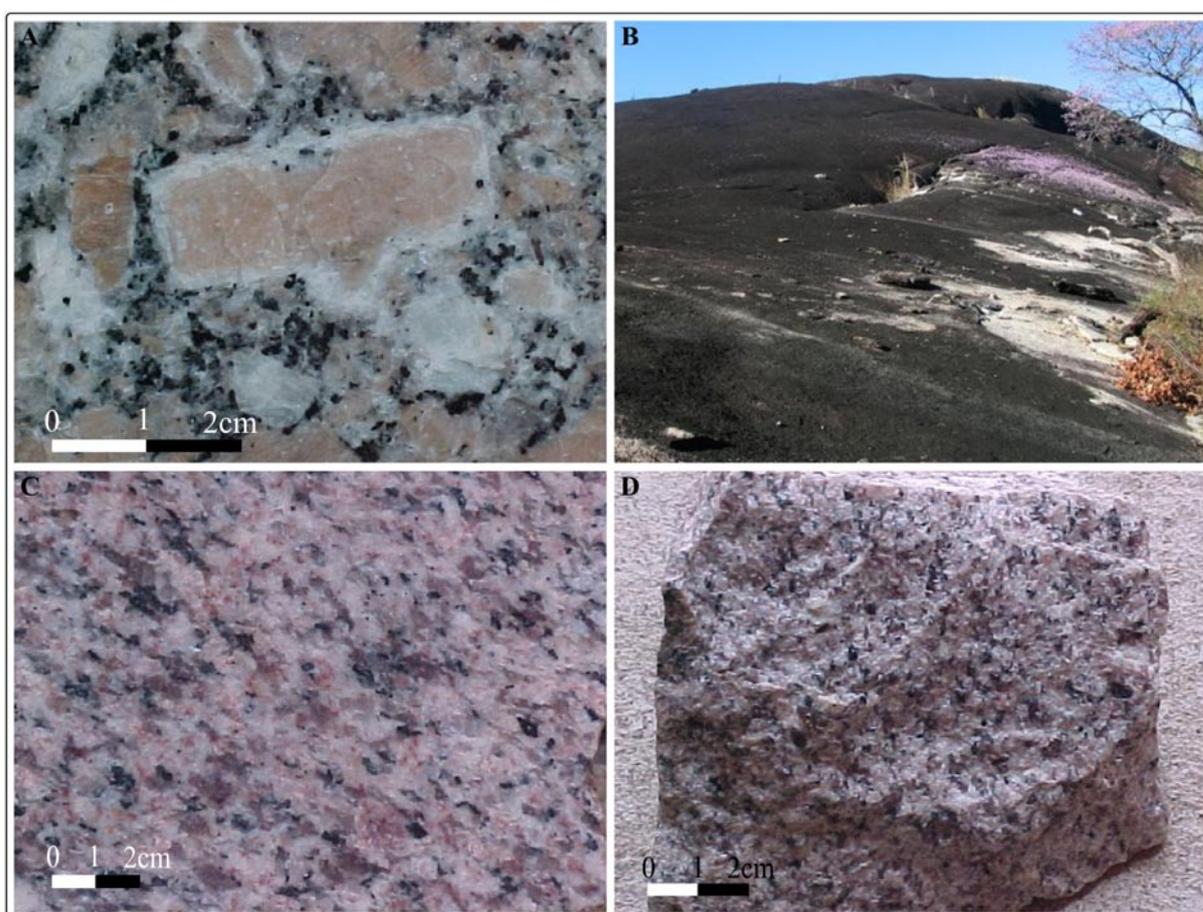
Prancha 13. Fotografias de lâminas do Granito Lajinha. **A)** cristal de biotita, associado a opaco e em fase de alteração (cloritização), da fácies média a grossa (pol. X); **B)** fácies fina a média, exibindo cristal de allanita zonada em meio uma matriz quartzosa (pol. //); **C)** matriz fina, subvulcânica, composta por quartzo, feldspato e biotita, envolvendo um cristal de oligoclásio geminado (pol. X) e **D)** fácies fina a média; observar a textura equigranular da matriz, composta predominantemente por quartzo e o cristal de biotita bem desenvolvido, com inclusões de opacos (pol. X). (*)

4.1.7 - Maciço Araguaiana

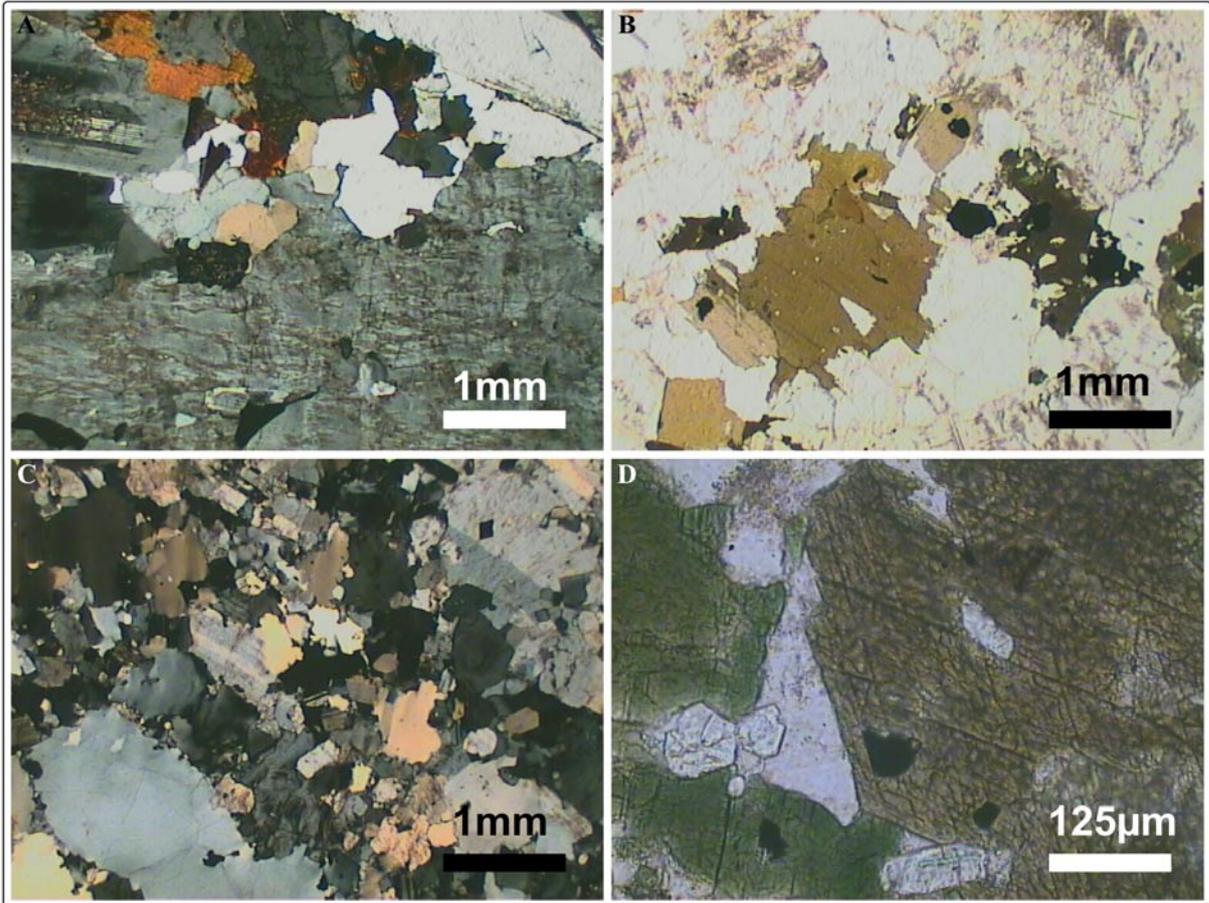
No Maciço Araguaiana são individualizadas duas fácies, de composição monzogranítica e leucocrática, uma de coloração rosa a rosa-avermelhada e a outra cinza. As texturas que ocorrem com maior frequência são as porfíricas com presença ou ausência de feições rapakivi, imersos em uma matriz de granulação média a grossa de composição quartzo-feldspática e biotita, mas termos equigranulares, aplíticos e pegmatóides são existentes (Prancha 14).

Confere particular destaque ao conjunto litológico o aparecimento de largos cristais zonados, da ordem de 5 cm de comprimento, caoticamente distribuídos. A segunda fácies se diferencia pela textura porfírica, apresentando porcentagens menores de fenocristais e pela coloração cinza. As rochas são constituídas por

biotita-granitos de composição sieno a monzogranítica, isotrópicas a localmente foliados, constituídas por microclínio perfitico; quartzo; oligoclásio e/ou andesina. Os minerais de quantidade subordinada são definidos por biotita discretamente cloritizadas e com muitas inclusões de zircão; anfibólio (ferro-pargasita) é raro e ocorrem na fácies de composição dominante monzograníticas, além de zircão, titanita, allanita, apatita e opacos. Localmente, observam-se veios de microgranitos e grande quantidade de enclaves microgranulares félsicos. Notável é a presença marcante de hornblenda existente em uma das fácies deste maciço (Prancha 15).



Prancha 14. Fotografias macroscópicas dos aspectos texturais do Granito Araguaiana: **A)** cristal de microclínio, zonado, conferindo à textura rapakivi, o que é uma característica marcante desta rocha; esse mineral é o principal formador de pórfiros existente em uma das fácies (placa polida); **B)** aspecto geral de um dos afloramentos desta rocha, uma característica comum a ela é o aparecimento de lajedos como este; **C)** foliação existente em uma das fácies, causada pela Zona de Cisalhamento do Araguaia (placa polida) e **D)** fácies inequigranular, de coloração acinzentada a avermelhada (rocha bruta).



Prancha 15. Aspectos microscópicos do Granito Araguaiana. **A)** megacristal de microclínio pertítico constituinte de pórfiros da rocha (pol. X); **B)** lamelas de biotita e minerais opacos, distribuídos em meio a quartzo e feldspato alcalino (pol. //); **C)** aspecto geral da matriz cataclasada e recristalizada, mostrando as bordas dos minerais bastante irregulares (pol. X) e **D)** cristal de anfibólio, exibindo marcante clivagem, tal mineral é uma das características intrínsecas desta rocha (pol. //). (*)

(*) Nas microfotografias: pol X = polarizadores cruzados e pol. // = polarizadores paralelos.

Tabela 3. Sumário das descrições petrográficas para as rochas granitóides.

LITOTIPO	Taboco	Rio Negro	Coxim	Sonora	São Vicente	Lajinha	Araguaiana
MINERALOGIA	Quartzo, microclínio, oligoclásio, biotita, opacos, clorita, titanita, apatita, epidoto, zircão, muscovita, sericita, hornblenda.	Quartzo, microclínio, oligoclásio, biotita, opacos, titanita, clorita, apatita, muscovita, allanita, hornblenda, epidoto, zircão.	Quartzo, microclínio, oligoclásio, biotita, opacos, apatita, allanita, sericita, zircão.	Quartzo, microclínio, oligoclásio, biotita, opacos, apatita, allanita, sericita, zircão.	Quartzo, ortoclásio, oligoclásio/andesina, biotita, apatita, zircão, magnetita, pirita, allanita, fluorita, epidoto, muscovita, sericita, hematita, clorita e calcita.	Quartzo, microclínio pertítico; plagioclásio saussuritizado no núcleo, biotita, zircão, apatita, titanita, epidoto, clorita e sericita.	Quartzo, microclínio, oligoclásio e/ou andesina, biotita, zircão, ferro-pargasita, titanita, allanita, apatita e opacos.
GRANULAÇÃO	Matriz: 0,3-3 mm. Fenocristais: até 10mm.	Matriz: 0,2-2 mm.	Matriz: 1-2 mm Fenocristais: até 7 mm.	Matriz: 0,2-3 mm. Fenocristais: até 10 mm.	Matriz: 0,5 – 5 mm. Fenocristais: até 1 cm.	Matriz: 0,5-2 cm.	Matriz: 1-2 cm. Fenocristais: até 6 cm.
ESTRUTURA	Isotrópica.	Isotrópica.	Isotrópica.	Isotrópica.	Isotrópica.	Isotrópica.	Isotrópica.
TEXTURA	Inequigranular, fanerítica, porfíróide.	Inequigranular, fanerítica.	Pouco porfíróide, fanerítica, pouco equigranular.	Pouco equigranular, inequigranular, fanerítica, porfíróide.	Equigranular grossa a porfirítica.	Inequigranular a porfirítica.	Porfirítica e Rapakivi.
COR	Róseo a esbranquiçado cinza claro.	Acinzentado a esbranquiçado	Róseo, avermelhado a esbranquiçado	Róseo.	Róseo a localmente cinza.	Róseo esbranquiçado a cinza.	Rosa a rosa-avermelhada e cinza.
CLASSIF. Q-A-P	Monzogranito.	Granodiorito.	Monzogranito.	Sienogranito.	Monzogranito.	Sieno a monzogranito.	Monzogranito.
ALTERAÇÃO	Sericita, epidoto, clorita.	Sericita, clorita, epidoto.	Sericita.	Sericita e clorita.	Epidoto, muscovita, hematita, clorita e calcita.	Epidoto e clorita.	Clorita e epidoto.

CAPÍTULO 5 – GEOLOGIA ESTRUTURAL

5.1 - GEOLOGIA ESTRUTURAL E METAMORFISMO

A caracterização do quadro metamórfico/estrutural encontrado na área permite definir os granitóides como sin a tardi-tectônicos, epizonais e intrusivos em rochas do Grupo Cuiabá (Prancha 16) que apresenta uma evolução estrutural marcada por três fases (Figura 7). Os tipos dominantes, os filitos, gradam à metarritmitos marcando um bandamento composto por porções predominantes mais quartzosas e porções com textura granolepidoblástica ricas em biotita+muscovita. São constituídos basicamente por quartzo, feldspatos, sericita, clorita e raramente biotita, e que geralmente encontram reorientada segundo um bandamento composicional tectônico.

O metamorfismo regional do tipo dinamotermal, em fácies xisto-verde, atinge no máximo a zona da biotita, a paragênese quartzo + mica branca + clorita é a associação metamórfica mais comum em metapelitos (M_1), eventualmente acompanhada da biotita (M_2). O auge do metamorfismo foi contemporâneo à fase de deformação D_2 , evidenciado pelo crescimento de biotita como um dos minerais formadores da clivagem S_2 , além de parcial recristalização de quartzo.



Prancha 16. Rochas do Grupo Cuiabá. Em estado são (A) e em B, exibindo feição tipicamente encontrada nestas rochas (foliações D_2 e D_3 conferindo um aspecto de filonito). As fotografias C e D mostram evidências de metamorfismo de contato sin D_2 com crescimento de porfiroblastos de andaluzita paralelos à foliação S_2 .

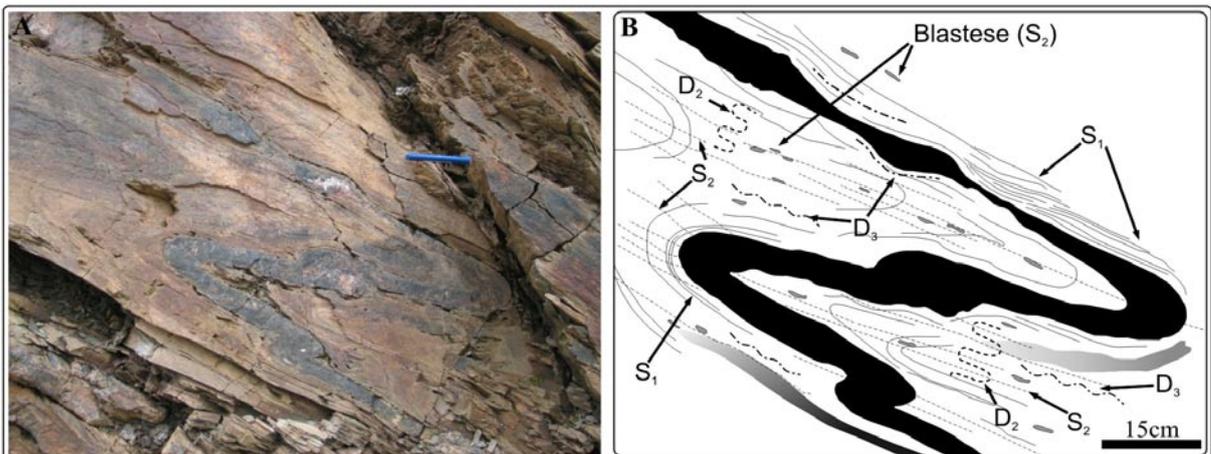


Figura 7. Esquema estrutural geral do Grupo Cuiabá onde é possível observar as estruturas oriundas das três fases deformacionais e suas relações.

O metamorfismo de contato (Prancha 17), associado às bordas dos maciços granitóides, foi gerado a partir do alojamento dos corpos durante a fase D_2 , havendo

a recristalização e desenvolvimento de minerais típicos desse tipo de metamorfismo sobre os do metamorfismo regional M_2 , alcançando a fácies albíta e hornblenda hornfels, marcada pela presença principalmente de biotita, cordierita, feldspato potássico e andaluzita (Prancha 18) desenvolvida principalmente na forma de megaporfiroblastos, orientados segundo S_2 . A paragênese cordierita + andaluzita + feldspato potássico indica relação P-T da ordem de aproximadamente 650-700 °C e pressões inferiores a 2 Kbar. As auréolas de metamorfismo termal apresentam-se parcialmente preservadas em função do maior ou menor grau de deformação imposto pelas zonas miloníticas nos contatos destes maciços, ou devido a intensidade das transformações minerais retrometamórficas impostas pelo metamorfismo M_3 , que ocorre tanto nas paragêneses de contato como nas regionais.



Prancha 17. Aspecto geral de filitos do Grupo Cuiabá quando expostos a metamorfismo de contato. Em A, acamamento reliquiar metamorfolizado em fácies hornblenda hornfels. B e C mostram dobras D_2 , afetadas pelo metamorfismo de contato, evidenciando que os corpos graníticos foram intrudidos nesta fase. Em D, vê-se um bandamento composicional, afetado por pequenas dobras D_2 .

A relação espacial e temporal do Grupo Cuiabá com os granitóides nele alojados e as demais rochas pouco se altera ao longo da área averiguada. Basicamente, o Grupo Cuiabá é cortado pelos corpos graníticos (batólitos e stocks), sobre esta associação, repousa, em discordância angular, as rochas sedimentares da Bacia do Paraná (para a área sul). Os corpos graníticos podem ainda estar recobertos apenas por coberturas recentes, como os corpos Lajinha e Araguaiana. Na Figura 8, são mostrados os perfis e relações das rochas com os corpos da parte sul e da parte norte.

