



Universidade Federal do Pará
Centro de Geociências
Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**GEOLOGIA, GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DO MAGMATISMO
PALEOPROTEROZÓICO DA REGIÃO DE VILA RIOZINHO, PROVÍNCIA
AURÍFERA DO TAPAJÓS, CRÁTON AMAZÔNICO**

TESE APRESENTADA POR

CLÁUDIO NERY LAMARÃO

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutor em
Ciências na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.

Data de Aprovação: **27 / 09 / 2001**

Comitê de Tese:

ROBERTO DALL'AGNOL (Orientador)

ALCIDES NÓBREGA SIAL

JEAN-MICHEL LAFON

LAURO VALENTIM STOLL NARDI

PAULO SERGIO DE SOUSA GORAYEB

Este trabalho é dedicado aos meus pais e irmãos,
a minha esposa, Angela, pelo incentivo constante e grande ajuda,
aos meus filhos Felipe e Natalia e,
a Izabel.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece às seguintes pessoas e entidades que colaboraram para a realização deste trabalho:

- À Universidade Federal do Pará pelo apoio e infra-estrutura;
- Às diretorias do Centro de Geociências da UFPA;
- Às coordenações do Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica;
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à CAPES pela concessão de bolsas de estudo;
- Ao CNPq/FADESP-Projeto PRONEX N° 103/98 - processo 66.2103/1998-0
- À FINEP/PADCT - Convênio 8/8/98/0400/00
- À Agência para o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Mineral Brasileira – ADIMB, pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho;
- A Rio Tinto Desenvolvimento Minerais – RTZ, pela infra-estrutura, fornecimento de amostras e discussões técnicas durante as duas primeiras etapas de mapeamento;
- Ao Instituto de Geociências da UFRGS pelas análises de microsonda;
- Ao Prof. Roberto Dall’Agnol pela orientação, apoio e grande amizade;
- Ao Prof. Jean-Michel Lafon pelo acompanhamento e ajuda nos estudos geocronológicos;
- Aos demais professores do Pará-Iso, Candido Augusto V. Moura, Moacir Macambira e Thomas Scheller e à geóloga Cintia Gaia pelo apoio técnico e colaboração;
- Ao geólogo Marcelo L. Vasquez (CPRM-Belém), pela participação, colaboração e discussões técnicas durante a terceira etapa de campo;
- Aos demais colegas da CPRM-Belém, Evandro L. Klein, Alfreu dos Santos, Telma Faraco, Xafi S. Jorge João, Paulo S. F. Ricci e Armínio Vale pelo fornecimento de material logístico necessário ao mapeamento geológico e pelas discussões técnicas;
- Ao Prof. Evandro F. Lima da UFRGS pela sua participação na segunda etapa de campo e orientação na coleta de rochas vulcânicas da Formação Moraes Almeida, além de discussões técnicas;
- Ao Prof. Luis Henrique Ronchi da UNISINOS pelo estudo de inclusões fluídas das rochas da área mineralizada do garimpo São Jorge;

- Ao geólogo Marco Aurélio Figueiredo por sua colaboração no das rochas da região de Vila Riozinho e pelas discussões técnicas;
- À geóloga Edielma Figueiredo pela colaboração no estudo de minerais opacos da área mineralizada do garimpo São Jorge;
- Aos professores Basile Kotschoubey, Carlos Eduardo Mesquita de Barros, Franciso de A. Matos, Netuno Villas, Nilson Pinto Teixeira e Paulo Sergio Gorayeb pelo apoio e amizade;
- Ao químico Natalino Valente do Laboratório de Análises Químicas do CG-UFPA pelas análises de FeO;
- Aos colegas do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides – GPPG (Albano Leite, Alan Brunelli, Alex Sardinha, Davis Carvalho, Fernando Jacques Althoff, Hilton Túlio Costi, José Erimar Soares, Regis Munhós K. Borges, Renato O. Silva Jr., Marcelo Oliveira e José de Arimatéia pela colaboração e amizade;
- Aos bibliotecários e secretárias do Centro de Geociências;
- Aos demais colegas do CPGG pela amizade, companheirismo e colaboração.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	3
1 – INTRODUÇÃO	5
1.1 – APRESENTAÇÃO	5
1.2 – EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA E PROVÍNCIAS GEOCRONOLÓGICAS DO CRÁTON AMAZÔNICO	7
1.3 – A PROVÍNCIA AURÍFERA DO TAPAJÓS	12
1.3.1 – Introdução	12
1.3.2 – Geologia e Geocronologia	13
1.3.3 – Domínios Estruturais	15
1.4 – MAGMATISMO PALEOPROTEROZÓICO NAS PROVÍNCIAS MARONI, AMAZÔNIA CENTRAL, CARAJÁS E TAPAJÓS	18
1.4.1 – Magmatismo Granítico da Província Maroni ou Norte das Guianas	18
1.4.2 - Magmatismo Granítico Cálcico-Alcalino das Províncias Amazônia Central e Tapajós	18
1.4.3 – Magmatismo Granítico do tipo-A	20
1.4.3.1 – Província Carajás	20
1.4.3.2 – Província Amazônia Central	21
1.4.3.3 – Província Tapajós	22
1.4.4 – Vulcanismo Uatumã	22
1.5 – PROBLEMÁTICA	24
1.5.1 – Apresentação dos Problemas	24
1.5.2 – Objetivos	25
1.5.3 – Metodologia de Trabalho	26
1.5.3.1 – Mapeamento geológico e amostragem	26
1.5.3.2 – Petrografia	28
1.5.3.3 – Geocronologia Pb-Pb em zircão	29
1.5.3.4 – Química mineral	30
1.5.3.5 – Litogeoquímica	31

2 – GEOLOGIA E ESTRATIGRAFIA DA REGIÃO DE VILA RIOZINHO	33
2.1 – INTRODUÇÃO	33
2.1 – PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	36
2.3 – ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	37
2.3.1 – Granito São Jorge Antigo (GSJA)	37
2.3.2 – Granito São Jorge Jovem (GSJJ)	39
2.3.3 – Formação Vila Riozinho	39
2.3.4 – Formação Moraes Almeida	40
2.3.5 – Granito Maloquinha (GM)	40
2.3.6 – Granito Jardim do Ouro (GJO)	41
2.3.7 – Granitos Pórfiros	41
3 – PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL DAS UNIDADES ESTUDADAS	47
3.1 – INTRODUÇÃO	47
3.2 – ROCHAS GRANITÓIDES	47
3.2.1 – Granito São Jorge Antigo (GSJA)	47
3.2.1.1 – Aspectos macroscópicos	47
3.2.1.2 – Composições modais e classificação das fácies	50
3.2.1.3 – Aspectos texturais	52
3.2.1.3.1 – Biotita-anfibólio-monozodiorito a quartzo-monozodiorito (BAMD a BAQMD)..	52
3.2.1.3.2 – Anfibólio-biotita-monzogranito a quartzo-monzonito (ABMZG a ABQM)	58
3.2.1.3.3 – Anfibólio-biotita-quartzo-sienito (ABQS)	63
3.2.1.3.4 – Biotita-leucomonzogranito a sienogranito da porção sul do corpo (BLMZG/SG – sul)	64
3.2.1.3.5 – Biotita-leucomonzogranito a sienogranito da porção central do corpo (BLMZG/SG – centro)	66
3.2.1.4 – Ordem de cristalização	68
3.2.1.4.1 – Anfibólio-biotita-monzogranito a quartzo-monzonito (ABMZG a ABQM)	68
3.2.1.4.2 – Biotita-anfibólio-monozodiorito a quartzo-monozodiorito (BAMD a BAQMD) .	69
3.2.2 – Granito São Jorge Jovem (GSJJ)	69
3.2.2.1 – Aspectos macroscópicos	69
3.2.2.2 – Composições modais e classificação das fácies	72
3.2.2.3 – Aspectos texturais	72

3.2.2.3.1 – Anfibólio-biotita-monzogranito a quartzo-monzonito (ABMZG a ABQM)	72
3.2.2.3.2 – Biotita-leucomonzogranito (BLMZG)	75
3.2.3 – Granito Maloquinha (GM)	77
3.2.3.1 – Aspectos macroscópicos	77
3.2.3.2 – Composições modais e classificação das fácies	77
3.2.3.3 – Aspectos texturais	77
3.2.3.3.1 – Biotita-leucomonzogranito a leucosienogranito (BLMZG/SG)	77
3.2.3.3.2 – Anfibólio-biotita-quartzo-monzonito (ABQM)	80
3.2.3.3.3 – Biotita-quartzo-sienito (BQS)	81
3.2.3.4 – Ordem de cristalização	81
3.2.4 – Granito Jardim do Ouro (GJO)	85
3.2.4.1 – Aspectos macroscópicos	85
3.2.4.2 – Aspectos texturais	85
3.2.4.3 – Ordem de cristalização	87
3.2.5 – Granitos Pórfiros (GP)	87
3.2.5.1 – Granitos pórfiros associados ao Granito São Jorge Antigo	87
3.2.5.1.1 – Aspectos macroscópicos	87
3.2.5.1.2 – Aspectos microscópicos	90
3.2.5.2 – Granitos pórfiros associados aos ignimbritos da Formação Moraes Almeida e ao Granito Maloquinha	91
3.2.5.2.1 – Aspectos macroscópicos	91
3.2.5.2.2 – Aspectos microscópicos	
3.2.5.3 – Granitos pórfiros associados aos riolitos da rodovia Transgarimpeira	93
3.2.5.3.1 – Aspecto macroscópico	93
3.2.5.3.2 – Aspecto microscópico	93
3.3 – SEQUÊNCIAS VULCÂNICAS	95
3.3.1 – Formação Vila Riozinho	95
3.3.1.1 – Andesitos basálticos e Traquiandesitos basálticos	95
3.3.1.1.1 – Aspectos macroscópicos	95
3.3.1.1.2 – Aspectos microscópicos	95
3.3.1.2 – Traquitos	96
3.3.1.2.1 – Aspectos macroscópicos	96

3.3.1.2.2 – Aspectos microscópicos	96
3.3.1.3 – Riolitos	97
3.3.1.3.1 – Aspectos macroscópicos	97
3.3.1.3.2 – Aspectos microscópicos	97
3.3.2 – Formação Moraes Almeida	97
3.3.2.1 – Ignimbritos	97
3.3.2.1.1 – Aspectos macroscópicos	97
3.3.2.1.2 – Aspectos microscópicos	99
3.3.2.2 – Riolitos	100
3.3.2.2.1 – Aspectos macroscópicos	100
3.3.2.2.2 – Aspectos microscópicos	102
3.3.2.3 – Traquitos	102
3.3.2.3.1 – Aspectos macroscópicos	102
3.3.2.3.2 – Aspectos microscópicos	103
3.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	109
4 – GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DAS UNIDADES ESTUDADAS	114
4.1 – APRESENTAÇÃO	114
4.2 – GEOLOGY, GEOCHEMISTRY AND Pb-Pb ZIRCON GEOCHRONOLOGY OF THE PALEOPROTEROZOIC MAGMATISM OF VILA RIOZINHO, TAPAJÓS GOLD PROVINCE, AMAZONIAN CRATON, BRAZIL	114
4.3 – DADOS GEOQUÍMICOS COMPLEMENTARES	175
4.3.1 – Elementos Maiores	175
4.3.2 – Elementos Traço	176
5 – ESTIMATIVA DAS CONDIÇÕES DE FUGACIDADE DE OXIGÊNIO (f_{O_2}), PRESSÃO (P) E INTERVALO DE TEMPERATURA (T) DE FORMAÇÃO DOS GRANITÓIDES ESTUDADOS	184
5.1 – ESTIMATIVA DA f_{O_2} COM BASE NA COMPOSIÇÃO DE ANFIBÓLIOS	184
5.2 – GEOBAROMETRIA COM BASE NO CONTEÚDO DE Al ₂ O ₃ EM ANFIBÓLIOS ..	185
5.2.1 – Revisão da Literatura	185
5.2.2 – Estimativa de Pressões dos Granitóides Estudados	187
5.3 – TEMPERATURAS DE CRISTALIZAÇÃO	190

6 – COMPARAÇÕES ENTRE AS ROCHAS MAGMÁTICAS DA REGIÃO DE VILA RIOZINHO COM ROCHAS PLUTÔNICAS E VULCÂNICAS PALEOPROTEROZÓICAS DE OUTRAS REGIÕES DO CRÁTON AMAZÔNICO.....	198
6.1 – GRANITÓIDES CÁLCICO-ALCALINOS E AFINS E ASSOCIAÇÕES VULCÂNICAS SIMILARES	200
6.1.1 – Suíte Água Branca	200
6.1.2 – Suíte Pedra Pintada	201
6.1.3 – Granito Matupá	202
6.1.4 – Grupo Surumu	203
6.1.5 – Comparações entre Granitóides e Associações Vulcânicas	203
6.2 – COMPARAÇÕES ENTRE O GRANITO MALOQUINHA E A FORMAÇÃO MORAES ALMEIDA COM GRANITOS DO TIPO-A PALEOPROTEROZÓICOS	208
6.2.1 – Granitos Jamon e Musa	208
6.2.2 – Granito Redenção	209
6.2.3 – Granito Antonio Vicente	210
6.2.4 – Comparações e Conclusões	211
7 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	217
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	223
ANEXOS	246

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura		Página
1.1	Mapa de Localização e Vias de Acesso	6
1.2	Províncias Geocronológicas do Cráton Amazônico (Tassinari & Macambira 1999)	10
1.3	Províncias Geocronológicas do Cráton Amazônico (Santos et al. 2000)	11
1.4	Mapa Geológico da Província Aurífera do Tapajós	16
2.1	Mapa Geológico da região de Vila Riozinho	34
2.2	Coluna Estratigráfica da região de Vila Riozinho	35
2.3A, B	Vista aérea e em detalhe do garimpo São Jorge	42
2.3C	Aspectos de campo de leucogranitos contornando o garimpo São Jorge	43
2.3D	Afloramentos de traquitos (am. 62a) próximo ao Riozinho das Arraias	43
2.3E	Afloramentos de ignimbritos, sul de Moraes Almeida	44
2.3F	Serras de riolitos, rodovia Transgarimpeira	44
2.3G	Afloramento de Granito Maloquinha, sul de Moraes Almeida	45
2.3H	Afloramento de Granito Maloquinha (am. 06a), rodovia Transgarimpeira	45
2.3I	Vista parcial de dique de dacito cortando o Granito Jardim do Ouro	46
2.3J	Afloramentos de rochas dioríticas (?), confluência dos rios Novo e Jamanxim	46
3.1	Mapa de amostragem da porção sul da região de Vila Riozinho	48
3.2	Mapa de amostragem da porção norte da região de Vila Riozinho	49
3.3	Aspectos macroscópicos do Granito São Jorge Antigo	51
3.4	Diagramas QAP e Q-A+P-M para as rochas dos granitos São Jorge Antigo, Jovem e Jardim do Ouro	53
3.5	Aspectos microscópicos dos BAQMD do Granito São Jorge Antigo	59
3.6	Aspectos microscópicos dos ABMZG a ABQM, Granito São Jorge Antigo	62
3.7	Aspectos microscópicos dos ABQS e BLMZG/SG - sul, Granito São Jorge Antigo	67
3.8	Ordem de cristalização para os ABMZG a ABQM, Granito São Jorge Antigo	70
3.9	Aspectos macro e microscópicos do ABMZG do Granito São Jorge Jovem	76
3.10	Aspecto macroscópico e características microscópicos do Granito Maloquinha	82
3.11	Diagramas QAP e Q-A+P-M para as rochas do Granitos Maloquinha	83
3.12	Ordem de cristalização para os BLSG do Granito Maloquinha	84
3.13	Aspecto macroscópico e características microscópicos do Granito Jardim do Ouro	88
3.14	Ordem de cristalização para os ABMZG do Granito Jardim do Ouro	89
3.15	Aspectos macroscópicos e características microscópicos dos diferentes tipos de granitos Pórfiros da região de Vila Riozinho	94
3.16	Aspectos macroscópicos e características microscópicos de rochas vulcânicas da Formação Vila Riozinho	98
3.17	Aspectos macroscópicos e características microscópicos de ignimbritos da Formação Moraes Almeida	101