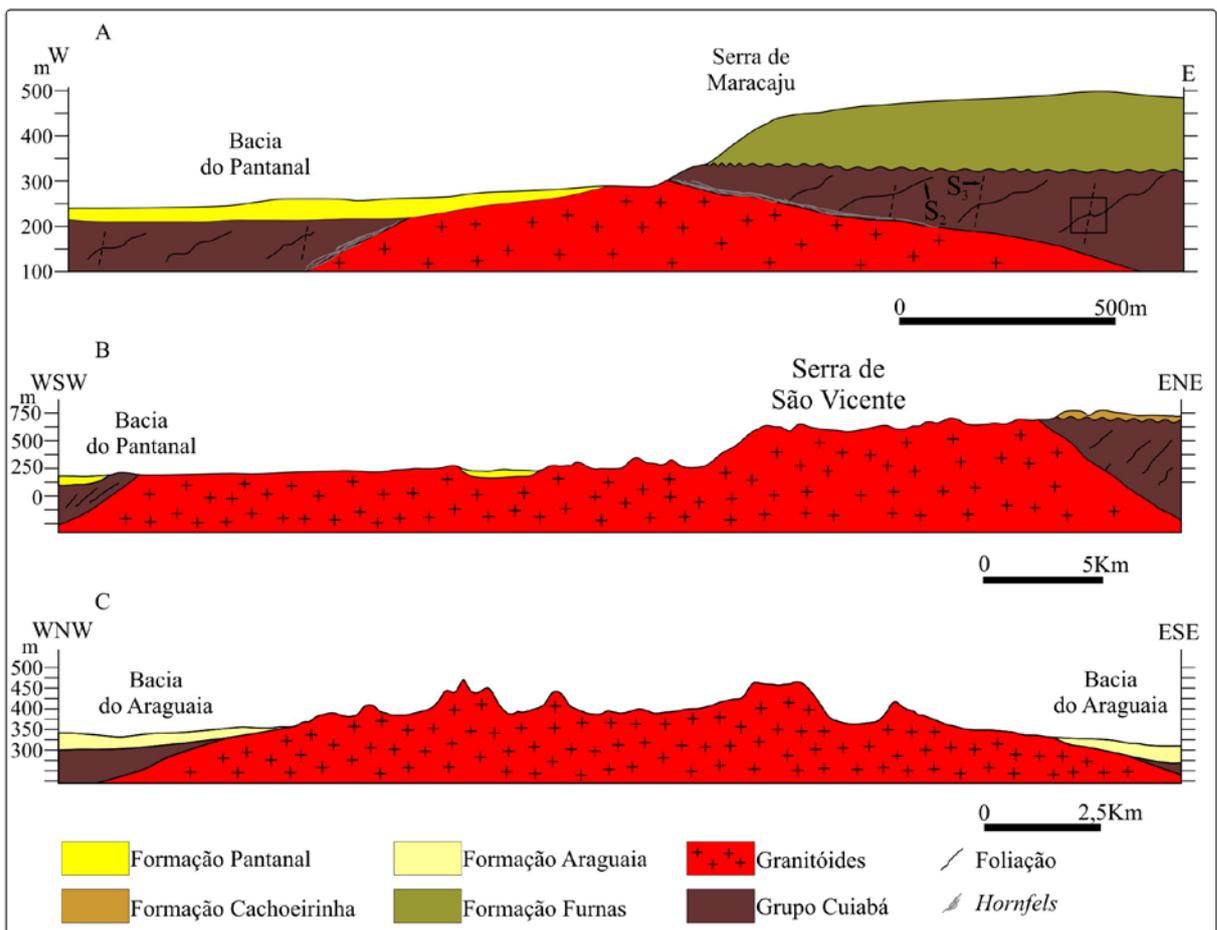
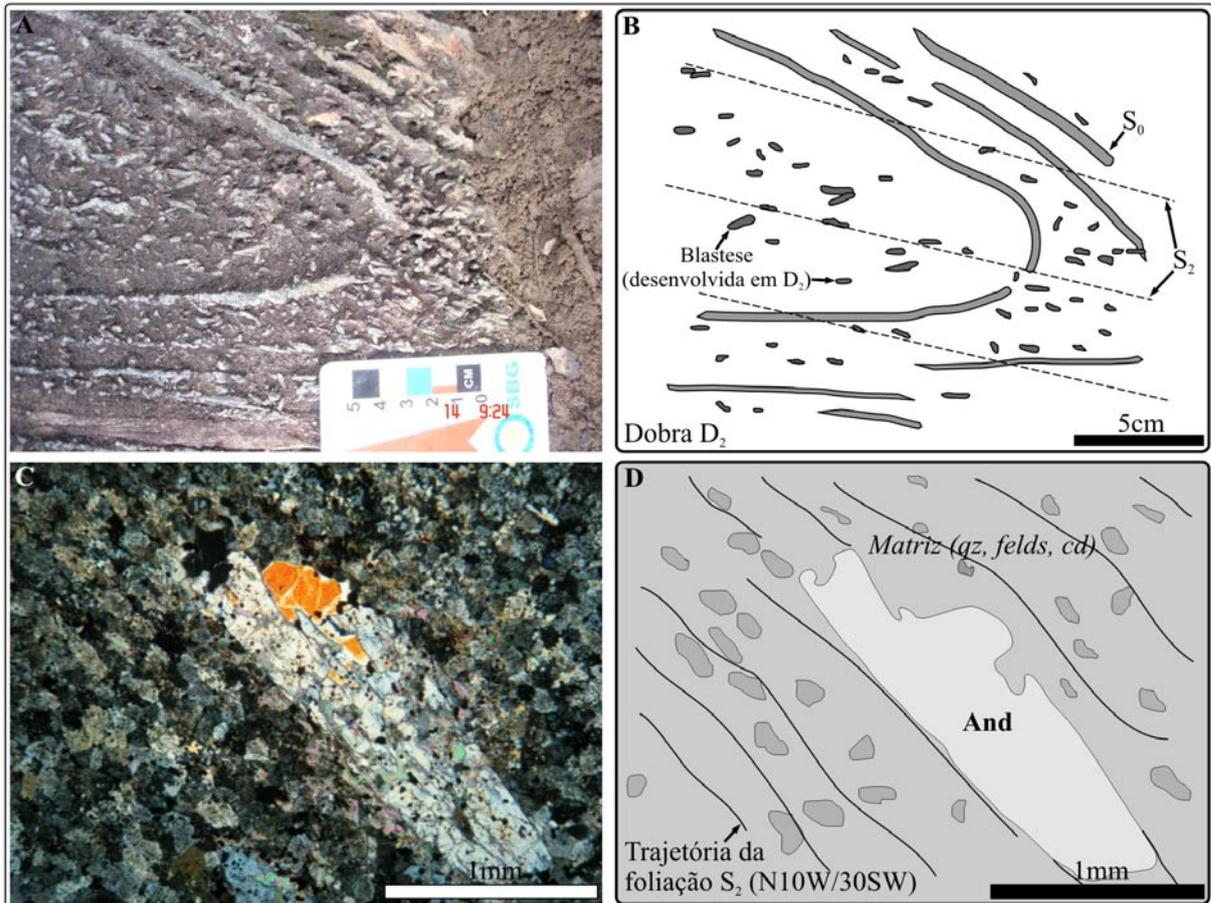


Figura 8. Perfis genéricos dos corpos granitóides para o Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. O esquema de alojamento e relação com as encaixantes e rochas suprajacentes em A, pode ser extrapolado para os corpos Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora, uma vez que a evolução desses maciços são muito semelhantes. A caixa no canto inferior direito corresponde ao detalhe da figura 6. A figura B representa as relações espaciais e temporais entre o granito São Vicente e suas encaixantes e coberturas. A figura C mostra o Batólito Lajinha, e as relações de contato, notar que este último é inteiramente recoberto pelas coberturas recentes da Bacia do Araguaia, este esquema pode também utilizado para o batólito Araguaiana. Também é pronunciável o tamanho dos batólitos B e C quando comparados com A.



Prancha 18. Fotografias (A - macro e B - micro) e esquemas mostrando a relação da deformação/metamorfismo da fase D_2 com crescimento de minerais metamórficos paralelos a foliação S_2 . Em C, vê-se um cristal de andaluzita bem formado, crescido em meio a matriz e orientado com eixo maior segundo os traços da foliação S_2 .

Localmente, o metamorfismo dinâmico é intenso e vinculado à foliação milonítica, com desenvolvimento de filonitos (Prancha 16B) com acamamento tectônico que oblitera estruturas reliquias nas zonas de cisalhamento do final da fase D_3 . Este processo superpõe-se às rochas, desestabilizando as paragêneses anteriores para condições de fácies xisto-verde baixa, sendo marcado principalmente por quartzo recristalizado, estirado e fragmentado; reorientação e recristalização de sericitas e porfiroclastos rotacionados com formação, em alguns pontos, de franjas de recristalização.

As estruturas primárias, devido aos intensos processos de transposição e deformação milonítica, ocorrem de forma escassa, predominando somente o acamamento gradacional reliquiar (S_0) nas áreas menos deformadas, passando a um bandamento tectônico. As deformações progressivas D_1 e D_2 encontram-se

associadas ao início do processo colisional, com formação de dobras isoclinais a recumbentes com foliação plano-axial S_1 paralela a subparalela a S_0 (Figuras 9, 10), de atitude $N60E/70NW$ e transporte provável de NW para SE. Sincrônico a fase D_1 evidencia-se um metamorfismo regional em fácies xisto verde alcançando a zona da biotita.

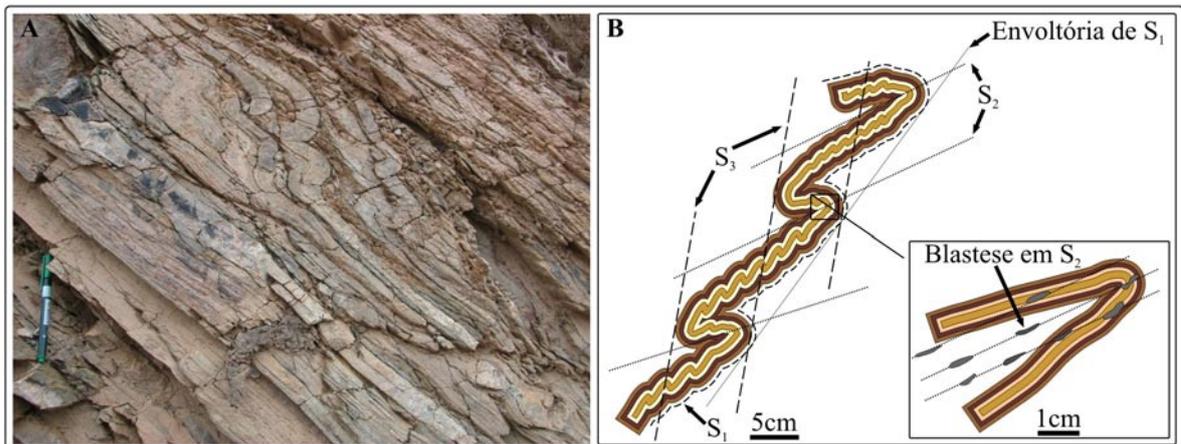


Figura 9. Fotografia (A) de um afloramento onde se observa dobras da fase D_2 . Em B, tem-se uma representação esquemática das fases de deformação e as estruturas geradas por elas nos diferentes eventos. A blastese encontrada em algumas rochas do Grupo Cuiabá está associada a fase D_2 .

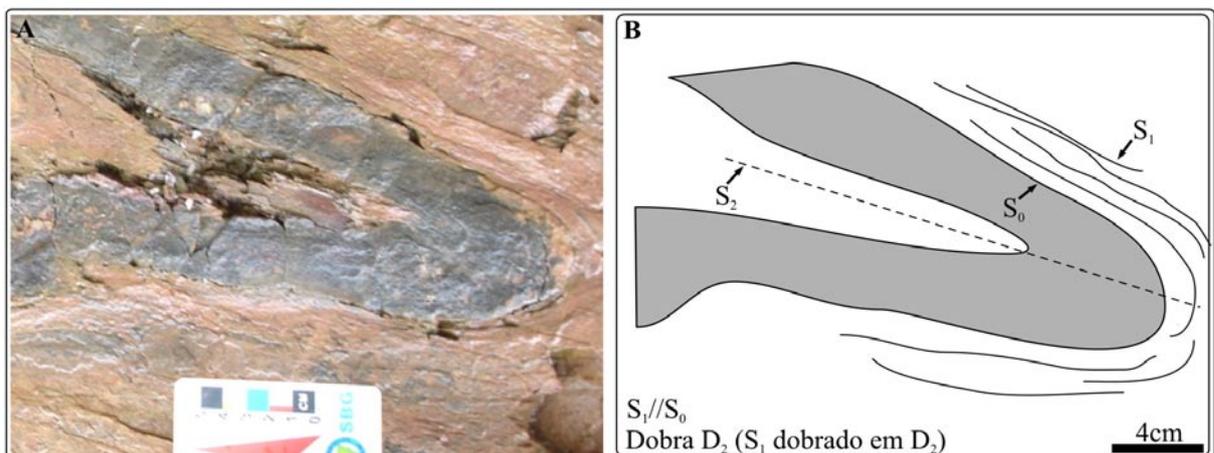


Figura 10. Fotografia e esquema mostrando a zona de charneira de dobra desenvolvida no evento D_2 , contendo foliação plano-axial (S_2). Nos flancos dessa dobra, ocorre uma fraca foliação S_1 .

A fase D_2 (Figura 11) é definida por redobramentos assimétricos gerando uma clivagem ardosiana S_2 , com atitude média de $N10W/30SW$, com mergulhos podendo variar de baixo a médio no segmento sul da Faixa Paraguai (MS). Constitui a fase mais importante no rearranjo tectônico, sendo responsável pelo desenho dos

dobramentos regionais, que invariavelmente são inversos ou recumbentes e associam-se às zonas de cavalgamento. O transporte tectônico da fase D_2 é para sudeste ou sul, em direção oposta ao Cráton Amazônico. Localmente ocorrem as duas foliações (S_1 e S_2), no entanto, quando paralelizadas, apenas a foliação S_2 é preservada. A granitogênese brasileira associa-se à uma tectônica dúctil tardi D_2 com *emplacement* dos maciços e a geração de porfiroblastos claramente controlada pelos planos de clivagem de foliação S_2 .

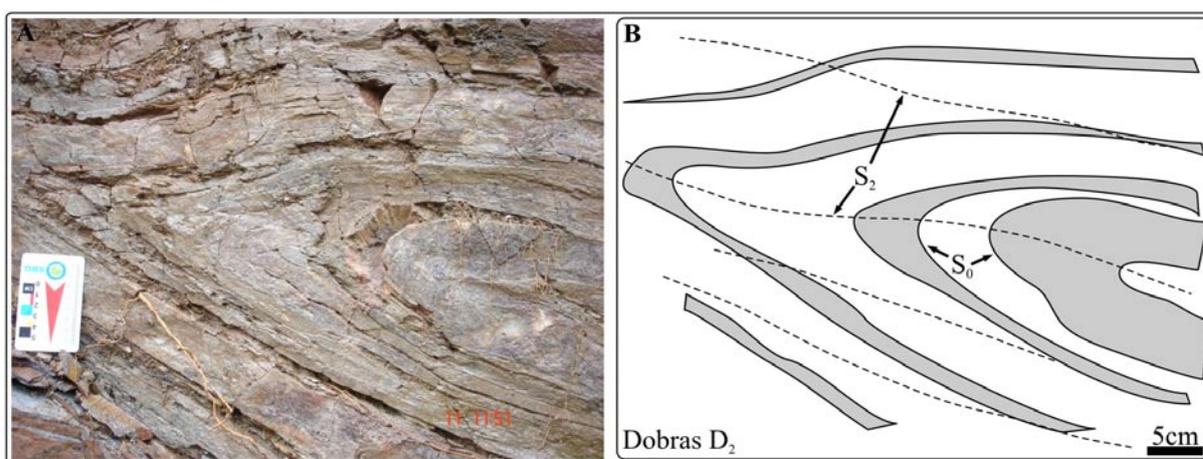


Figura 11. Fotografia de um afloramento onde ocorre dobra da fase D_2 , resultando na principal foliação encontrada nas rochas encaixantes (S_2). No esquema ao lado, observa-se a trajetória da foliação S_2 levemente ondulada, efeito da deformação D_3 .

A fase D_3 (Figura 12), de caráter dúctil-ruptil e retrometamórfica é definida pela formação de dobras suaves a abertas (sinformais e antiformais) e sanfonadas de eixo sub-horizontal, com uma tênue clivagem sub-vertical, com plano axial de atitude $N10E/80NW$, que evolui gradativamente e localmente para falhas direcionais, ambas paralelas ao “*trend*” da Faixa Paraguai. A foliação S_3 é penetrativa nas zonas de cisalhamento caracterizando-se como uma foliação milonítica, com a geração de filonitos com acamamento tectônico que mascara as estruturas reliquiares. Esta foliação mostra direções que variam conforme o traçado curvilíneo do cinturão, de N para NNE e mostra, através de indicadores cinemáticos, movimentos basicamente dextrais. As rochas granitóides apresentam localmente, quando expostas, um caráter fracamente milonítico nas suas bordas.

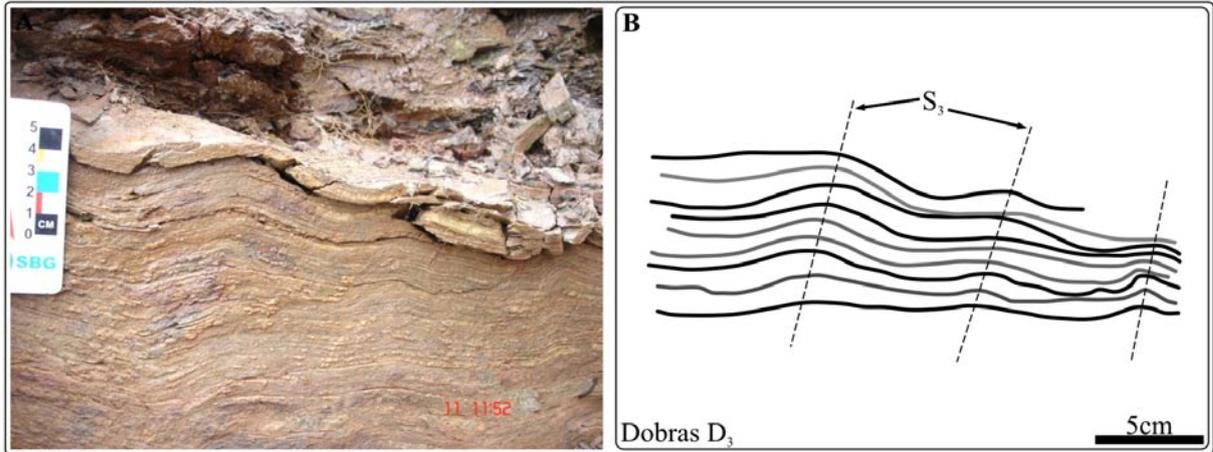


Figura 12. Vista das leves ondulações causadas pela fase D_3 que afetam todo o pacote metassedimentar. Esta fase também se apresenta sob a forma de tênues clivagens, gerando uma foliação S_3 de difícil distinção.

CAPÍTULO 6 – GEOQUÍMICA

6.1 - GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL

Para os trabalhos de caracterização geoquímica foram realizadas análises de óxidos de elementos maiores (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O e P_2O_5), elementos traços (Ba, Cr, Cu, Nb, Ni, Rb, Sr, Zr), e elementos Terras Raras (REE) (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Er, Yb, Lu, Y), mostrados nas tabelas 4, 5, 6 e 7. As análises geoquímicas foram sintetizadas no Laboratório de Geoquímica LABOGEO do Departamento de Petrologia e Metalogenia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas na Unesp, com exceção das análises do Maciço São Vicente, marcadas com um asterisco, que foram realizadas pelo Laboratório Químico e Mineral – LAKEFIELD GEOSOL LTDA.

O objetivo principal da utilização dos dados de geoquímica de rocha total é a adequada identificação dos litotipos, através de diagramas de classificação de rochas e de séries, determinar a relação entre cada elemento de significativa presença na rocha e também determinar o ambiente geodinâmico atuante durante o processo de intrusão do magma, pois cada ambiente geodinâmico possui características próprias que influenciarão no alojamento de corpos ígneos. Assim, a correta caracterização petrográfica e geoquímica dos corpos intrusivos na Faixa de Dobramentos Paraguai, irão fornecer subsídios para o entendimento da evolução geodinâmica dessa porção tectônica.

Tabela 4. Dados químicos dos granitóides Taboco e Rio Negro

	Taboco				Rio Negro					
	AC 7	TBO 1	TBO 2	TBO 3	AC 10	AC 12	RN 124	RN 2A	RN 2B	RN 2C
SiO₂	73,05	72,96	75,69	69,61	66,42	65,50	65,63	66,51	61,45	60,00
TiO₂	0,19	0,29	0,09	0,37	0,53	0,60	0,50	0,53	0,69	0,78
Al₂O₃	14,26	13,64	13,59	15,01	16,24	16,09	16,64	15,87	16,88	16,98
Fe₂O₃	1,84	2,73	1,10	3,40	4,05	4,71	4,06	3,99	6,12	6,63
MnO	0,02	0,03	0,01	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05
MgO	0,27	0,74	0,08	0,73	1,49	1,94	1,49	1,89	2,75	2,86
CaO	1,66	1,53	1,03	2,69	3,22	3,60	6,62	3,61	4,74	5,32
Na₂O	3,16	3,01	3,01	3,41	3,69	3,65	3,62	3,62	3,70	4,01
K₂O	5,07	4,38	4,95	3,95	3,27	2,75	3,21	2,93	2,40	2,10
P₂O₅	0,05	0,06	0,01	0,10	0,14	0,15	0,14	0,15	0,17	0,21
LOI	0,44	0,62	0,45	0,71	0,90	0,95	1,05	0,87	1,07	1,09
Total	100,01	99,99	100,01	100,01	100,00	99,99	103,00	100,01	100,02	100,03
Cr	151	198	186	187	148	187	170	190	149	132
Cu	23	1	1	1	39	41	16	1	5	15
Ni	1	5	2	4	8	14	13	19	17	16
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	255	236	39	426	497	486	505	561	528	421
Rb	191	142	156	121	131	106	119	101	96	92
Sr	126	101	56	151	373	397	393	407	525	605
Zr	86	101	32	119	119	127	130	121	122	116
Y	28	38	37	32	13	16	14	17	18	15
Nb	2	13	9	11	1	1	9	12	12	11
Lu	0,57	0,57	0,77	0,44	0,18	0,13	0,15	0,11	0,16	0,09
Dy	4,63	4,77	5,11	4,62	2,38	2,22	1,85	2,01	2,31	1,78
Er	3,22	3,42	4,04	3,19	1,31	1,21	1,16	1,18	1,35	0,99
Yb	3,51	3,27	4,39	3,05	1,19	0,97	1,03	0,82	1,02	0,68
Gd	4,35	4,17	4,33	4,82	2,71	3,27	2,47	2,78	3,11	3,03
La	20,90	14,50	10,80	22,40	19,10	29,20	20,90	18,60	19,60	16,60
Eu	1,00	0,79	0,79	1,00	0,95	1,06	0,88	0,89	1,05	1,07
Nd	18,80	15,70	14,10	19,40	17,40	23,10	17,40	15,60	18,50	17,00
Ce	43,50	32,80	16,00	42,40	41,60	60,10	44,80	36,70	35,30	32,10
Sm	4,14	4,32	3,69	4,53	3,21	4,17	3,27	2,98	3,76	3,45

Tabela 5. Dados analíticos dos granitóides Coxim e Sonora

	Coxim								Sonora			
	AC 13	AC 13A	AC 14	AC 15	AC 15A	CX 3	CX 4	CX 5	145 A	145 B	145 B2	145 C
SiO₂	71,71	68,09	68,98	77,11	74,76	75,03	48,45	75,89	71,38	71,59	75,74	71,92
TiO₂	0,28	0,56	0,44	0,14	0,17	0,15	1,28	0,14	0,29	0,27	0,11	0,28
Al₂O₃	14,32	14,81	15,23	11,98	13,80	13,42	16,64	12,97	15,92	15,14	13,23	14,56
Fe₂O₃	2,54	4,19	3,49	1,37	1,54	1,50	11,54	1,44	2,50	2,58	1,16	2,42
MnO	0,03	0,07	0,06	0,02	0,06	0,04	0,10	0,03	0,07	0,05	0,03	0,03
MgO	0,69	1,58	1,19	0,20	0,24	0,21	7,66	0,23	0,75	0,67	0,23	0,61
CaO	1,65	2,63	2,24	1,02	1,19	1,07	9,25	1,13	1,66	1,81	1,04	1,48
Na₂O	3,21	3,11	3,44	3,08	3,49	3,31	1,92	3,37	3,32	3,25	3,48	3,21
K₂O	4,76	4,06	4,09	4,84	4,34	5,00	0,73	4,47	3,00	3,82	4,47	4,09
P₂O₅	0,07	0,16	0,14	0,03	0,03	0,03	0,21	0,03	0,09	0,09	0,04	0,08
LOI	0,74	0,75	0,71	0,24	0,37	0,27	2,20	0,31	1,01	0,74	0,48	1,31
Total	100,00	100,01	100,01	100,03	99,99	100,03	99,98	100,01	99,99	100,01	100,01	99,99
Cr	167	170	171	217	151	201	339	202	189	207	212	215
Cu	23	38	28	2	24	2	51	1	1	1	2	1
Ni	4	8	2	6	4	5	119	5	8	8	7	8
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	350	615	510	379	408	369	215	256	727	591	74	600
Rb	177	141	162	154	162	171	23	178	176	191	117	170
Sr	129	200	204	85	91	81	355	79	183	163	56	170
Zr	105	136	116	80	90	89	88	89	141	118	47	139
Y	32	28	22	35	39	30	20	32	36	34	30	36
Nb	4	141	3	10	2	10	8	13	13	13	11	14
Lu	0,28	0,39	0,39	0,33	0,45	0,23	0,14	0,46	0,32	0,31	0,59	0,18
Dy	6,06	4,32	2,95	3,77	4,54	3,19	2,57	3,48	3,92	3,58	5,22	5,27
Er	3,52	2,69	2,01	2,39	2,89	2,10	1,69	2,68	2,40	2,40	3,63	2,80
Yb	2,15	2,50	2,10	2,09	2,70	1,62	0,96	2,54	2,15	1,99	3,80	1,43
Gd	5,48	5,03	4,18	4,77	5,43	3,57	3,11	4,24	4,51	4,51	4,43	5,95
La	32,70	32,10	37,10	27,50	33,80	20,80	11,40	22,10	28,50	26,80	15,40	40,70
Eu	1,11	1,21	1,18	1,05	1,16	0,74	1,07	0,73	1,09	1,01	0,63	1,28
Nd	29,50	28,40	30,10	24,70	29,60	19,40	13,30	20,40	28,80	24,20	14,10	34,20
Ce	69,50	67,40	73,70	49,10	63,70	48,60	24,80	49,60	64,30	55,50	31,80	80,20
Sm	6,25	5,29	5,15	4,72	5,94	4,29	3,24	4,44	5,44	5,00	3,54	7,14

Tabela 6. Resultados das análises químicas para o Batólito São Vicente

	São Vicente														
	SV 148	SV 150	SV071	SV012	SV038E	SV070	SV057	SV060A	SV067	SV066B	SV063A	SV065B	SV068A	SV066A	SV069
SiO ₂	75,86	77,26	74,10	76,00	73,60	74,10	77,10	76,10	76,50	75,10	83,00	75,90	76,30	79,60	84,50
TiO ₂	0,18	0,10	0,19	0,11	0,26	0,20	0,11	0,12	0,11	0,13	0,08	0,13	0,13	0,18	0,06
Al ₂ O ₃	13,06	12,76	12,80	12,30	13,00	13,10	12,30	12,70	12,60	13,10	11,00	12,30	12,50	12,70	8,40
Fe ₂ O ₃	1,44	1,03	2,70	1,70	2,90	2,30	1,50	1,40	1,50	1,40	1,30	1,60	1,50	1,90	2,80
MnO	0,02	0,01	0,07	0,02	0,06	0,05	0,05	0,06	0,03	0,04	0,12	0,05	0,05	0,01	0,08
MgO	0,27	0,06	0,35	0,18	0,54	0,36	0,20	0,20	0,18	0,25	0,10	0,22	0,23	0,14	0,11
CaO	0,94	0,56	0,82	0,79	1,30	0,99	0,34	0,59	0,39	0,60	0,04	0,70	0,60	0,03	0,03
Na ₂ O	3,30	3,36	3,10	3,30	3,00	3,10	3,20	3,40	3,20	3,00	0,10	3,00	3,30	0,10	0,10
K ₂ O	4,56	4,55	5,00	4,90	4,70	4,90	4,60	4,60	4,90	5,30	0,33	4,80	4,80	0,81	1,40
P ₂ O ₅	0,05	0,01	0,04	0,04	0,07	0,06	0,01	0,04	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02	0,04	0,01
LOI	0,34	0,28	0,16	0,24	0,18	0,26	0,27	0,30	0,31	0,45	3,79	0,18	0,06	4,04	2,15
Total	100,02	99,98	99,33	99,58	99,61	99,42	99,68	99,51	99,74	99,41	99,87	98,90	99,49	99,55	99,64
Cr	192	184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	180	10	304	51	305	483	108	65	16	168	171	101	21	10	96
Rb	143	184	190	312	394	317	742	634	599	343	40	273	394	100	137
Sr	85	20	137	72	175	232	45	53	27	94	31	76	46	28	17
Zr	73	57	107	109	174	154	89	114	92	105	102	91	108	121	71
Y	10	8	25	33	49	40	80	110	46	33	43	29	27	32	27
Nb	13	29	17	41	36	40	87	93	57	35	115	21	43	51	45
Lu	0,24	0,26	0,02	0,02	-	-	0,13	0,09	-	-	0,13	0,04	-	0,10	0,04
Dy	2,37	1,12	0,34	0,27	-	-	1,76	18,59	-	-	15,68	0,45	-	20,08	0,81
Er	1,70	1,05	0,11	0,10	-	-	0,81	0,81	-	-	0,99	0,19	-	0,83	0,30
Yb	1,41	1,37	0,14	0,10	-	-	0,77	0,66	-	-	1,01	0,23	-	0,74	0,30
Gd	3,26	1,18	0,67	0,44	-	-	2,48	2,54	-	-	1,85	0,61	-	3,16	1,07
La	51,70	24,90	28,72	20,27	-	-	29,87	33,18	-	-	17,76	22,49	-	50,97	20,73
Eu	0,80	0,23	0,16	0,06	-	-	0,22	0,25	-	-	0,18	0,11	-	0,54	0,09
Nd	28,40	11,70	7,49	5,56	-	-	17,00	16,81	-	-	10,45	6,03	-	27,40	8,71
Ce	95,40	54,80	38,72	28,43	-	-	59,15	61,69	-	-	34,27	32,16	-	87,72	37,00
Sm	4,14	0,78	1,01	0,70	-	-	3,67	3,49	-	-	2,38	0,84	-	5,09	1,44

Tabela 7. Dados das análises químicas dos batólitos Lajinha e Araguaiana

	Lajinha							Araguaiana					
	TL 2	TL 3	ME-1	ME-2	ME-3	ME-4	ME-5	A 4	A 5	A 6	ME-6	ME-7	ME-8
SiO₂	72,91	74,53	73,66	73,03	74,21	72,25	72,19	75,92	76,13	67,90	62,93	67,30	69,92
TiO₂	0,35	0,30	0,36	0,33	0,33	0,35	0,32	0,03	0,03	0,50	1,09	0,89	0,74
Al₂O₃	13,49	12,86	13,17	13,84	13,04	13,43	12,94	13,29	12,85	15,75	15,63	14,03	13,70
Fe₂O₃	2,44	2,15	2,43	1,98	2,27	3,10	2,97	1,14	1,33	3,18	5,89	4,95	3,98
MnO	0,04	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,07	0,03	0,05	0,09	0,11	0,09	0,07
MgO	0,44	0,36	0,40	0,33	0,37	0,45	0,37	0,01	0,01	0,68	1,51	1,10	0,92
CaO	1,09	0,94	1,13	0,89	0,99	1,21	1,10	0,61	0,63	1,82	3,53	2,23	2,26
Na₂O	3,39	3,28	3,35	3,31	3,30	3,52	3,38	4,57	4,42	4,00	4,37	3,46	3,76
K₂O	5,22	5,09	5,21	6,07	5,28	5,25	5,34	4,05	4,07	5,40	4,09	5,46	4,23
P₂O₅	0,10	0,08	0,10	0,08	0,09	0,11	0,09	0,01	0,01	0,16	0,40	0,30	0,23
LOI	0,53	0,37	0,15	0,10	0,09	0,26	1,26	0,35	0,49	0,52	0,45	0,19	0,20
Total	100,00	100,00	100,02	100,00	100,00	100,00	100,02	100,01	100,02	100,00	100,00	100,00	100,01
Cr	155	139	153	143	111	117	132	188	168	137	116	112	114
Cu	25	22	3	1	2	1	3	32	19	38	8	7	5
Ni	5	1	7	7	6	6	7	1	1	1	8	6	8
Zn	15	10	40	40	34	44	34	1	2	11	76	65	56
Ba	404	381	516	502	540	680	526	46	46	889	1092	1203	840
Rb	276	294	289	288	269	260	285	587	552	206	157	155	138
Sr	88	78	107	95	103	123	103	3	2	207	291	234	202
Zr	189	183	197	214	194	226	192	70	82	228	430	388	328
Y	49	46	55	50	36	86	53	172	189	56	56	48	41
Nb	48	43	51	43	42	39	48	41	40	20	43	34	32
Lu	0,64	0,78	-	-	-	-	-	2,60	2,82	0,56	-	-	-
Dy	6,38	7,25	-	-	-	-	-	17,30	19,00	7,26	-	-	-
Er	4,17	4,86	-	-	-	-	-	13,70	14,70	4,32	-	-	-
Yb	3,97	4,98	-	-	-	-	-	16,50	16,90	3,79	-	-	-
Gd	6,67	7,34	-	-	-	-	-	11,00	11,80	8,34	-	-	-
La	46,90	69,50	71,00	58,00	54,00	86,00	70,00	8,33	8,57	86,50	113,00	84,00	86,00
Eu	0,96	0,92	-	-	-	-	-	0,15	0,15	1,82	-	-	-
Nd	38,40	47,70	-	-	-	-	-	14,30	14,80	57,50	-	-	-
Ce	102,00	136,00	93,00	90,00	103,00	123,00	109,00	23,30	23,20	131,00	184,00	114,00	125,00
Sm	7,59	8,31	-	-	-	-	-	7,36	7,61	9,88	-	-	-

Os valores obtidos através das análises químicas foram analisados e interpretados detalhadamente, sendo representados através de diagramas, gerados por softwares específicos. A partir da análise dos dados, observou-se que os granitóides possuem composição variando de monzogranítica a granodiorítica e uma distribuição de elementos maiores independentemente de sua localização. Observa-se que o granito São Vicente é o que apresenta a maior quantidade de sílica, chegando a valores de 78% em porcentagem em peso, em caráter menos ácido está o Granito Rio Negro com teores de sílica em torno de 63%.

Alguns valores das análises químicas não devem ser utilizados por apresentar erros analíticos, como algumas do Granito São Vicente, que acusou teores de SiO_2 da ordem de 84%, que é um valor muito alto, mesmo em se tratando de rochas bastante diferenciadas. O mesmo ocorre com alguns elementos terras raras como o Y, que em algumas análises chegou a um teor cinco vezes superior a média das demais amostras.

6.2 - GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS MAIORES

Os elementos maiores são aqueles que aparecem na superfície terrestre com valores maiores que 0,1% ou 1000 ppm, e são utilizados em diagramas de classificação, principalmente os alcalinos (K e Na), cálcio e silício. Os valores obtidos nas análises químicas não são essencialmente dos elementos e sim de seus óxidos uma vez que determinar a quantidade de elementos em uma rocha não é um processo muito usual.

De imediato, com base nos valores de sílica, nota-se que o Granitóide São Vicente é o mais diferenciado, acompanhado grosseiramente pelos granitóides Araguaiana e Lajinha. Isso pode levar a especular que o grau de diferenciação aumenta dos granitóides do Sul para os granitóides do Norte.

Apesar das várias fácies encontradas, bastante distintas macroscopicamente, o Granito Rio Negro não mostra grande variação nos teores de elementos maiores, o teor de sílica, sempre menor que 70% mostra ser um corpo não muito diferenciado relativamente aos demais litotipos estudados na área. Também, uma amostra do Granito Coxim mostrou pertencer a classe das rochas

básicas, já que a sílica ficou na casa dos 48%. Tal amostra não foi encontrada *in situ*, portanto pode tratar-se de um xenólito.

Os valores obtidos nas análises são lançados em gráficos binários e ternários, isolados ou em grupos, de modo a fornecerem, de acordo com suas concentrações relativas, o tipo de rocha quanto aos aspectos geoquímicos, alcalinidade e a série ou *trend* a que a rocha pertence. Alguns diagramas fornecem, com base nestes elementos, o ambiente geotectônico em que as rochas se instalaram.

Assim, os valores de óxidos dos elementos foram inseridos nos *softwares* Minpet e Newpet, que geram os referidos gráficos, a correção de valores, necessária para a geração de alguns gráficos, é feita automaticamente pelos softwares.

Com o uso dos elementos maiores foram gerados os gráficos das figuras 13 a 15, que relacionam a sílica principalmente com os álcalis, cálcio e alumínio, que são os elementos mais comuns e abundantes em rochas graníticas.

Na figura 13 tem-se os diagramas de relação dos óxidos dos principais elementos maiores com a sílica, todas as rochas têm uma tendência normal, que é o enriquecimento em determinados elementos à medida que se tornam mais diferenciadas. Há um empobrecimento nos elementos Ti, Fe³⁺, Mg e Ca à medida que o grau de diferenciação aumenta, ao contrário, para rochas mais diferenciadas, o teor de potássio é maior, o que é esperado para rochas graníticas.

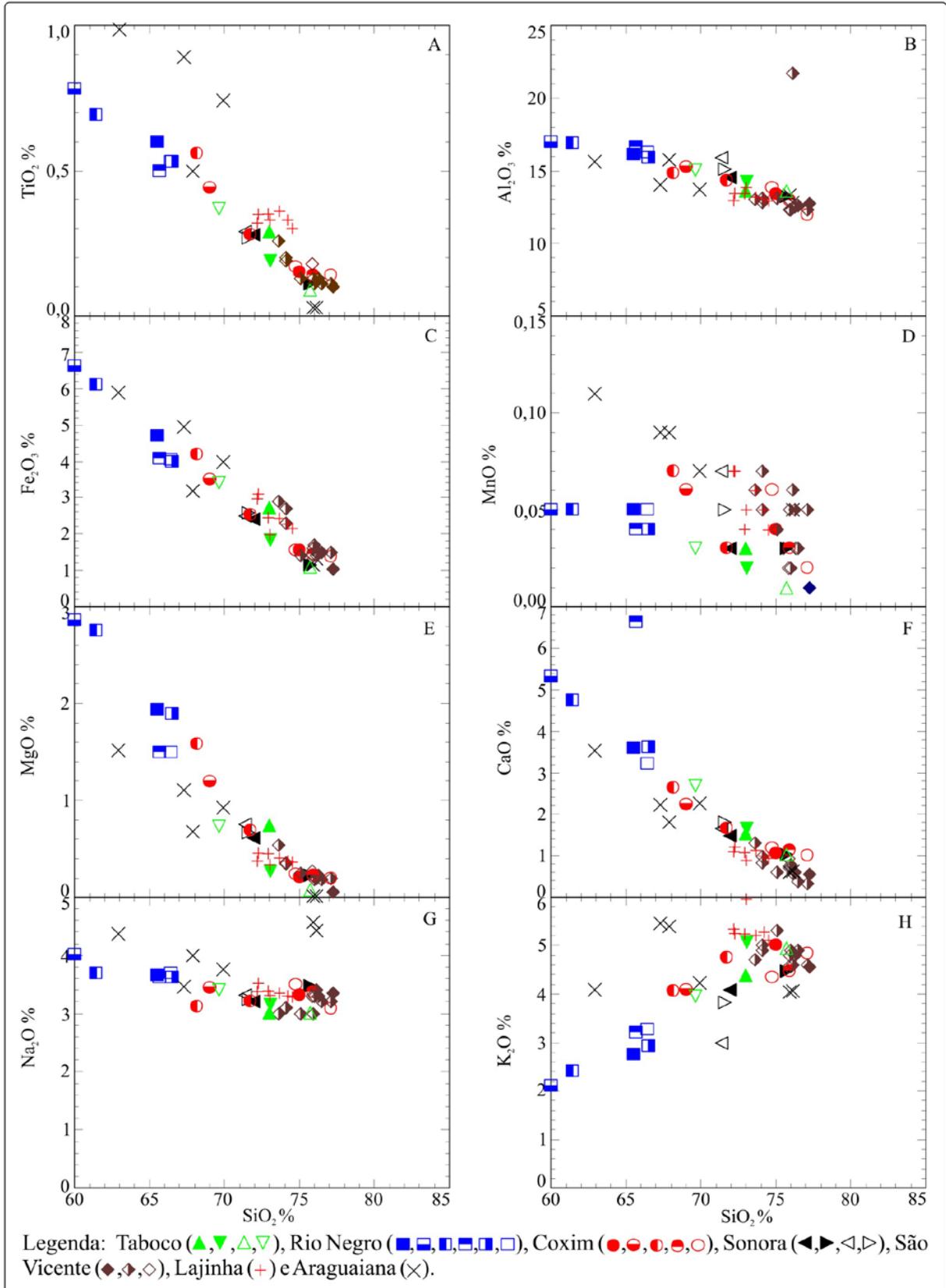


Figura 13. Diagramas de correlação de óxidos de elementos maiores com a sílica. A – TiO_2 , B – Al_2O_3 , C – Fe_2O_3 , D – MnO , E – MgO , F – CaO , G – Na_2O , H – K_2O vs SiO_2 . Observar o empobrecimento nos elementos Titânio (A), Ferro³⁺, (C), Magnésio (E) e Cálcio (F) à medida que aumenta o teor de sílica nas amostras e o oposto ocorrendo com o potássio (H). Notar que o alumínio (B) e o sódio (G) não possuem um claro padrão de enriquecimento ou empobrecimento, mas tendem a empobrecer-se.

Alguns elementos, como o Na e o Al, são menos afetados pelos processos de fracionamento magmático e permanecem praticamente invariáveis, independentes dos teores de sílica. No caso do Mn, sua distribuição não segue um padrão nítido, mas há uma tendência de diminuição deste elemento à medida que aumenta o teor de sílica, separando pelo menos três conjuntos

Nos diagramas de classificação quanto aos aspectos composicionais, as rochas estudadas distribuem-se principalmente nos campos monzogranito e granodiorito.

Na classificação proposta por Middlemost, 1985, que usa um diagrama TAS (total álcalis-sílica), que relaciona a soma de álcalis ($K_2O + Na_2O$) com a sílica (SiO_2) (Figura 14A), as rochas tem uma distribuição ampla: o Granito Taboco ocupa os campos dos álcali-granitos, monzogranitos e granodioritos, o Granito Rio Negro, de composição menos ácida, situa-se nos campos do granodiorito à tonalito e granodiorito à monzodiorito, mostrando um caráter menos alcalino. Nesta classificação, o Granito Coxim possui fácies desde granodioríticas até álcali-graníticas enquanto o Granito Sonora está restrito ao campo dos monzogranitos. Os granitóides da parte norte estão mais concentrados no campo dos granitos e álcali granitos, possuindo um tipo (Araguaiana) no campo dos traqui granitos.

Em outro diagrama TAS, de Le Meitre, 1989 (Figura 14B), as rochas estão mais restritas ao campo do granito (monzogranito), apenas algumas fácies menos diferenciadas do Granito Coxim situam-se no campo do granodiorito. Todas as fácies do Granito Rio Negro possuem um caráter mais intermediário, situando-se nos campos granodiorito e quartzo-monzodiorito.

Segundo o diagrama QAP químico (quartzo x álcalis x plagioclásio) proposto por Le Maitre, 1989, (Figura 14C) os litotipos se classificam como monzogranitos, exceto uma das fácies do Granito Sonora, que possui uma composição granodiorítica e algumas fácies do Granito Coxim que possuem tendência também granodiorítica. O Granito Rio Negro se classifica, na maioria das fácies como granodiorito, sendo uma delas classificada como quartzo-monzonito.

Por fim, na classificação proposta por Debon e Le Fort, 1983, que usa uma relação entre os elementos constituintes dos minerais máficos (Fe, Mg e Ti) vs a diferença entre o alumínio e a soma dos álcalis mais 2 cálcio, que define o índice de alumina saturação da rocha, as rochas de modo geral situam-se nos campos em que ocorrem minerais ricos em alumínio comuns em rochas graníticas (micas)

(Figura 14D).

O Granito Rio Negro foi classificado como portador de apenas uma mica (biotita), sendo que duas fácies desta rocha possuem hornblenda em sua composição normativa, o que foi constatado na composição modal durante a investigação petrográfica. O Granito Sonora foi classificado como um granito a duas micas em sua maioria com a biotita superando a muscovita.