3.18	Aspectos macroscópicos e características microscópicas de ignimbritos e riolitos da Formação Moraes Almeida	104
3.19	Diagramas An-Ab-Or para as rochas dos granitos São Jorge Antigo, Jovem, Jardim do Ouro e Pórfiro (18a)	105
3.20	Diagramas An-Ab-Or para as rochas do Granito Maloquinha e do traquito da Formação Moraes Almeida (am. 48)	106
3.21	Diagramas de classificação de anfibólios e biotitas para os granitos São Jorge Antigo, Jovem, Jardim do Ouro, Pórfiros e traquito da Formação Moraes Almeida (am. 48)	107
3.22	Classificação de piroxênio do traquito da Formação Moraes Almeida	108
4.1	Diagramas de Harker para as rochas dos granitos São Jorge Antigo, Jovem e Pórfiros (am. 59 e 67c)	181
4.2	Diagramas de Harker de elementos traço para as rochas dos granitos São Jorge Antigo, Jovem e Pórfiros (am. 59 e 67c)	182
4.3	Diagramas de variação de elementos traço dos granitos São Jorge Antigo, Jovem e Pórfiros (am. 59 e 67c)	183
5.1	Diagramas de relações catiônicas dos anfibólios dos granitóides São Jorge Antigo, Jovem, Jardim do Ouro e Pórfiros	192
5.2	Síntese das calibrações empíricas e experimentais do geobarômetro do Al em anfibólio	193
5.3	Diagrama Temperatura x Zr para as rochas graníticas e vulcânicas estudadas	194
6.1	Esboço do Cráton Amazônico com a localização aproximada das rochas granitóides e vulcânicas utilizadas para comparação	199
6.2	Diagramas de Harker comparando os granitos São Jorge Antigo, Jovem, Matupá e as Suítes Água Branca e Pedra Pintada	205
6.3	Padrões de elementos terras raras dos granitos São Jorge Antigo, Jovem, Matupá, Água Branca, Pedra Pintada e das vulcânicas do Grupo Surumu e da Formação Vila Riozinho	206
6.4	Diagramas geoquímicos de variação para as rochas granitóides e vulcânicas comparadas	207
6.5	Diagramas geoquímicos comparando os granitos Jamon, Musa, Redenção, Antonio Vicente, Maloquinha e a Formação Moraes Almeida	214
6.6	Padrões dos elementos terras raras dos granitos Jamon, Musa, Redenção, Antonio Vicente, Maloquinha e a Formação Moraes Almeida	215
6.7	Diagramas geoquímicos comparando os granitos Jamon, Musa, Redenção, Antonio Vicente, Maloquinha e a Formação Moraes Almeida e diagrama Temperatura x Zr para as mesmas rochas	216

TABELAS

Tabela		Página
1	Dados geocronológicos de granitóides e seqüências vulcânicas	17
3.1	Análises modais do Granito São Jorge <i>Antigo</i>	54
3.2	Análises modais do Granito São Jorge <i>Jovem</i>	73
3.3	Análises modais dos granitos Maloquinha e Jardim do Ouro	78
5.1	Pressões de cristalização indicadas para os granitóides de Vila Riozinho	195
5.2	Temperaturas de saturação em zircão para as rochas estudadas	196

RESUMO

A Província Aurífera do Tapajós (PAT), situada na porção centro-meridional do Cráton Amazônico, é caracterizada pela ocorrência de extensas suítes de rochas plutônicas e vulcânicas. Muitas destas estão representadas na região de Vila Riozinho, localizada na porção nordeste da PAT, próxima ao contato entre as províncias Ventuari-Tapajós ou Tapajós-Parima e Amazônia Central.

O magmatismo da porção sul da região de Vila Riozinho é representado pelas rochas vulcânicas da Formação Vila Riozinho e pelo maciço São Jorge, no qual foram individualizados os granitos São Jorge *Antigo* e São Jorge *Jovem*, além de pequenas ocorrências de granitos pórfiros. A Formação Vila Riozinho é constituída por andesitos basálticos, traquiandesitos basálticos, traquitos, riolitos, tufos e brechas com assinatura geoquímica cálcico-alcalina alto-K a shoshonítica. Datações Pb-Pb em zircão em traquitos desta unidade revelaram idades de 2004 ± 4 Ma e 1998 ± 3 Ma. O Granito São Jorge *Antigo* corresponde a maior parte do pluton São Jorge. Este é composicionalmente zonado, sendo formado por uma série expandida à base de monzodioritos a quartzo-monzodioritos nas bordas nordeste, norte e leste, monzogranitos a quartzo-monzonitos nas porções intermediária-central e leucomonzogranitos a sienogranitos no centro, correspondendo às rochas mais evoluídas do corpo. Apresenta composição metaluminosa a fracamente peraluminosa, afinidade cálcico-alcalina alto-K e características geoquímicas de granitos gerados em ambiente de arco vulcânico. Datações Pb-Pb em zircão em rochas monzograníticas forneceram idades de 1981 ± 2 Ma e 1983 ± 8 Ma, interpretadas como idades de cristalização do corpo. O Granito São Jorge *Jovem* foi identificado inicialmente em testemunhos de sondagens na área de garimpo São Jorge, sendo o hospedeiro da mineralização aurífera primária. É mineralógica e petrograficamente similar ao Granito São Jorge *Antigo*, porém apresenta feições geoquímicas contrastantes e idade de cristalização de 1891 ± 3 Ma.

A porção norte da região de Vila Riozinho é dominada por rochas vulcânicas efusivas e piroclásticas félsicas pertencentes à Formação Moraes Almeida, associadas ao Granito Maloquinha. A Formação Moraes Almeida é constituída predominantemente por ignimbritos com riolitos e traquitos subordinados. Os ignimbritos forneceram idade Pb-Pb em zircão de 1875 ± 4 Ma, enquanto riolitos e traquitos de 1890 ± 6 Ma e 1881 ± 4 Ma, respectivamente. O Granito Maloquinha, com idade Pb-Pb em zircão de 1880 ± 9 Ma, é formado por leuco-sienogranitos com

leucomonzogranitos subordinados. Os estudos realizados mostraram que as rochas pertencentes a essas duas unidades possuem fortes similaridades petrográficas e assinaturas geoquímicas semelhantes a de granitos do tipo-A aluminosos. Tais fatos evidenciam uma ligação genética entre o Granito Maloquinha e a Formação Moraes Almeida. Além desses, foi estudado, ainda que de modo preliminar, o Granito Jardim do Ouro situado na extremidade noroeste da área. Corresponde a um anfibólio-biotita-monzogranito com idade de 1880 ± 3 Ma similar a do Granito Maloquinha, porém com feições mineralógicas e geoquímicas distintas deste. Os escassos dados disponíveis indicam que o Granito Jardim do Ouro diverge igualmente dos granitos São Jorge *Antigo* e São Jorge *Jovem*, por ser comparativamente mais alcalino e formado em condições menos oxidantes.