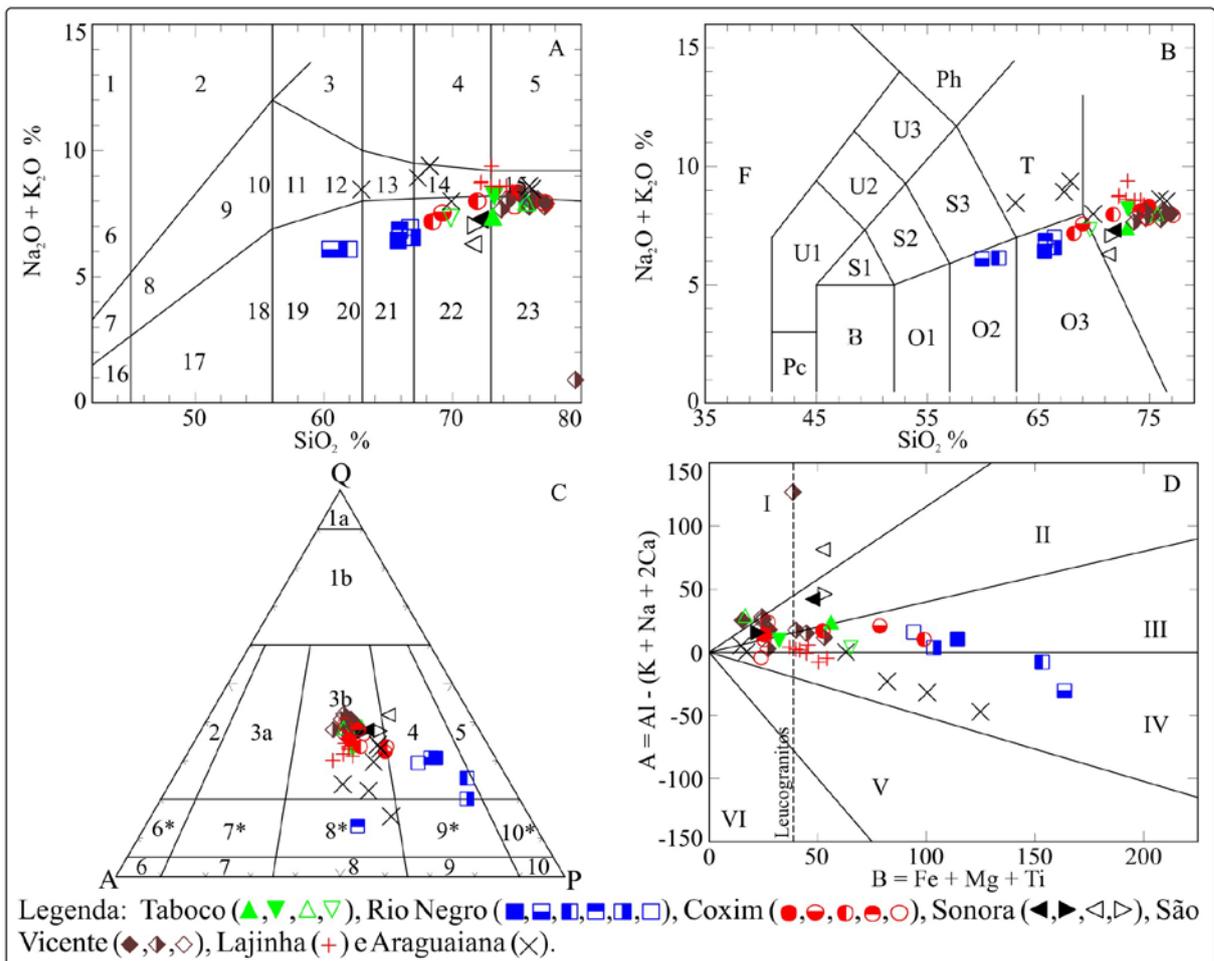


Figura 14. Diagramas de classificação geoquímica quanto a composição. **A)** sílica vs álcalis, Middlemost, 1985, 15 - álcali-granito, 20 - granodiorito à quartzo-monozodiorito, 21 - granodiorito, 22 - monzogranito à granodiorito, 23 - granito; **B)** sílica vs álcalis, Le Maitre, 1989, R - granitos (monzo e sieno), O3 - granodiorito, O2 - quartzo-monozodiorito, T - traquito; **C)** diagrama QAP (quartzo - álcalis - plagioclásio), Le Maitre, 1989, 3b - monzogranito, 4 - granodiorito, 8* - quartzo-monzonito; **D)** A vs B, Debon & Le Fort, 1983, I - Granitos à duas micas (muscovita > biotita), II - Granitos à duas micas (biotita > muscovita), III - Granito à uma mica (biotita), IV - granitos com hornblenda e biotita.

Os granitos Taboco, Coxim, São Vicente e Araguaiana são os únicos que possuem fácies leucocráticas segundo esta classificação. O Granito Taboco possui fácies com duas micas, onde a muscovita é dominante à biotita, até fácies onde

existe apenas biotita. O Granito Coxim é o que possui a maior variedade de fácies segundo esta classificação, variam desde leucogranitos portadores de hornblenda até leucogranitos com biotita predominante frente a muscovita, passando por granitos à uma mica (biotita).

Para o Granito São Vicente, predominam fácies portadoras de duas micas, onde a biotita supera a muscovita, mas ocorrem também tipos onde só ocorre biotita, em ambas as composições ocorrem tipos leucocráticos ou mesocráticos. No granito Araguaiana predomina fácies leucocrática portadora apenas de biotita, semelhantemente ao Granito Lajinha, que também é portador apenas de biotita mas possui um caráter mesocrático.

No diagrama SiO_2 vs K_2O , proposto por Piccirillo & Taylor, 1976 (Figura 15A), todas as amostras, sem exceções, se agrupam na série cálcio-alcálica de alto potássio, o que não concorda totalmente com a classificação proposta por Middlemost, 1985 (Figura 15B), que utiliza somente a relação entre os elementos alcalinos (K e Na). Não ocorrem fácies inseridas na série alto potássio, mas sim na série potássica, com exceção de uma fácies do Granito Sonora, duas do Granito Lajinha e todo o Maciço Rio Negro, que se classificam como uma série de médio potássio.

No diagrama que define o índice de Peacock (PEACOCK, 1931) (Figura 15C), o conjunto de rochas da província granitóide da Faixa Paraguai, possui um *trend* sílica x álcalis que converge, juntamente com o *trend* sílica x cálcio, para o campo C-A, dando às rochas uma tendência cálcio-alcálica, com um índice ao redor de 58,2

O índice de Shand, baseado no diagrama proposto por Maniar e Picolli, 1989 (Figura 15D), coloca todas as rochas estudadas sempre com a alumina superando os álcalis. Todos os granitos, com algumas exceções, são do tipo peraluminoso, ou seja, a alumina é maior que a soma dos álcalis com o cálcio. O Granito Rio Negro é transicional, suas fácies enquadram-se nos campos peraluminoso e metaluminoso, onde o teor de alumina é maior que o de álcalis porém menor que a soma deste com o cálcio, o mesmo ocorre com parte do Granito Coxim.

Miyashiro, 1974, propôs uma classificação para definir a série magmática a que pertence as rochas. Nesta classificação, que utiliza a relação $\text{FeO}^{\text{total}}/\text{MgO}$ vs sílica, todas as amostras foram classificadas como pertencentes à série cálcio-alcálica (Figura 15E), o que já era esperado quando feita a petrografia.

Na classificação proposta por Irvine e Baragar, 1971 (Figura 15F), também TAS, todas as rochas estudadas foram classificadas como sub-alcálicas, já que a soma dos álcalis, aliada aos elevados teores de sílica, não ultrapassaram valores suficientes para serem classificadas como alcalinas.

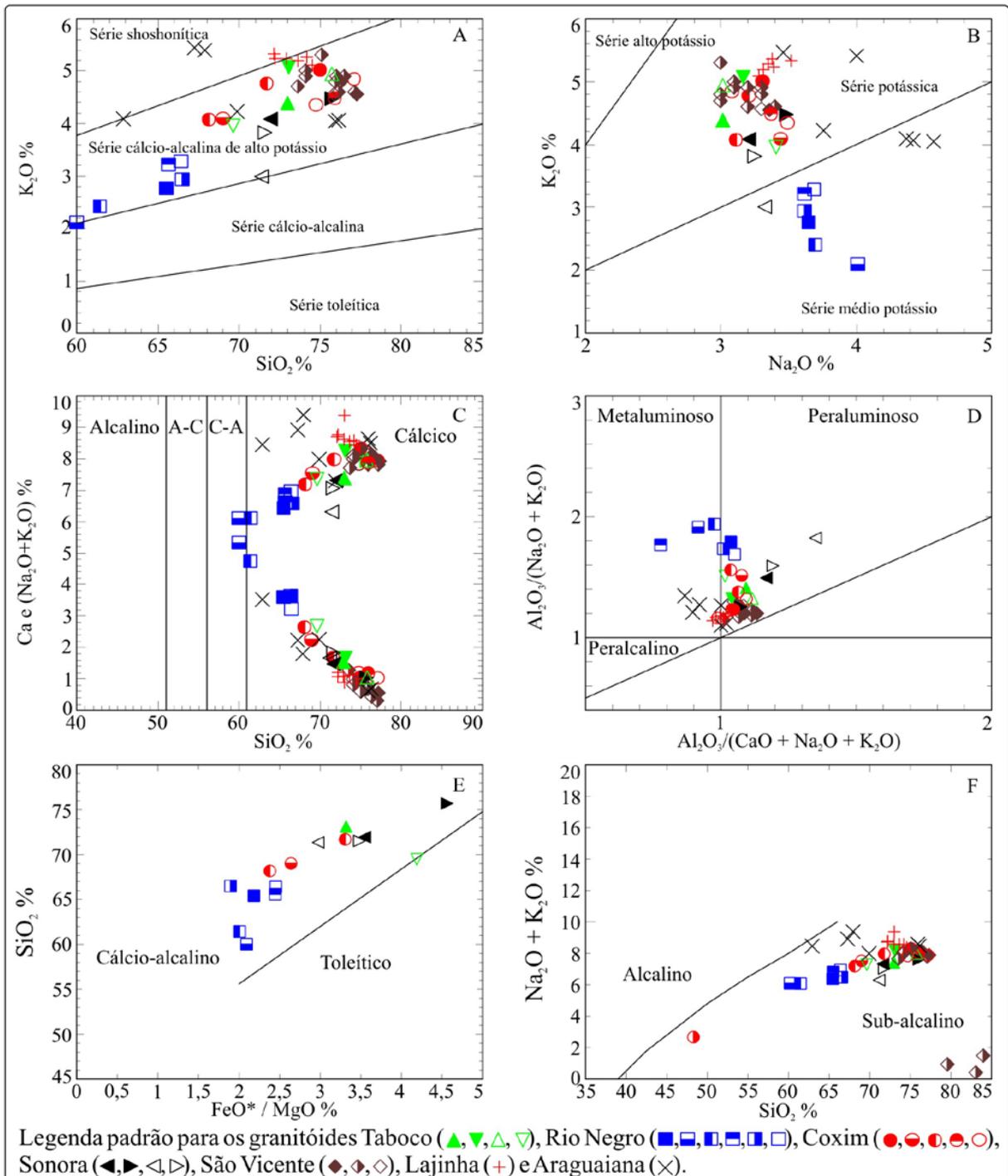


Figura 15. Diagramas de classificação quanto às séries magmáticas. **A)** SiO_2 vs K_2O , Piccirillo e Taylor, 1976; **B)** SiO_2 vs K_2O , Middlemost, 1985; **C)** SiO_2 vs CaO e $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$, Peacock, 1931; **D)** $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ vs $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, Maniar e Picolli, 1989; **E)** $\text{FeO}^{\text{TOTAL}}/\text{MgO}$ vs SiO_2 , Miyashiro, 1974; **F)** SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, Irvine e Baragar, 1971.

Cada ambiente geodinâmico possui uma assinatura geoquímica distinta, a relação entre os elementos será única para cada processo de formação das rochas. Baseado nisso, Batchelor & Bowden, 1985, definiram um diagrama, com base nos elementos maiores que fornece o ambiente de formação de cada rocha (Figura 16C).

Este diagrama classifica as rochas estudadas com granitos colisionais, sejam sin ou pré. Os granitos Taboco e Sonora são restritamente sin-colisionais, assim como o Granito Coxim. No entanto, esse último tem uma leve tendência a pré-colisional. Já o Granito São Vicente, Possui caráter sin-colisional, mas com tendência pós-orogênica.

O Granito Rio Negro foge do padrão de formação dos demais; segundo o diagrama este corpo se intrudiu em uma época em que ainda não se havia iniciado os processos de orogênese, é um granito pré-colisional, no entanto tem uma leve tendência a sin-colisional. A exemplo do Granito Rio Negro, o Granito Araguaiana possui um litotipo bastante desviado do padrão destes granitóides, estando situado no campo tardi-orogênico.

Maniar e Piccolli, 1989 propuseram uma série de diagramas, que usados em conjunto poderiam fornecer o ambiente de formação das rochas graníticas. Um destes diagramas é apresentado na figura 16D, onde as amostras foram classificadas como granitos pós-orogênicos, com exceção à algumas amostras do granito Sonora e São Vicente. Os demais diagramas que completam esta série não foram utilizados por não apresentarem resultados relevantes.

6.3 - GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS TRAÇOS

Os elementos traços são aqueles que aparecem na crosta terrestre com abundância menor que 1000 ppm (0,1%). Usualmente, as análises químicas são feitas para os elementos traços mais comuns (Ba, Cr, Cu, Nb, Ni, Rb, Sr, Zr, Lu, Y, Dy, Er, Yb, Gd, La, Eu, Nd, Ce e Sm).

Por vezes, podem ser elementos importantes na formação de espécies minerais, no entanto é comum que eles substituam os elementos maiores durante o processo de cristalização dos minerais. São importantes, pois discriminam os

processos petrológicos com mais precisão que os elementos maiores.

Nos diagramas de Pearce et al., 1984, que utilizam os valores de Y x Nb e Y + Nb x Rb (Figuras 16A e 16B) a maioria das amostras foram classificadas como sendo granitóides de arco vulcânico, com exceção de uma fácies do Granito Coxim, a maioria do Granito São Vicente e as rochas do Granito Lajinha, que foram classificados como granitos intra-placa.

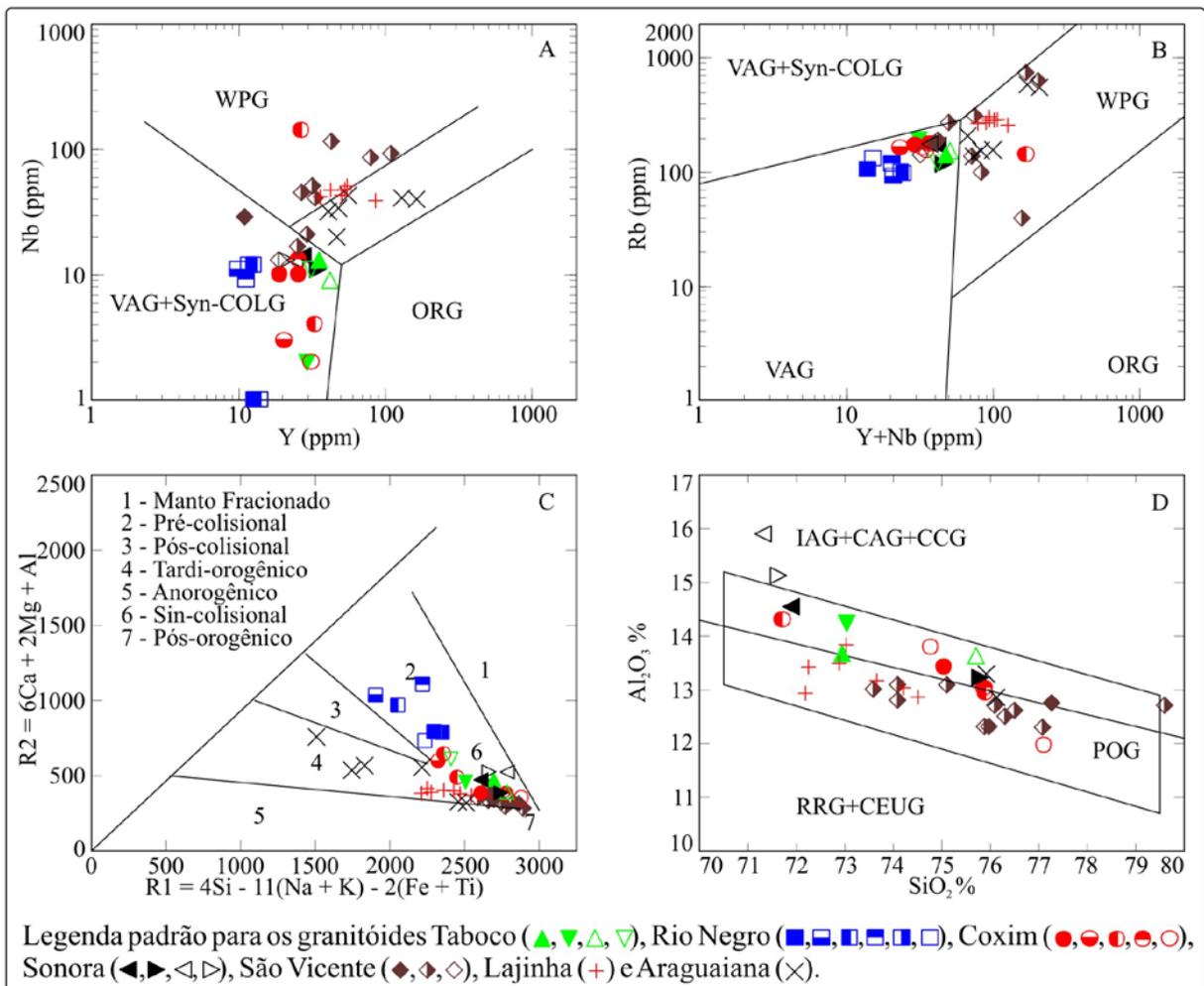


Figura 16. Diagramas de classificação tectônica. **A)** Y vs Nb; **B)** Y+Nb vs Rb; Pearce et al., 1984. VAG – granitóide de arco vulcânico, syn-COLG – granitóide sin-colisionais; WPG – granitóide intra-placa; ORG – granitos orogênicos. **C)** R1 vs R2, Batchelor e Bowden, 1985. **D)** SiO₂ vs Al₂O₃, Maniar e Picolli, 1989. IAG – granitóide de arco de ilha, CAG – granito de arco continental, CCG – granitóide de colisão continental, POG – granitóide pós-orogênico, RRG – granitóides relacionados à rift e CEUG – granitóide de epirogênese continental.

O diagrama de elementos incompatíveis ou de multielementos indica o grau de enriquecimento ou empobrecimento dos elementos traços e conseqüentemente o nível de fracionamento da rocha. Seu uso necessita que sejam feitas correções dos valores obtidos nas análises geoquímicas de modo à serem normalizados à uma

referência comum. Neste trabalho foram adotados os valores de normalização referentes ao estudo de Sun & McDonough, 1989, que sintetizou tais valores a partir de uma média de meteoritos condríticos, que são testemunhos não diferenciados da origem do universo e que, portanto, possuem a relação entre os elementos igual àquela quando da origem do planeta. Estes valores encontram-se na tabela 8.

Tabela 8. Valores de normalização para os diagramas de elementos incompatíveis (1) e para os diagramas de elementos terras raras (2, 3 e 4).

Elemento	Normalização ¹	Elemento	Normalização ²	Normalização ³	Normalização ⁴
Rb	2,32	La	0,31	30	11
Ba	2,41	Ce	0,808	64	23
Nb	0,246	Nd	0,6	26	12,7
K	545	Sm	0,195	4,5	3,17
La	0,237	Eu	0,0735	0,88	1,17
Ce	0,612	Gd	0,259	3,8	3,13
Sr	7,26	Dy	0,322	3,5	3,6
Nd	0,467	Er	0,21	2,3	2,2
P	1220	Yb	0,209	2,2	2,2
Sm	0,153	Lu	0,0322	0,32	0,29
Zr	3,87	1 - Manto primitivo, 2 - Condrito, 3 - Crosta Superior, 4 - Crosta Inferior			
Ti	445				
Y	1,57				

Neste diagrama (Figura 17) podemos observar que, de modo geral, os maciços Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora apresentam empobrecimento nos elementos Rb, Nb, Sr e Ti e enriquecimento em Ba, exceto algumas fácies de maciços menos evoluídos em que o processo de fracionamento dos feldspatos é menos intenso. Reciprocamente, os maciços São Vicente, Lajinha e Araguaiana mostram empobrecimento em bário e enriquecimento em rubídio, mostrando que este conjunto possui uma história de diferenciação bastante distinta do outro.

Inseridos na categoria de elementos traços estão os chamados elementos terras raras, que são aqueles compreendidos entre os números atômicos 57 ao 71 (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb e Lu) e por vezes incluído o Y, seus estudos podem identificar fracionamento da rocha durante a cristalização do magma.

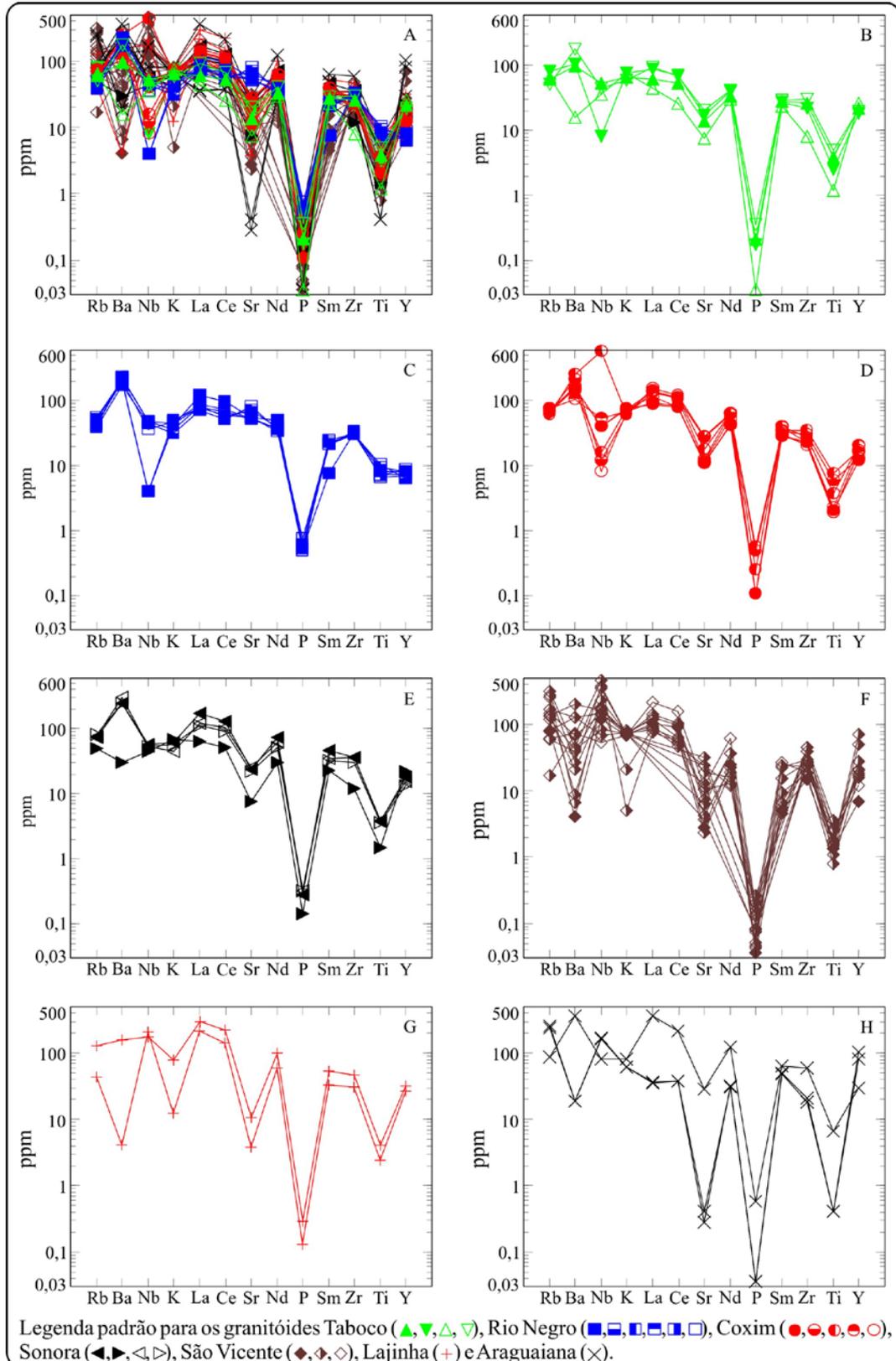


Figura 17. Aranhogramas para os granitos em conjunto (A) e separadamente Taboco (B), Rio Negro (C), Coxim (D), Sonora (E), São Vicente (F), Lajinha (G) e Araguaiana (H), normalizados pelos valores referentes ao condrito de Sun e McDonough, 1989. O pico negativo do elemento fósforo mostra tratar-se de rochas não primitivas, ou seja, que passaram por um processo de diferenciação. As anomalias também negativas de estrôncio, mostram processos de fracionamento, pois este elemento está relacionado com a cristalização do plagioclásio.

O uso destes elementos, a exemplo do que ocorre com elementos traços nos aranhogramas, necessitam de valores de normalização. Neste estudo foram utilizados os valores referentes ao condrito (meteorito com composição química similar ao material primordial formador das rochas) e as crostas superior e inferior, cujos valores encontram-se na Tabela 8. Para fins de cálculos, optou-se por utilizar somente os valores normalizados pelo condrito, no entanto é apresentado os diagramas com normalização por ambas crostas. Também são feitos breves comentários a respeito de seus padrões.

O Granito Taboco (Figura 18B) possui um enriquecimento dos elementos terras raras leves (ETRL) relativo ao padrão normal de distribuição dos elementos. Isso leva a concluir que este corpo passou por um processo de fracionamento não muito intenso durante sua cristalização.

O mesmo pensamento pode ser alcançado ao se observar a anomalia negativa de európio, que mostra um valor médio de $Eu^* = 1,255$ enquanto que o $Eu = 0,895$ para todas as fácies e $[Eu/Eu^* = 0,716]_N$, portanto houve um leve fracionamento no magma que causou uma queda nos teores de Eu, já que este tem afinidade com os feldspatos, que são formados tardiamente, e substituem os K e o Na deles. Nesse corpo, ocorre um padrão fraco de assimetria, definido pelos valores de $Ce/Sm = 1,918$ em relação ao $Gd/Yb = 1,025$, mostrando também um leve fracionamento.

A distribuição dos ETR do Granito Rio Negro (Figura 18C) têm um padrão mais apresentável mostrando uma grande deflexão nos ETRP (elementos terras raras pesados) relativo aos ETRL, isso coincide com o que foi observado na petrografia, que é a presença marcante de hornblenda, o que leva a concluir, aliado aos menores teores de sílica deste corpo, que seu processo de fracionamento foi o menos intenso de toda a província granítica. A anomalia negativa de Samário mostrada na figura se deve a erro analítico.

Durante processos de fracionamento magmático, o Eu é afetado pela cristalização dos feldspatos; neste corpo, vemos no gráfico que o Eu não sofre discrepâncias e segue o *trend* normal dos demais REE, o valor de anomalia do Eu é $[Eu/Eu^* = 0,619]_N$. Há um leve padrão de assimetria, do *trend*, mostrado pelos valores de $Ce/Sm = 2,899$ em relação ao $Gd/Yb = 2,547$.

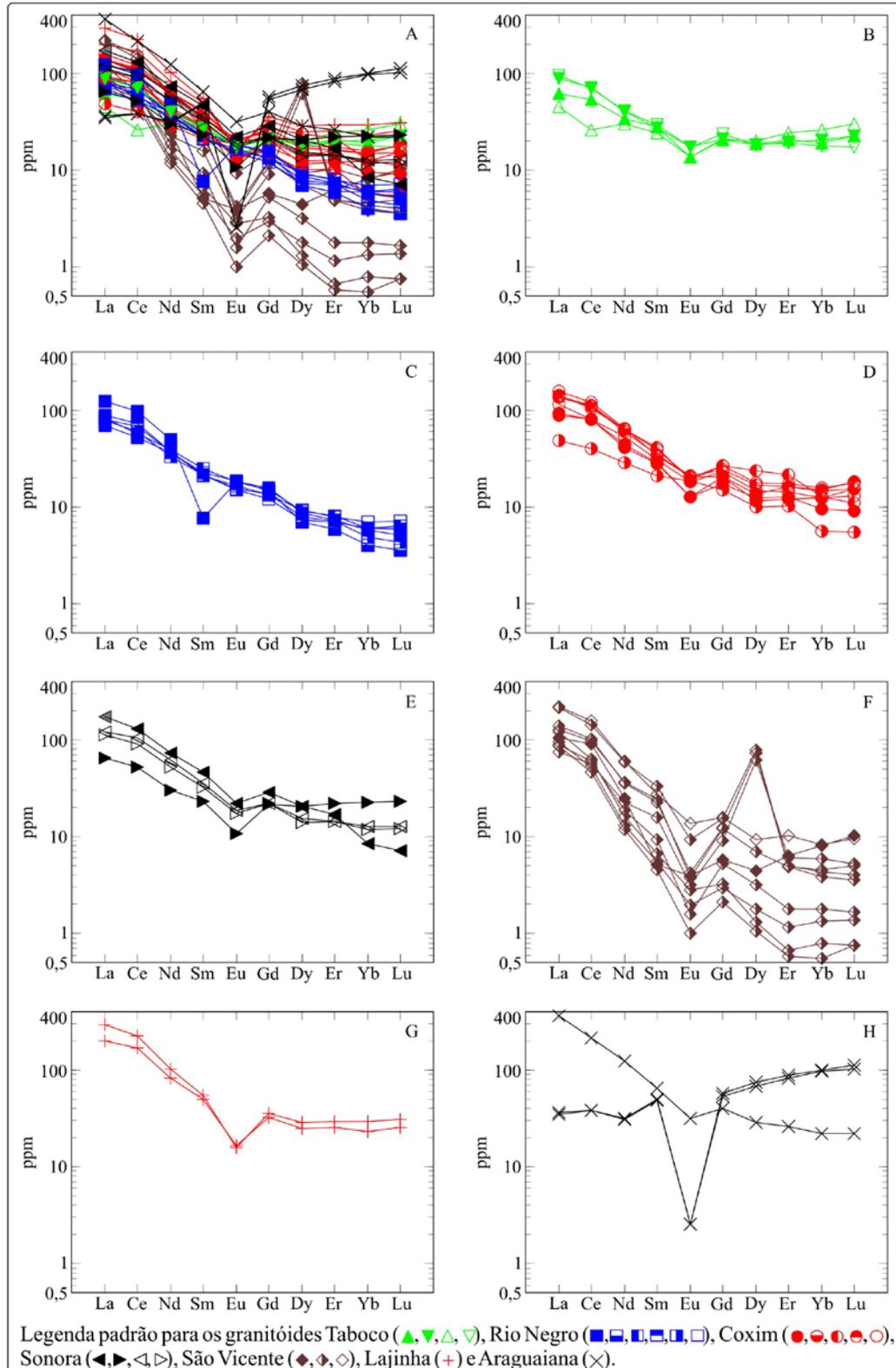


Figura 18. Distribuição dos elementos terras raras normalizados segundo os valores de Boynton, 1984 para meteoritos condrícticos. **A)** todas as rochas reunidas, **B)** Granito Taboco; **C)** Granito Rio Negro; **D)** Granito Coxim, **E)** Granito Sonora, **F)** Granito São Vicente, **G)** Granito Lajinha, **H)** Granito Araguaiana. O Granito Rio Negro é o único que não apresenta anomalia negativa de európio, mostrando ser um corpo pouco diferenciado em relação ao condrito, ao contrário, está o Granito Araguaiana, que possui um acentuado pico negativo deste elemento.

As rochas do Granito Coxim (Figura 18D), de modo geral, possuem uma distribuição de ETR semelhante àquela observada no Granito Taboco. Há um enriquecimento dos ETRL relativo aos ETRP para a maioria das fácies, porém um pouco menos intensa que no primeiro caso, portanto estas rochas também não tiveram um fracionamento muito intenso.

À exemplo do primeiro corpo (Taboco) a anomalia de európio vista neste maciço não é tão acentuada, sendo que $[Eu/Eu^* = 0,710]_N$, e o padrão de assimetria é um pouco mais forte com $Ce/Sm = 1,918$ comparado ao $Gd/Yb = 1,025$.

A geoquímica do Granito Sonora, quanto à distribuição dos ETR (Figura 18E), mostra, a exemplo dos granitos Taboco e Coxim, um enriquecimento de ETRL frente aos ETRP, evidenciando também um fracionamento pouco intenso. O padrão de assimetria definido pelos valores de $Ce/Sm = 2,603$ em relação ao $Gd/Yb = 1,955$ é um pouco mais acentuado que dos outros dois corpos (Taboco e Coxim).

A anomalia de Eu não é muito pronunciada sendo que o valor de $Eu = 1,003$ e o de $Eu^* = 1,432$, assim $[Eu/Eu^* = 0,691]_N$. Apesar deste pequeno valor a petrografia mostrou que estas rochas possuem grande quantidade de feldspatos.

Para os granitos São Vicente, Lajinha e Araguaiana, o padrão de distribuição ETR é bastante distinto, uma vez que a relação teor da rocha/teor do condrito é maior que aquela existente nas rochas anteriormente citadas.

O Granito São Vicente (Figura 18F), a exemplo das outras rochas já citadas, mostra enriquecimento nos ETRL frente aos ETRP. Três mostram o Dy com anomalia positiva muito acentuada, o que se deve a erros analíticos, o mesmo ocorre para o *trend* de quatro amostras com anomalias negativas muito acentuadas de Er, Yb e Lu, que também devem ser descartadas para interpretação.

Esta rocha apresenta, em média, valores de $[La/Yb=55,60]_N$ e consideráveis anomalias negativas de Eu, com $[Eu/Eu^*=0,59]_N$ e um padrão de assimetria definido pelos valores de $Ce/Sm=1,91$ em relação à $Gd/Yb=1,02$. Cumpre esclarecer que o enriquecimento de Y de quatro das amostras analisadas é relativo e se deve a deficiência dos elementos Er, Yb e Lu, conforme exposto anteriormente.

O Granito Lajinha (Figura 18G) possui um padrão de distribuição de ETR bastante uniforme, sendo uma rocha com valores sempre acima de 10 (relação rocha/condrito), tanto para os ETRP quanto para os ETRL. Esta é uma das rochas mais enriquecida em ETRL, chegando a relação ultrapassar 200. Possui um leve padrão de assimetria definido por $Ce/Sm=1,56$ em relação à $Gd/Yb=0,95$.

O fracionamento do európio é dado por uma anomalia negativa deste elemento, com $[Eu/Eu^*=0,37]_N$ e valores de $[La/Yb=8,68]_N$. Ambas as amostras analisadas seguem o mesmo *trend* e apresentam um leve enriquecimento de Y.

O Batolito Araguaiana (Figura 18H) apresenta dois padrões distintos na distribuição dos ETR, de modo geral a relação entre os elementos fornece valores de $[La/Yb=5,35]_N$ e anomalias negativas de Eu, com $[Eu/Eu^*=0,23]_N$, aliado a um grande enriquecimento de ETRL, com valores de $Ce/Sm=7,27$ em relação à $Gd/Yb=2,59$. Esta rocha é a mais enriquecida em ETRL, podendo a relação chegar próximo a 300, também é a que possui a maior anomalia negativa de európio, aliada a um empobrecimento em Y.

A seguir, serão apresentados os diagramas normalizados segundo os valores das crostas superior e inferior, apresentados na Tabela 8. Para estes diagramas, serão feitas breves considerações, comparando os padrões de distribuição dos ETR em todas as rochas seguindo as três normalizações.

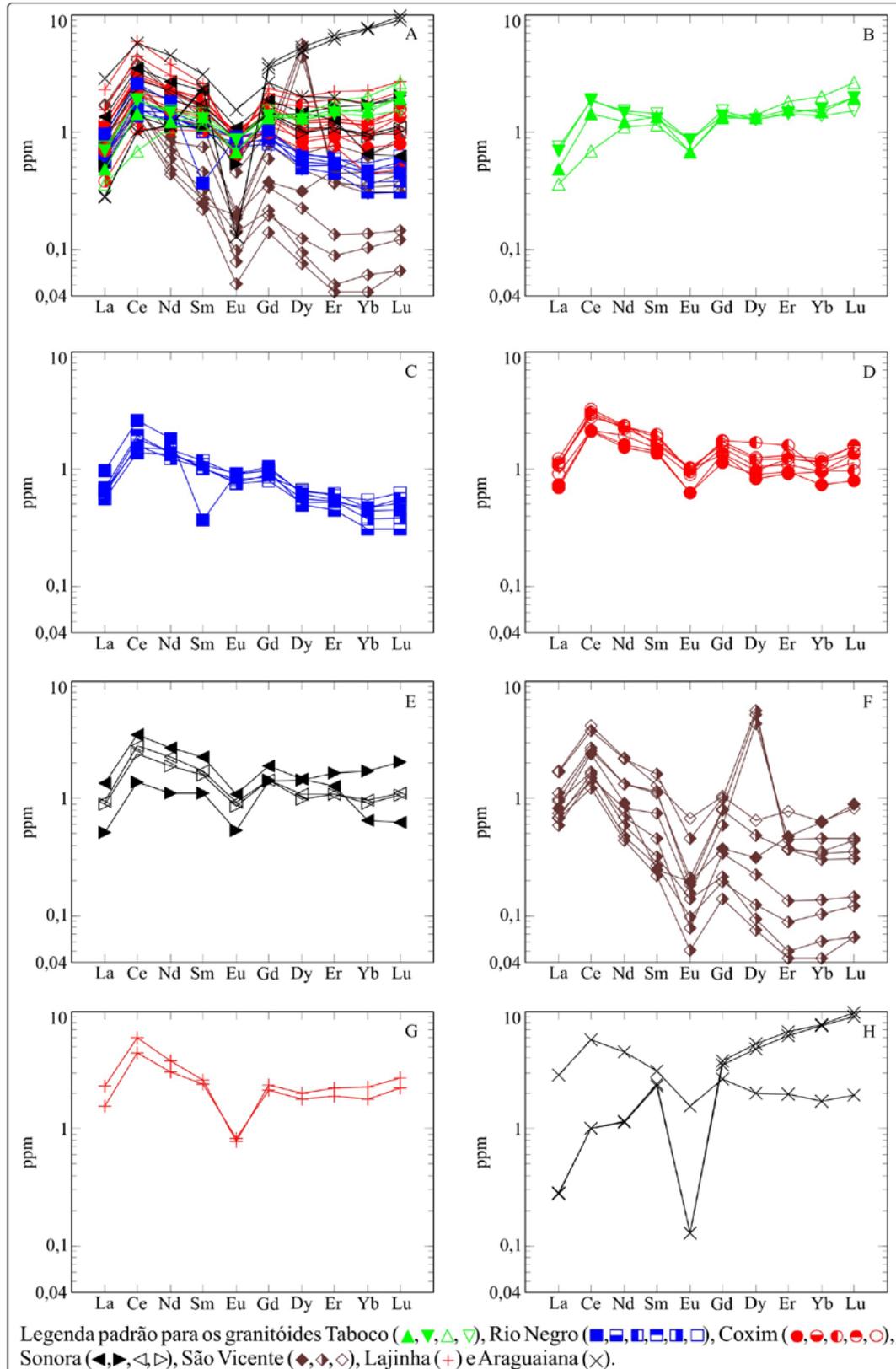


Figura 19. Diagramas de elementos terras raras normalizados pelos valores referentes à composição da crosta inferior. **A)** todas as rochas reunidas, **B)** Granito Taboco; **C)** Granito Rio Negro; **D)** Granito Coxim, **E)** Granito Sonora, **F)** Granito São Vicente, **G)** Granito Lajinha, **H)** Granito Araguaiana. Nesta normalização, os padrões de distribuição se assemelham, notar o forte empobrecimento de Eu nos granitóides do norte.

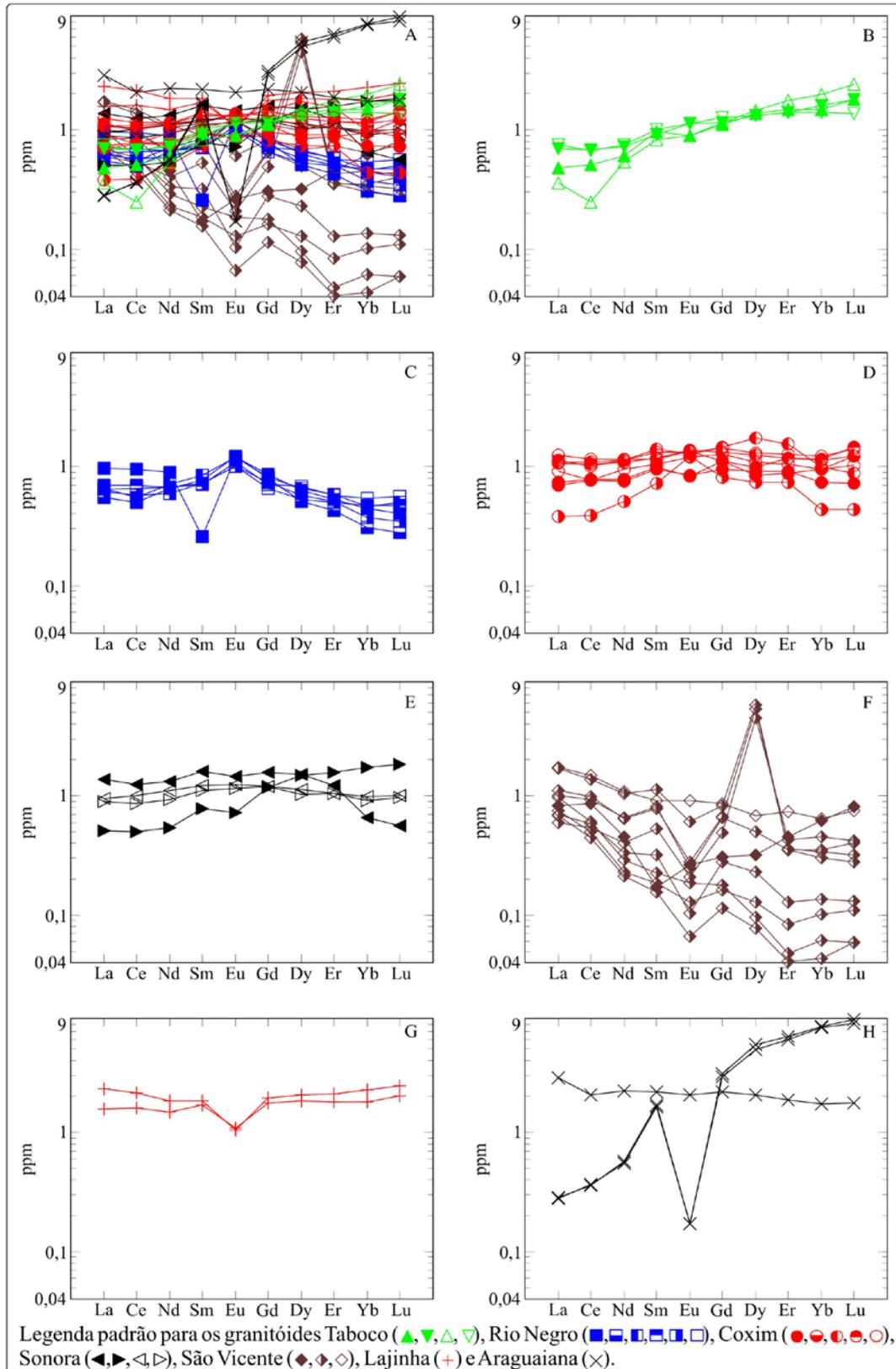


Figura 20. Diagramas de elementos terras raras normalizados segundo valores da composição da crosta superior. **A)** todas as rochas reunidas, **B)** Granito Taboco; **C)** Granito Rio Negro; **D)** Granito Coxim, **E)** Granito Sonora, **F)** Granito São Vicente, **G)** Granito Lajinha, **H)** Granito Araguaiana. É notável o padrão de distribuição retilíneo que as amostras possuem quando normalizados por esses valores.