Pelo menos dois tipos de granitos pórfiros foram identificados na região de Vila Riozinho. O primeiro, provavelmente mais velho, associa-se espacialmente e mostra muitas similaridades geoquímicas com a fácies anfibólio-biotita-monzogranito a quartzo-monzonito do Granito São Jorge *Antigo*. O segundo, ocorre no contato entre os ignimbritos da Formação Moraes Almeida e o Granito Maloquinha. Mostra uma assinatura geoquímica similar à do Granito Jardim do Ouro e à do traquito da Formação Vila Riozinho.

Dois importantes períodos de intensa atividade magmática foram identificados na região de Vila Riozinho no final do Paleoproterozóico. No primeiro, compreendido entre 2010 e 1970 Ma, foram gerados a Formação Vila Riozinho e o Granito São Jorge *Antigo*. No segundo, situado entre 1900 e 1870 Ma, foram originados a Formação Moraes Almeida e os granitos São Jorge *Jovem*, Maloquinha e Jardim do Ouro.

Admite-se que o magmatismo cálcico-alcalino alto potássio formado no período de 2010 a 1970 Ma teve sua origem relacionada a processos de subducção. As manifestações magmáticas que ocorreram em torno de 1,88 Ga poderiam representar uma fase tardia, ainda vinculada aos processos de subducção ou corresponder às primeiras manifestações de processos de tafrogênese que afetaram globalmente o Cráton Amazônico a partir de 1,88 Ga e se estenderam durante o Mesoproterozóico. A segunda hipótese implica admitir fontes crustais para o magmatismo e é adotada neste trabalho.

ABSTRACT

Several Paleoproterozoic granitoids and two volcanic sequences were studied in the Vila Riozinho region. This region is located in the eastern area of the Tapajós Gold Province, near the border between the Tapajós and Central Amazonian tectonic provinces in the south-central part of the Amazonian craton.

In the southern part of the region, it was identified the Vila Riozinho volcanic sequence composed of basaltic andesite, basaltic trachyandesite, trachyte and rhyolite, with a high-K calc-alkaline to shoshonitic geochemical signature. Pb-Pb zircon dating indicate ages of 2000 ± 4 Ma and 1998 ± 3 Ma for this sequence. The São Jorge granite pluton is spatially associated with this volcanic sequence. Two granitoids were distinguished in the pluton, the Old São Jorge granite, with Pb-Pb zircon ages of 1981 ± 2 Ma and 1983 ± 8 Ma, and the Younger São Jorge granite with an age of 1891 ± 3 Ma. The Older São Jorge granite, largely dominant in the pluton, is composed of an expanded magmatic series including biotite-amphibole monzodiorite/quartz monzodiorite, amphibole-biotite monzogranite/quartz monzonite, biotite leucomonzogranite/syenogranite and granite porphyry. It has a metaluminous to mildly peraluminous character, and high-K calc-alkaline signature, similar to that of volcanic arc granitoids. The Younger São Jorge granite was initially identified in drill cores obtained in the gold mineralized area of the pluton. In that area, it corresponds to a hornblende-biotite monzogranite, but biotite leucogranites occur in the southern part of the pluton. This granite also has a high-K calc-alkaline signature, but it differs from the Older São Jorge granite in some geochemical and mineralogical aspects and it is comparatively younger.

In the northern part of the Vila Riozinho region, it was identified the Moraes Almeida volcanic sequence, the Maloquinha and Jardim do Ouro granites and a granite porphyry distinct from that associated with the Older São Jorge granite. The Moraes Almeida Formation is composed of ignimbrite and rhyolite with subordinate trachyte, with Pb-Pb zircon ages of 1875 ± 4 Ma, 1890 ± 6 Ma and 1881 ± 4 Ma, respectively. The 1880 ± 9 Ma old Maloquinha granite is composed of leucosyenogranite and subordinate leucomonzogranite. This granite and the rhyolite and ignimbrite of the Moraes Almeida Formation show affinities with aluminous, A-type series. The strong petrographic and geochemical similarities between these rocks suggest that they are cogenetic. An age of

1880 ± 3 Ma, similar to that of the Maloquinha granite, was obtained for the Jardim do Ouro hornblende-biotite monzogranite. However, preliminary data indicate that it differs from the former, as well as from the Older São Jorge and Younger São Jorge granites, in petrographic and geochemical aspects.

Geochemical and mineralogical data allow the distinction of two different types of granite porphyries. The first one is spatially associated and similar to the Older São Jorge granite. The second occurs along the contact between the Maloquinha granite and the ignimbrite of the Moraes Almeida Formation and is geochemically similar to the Jardim do Ouro granite and trachyte of the Moraes Almeida Formation.

The magmatic activity in the Vila Riozinho region is concentrated into two distinct periods, near the end of the Paleoproterozoic. The Vila Riozinho Formation and the Older São Jorge granite formed during the first period between 2100 and 1970 Ma. At the second period, between 1900 and 1870 Ma, the Moraes Almeida Formation, Maloquinha, Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites were formed.

The high-K calc-alkaline magmatism that was formed during the first period is probably related to subduction processes. Two hypotheses are considered to explain the diversified magmatic activity registered during the second period: (1) the different magmas could result from late tectonic activity related to the subduction processes; (2) these magmas are related to taphrogenetic processes that affected the Amazonian craton at 1.88 Ga and lasted the entire Mesoproterozoic. It implies to admit a crustal source for the magmas originated during the second period. The second hypothesis is assumed as the more plausible at this stage, but the need for additional isotopic information is emphasized.

CAPÍTULO 1

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – APRESENTAÇÃO

A Província Aurífera do Tapajós (PAT) situa-se no limite, muito pobremente definido, entre as províncias Ventuari-Tapajós ou Tapajós-Parima e Amazônia Central (Figuras 1.2 e 1.3). Está localizada entre os paralelos 5° 00'S e 8° 00'S e os meridianos 54° 00' W e 58° 30' W, abrangendo uma área de aproximadamente 168.000 km² na porção sudoeste do estado do Pará e uma pequena parte do sudeste do Estado do Amazonas. É constituída predominantemente por rochas plutônicas e vulcânicas paleoproterozóicas ainda pouco conhecidas geologicamente. As rochas plutônicas estão representadas por *stocks* e batólitos graníticos de tendência cálcico-alcalina a alcalina, geralmente pouco deformados, associados espacial e/ou temporalmente a rochas vulcânicas de natureza tanto alcalina quanto cálcico-alcalina, as quais são enquadradas genericamente no Supergrupo Uatumã. A falta de estudos de detalhe nessa região torna pouco clara as relações entre essas rochas e conduz, na maioria das vezes, a associações e interpretações duvidosas.

A área selecionada para este trabalho está localizada na porção leste da PAT (Figura 1.4), no limite entre as províncias Ventuari-Tapajós ou Tapajós-Parima e Amazônia Central, situando-se à cerca de 300 km a sul da cidade de Itaituba. Ela engloba bons exemplos dos principais tipos de rochas magmáticas que caracterizam essa importante província mineral. Jardim do Ouro, Moraes Almeida e Vila Riozinho são as três principais localidades situadas dentro dessa área. Sua principal via de acesso é a rodovia Cuiabá-Santarém (BR-163) que a secciona de norte a sul e a rodovia Transgarimpeira que interliga as duas primeiras localidades. Além dessas, existem ainda estradas secundárias de acesso a pequenas fazendas.

A drenagem mais importante é o rio Jamanxim que contorna toda a borda oeste da área. Sua porção central é cortada pelo Riozinho das Arraias, pelo Igarapé São Jorge e outros córregos de segunda ordem.

A Figura 1.1 mostra o mapa de localização e as principais vias de acesso à área de pesquisa.

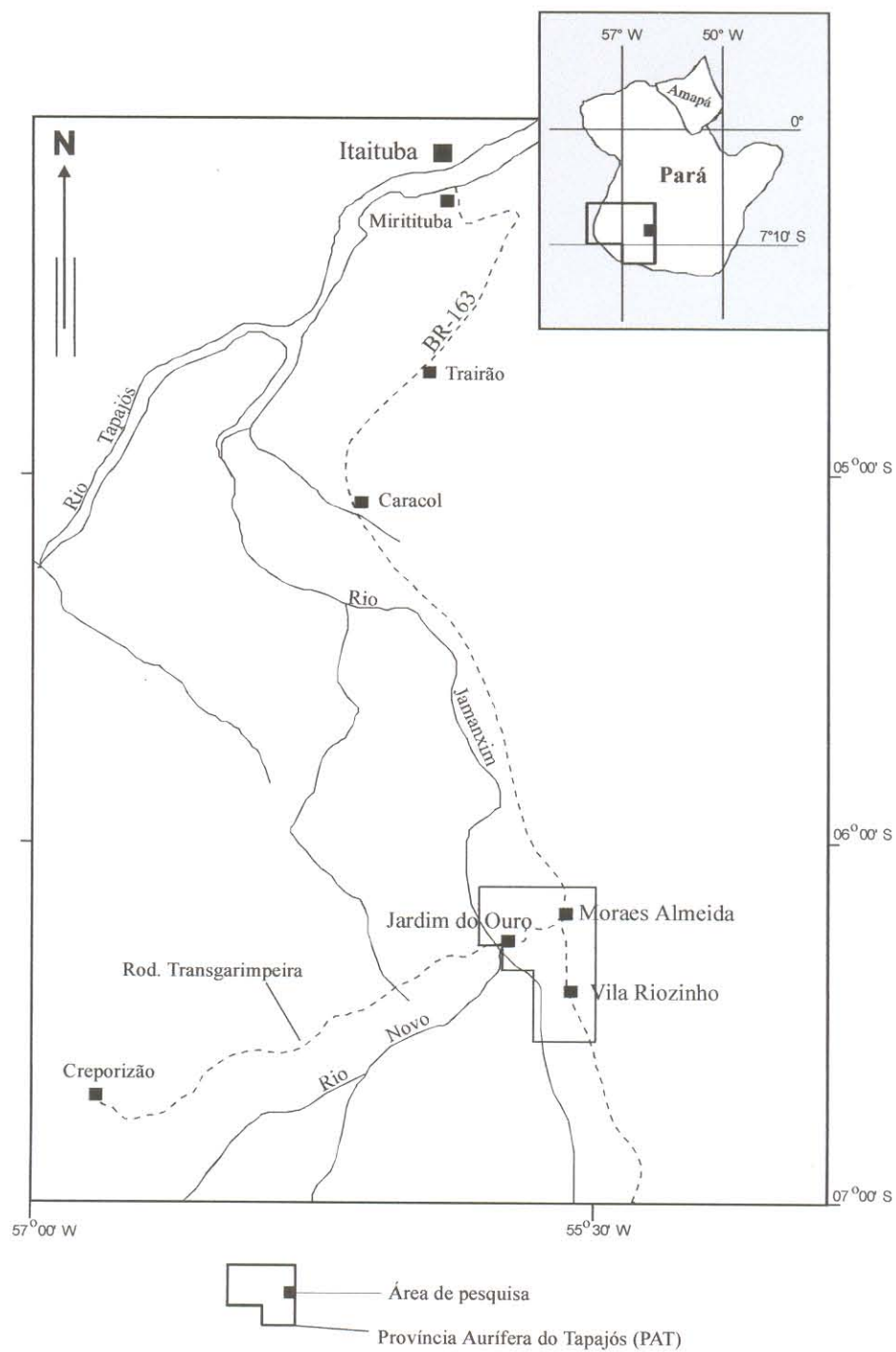


Figura 1.1 - Mapa de localização e vias de acesso à área de estudo

1.2 – EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA E PROVÍNCIAS GEOCRONOLÓGICAS DO CRÁTON AMAZÔNICO

O Cráton Amazônico, localizado na porção norte da América do Sul, encontra-se dividido pelos sedimentos da Bacia Amazônica em Escudo das Guianas, ao norte e Escudo Brasil Central, a sul (Almeida et al. 1981). Basicamente dois modelos procuram explicar a sua evolução geotectônica. O primeiro, que leva em conta principalmente os dados estruturais e geofísicos, considera o Cráton Amazônico como uma grande plataforma Arqueana que foi parcialmente retrabalhada e reativada durante o Proterozóico (Amaral 1974; Montalvão & Bezerra 1980; Santos & Loguércio 1984; Hasui et al. 1984; Hasui & Almeida 1985; Hasui et al. 1993; Costa & Hasui 1997). O segundo, apoiado amplamente em dados geocronológicos, considera que o Cráton Amazônico iniciou sua formação no Arqueano, porém evoluiu através de eventos episódicos de acreção crustal durante o Proterozóico. Este modelo admite a existência de um núcleo continental Arqueano ao qual foram acrescidos a norte e a sudoeste cinturões móveis ou arcos magmáticos, os quais constituíram novas províncias geocronológicas (Cordani & Brito Neves 1982; Teixeira et al. 1989; Tassinari et al. 1996).

Conforme destacado por Dall'Agnol et al. (1999a), o modelo geocronológico permite uma melhor visualização da evolução do cráton ao longo do tempo, uma vez que separa regiões com padrões geocronológicos distintos.

Nos últimos anos uma grande quantidade de informações geológicas e geocronológicas foi gerada no Cráton Amazônico, proporcionando revisões e redefinições ao modelo das províncias geocronológicas (Tassinari & Macambira 1999; Tassinari et al. 2000; Santos et al. 2000).

O modelo proposto por Tassinari e colaboradores subdivide o Cráton Amazônico em seis principais províncias geocronológicas (Figura 1.2) e o de Santos et al. (2000), em sete (Figura 1.3). Comenta-se a seguir, alguns aspectos relativos aos dois modelos, dando ênfase às províncias relacionadas ou adjacentes a área de trabalho.