Ao se comparar os diagramas de elementos terras raras normalizados segundo os três padrões, nota-se uma clara tendência de as amostras, com exceção dos granitos São Vicente e Araguaiana, serem originadas a partir de magmas oriundos da crosta superior (Figura 20), e sofrerem pouco fracionamento a partir dessa origem.

Isso porque a distribuição é retilínea, concentrando os valores próximos a 1, o que significa que o conteúdo de elementos terras raras das amostras é similar àquele encontrado no material originado na crosta superior. Em outras palavras é algo bastante diferenciado quando comparado aos condritos e até mesmo à crosta inferior.

Observa-se que algumas amostras (Granito Lajinha e algumas dos granitos Sonora e Coxim) possuem padrões bastante retilíneos e que situam-se levemente acima de 1, mostrando que estas rochas estão ainda mais diferenciadas em relação às demais e que o material original pode ter sofrido alguma contaminação de uma material mais félsico no momento da colocação destas maciços.

6.4 - DISCUSSÕES GEOQUÍMICAS

A litogeoquímica permite classificar estes granitóides como sendo do Tipo I, cálcio-alcalino de alto potássio, peraluminosos a metaluminosos, apresentando uma distribuição que reflete na menor proporção de SiO_2 para as rochas da parte sul em detrimento do acréscimo para norte e, portanto comportando-se mais diferenciados e evoluídos os granitóides da parte norte. Os aspectos geotectônicos também evidenciam este agrupamento, são granitóides do Tipo I apresentando para a parte sul uma assinatura tectônica que os definem como sin-colisional, com exceção para o Granito Rio Negro, que apresenta caráter pré-colisional, mas formados em possíveis ambientes de arco continental. Para a parte norte, o Granito Araguaiana mostra caráter sin-colisional, formado em possíveis ambientes de arco continental e os demais pós-colisionais em possível ambiente intraplaca e/ou de descompressão pós-colisional.

Os dados geológicos e geoquímicos analisados obtidos das rochas granitóides da região sul, permitem defini-los como um magmatismo, gerado em

ambiente colisional com fusão de material da crosta superior heterogênea, apresentando-se distintos e não cogenéticos, sugerindo que esta suíte intrusiva foi gerada por magmas diversificados e em níveis de fracionamento distintos para cada maciço. As rochas definem dois conjuntos geoquímicos bem distintos quanto aos ETR, evidenciando seqüencialmente um acréscimo no nível de diferenciação dos maciços da parte meridional para a setentrional, bem como seu caráter mais tardio. Os dados geoquímicos que se mostram mais diferenciados sugerem a intensificação do processo de fracionamento do magma inicial, através da remoção dos plagioclásios e enriquecimento de feldspato potássio e conseqüentemente elevando os níveis de ETRL, além da participação de minerais acessórios no controle de ETRP. A parte meridional apresenta-se mais enriquecida em plagioclásio e hornblenda e, portanto, tem um padrão contrário ao conjunto setentrional.

Para os granitóides da parte norte, é possível defini-los como granitos epizonais a mesozonais, tardi- tectônico, fracionados e enriquecidos em (Si, Na, K e Al) e representando intrusões tardias no ciclo magmático. O magmatismo é do Tipo I, distinto e não cogenético, gerado em ambiente de colisão continental e/ou de decompressão pós-colisional, que alcançam ambientes mais estáveis de consolidação ao final do evento colisional no SE do Cráton Amazônico. As rochas definem uma tendência geoquímica a partir do acréscimo no nível de diferenciação dos maciços de nordeste para sudoeste. Os valores geoquímicos mais diferenciados sugerem a intensificação do processo de fracionamento do magma inicial, através da remoção dos plagioclásios e enriquecimento de feldspato potássico e conseqüentemente elevando os níveis de LREE.

A comparação da distribuição de elementos terras raras normalizados pelas crostas superior, inferior e pelo condrito, atestam claramente que estas rochas estão geneticamente ligadas a uma origem a partir da crosta superior, uma vez que a distribuição dos elementos segundo esta normalização se encontra mais retilínea, pouco variável e mais próxima de 1.

Algumas amostras podem ter suas origens a partir de um magma menos diferenciado, ou com contaminação da crosta inferior, visto que seus padrões se encontram levemente abaixo de 1, assim como algumas amostras podem ter sofrido contaminação de material félsico ou ter sido gerada por magma mais diferenciado. De qualquer forma, fica claro que estas rochas têm uma origem crustal e não mantélica.

CAPÍTULO 7 - GEOCRONOLOGIA

7.1 - GEOCRONOLOGIA ISOTÓPICA

Os dados de geocronologia isotópica, necessários à datação dos eventos como fuga do manto (através do método Sm/Nd) e cristalização do magma (através do método U/Pb) são de fundamental importância à compreensão dos processos tectôno-magmáticos que afetaram estas rochas durante toda sua evolução. Tais informações, aliadas aos dados de geoquímica de rocha, petrografia e principalmente um bom e proveitoso trabalho de campo, permitem aos geólogos divagar sobre teorias de origem e evolução de rochas e regiões.

Assim, optou-se por utilizar os dois métodos de datação supra citados a fim de desvendar a idade de colocação e cristalização desses corpos magmáticos e relacioná-los definitivamente com a evolução e consolidação da Faixa de Dobramentos Paraguai.

As análises isotópicas, de ambos os métodos, foram realizadas pelo Laboratório de Estudos Geocronológicos, Geodinâmicos e Ambientais, do Instituto de Geociências, Universidade de Brasília (UnB). Tais estudos foram realizados em amostras de todas as rochas, no entanto, as análises dos maciços São Vicente, Lajinha e Araguaiana, foram publicadas por Ferreira et al. (2007), assim, apresenta-se, de forma inédita, 4 diagramas do tipo concórdia, resultantes das análises das rochas dos maciços Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora e 3 diagramas, resultantes

dos dados publicados por Ferreira et al. (2007), referentes aos maciços São Vicente, Lajinha e Araguaiana.

Além dos dados citados anteriormente, serão também utilizados na discussão a respeito da idade dos corpos, os dados obtidos por Pinho, et al. (inédito), obtidos a partir da parceria entre vários centros de pesquisa, entre os quais: Universidade Federal do Mato Grosso, Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade do Kansas- EUA, referentes aos granitos São Vicente, Lajinha e Araguaiana. Também serão utilizadas as idades já publicadas por Schobbenhaus Filho e Oliva, (1979), Hasui e Almeida, (1970) e Almeida e Mantovani (1975). Também é apresentada uma tabela contendo os dados de geocronologia pelo método Sm/Nd de todos os maciços investigados.

Em seguida serão feitos breves comentários a respeito das idades de cristalização obtidas para estes corpos e aquelas obtidas por Ferreira et al. 2008 para os maciços São Vicente, Lajinha e Araguaiana.

7.1.1 - Geocronologia da Província Granítica do Mato Grosso do Sul

A seguir, serão apresentados os dados geocronológicos obtidos neste estudo para os corpos Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora.

As primeiras referências às idades isotópicas destes corpos são atribuídas ao trabalho de Schobbenhaus Filho e Oliva (1979), que dataram o Granito Coxim através do método Rb/Sr, obtendo idades em torno de 490 Ma, interpretadas como a idade do último evento termal sofrido pelo corpo.

Na tabela 9, são mostrados os dados geocronológicos obtidos neste estudo através dos métodos U/Pb e Sm/Nd.

Tabela 9. Resultados isotópicos dos corpos Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora.

Batólito	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/$ ^{144}Nd	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ $\pm 2E$	ϵ_{Nd} (0)	T_{DM} (Ga)	U/Pb (Ma)	ϵ_{Nd} (0,54Ga)
Taboco	5,59	24,63	0,1372	0,512048+/-	-11,5	1,97	540	-7,48
Rio Negro	3,64	19,92	0,1104	0,511953+/-	-13,4	1,59	547	-7,46
Coxim	6,92	31,5	0,1327	0,512109+/-	-10,3	1,74	540	-5,94
Sonora	5,47	19,41	0,1703	0,512184+/-	-	-	548	-

Os resultados através do método Sm/Nd, mostram valores de $\epsilon_{\text{Nd}}(0,54\text{Ga})$

sempre com altos valores negativos, atestando que todos os corpos da província meridional possuem origem crustal, não possuindo qualquer participação de material mantélico juvenil uma vez que nenhum corpo apresenta valores positivos para este parâmetro.

As idades modelo (T_{DM}) tidas como a saída do material a partir de sua fonte, ou o momento em que o magma foi originado, fornecem idades entre 1,97 Ga e 1,59 Ga (Taboco 1,97 Ga, Rio Negro 1,59 Ga e Coxim 1,74 Ga), mostrando grande intervalo de tempo entre os corpos (380 Ma), levando a concluir que os corpos graníticos do setor sul, foram gerados por fontes distintas, em diferentes níveis de fracionamento na crosta superior.

A colocação destes corpos, durante o neoproterozóico, se deu a partir do retrabalhamento de fragmentos crustais paleo-mesoproterozóicas, gerando um magmatismo que se alojou na Faixa Paraguai, em formas alongadas e estreitas, provavelmente controladas pela, aqui denominada, “Zona de Cisalhamento Sulmatogrossense”, caracterizada por um alinhamento NS, englobada pela Faixa Paraguai.

A datação pelo método U/Pb forneceu idades muito próximas entre os corpos (tabela 9). Essas idades são interpretadas como a idade de cristalização dos corpos e são, mostradas nos diagramas tipo concórdia das figuras 21, 22, 23 e 24 para os corpos Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora, respectivamente.

As idades obtidas foram de: 540 Ma para o Granito Taboco, 547 Ma para o Granito Rio Negro, 540 Ma para o Granito Coxim e 548 Ma para o Granito Sonora. Conforme elucidado anteriormente, são idades muito próximas, mostrando que todos os corpos atingiram o estágio final de consolidação no mesmo período. Tais idades são bastante confiáveis pois apresentam erros por volta de 1%.

Ao se analisar conjuntamente os dados isotópicos por ambos os métodos, nota-se que, apesar de as fontes terem origens em diferentes épocas/estágios da evolução crustal, a cristalização dos corpos se deu muito próxima, com intervalo máximo de 8 Ma. Isso mostra que os magmas originais sofreram processos de fracionamento/evolução distintos à medida que eram colocados em meio às encaixantes. Também é evidente que as fontes destes magmas são distintas e independentes, dada a diferença de até 380 Ma verificada entre a fonte mais jovem e mais velha.

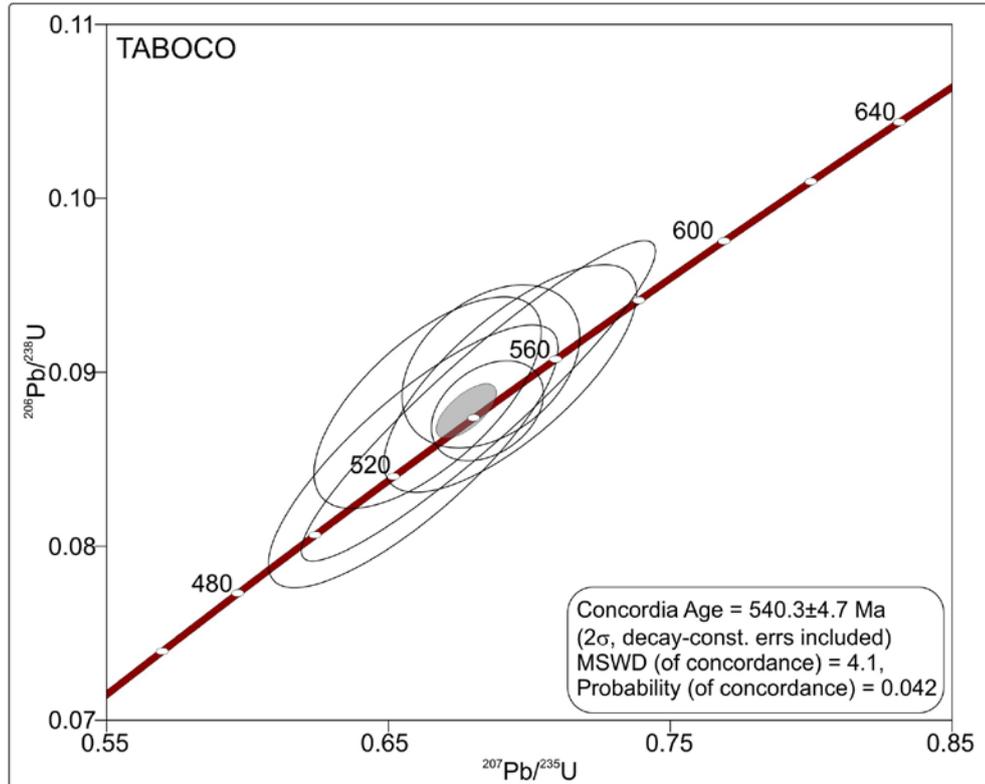


Figura 21. Diagrama concórdia de idade isotópica U/Pb para o Granito Taboco, indicando uma idade de 540 Ma.

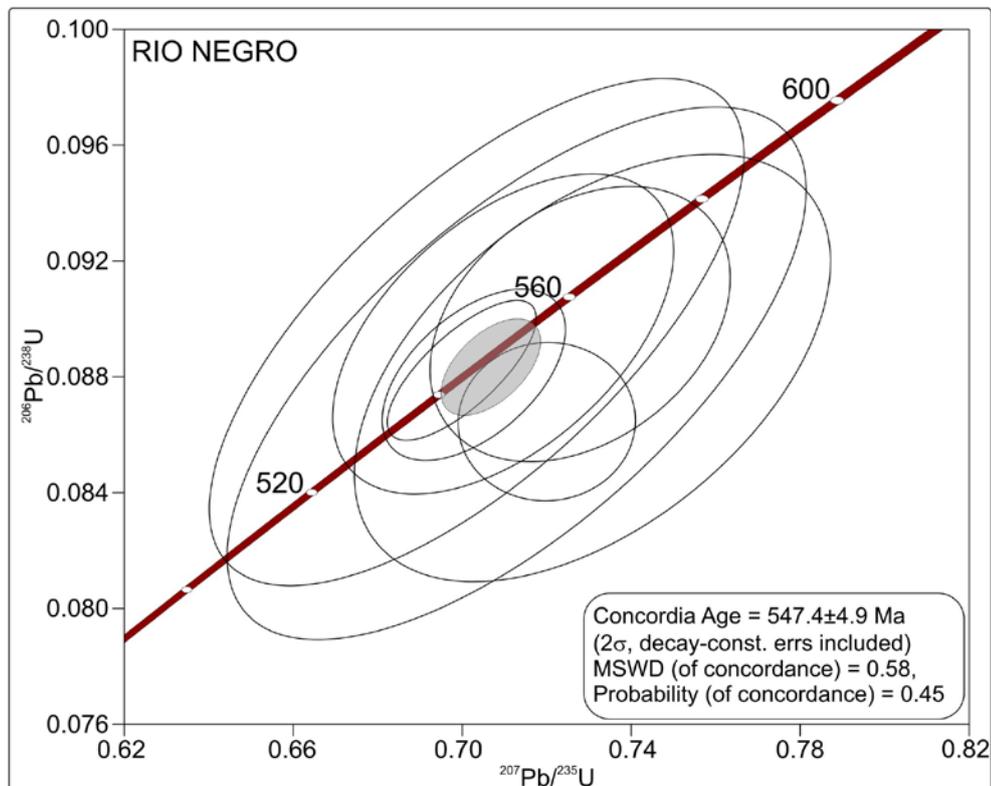


Figura 22. Diagrama concórdia de idade isotópica U/Pb para o Granito Rio Negro, indicando uma idade de 547 Ma.

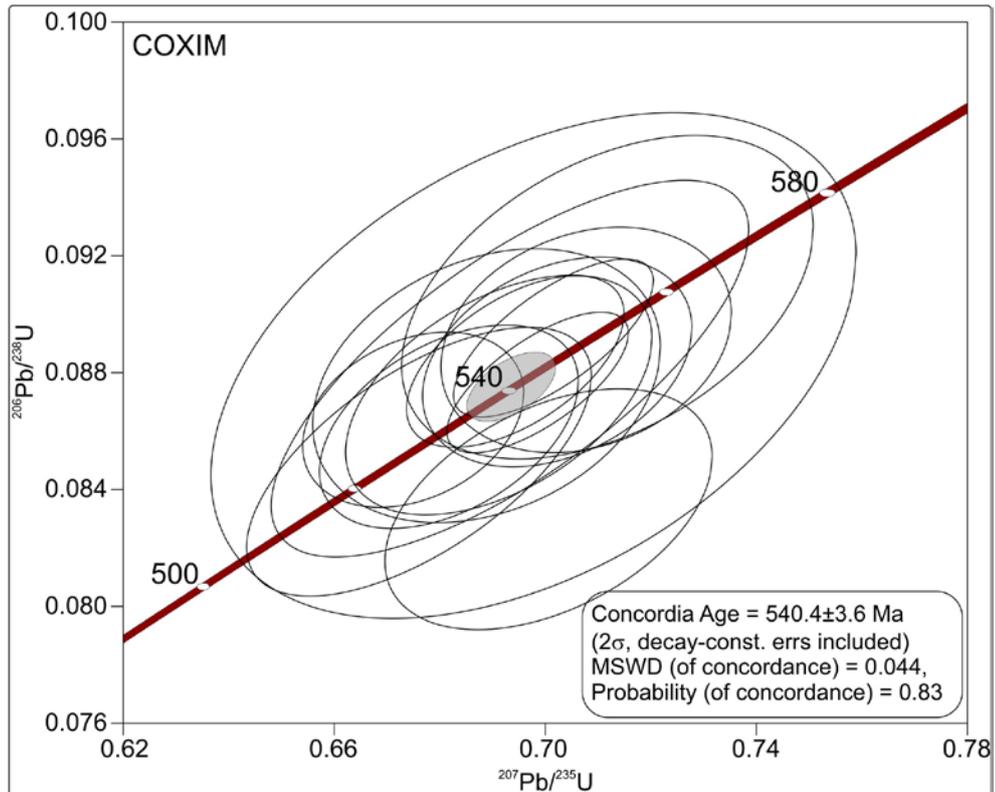


Figura 23. Diagrama concórdia de idade isotópica U/Pb para o Granito Coxim, indicando uma idade de 540 Ma.

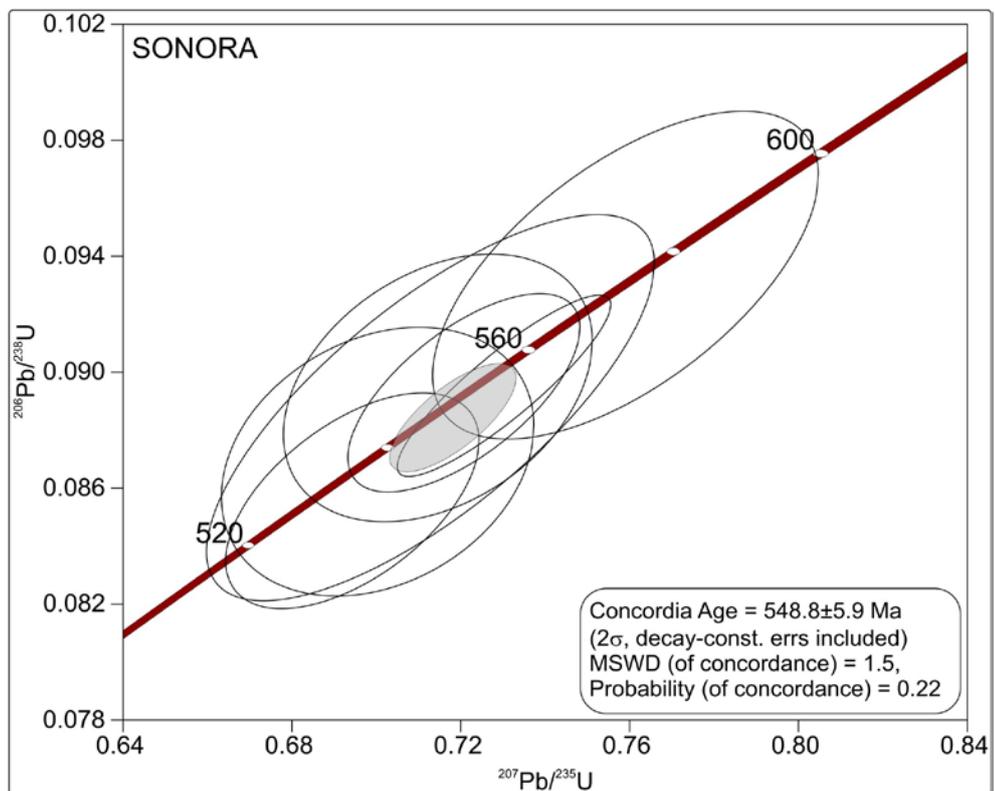


Figura 24. Diagrama concórdia de idade isotópica U/Pb para o Granito Sonora, indicando uma idade de 548 Ma.

7.1.2 - Geocronologia da Província Granítica do Mato Grosso

Conforme elucidado anteriormente, os dados geocronológicos dos granitóides da província matogrossense obtidos neste estudo, foram originalmente publicados por Ferreira et al. (2007) e estão apresentados na tabela 10. Além destes dados, são apresentados também aqueles obtidos por Pinho et al. (inédito), sumarizados na tabela 11. Também são apresentados os diagramas tipo concórdia para os corpos São Vicente, Lajinha e Araguaiana, obtidos pelo último autor.