A Província Amazônia Central, segundo o modelo de Tassinari e colaboradores, é considerada a unidade mais antiga ($> 2,3$ Ga) em torno da qual as demais províncias foram acrescidas. Tem na região de Carajás o mais importante núcleo arqueano de todo o Cráton Amazônico, o qual é cortado por granitos anorogênicos do Paleoproterozóico (Dall'Agnol et al. 1999a). Se estende para noroeste, através do Estado de Roraima, parte da Guiana e sudeste da

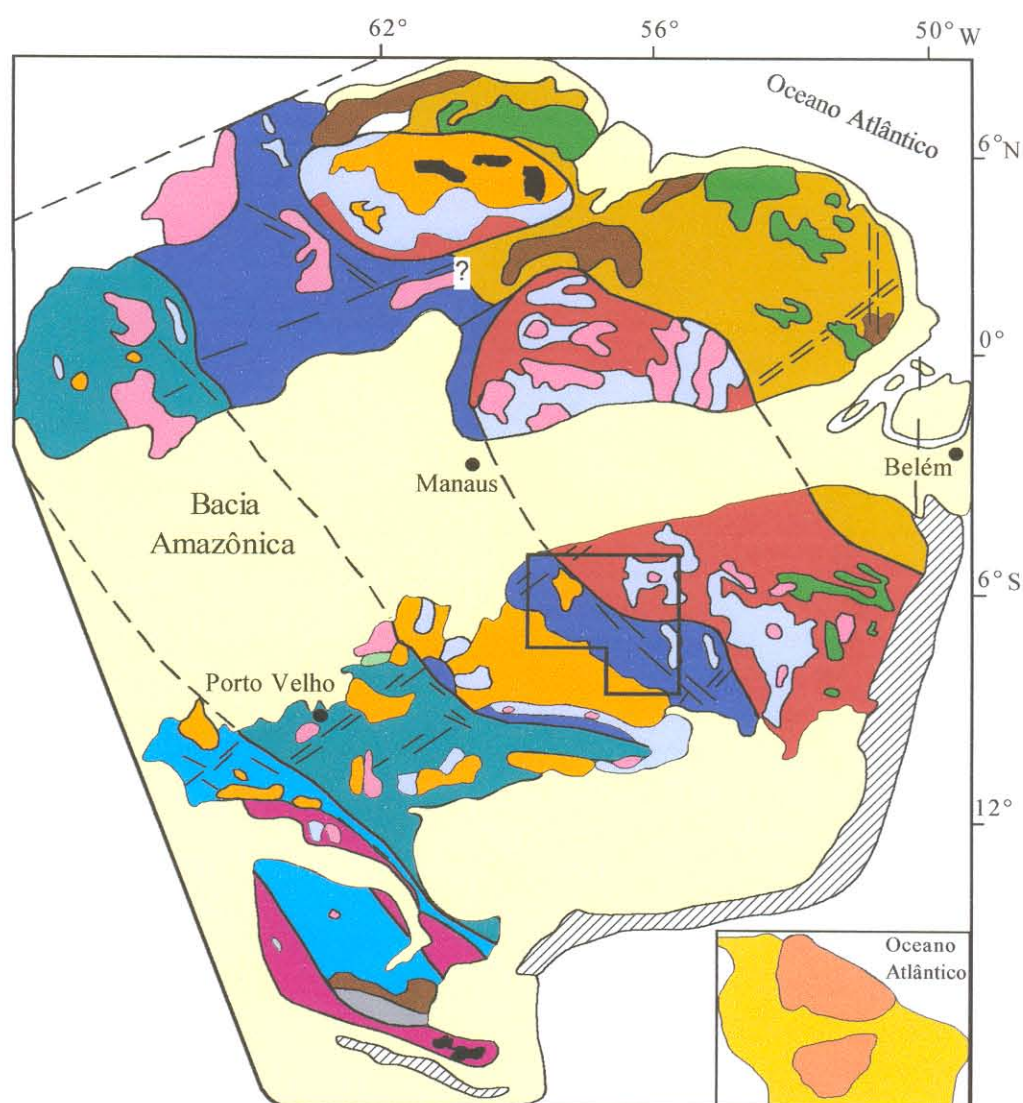
Venezuela, onde não são conhecidas outras ocorrências de rochas arqueanas. No modelo de Santos et al. (2000), as unidades mais antigas são representadas por dois núcleos que formam a Província Carajás-Imataca. O primeiro envolve às regiões de Carajás, Bacajás (ao norte de Carajás) e sul do Amapá, e o segundo o Complexo Imataca, no sudeste da Venezuela. A região de Bacajás possui dados geológicos muito limitados e o Complexo Imataca não apresenta ainda idades arqueanas definitivas, o que torna frágil, por enquanto, essa associação com regiões comprovadamente arqueanas (cf. Dall'Agnol et al. 2000). As demais áreas foram separadas por Santos et al. (2000) do domínio arqueano e incluídas na sua Província Amazônia Central (Figura 1.3), a qual é interpretada como produto de retrabalhamento de uma crosta arqueana e constituída predominantemente por rochas cratogênicas não deformadas com idades entre 1,88 e 1,70 Ga. Cabe lembrar, entretanto, que as suítes Água Branca e Pedra Pintada e rochas andesíticas do Grupo Surumu, situadas nos domínios da Província Amazônia Central, possuem idades U-Pb e Pb-Pb em zircão (Almeida et al. 1997; Schobbenhaus et al. 1994; Costa 1999) entre 2006 ± 4 Ma e 1938 ± 37 Ma (Tabela 1), mais antigas, portanto, do que o intervalo de idades anteriormente estabelecido por Santos e colaboradores. Além disso, a identificação de uma crosta arqueana em profundidade, revelada pelos dados isotópicos (Sato & Tassinari 1997; Santos et al. 2000), permite considerar essa como uma província predominantemente arqueana, mesmo que rochas com essa idade não ocorram em superfície. Dados isotópicos relativo às rochas paleoproterozóicas mencionadas anteriormente seriam importantes para confirmar ou não o prolongamento dessa crosta arqueana no Escudo das Guianas.

A Província Maroni-Itacaiúnas (Tassinari & Macambira 1999) ou Transamazônica (Santos et al. 2000) ou Norte das Guianas (Dall'Agnol et al. 2000), situa-se imediatamente a nordeste e a norte da Província Amazônia Central ou Carajás-Imataca. Sua evolução geológica se deu durante o Paleoproterozóico e apresenta, além de um magmatismo diversificado, expressivas seqüências metavulcano-sedimentares e grandes domínios de rochas granulíticas. Embora blocos arqueanos tenham sido localizados na região central do Amapá (Lima 1984; Lafon et al. 1998), os dados isotópicos disponíveis mostram um padrão concordante, sugerindo a formação de crosta paleoproterozóica juvenil em quase toda a província (Gruau et al. 1985; Sidder & Mendoza 1991; Sato & Tassinari 1997; Santos et al. 2000).

A Província Ventuari-Tapajós (Tassinari & Macambira 1999) ou Tapajós-Parima (Santos et al. 2000) é interpretada em ambos os modelos como um arco magmático de direção NW-SE

dominante, relacionado a processos de subducção e ao evento Transamazônico. Entretanto, as diferenças geológicas, isotópicas e metalogenéticas existentes entre as regiões Tapajós, no sudoeste do Pará e Ventuari, na Venezuela, levaram Santos et al. (2000) a limitar a porção noroeste desta província geocronológica à região de Parima, no Estado de Roraima. A província tem sido melhor estudada na região do Tapajós, onde trabalhos recentes (Faraco et al. 1997; Sato & Tassinari 1997; Dall'Agnol et al. 1999c; Lamarão et al. 1999; Vasquez et al. 1999; Klein & Vasquez 2000; Santos et al. 2000) indicam que a mesma apresenta um magmatismo comparativamente distinto e com um padrão geocronológico mais novo do que aquele encontrado na Província Maroni-Itacaiúnas ou Transamazônica. Na região do Tapajós predominam rochas granitóides cálcico-alcalinas a alcalinas e extensos derrames de rochas vulcânicas intermediárias a ácidas em composição. Sequências supracrustais ocorrem localmente na sua porção sudoeste (Figura 1.4) e representam, juntamente com rochas do Complexo Cuiú-Cuiú, o provável embasamento desta região. A ausência de protólitos arqueanos (Sato & Tassinari 1997; Tassinari & Macambira 1999; Santos et al. 2000) sugere que esta província é formada por uma crosta continental predominantemente juvenil. Entretanto, os dados disponíveis são ainda limitados e tornam questionável qualquer generalização. Além disso, zircões arqueanos, interpretados como herdados, foram identificados em diferentes rochas vulcânicas e plutônicas na região do Tapajós (Almeida et al. 1999; Lamarão et al. 1999; Santos et al. 2000), sugerindo senão a presença, pelo menos a influência de uma crosta antiga na evolução da região.