Tabela 10. Análises isotópicas obtidas por Ferreira et al. (2007)

Batólito	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} \pm 2E$	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	T_{DM} (Ga)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \pm 2SE$
São Vicente	4,22	27,65	0,0922	0,511975+/-7	-12,9	1,33	0,741719+/-2
Lajinha	7,472	39,663	0,1139	0,511948+/-8	-13,5	1,66	0,762043+/-4
Araguaiana	7,95	15,4	0,3121	0,512744+/-6	2,08	-	3,370492+/-3

Tabela 11. Análises isotópicas obtidas por Pinho et al. (inédito)

Batólito	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	T_{DM} (Ga)	U/Pb (Ma)	ϵ_{Nd} (0,5Ga)
São Vicente	3.21	19.4	0.1003	0.512257	-9.07	1,165	504	-2.86
Lajinha	18.29	96.31	0.1148	0.5120767	-11.3	1,508	505,4	-5.87
Araguaiana	8.45	49.67	0.1029	0.5120729	-11.7	1,375	509,4	-5.47

As idades modelo obtidas por Ferreira et al. (2007) são semelhantes àquelas obtidas por Pinho et al. (inédito). No entanto, no ϵ_{Nd} , calculado para $t=0$, para o granito Araguaiana, há uma marcante diferença, pois Ferreira et al. (2007), obteve um valor positivo enquanto Pinho et al. (inédito) obteve valor negativo. Essa diferença implica em grandes contrastes evolutivos, pois levam a mudar por completa a fonte magmática.

Para os demais corpos (São Vicente e Lajinha) os valores não são muito próximos, no entanto levam a uma mesma conclusão, pois são negativos. Para fins de discussão quanto à evolução destes corpos, optou-se por adotar aqui os resultados obtidos por Pinho et al. (inédito), por se tratar de dados mais completos e coerentes.

Os dados de ϵ_{Nd} , obtidos por Pinho et al. (inédito), mostram valores fortemente negativos, atestando que tais rochas foram, a exemplo dos granitóides da parte sul, gerados por material crustal, sem contribuição mantélica.

Analogamente aos corpos sulinos, as idades modelo mostram que suas fontes foram originadas em diferentes épocas (entre 1,16 Ga e 1,51 Ga), sendo o mais jovem o Granito São Vicente, com fonte formada há 1,165 Ga e o mais velho o Granito Lajinha, com fonte magmática gerada a 1,508 Ga. Com idade de 1,375 Ga, está o Granito Araguaiana.

As idades de cristalização obtidas pelo método U/Pb, indicam idades entre 504 Ma e 509 Ma, sendo o Granito São Vicente o mais jovem, com idade de 504 Ma, o Granito Araguaiana o mais antigo, solidificado há 509,4 Ma e o Granito Lajinha alcançando estabilização há 505,4 Ma. Notável é o curto intervalo de tempo existente entre a solidificação destes corpos magmáticos. Os diagramas do tipo concórdia, segundo Pinho et al. (inédito), estão apresentados nas Figuras 25, 26 e 27 e mostram os interceptos superiores para os batólitos São Vicente, Lajinha e Araguaiana, respectivamente.

Hasui e Almeida, (1970) obtiveram pelo método K/Ar a partir de biotitas, idades de 503 Ma, interpretadas como a idade do último evento termal, onde a temperatura atingiu a casa dos 400°C. Almeida e Mantovani (1975) obtiveram idade de 500 ± 15 Ma, através do método Rb/Sr em rocha total, interpretadas como idade de colocação do corpo magmático. Ambas as idades assemelhem-se muito àquelas obtidas por Pinho et al. (inédito) através do método U/Pb e aqui apresentadas. Portanto, para fins de interpretação, será aqui assumida que as idades obtidas na década de 70 correspondem a cristalização do maciço.

As idades modelo atestam que estes granitos possuem fontes magmáticas diferentes, com intervalo de geração de até 343 Ma, portanto são fontes independentes. No entanto, as idades de cristalização são muito próximas, apontando que os magmas, a exemplo do conjunto meridional, sofreram diferentes graus de evolução a medida que migravam para as partes mais raras da crosta.

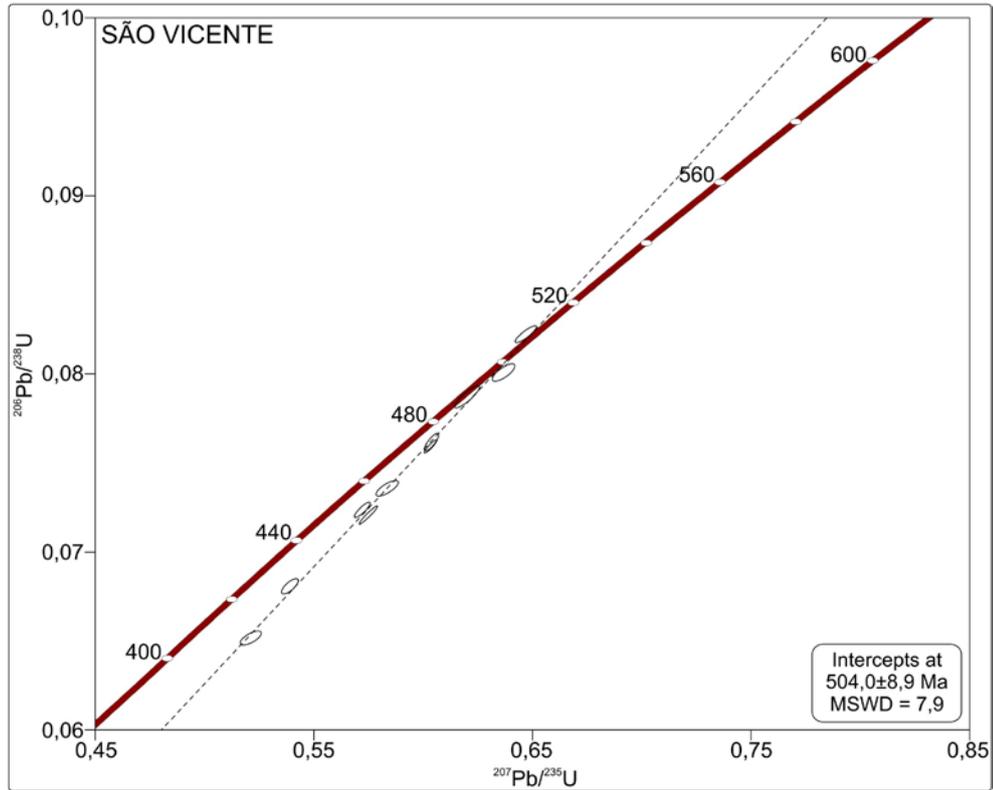


Figura 25. Diagrama concórdia de idade isotópica U/Pb para o Granito São Vicente, indicando uma idade de $504 \pm 8,9 \text{ Ma}$.

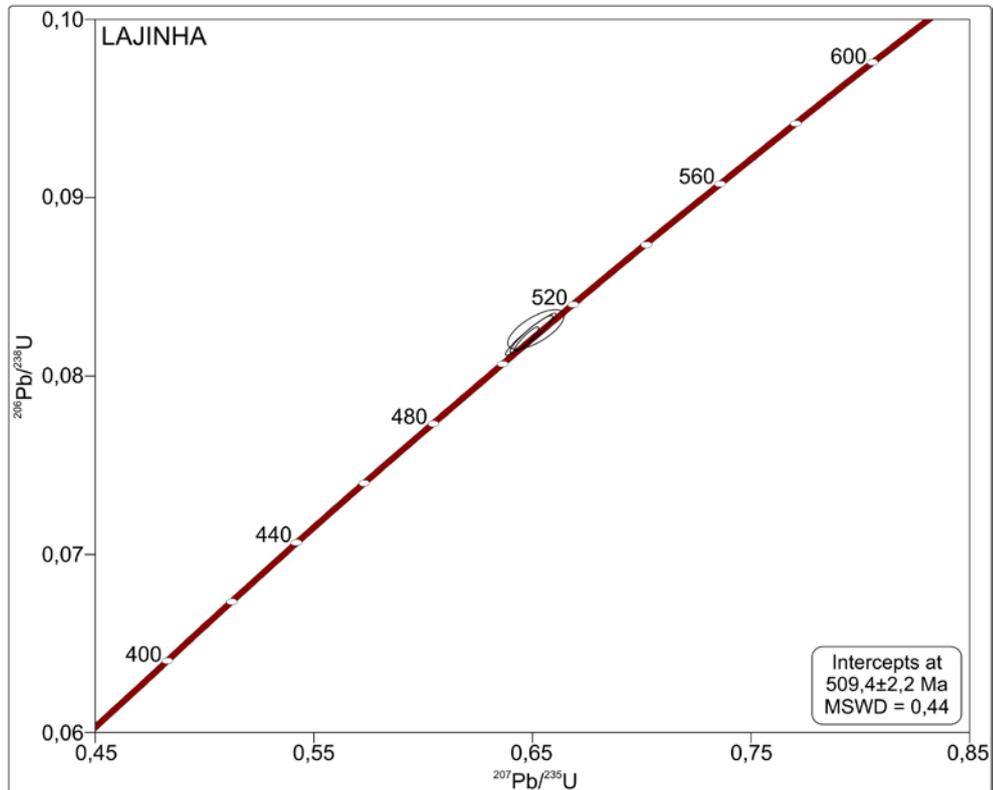


Figura 26. Diagrama concórdia de idade isotópica U/Pb para o Granito Lajinha, com intercepto superior indicando uma idade de $509,4 \pm 2,2 \text{ Ma}$.

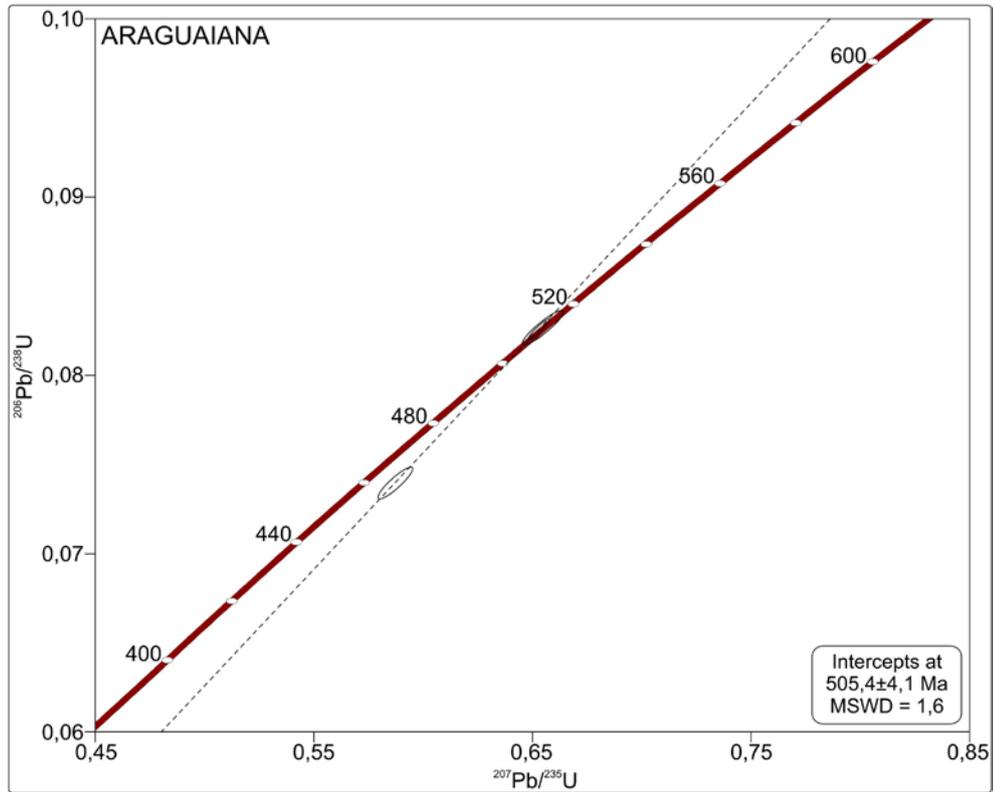


Figura 27. Diagrama concórdia de idade isotópica U/Pb para o Granito Araguaiana, indicando uma idade de $509,4 \pm 2.2$ Ma.

CAPÍTULO 8 – EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

Neste capítulo será apresentado um modelo evolutivo para a região onde os corpos graníticos se encontram. Baseado no que foi apresentado nos capítulos anteriores, utilizando-se informações de campo a respeito da relação entre as unidades, dados geoquímicos e geocronológicos, informações estruturais e interpretações dessas informações, tentar-se-á definir uma história geológica para a Província Granítica na Faixa Paraguai.

O Grupo Cuiabá, como unidade encaixante das rochas estudadas, será considerado o primórdio da trajetória evolutiva da região. Evidentemente, ocorrem outras unidades na Faixa Paraguai e outras mais antigas e de suma importância para o entendimento da geologia regional, como aquelas pertencentes ao embasamento cratônico. Todavia, estas unidades serão apenas citadas no modelo geológico, ficando o enfoque principal em torno do Grupo Cuiabá e das rochas graníticas, desconsiderando-se as demais unidades formadoras da Faixa Paraguai.

Definiu-se para esta dissertação um modelo evolutivo, desde a deposição e formação do Grupo Cuiabá (e demais unidades da Faixa Paraguai) durante o paleoproterozóico, até a deposição das Bacias do Pantanal e Araguaia, no Quaternário.

O Grupo Cuiabá teve sua origem durante o neoproterozóico, com a deposição de grandes volumes de sedimentos predominantemente siliciclásticos em bacias *rift*, resultantes da separação de um supercontinente (Figura 28). Esta bacia

também recebeu sedimentos carbonáticos, hoje ocorrentes na região de Corumbá e Serra da Bodoquena (MS) e que representam outras unidades estratigráficas da faixa.

Com a evolução do ciclo, esta bacia iniciou seu fechamento, durante o neoproterozóico (650 Ma) (Figura 28), com a colisão de dois blocos cratônicos, entre ele o Cráton Amazônico, a oeste/noroeste, formando a Faixa Paraguai (com seus três domínios). Durante a evolução do assim chamado Cinturão Acrescionário Paraguai, instala-se o Arco Magmático Paraguai dando origem ao magmatismo que lá se instalou durante o neoproterozóico/Cambriano.

A fonte magmática da granitogênese teve origem ainda no mesoproterozóico para os granitóides do Norte e no paleoproterozóico para os corpos do sul. O magma gerador desse magmatismo, conforme sugerem os dados geoquímicos e isotópicos, teve origem a partir da fusão de uma paleo crosta continental, infértil, ou pelo menos teve grande contribuição de material crustal, uma vez que os valores de ϵ_{Nd} são fortemente negativos. Este volume magmático foi fundido entre 1,7 Ga a 1,9 Ga para os corpos do Mato Grosso do sul e 1,1 Ga a 1,5 Ga, para os batólitos de Mato Grosso.

Com o fechamento dos blocos cratônicos, uma descontinuidade se forma, dando ao Arco Magmático Paraguai uma oportunidade de se instalar na borda do recém criado Cinturão Acrescionário Paraguai. Esta zona é somente existente, em seu estágio mais atuante, para os corpos Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora, uma vez que seus formatos sugerem o aproveitamento de um alinhamento NS para o *emplacement*. Mais tardiamente, em uma fase mais estável, porém ainda com tectônica atuante, os grandes batólitos do domínio norte se alojam. Neste ultimo momento, a zona de sutura já não mostrava significativa atividade, proporcionando a instalação do magmatismo anorogênico do norte.

Nos estágios iniciais do fechamento, as rochas do Grupo Cuiabá sofreram um rearranjo estrutural, causando o surgimento de uma foliação paralela à estratigrafia, identificada hoje como a foliação D_1 , de atitude N60E/70NW, portanto com transporte de topo para sudeste.

A partir desse momento, se inicia uma deformação progressiva, obliterando as estruturas geradas em D_1 e tornando mais evidente o ápice deformacional (fase D_2), que também marca o início da colocação dos corpos magmáticos (desenvolvimento do citado Arco Magmático Paraguai). Esta fase deformacional é a

que mais oferece dados geológicos, pois a ela estão associadas as mais evidentes estruturas da Faixa (dobras e foliação) e o metamorfismo de contato, oriundo do aquecimento causado pelo magma em ascensão. Também é esta fase que marca o maior rearranjo tectônico, que verticalizou as rochas do Grupo Cuiabá.

Ao final da Fase D_2 desenvolvem-se dobras associadas à colocação dos corpos magmáticos, propiciando o surgimento de minerais típicos de metamorfismo de contato ao longo do plano axial, além do surgimento de *hornfels* ao longo do acamamento do Grupo Cuiabá (flancos das dobras D_2).

Os dados geocronológicos mostram que os granitóides da parte norte possuem fontes e idades de cristalização invariavelmente mais jovens que os corpos do sul. Isso leva a concluir que a colocação dos corpos do Mato Grosso se deu em um período de maior estabilização, onde as grandes zonas de fraqueza já não eram tão atuantes a exemplo daquela que propiciou a intrusão das formas alongadas na porção sul. Outra forte evidência de que os corpos de Mato Grosso são mais tardios é a textura rapakivi existente em algumas fácies, principalmente nos batólitos Araguaiana e São Vicente.

Com a estabilização do magmatismo, a deformação já em seu estágio terminal, deixou seu último registro, hoje observada através de suaves ondulações D_3 , que afetam todo o pacote metassedimentar (Figura 28).

Passou-se um grande período de estabilidade tectônica, marcada principalmente pela erosão do Grupo Cuiabá, atingindo os corpos hoje expostos. Esse período de erosão foi modificado por um período de deposição/erosão que marca o início da formação da Bacia do Paraná, tendo como unidade basal regional o Grupo Rio Ivaí e a Formação Furnas.

Após a deposição da Bacia do Paraná, que recobriu parcialmente alguns dos corpos graníticos, ocorre um forte soerguimento da bacia na porção sul, dando origem ao relevo escarpado existente hoje desde Aquidauana até Coxim. Tal soerguimento não afetou a região de ocorrência dos granitóides na região norte.

Finalizando o processo evolutivo da região de estudo, tem-se a erosão das rochas existentes, gerando a carga sedimentar necessária para a deposição de extensos pacotes siliciclásticos geradores das formações Pantanal e Araguaia, que hoje repousam recobrando extensas áreas dos corpos graníticos.

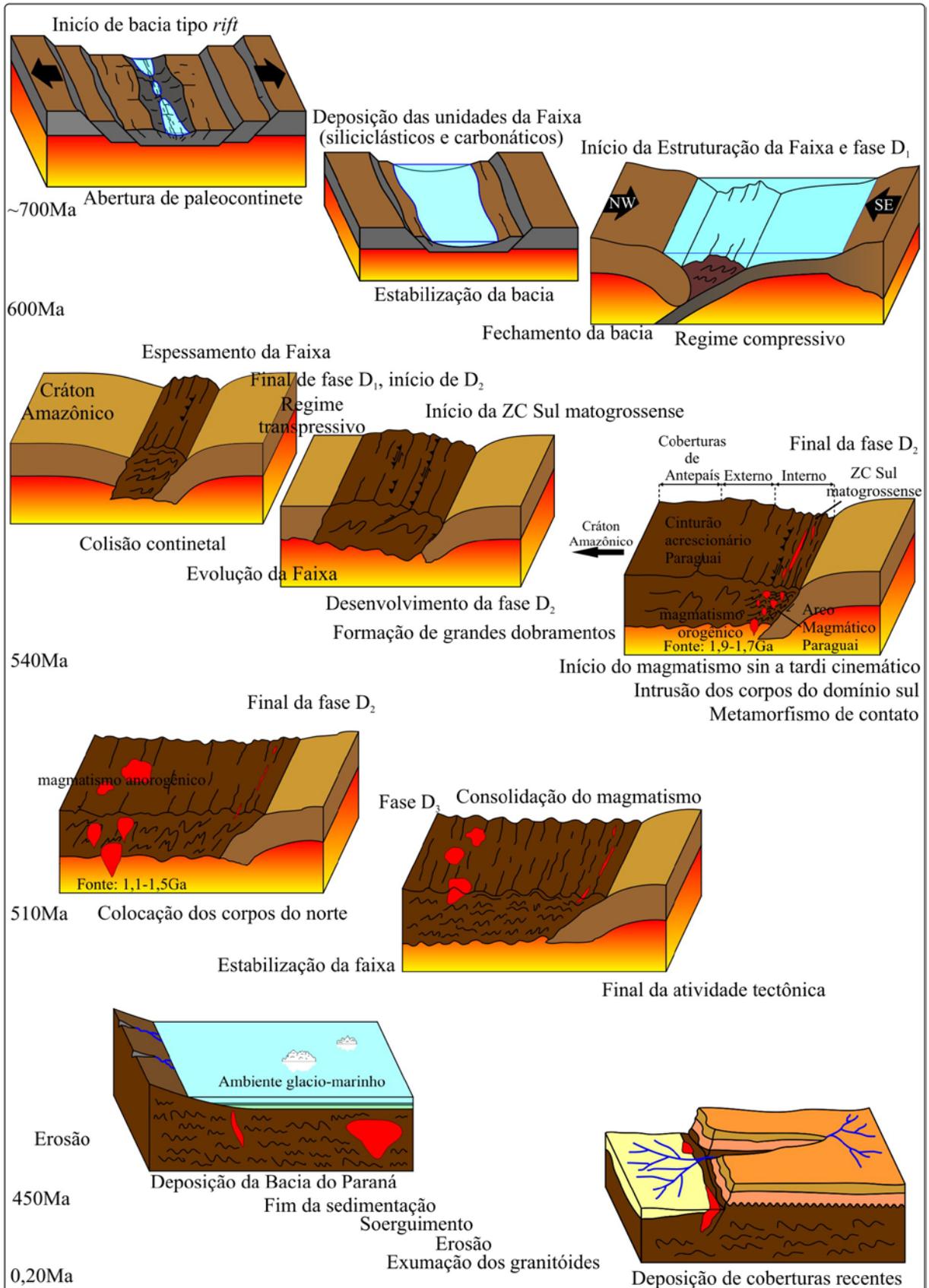


Figura 28. Modelo evolutivo da Província Granítica mato-grossense, considerando como encaixante o Grupo Cuiabá, pertencente à Faixa Paraguai.