Apesar do crescimento considerável de dados geológicos e geocronológicos nos últimos anos, os quais permitiram um avanço no entendimento da evolução do Cráton Amazônico, algumas questões relativas às províncias geocronológicas ainda precisam ser melhor esclarecidas, como por exemplo: os limites pobremente definidos entre elas; a transição entre os domínios arqueano e paleoproterozóicos; as relações entre magmatismo, ambiente tectônico e evolução crustal nas diferentes províncias; as relações entre as mineralizações e o contexto tectônico das províncias; as idades dos eventos geradores de mineralizações; a contribuição relativa de processos de acreção ou de retrabalhamento na evolução das províncias; etc.



Províncias Geocronológicas

Cráton Amazônico

- Sunsás (1,25 - 1,0 Ga)
- Rondoniana-San Inácio (1,5 - 1,3 Ga)
- Rio Negro-Juruena (1,8 - 1,55 Ga)
- Ventuari-Tapajós (1,95 - 1,8 Ga)
- Maroni-Itacaiúnas (2,2 - 1,95 Ga)
- Amazônia Central (> 2,3 Ga)

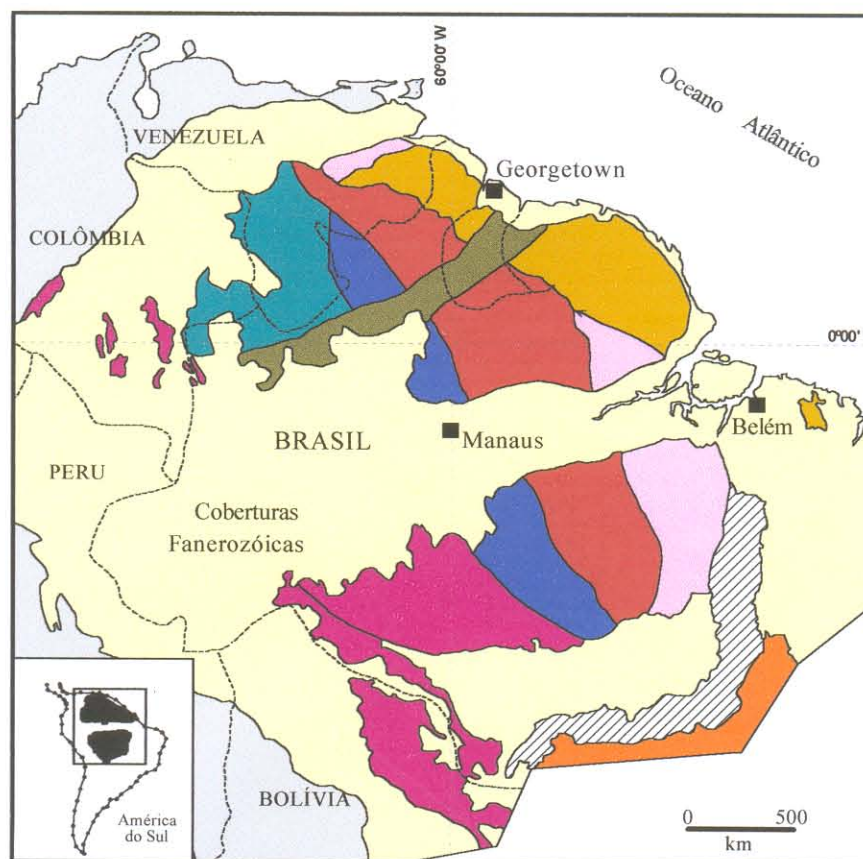
Outros Domínios

- Faixa Araguaia
- Província Aurífera do Tapajós

Grandes Conjuntos Litológicos

- Coberturas Fanerozoicas
- Granitóides
- Coberturas sed. Pré-cambrianas
- Vulcânicas Intermediárias - Ácidas
- Vulcanismo básico
- Greenstone Belts
- Complexos Granulíticos

Figura 1.2 - Províncias Geocronológicas do Cráton Amazônico (Tassinari & Macambira 1999, modificado)



Províncias Geocronológicas

Cráton Amazônico

- Sunsás (1,33 - 0,99 Ga)
- Rondônia-Juruena (1,76 - 1,47 Ga)
- Rio Negro (1,86 - 1,52 Ga)
- Amazônia Central (1,88 - 1,70 Ga)
- Tapajós-Parima (2,10 - 1,87 Ga)
- Transamazônica (2,25 - 2,00 Ga)
- Carajás-Imataca (3,10 - 2,53 Ga)

Outros Domínios

- Cinturão de cisalhamento K'Mudku
- Faixa Araguaia
- Cráton São Francisco

Figura 1.3 - Províncias geocronológicas do Cráton Amazônico (Santos et al. 2000, modificado)

1.3 – A PROVÍNCIA AURÍFERA DO TAPAJÓS

1.3.1 - Introdução

A Província Aurífera do Tapajós tem se destacado no cenário mineral brasileiro pela sua importância como grande região produtora de ouro. Desde o início de sua exploração, em 1958, até os dias atuais, o ouro produzido nesta região foi proveniente essencialmente da exploração de depósitos secundários. A partir da primeira metade da década de 90, com a exaustão da grande maioria das concentrações aluvionares e mudanças na política mineral brasileira, as empresas de mineração nacionais e estrangeiras começaram a direcionar suas pesquisas visando a descoberta de depósitos primários, preferencialmente de baixo teor e grande volume, economicamente exploráveis. Entretanto, a falta de estudos geológicos detalhados das principais unidades geológicas que compõem esta província, somadas às peculiaridades da região, dificultaram sobremaneira o andamento e aumentaram os custos dos trabalhos, levando muitas empresas a abandonar a região e comprometendo a continuidade das pesquisas.

Neste período a CPRM, através da integração de dados geológicos, geofísicos e metalogenéticos, lançou a Carta Metalogenética da Província Aurífera do Tapajós (Faraco et al. 1996) com as mais importantes concentrações secundárias de ouro, além de outras ocorrências minerais. Esta carta proporcionou uma visão mais abrangente das ocorrências de ouro na província, indicando áreas com potencial para a pesquisa de depósitos primários por parte das empresas privadas. As informações geológicas e metalogenéticas geradas nos últimos anos (Dreher et al. 1998; Klein et al. 1999; Lamarão et al. 1999; Coutinho et al. 2000; Santos et al. 2000; Vasquez et al. 2000) contribuíram para um avanço significativo no conhecimento da evolução desta província e nas relações entre minério e rocha hospedeira.

As mineralizações de ouro nesta região estão sendo relacionadas atualmente a duas épocas metalogenéticas (Coutinho et al. 1997; Santos et al. 2001; Klein et al. 2001). A primeira, com idades $> 1,96$ Ga e associada a rochas gnáissicas, supracrustais e granitóides tardi-orogênicos (Complexo Cuiú-Cuiú, Grupo Jacareacanga, Suíte Creporizão), é formada essencialmente por depósitos do tipo *lode* controlados por zonas de cisalhamentos e lineamentos regionais de direção NW-SE dominante. A segunda, com idades em torno de 1,89 Ga e provavelmente associada a suítes magmáticas pós-orogênicas, apresenta-se como *lodes*, brechas, *stockworks* e disseminações.