CAPÍTULO 9 - CONCLUSÃO

A análise dos dados obtidos, incluindo descrições petrográficas, análises químicas de rocha total, análises isotópicas através de dois métodos, levantamento de aspectos estruturais/metamórficos e de relações entre as rochas graníticas e as encaixantes em campo, quando relacionados em conjunto, permitiram conseguir algumas importantes conclusões em relação à evolução geológica desta parte do território nacional.

Previamente, nos primórdios dos trabalhos, após expeditas observações de campo, surgiu a idéia de se trabalhar com essas rochas dividindo-as em dois grupos: porção norte (São Vicente, Lajinha e Araguaiana) e porção sul (Taboco, Rio Negro, Coxim e Sonora). Tal idéia evoluiu e culminou com o assentamento de desses dois conjuntos conforme apresentado nos capítulos anteriores.

Após a análise dos dados disponíveis, pode se classificar as rochas graníticas como uma série granítica do tipo I, cálcio-alcálica de alto potássio, predominantemente peraluminosos, ocorrendo tipos metaluminosos, com mineralogia muito semelhante entre os tipos dos dois grupos. Estes dois grupos foram definidos inicialmente a partir dos dados geoquímicos, que apresentavam, quanto ao padrão de distribuição dos elementos terras raras, semelhanças entre as rochas de um mesmo grupo, mas grandes diferenças quando comparados os dois conjuntos (Figuras 14, 15 e 16).

Posteriormente à análise prévia dos dados geocronológicos, o agrupamento em dois conjuntos e a hipótese de geração a partir de dois magmas distintos, uma fonte para cada grupo, foi autenticada, uma vez que as rochas apresentam idades

de cristalização e idades modelo muito semelhantes nos tipos pertencentes ao mesmo grupo, mas significantes diferenças entre os dois conjuntos. Ainda a tempo, os padrões de distribuição de ETR mostraram que ambos os conjuntos possuem magmas originados na crosta inferior, sofrendo grande contaminação da crosta superior durante o *emplacement*. Essa afirmação é ratificada pelos valores fortemente negativos de ϵ_{Nd} , de ambos os conjuntos, descartando a hipótese de origem no manto fértil.

Pode-se ainda concluir, em relação ao *emplacement* dos corpos, que a quase totalidade deles possui uma evolução magmática que pode ser dividida em 3 fases ou pulsos magmáticos para cada corpo. A primeira fase é marcada pela solidificação de um magma menos diferenciado, onde cristalizaram rochas pouco evoluídas, de caráter intermediário como dioritos e granodioritos, que hoje aparecem nos corpos na forma de enclaves, exceto o maciço Rio Negro, que é o corpo menos evoluído de todos os conjuntos.

A segunda fase pode ser tida como a principal, onde houve as maiores intrusões de magma, dando origem às rochas que hoje constituem o principal arcabouço dessa província granítica. Tal fase é marcada pela solidificação de sienogranitos e monzogranitos, além de alguns corpos de granodioritos reliquias, podendo conter restritas porções equigranulares e porfíricas. Para os batólitos Araguaiana e São Vicente, esta fase é responsável pelo aparecimento de textura rapakivi, neste último provavelmente associada a mineralização de estanho.

A terceira e última fase é caracterizada por injeções de um magma bastante evoluído, pobre em máficos, com composição homogênea, dando origem a intrusões de corpos aplíticos, alasquitos equigranulares, diques que cortam todas as demais rochas, além de restritos corpos pegmatíticos bastante diferenciados formados essencialmente por quartzo e feldspatos.

Embasado nos dados geoquímicos, observa-se que as rochas graníticas possuem diferentes níveis de diferenciação, mesmo para os tipos do mesmo conjunto, que, grosseiramente, aumenta do sul para o norte para as rochas do conjunto do Mato Grosso do Sul e nas rochas do Mato Grosso não é possível observar tal evolução.

Em virtude das evidências em campo e dos dados geoquímicos, essas rochas foram definidas como granitos sin a pós colisionais quanto ao ambiente de colocação, porém com fonte magmática gerada em ambiente pré a sin colisional

com magmas derivados de fusão da crosta inferior em ambiente de arco continental. O metamorfismo de contato encontrado nos arredores de alguns corpos e a ausência de foliação mais evidente, atestam para uma colocação pós orogênica enquanto que a blastese associada é à definida fase D₂ (crescimento de andaluzita nos planos de S₂) orientam para uma intrusão sin orogênica. (sin D₂).

A evolução geológica/geotectônica da região teve início no Neoproterozóico médio com a deposição de uma seqüência em bacias de fase *rift*, que evoluiu para uma seqüência metassedimentar durante o Neoproterozóico superior (período Ediacariano), não alcançando fácies metamórfica de alto grau, mas sofrendo pelo menos três eventos tectônicos (fases D₁, D₂ e D₃). Estas fases deformacionais são hoje confirmadas pela presença de dobras de crenulação, resultantes da fase D₁, dobras de médio porte, originadas na fase D₂ e suaves ondulações que afetam todo o pacote, resultantes da fase D₃.

Esta seqüência foi afetada por várias intrusões graníticas, em dois pulsos separados por cerca de 40 Ma. O primeiro pulso irrompeu no período de 548 Ma a 540 Ma, caracterizando um magmatismo Neoproterozóico a Cambriano inferior, tipicamente orogênico, enquanto o segundo se restringiu ao período entre 499 Ma a 510 Ma, sendo então definido como um magmatismo do Cambriano Médio a Superior, com características anorogênicas.

CAPÍTULO 10 - BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F. F. M. de. *Geologia do centro-leste Mato-grossense*. Boletim da Divisão de Geologia e Mineração – DNPM. Rio de Janeiro, v. 150, p. 1-97, 1954.
- ALMEIDA, F. F. M. de. *Geologia do centro-oeste mato-grossense*. Boletim da Divisão de Geologia e Mineração – DNPM. Rio de Janeiro, v. 215, 137 p., 1964.
- ALMEIDA, F. F. M. de. *Geossinclíneo Paraguai*. In: SEMANA DE DEBATES GEOLÓGICOS, 1. 1965, Porto Alegre, Universidade Federal, Centro Acadêmico dos Estudantes de Geologia, p.87-101.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1984. 378p.
- ALMEIDA, F. F. M.; MANTOVANI, M. S. M. *Geologia e geocronologia do Granito São Vicente, Mato Grosso*. Anais da Acadêmia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, v. 47, p. 451-58, 1975.
- ALVARENGA S. M.; BRASIL A. E.; DEL'ARCO D. M. 1982. *Folha SF. 21 - Campo Grande, Geomorfologia*. Rio de Janeiro, MME/SG, Projeto RadamBrasil, v. 28, p. 125-184.
- ALVARENGA, C, J. S.; TROMPETTE, R. *Evolução Tectônica brasileira da Faixa Paraguai: A estruturação da região de Cuiabá*. Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, v. 32, n. 4, p. 18-30, 1993.
- ALVARENGA, C. J. S. *Phénomènes sédimentaires, structuraux e circulation de fluides développés à la transition Chaîne-Craton: exemple de Chaîne Paraguai d'âge Proterozoïque Supérieur, Mato Grosso, Brésil*. 1990. Tese (Doutorado) - Université du Droit, D'Économie et des Sciences d'Aix, Marseille, 1990.
- ARAÚJO, H. J. T. de; NETO, A. dos S.; TRINDADE, C. A. H.; PINTO, J. C. de A.; MONTALVÃO, R. M. G. de; DOURADO, T. D. de C.; PALMEIRA, R. C. de B.; TASSINARI, C. C. G. *Geologia*. In: MME/SG. *Projeto RadamBrasil, Levantamento dos Recursos Naturais. Folha SF.21 – CAMPO GRANDE*. Rio de Janeiro, 1982, v. 28, p. 23-124.

- BARROS, A. M.; SILVA, R. H.; CARDOSO, O. R. F. A.; FREIRE, F. A.; SOUSA JÚNIOR, J. J.; RIVETTI, M.; LUZ, D. S.; PALMEIRA, R. C. B. & TASSINARI, C. C. G. *Geologia*. In: MME/SG. *Projeto RadamBrasil, Levantamento dos Recursos Naturais. Folha SD.21 – CUIABÁ*. Rio de Janeiro, 1982, v. 26, p. 25-192.
- BATCHELOR, R. A.; BOWDEN, P. *Petrogenetic Interpretation of Granitic Rock Series Using Multicationic Parameters*. *Chemical Geology*, cidade da publicação, v. 48, p. 43-55, 1985.
- BOYNTON, W. V. *Cosmochemistry of the rare-earth elements: meteorite studies*. In: HENDERSON, P. *Rare-Earth Elements Geochemistry*. Amsterdam: Elsevier, 1984. p. 63-114.
- DEBON, F; LE FORT, P. *A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations*. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh Earth Sciences*. London, v. 73, p.135-49, 1983.
- DEL'ARCO, J. O.; SILVA, R. H.; TARAPANOFF, I.; FREIRE, F. A.; PEREIRA, L. G. M.; SOUZA, S. L.; LUZ, D. S.; PALMEIRA, R. C. B. & TASSINARI, C. C. G. *Geologia*. In: *Geologia*. In: MME/SG. *Projeto RadamBrasil, Levantamento dos Recursos Naturais. Folha SE.21 – CORUMBÁ e parte da Folha SE.20*. Rio de Janeiro, 1982. v. 27, p. 25-160.
- DE PAOLO, D. J. *Trace element and isotopic effects of combined wall rock assimilation and fractional crystallization*. *Earth Planet. Sci. Lett.*; 53, 189-202. 1981a
- DIDIER, J. *Granites and their enclaves*. Elsevier. Amsterdam, Holanda. n.1, p. 393, 1973.
- DRAGO, V. A.; PINTO, A. C.; MONTALVÃO, R. M. G.; SANTOS, R. O. B. dos; SIMÕES, M. A.; OLIVEIRA, F. C.; BEZERRA, P. E. L.; PRADO, P.; FERNANDES, C. A. C.; TASSINARI, C. C. G. *Geologia*. In: *Geologia*. In: MME/SG. *Projeto RadamBrasil, Levantamento dos Recursos Naturais. Folha SD.22 - GOIÁS*. Rio de Janeiro, 1981. v. 25, p. 27-300.
- EVANS, J. W. *The geology of Mato Grosso*. *Quarterly Journal of Geological Society of London*. London, 50(2):85-104. 1984
- FERREIRA, C.; DANTAS, E.; PIMENTEL, M.; BUHN, B. e RUIZ, A. S. *Nd isotopic signature and U-Pb LA-ICPMS ages of Cambrian intrusive granites in the boundaries between Brasília Belt and Paraguay Belt*. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 6. 2008, San Carlos de Bariloche. Anais... San Carlos de Bariloche, 2008.
- FERREIRA, C. O.; PIMENTEL, M. M.; DANTAS, E. L.; RUIZ, A. S. *Assinatura Isotópica Sm – Nd de Gnaisses e Granitos Pós-orogênicos no Limite das Faixas Brasília e Paraguai*. In: Simpósio de Geologia do Centro Oeste, 10, 2007. Pirenópolis, 2007.
- FILHO, J. V. L.; BRITO, R. S. C. de; SILVA, M. G da.; OLIVEIRA, C. C. de; MORETON, L. C.; MARTINS, E. G.; LOPES, R. C; LIMA, T.M.; LARIZZATTI, J. H.; VALENTE, C. R.; . *GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL*. CPRM, Campo Grande 2006, Esc.: 1:1.000.000.

- FILHO, J. V. L.; FILHO, W. A.; VALENTE, C. R.; OLIVEIRA, C. C. de; ALBUQUERQUE, M. C. de; *GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DO ESTADO DE MATO GROSSO*. CPRM, Cuiabá 2004, Esc.: 1:1.000.000.
- GIOIA, S. M. L. C.; PIMENTEL, M. M. *The Sm-Nd method in the geochronology laboratory of University of Brasília*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.72, n 2, p.219-245., 2000.
- GODOY, A. M.; RUIZ, A. S.; ARAUJO RUIZ, L. M. B.; MANZANO, J. C.; SOUSA, M. Z. A.; MATOS, J. B. *Brasiliano post-tectonic granites from Paraguai Fold belt*. In: Gondwana 12 "Geological and Biological Heritage of Gondwana", 2005, Mendoza. Abstracts... Academia Nacional de Ciências, Córdoba, 2005. v. 1. p. 175.
- GODOY, A. M.; MANZANO, J. C.; RUIZ, A. S.; ARAÚJO-RUIZ, L. M. B. de. *Litogeoquímica da Província Granitóide Brasileira Pós-tectônica da Faixa de Dobramentos Paraguai*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43, 2006, Aracaju. Anais... Aracaju, 2006. p. 81.
- GODOY, A. M.; RUIZ, A. S.; ARAÚJO-RUIZ, L. M. B.; MANZANO, J. C.; SOUZA M. Z. A.; MATOS J. B. *Caracterização Geológica dos Granitoides Brasileiros Pós-Tectônico da Faixa de Dobramentos Paraguai do Sudeste Matogrossense*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42., 2004, Araxá. 1 CD-ROM, Araxá: SBG, 2004.
- GODOY, A. M.; RUIZ, A. S.; MANZANO, J. C.; ARAÚJO-RUIZ, L. M. B. de; SOUZA, M. Z. de A.; MATOS, J. B. *Padrão Geoquímico dos Granitoides Brasileiros da Faixa Paraguai no Estado de Mato Grosso*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 10 e SIMPÓSIO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL, 2., 2005, Porto de Galinhas. CD-ROM. Porto de Galinhas: SBG, 2005a.
- GODOY, A. M.; RUIZ, A. S.; MANZANO, J. C.; ARAÚJO-RUIZ, L. M. B. de; SOUZA, M. Z. de A.; MATOS, J. B. *Litogeoquímica dos Granitoides Brasileiros Pós-Tectônicos do Mato Grosso Sul*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 10 e SIMPÓSIO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL, 2., 2005, Porto de Galinhas. 1 CD-ROM. Porto de Galinhas: SBG, 2005b.
- GODOY, A. M.; RUIZ, A. S.; MANZANO, J. C.; ARAÚJO-RUIZ, L. M. B. de. *Os Granitoides Brasileiros Pós-tectônicos da Faixa de Dobramentos Paraguai, MS e MT*. Geologia USP: Série Científica, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 29-44, 2007.
- HARKER, A. *The Natural History of Igneous Rocks*. London: Methuen, 1909. 384 p.
- HASUI, Y.; ALMEIDA, F. F. M de. *Geocronologia do centro-oeste brasileiro*. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. v. 19, p. 1-26,1970.
- IRVINE, T. N.; BARAGAR, W. R. A. *A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks*.1971. Can. J. Earth Sci., 8: 523-548.
- LE MAITRE, R. W. A. *Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological-Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*. Oxford: Blackwell,. 1989.193 p.
- LUDWIG, K. R. *User's manual for Isoplot/Ex version 2.10: a Geochronological Toolkit for*

Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication no.1a. 1999.

- LUGMAIR, G. W.; MARTI, K. *Lunar inicial $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$: diferencial evolution of the lunar crust and mantle*. Earth Planetary Science Letters, v.39, p. 349-357, 1978
- LUZ, J. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUZA, J. O.; MOTTA, J. F. M.; TANNO, L. C.; CARMO, L. S.; SOUZA, N. B. *Projeto Coxipó*. Goiânia, DNPM/CPRM, Relatório Final, v.1, 136p., 1980.
- MALAGUTTI, M. I. A.; BAHIA FILHO, O.; MORENO, M. M. T.; NARDY, A. J. R. *Determinação de elementos terras raras e ítrio em rochas silicáticas por ICP-AES com separação em resina trocadora de íons*. Geochimica Brasiliensis, São Paulo, v. 12, p. 75-80, 1998.
- MANIAR, P. D.; PICCOLI, P. M. *Tectonic Discrimination of Granitoids*. Geological Society of America Bulletin. v.101, p. 635-43, 1989.
- MANZANO, J. C.; GODOY, A. M.; RUIZ, A. S.; ARAÚJO-RUIZ, L. M. B. de; SOUSA, M. Z de A.; MATOS, J. B. *Os Granitóides Brasileiros Pós-Tectônicos da Faixa Paraguai*. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO OESTE, 9., 2005, Goiânia. Anais...1 CD-ROM. Goiânia: SBG, 2005.
- MANZANO, J. C.; GODOY, A. M.; ARAÚJO, L. M. B. de; RUIZ, A. S. *Controle deformacional dos granitóides da Faixa de Dobramentos Paraguai*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 11., 2007, Natal. Anais... Natal, 2007a. p. 291-293.
- MANZANO, J. C.; GODOY, A. M.; ARAÚJO-RUIZ, L. M. B. de; RUIZ, A. S. *Litogeoquímica da Província Granitóide Brasileira da Faixa de Dobramentos Paraguai*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 11., 2007, Atibaia. Anais... São Paulo, 2007b. 1 CD ROOM.
- MIDDLEMOST, E. A. K. *Magmas and Magmatic Rocks*. An Introduction to Igneous Petrology. London: Longman, 1985. 206p.
- MIYASHIRO, A. *Volcanic Rock Series in Island Arcs and Active Continental Margins*. Am. Jour. Sci., 274: p 321-355, 1974.
- O'NIONS, R. K.; CARTER, S. R.; COHEN, R. S.; EVENSEN, N. M.; HAMILTON, P. J., *Pb, Nd and Sr isotopes in oceanic ferromanganese deposits and ocean floor basalts*. Nature London n. 273, p. 435-438, 1978.
- PARRISH, R. R.; RODDICK, J. C.; LOVERIDGE, W. D.; SULLIVAN, R. S. *Uranium-lead analytical techniques at the Geochronology Laboratory*, In: RADIOGENIC AGE AND ISOTOPIC STUDIES REPORT 1. Proceedings... Canada: Geological Survey of Canada, Paper 87-2, p. 3-7, 1987.
- PEACOCK, M. A. *Classification of Igneous Rocks Series*. Journal of Geology, v. 39, p. 54-67. 1931.
- PEARCE, J. A.; HARRIS, N. B. W.; TINDLE, A. G. *Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks*. Journal of Petrology, v. 25, p. 956-83, 1984.

- PENALVA, F. *Reconhecimento geológico da faixa pré-cambriana na borda leste do Pantanal de Mato Grosso*. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, v. 43 (2), p. 449-54, 1971.
- PICIRRILLO, A.; TAYLOR, S. R. *Geochemistry of Eocene Calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamoru area, Northern Turkey*. Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 58 p. 63-81, 1976.
- PINHO, M. A. S. B. (CPRM). *Geologia, petrologia e geoquímica das rochas ocorrentes ao longo do rio Aguapeí, sudoeste do Cratón Amazônico - Pontes e Lacerda - MT*. Porto Alegre, 1990. 119p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- PINHO, M. A. S. B.; BORGES, L. E. P.; PINHO, F. E. C.; LEITE, J. D.; FIGUEIREDO, M. H. *Geoquímica dos elementos Terras Raras em granitóides ocorrentes no Estado de Mato Grosso*. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 15., 1993. Natal. Atas... Natal: SBG, 1993. p.195-208.
- RUIZ, A. S.; SOUSA, M. Z. A.; RUIZ, L. M. B. de A. *A faixa de dobramentos Paraguai e os granitóides tardi-cinemáticos: uma caracterização preliminar dos granitóides Lajinha e Araguaiana no leste matogrossense*. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6., 1999. Manaus. Anais... Manaus: SBG/NO, 1999. p. 307-10.
- SCHOBENHAUS FILHO, C.; OLIVA, L. A. *Carta geológica do Brasil ao milionésimo; folha Corumbá (SE.21)*. Brasília, DNPM: 1979. 1 mapa, color. Escala 1:1.000.000.
- SOUSA, M. Z. A.; RUIZ, A. S.; RUIZ, L. M. B. de A. *Caracterização petrológica dos Granitos Araguaiana e Lajinha, na região de Barra do Garças e Araguaiana-MT*. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4., 1999. Cuiabá. Anais... Cuiabá: Coordenação de Pesquisa-PROPEP-UFMT, 1999. p. 49.
- STEIGER, R. H.; JÄGER, E. *Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology*. Earth and Planetary Science Letters, v. 36, p. 359-362. 1977.
- STRECKEISEN, A. L. *Plutonic rocks: classification and nomenclature recommended by the IUGS Subcommission on the systematics of igneous rocks*. Geotimes, n. 18, p. 26-30, 1973.
- SUN, S. S.; McDONOUGH, W. F. *Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes*. In: Saunders A. D.; Norry M. J. *Magmatism in ocean basins*. London: Geol. Soc. Spec. Pub. 42, 1989, pp. 313-345.
- TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. *Geochronological provinces of the Amazonian Craton*. Episodes, n. 38, p. 174-182, 1999.
- TAYLOR, W. P. *Intrusion and differentiation of granitic magma at high level in the crust: The Puscao Pluton*. Journal of Petrology, Lima Province, Peru, p. 82-133, 1976.
- WASSERBURG, G. J.; MCCULLOCH, M. T.; GREGORY, R. T.; TAYLOR, H. P. JR. *Sm-Nd, Rb-Sr, and ¹⁸O/¹⁶O isotopic systematics in an oceanic crustal section: Evidence from the Samial ophiolite*. Journal Article. California Institute of Technology, Pasadena, California p. 2721-2735, 1981.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)