Recentemente foram identificados na região depósitos epitermais de idade paleoproterozóica, relacionados a seqüências vulcânicas e subvulcânicas (Jacobi 1999; Nunes et al. 2000; Juliani et al. 2000; Nunes 2001). Dall'Agnol et al. (em preparação) realizam, através do PADCT III, um estudo detalhado das mineralizações primárias no garimpo São Jorge, situado na região de Vila Riozinho. As mineralizações de sulfetos com ouro associado ocorrem em uma área intensamente fraturada e hidrotermalizada pertencente ao corpo granítico São Jorge *Jovem* (este estudo). Os trabalhos desenvolvidos constam de mapeamento geológico do corpo e da área mineralizada, petrografia do granito e das associações hidrotermais, minerografia e química mineral, suscetibilidade magnética (SM) e estudo dos minerais opacos (Figueiredo 1999), geocronologia, geoquímica e inclusões fluídas.

Os resultados obtidos nas recentes pesquisas têm fornecido informações importantes para o avanço do conhecimento geológico da região e das mineralizações associadas tanto a rochas granitóides quanto vulcânicas, abrindo novas perspectivas para a exploração mineral na Província Aurífera do Tapajós.

1.3.2 – Geologia e Geocronologia

A Figura 1.4 mostra o mapa geológico da Província Aurífera do Tapajós. Ela é constituída predominantemente por rochas plutônicas e vulcânicas do final do Paleoproterozóico, porém seu embasamento é ainda muito mal definido e não foi caracterizado em termos litogeoquímicos e geocronológicos de modo definitivo. O Complexo Cuiú-Cuiú, formado por rochas granitóides (quartzo-dioritos a tonalitos e granodioritos com monzogranitos subordinados) e gnáissicas, de granulação média a grossa, porfíriticas a equigranulares (Santos et al. 1997; Klein et al. 2001), possui as rochas mais antigas da região e é considerado o seu provável embasamento. Datação U-Pb realizada no Tonalito Conceição deste complexo (Santos et al. 2000) forneceu uma idade de 2011 ± 23 Ma (Tabela 1). O Grupo Jacareacanga, localizado na porção noroeste da província e considerado contemporâneo do Complexo Cuiú-Cuiú, é formado por seqüências supracrustais constituídas por xistos, filitos, metacherts, formações ferríferas bandadas e talco-xistos (Santos et al. 1997). Zircões detríticos de meta-turbiditos pertencentes a este grupo forneceram idades U-Pb em torno de 2,1 Ga (Tabela 1). Ambas unidades são interpretadas como relacionadas aos estágios iniciais de desenvolvimento de um arco magmático (Almeida et al. 1999).

As outras rochas plutônicas que compõem a Província Aurífera do Tapajós são agrupadas nas suítes Creporizão (Ricci et al. 1999), Parauari e Maloquinha (Andrade et al. 1978; Bizinella et al. 1980; Faraco et al. 1996, 1997; Vasquez et al. 1996, 1999), todas sem caracterizações geoquímicas definitivas. As duas primeiras apresentam afinidades cálcico-alcalinas (?) e formam extensos batólitos irregulares sem grande expressão topográfica. A Suíte Creporizão é formada por sienogranitos e monzogranitos, com granodioritos e tonalitos subordinados, por vezes fortemente milonitizados. Datações U-Pb e Pb-Pb em zircão (Klein & Vasquez 2000; Santos et al. 2000) forneceram idades entre 1957 ± 6 Ma e 1997 ± 3 Ma (Tabela 1). O Granito São Jorge *Antigo* (este estudo) é enquadrado, com base em dados petrográficos e geocronológicos, nesta suíte. A Suíte Parauari é constituída predominantemente por monzogranitos e granodioritos geralmente isentos de deformação e com idades Pb-Pb em zircão (Vasquez et al. 1999; Klein & Vasquez 2000) entre 1893 ± 2 Ma e 1883 ± 2 Ma. Fazem parte também desta suíte os granitos Cumaru, Rosa de Maio, Penedo e Tropas, com idades U-Pb e Pb-Pb em zircão (Brito et al. 1999; Santos et al. 2000) entre 1879 ± 11 Ma e 1898 ± 2 Ma (Tabela 1). O Granito São Jorge *Jovem* (este estudo) apresenta idades semelhantes, porém a falta de caracterização geoquímica dos demais granitóides mencionados não permite incluí-lo, por enquanto, na Suíte Parauari.

A Suíte Intrusiva Maloquinha, de afinidade subalcalina e com características de granitos do tipo-A, forma batólitos e *stocks* irregulares, localmente circulares a elípticos, os quais encontram-se comumente associados aos granitóides Creporizão, Parauari e às vulcânicas Iriri, sendo considerados a fase plutônica desse vulcanismo (Faraco et al. 1996). Predominam sienogranitos e álcali-feldspato granitos com idades U-Pb e Pb-Pb em zircão (Vasquez et al. 1999; Santos et al. 2000) entre 1870 ± 4 Ma e 1882 ± 4 Ma. Os granitos Carochal (Almeida et al. 1999) e Santa Rita (Santos et al. 2000) pertencem a esta suíte (Tabela 1).

As rochas vulcânicas possuem ampla distribuição areal e são enquadradas no Grupo Iriri do Supergrupo Uatumã (Santos 1984; Klein et al. 2000). São representadas por vulcânicas efusivas intermediárias a ácidas (andesitos basálticos, traquiandesitos basálticos, traquitos e riolitos) e explosivas ácidas (ignimbritos, tufos e brechas), de caráter ora alcalino ora cálcico-alcalino e com idades U-Pb e Pb-Pb em zircão (Dall'Agnol & Silva 1991; Dall'Agnol et al. 1999c; Lamarão et al. 1999; Moura et al. 1999; Santos et al. 1997, 2000; Vasquez et al. 1999) situadas entre 2,0 e 1,88 Ga (Tabela 1).

Outras unidades geológicas importantes estão representadas por rochas máficas e diversas coberturas sedimentares. Fazem parte do primeiro grupo: (1) Suíte Ingarana, constituída por leucogabros, augita-gabros, leuconoritos e hiperstênio-diabásios (Quadros et al. 1999); situa-se na região de Bom Jardim e contém várias mineralizações sulfetadas com ouro associado. Datações Pb-Pb em Zr forneceram para a mesma idade de 1887 ± 3 Ga (Klein & Vasquez 2000); (2) Diabásio Crepori, com idade K/Ar entre 1560 e 1690 Ma (Bizarella et al. 1980) e, (3) Suíte Intrusiva Cachoeira Seca, caracterizada por litotipos de natureza básica, ricos em olivina e intrusivos na Suíte Parauari e nos sedimentos do Grupo Palmares. Predominam olivina-gabros, gabros-noritos, troctolitos e olivina-diabásios (Quadros et al. 1999). Datações K/Ar forneceram para o mesmo idades de 1046 ± 50 Ma e 1072 ± 18 Ma (Pessoa et al. 1977).

As coberturas sedimentares (Santos et al. 1975; Geomitec 1977; Bizarella et al. 1980; Faraco et al. 1996, 1997) estão representadas pelos Grupos Beneficente/Palmares e Cubencranquem/Prosperança, além da Formação Prainha, todos do Mesoproterozóico. As Formações Jutuarana e Ipixuna, da Bacia do alto Tapajós, representam o Paleozóico, enquanto a Formação Alter do Chão, seqüência de topo da Bacia Amazônica, o Mesozóico. O Cenozóico está representado pelos siltitos, turfas e arenitos ferruginosos da Formação Içá e por argilas, areias e cascalhos aluvionares.

1.3.3 – Domínios Estruturais

Dois grandes domínios estruturais foram distinguidos na Província Aurífera do Tapajós (Klein & Vasquez 2000). Um domínio orogênico, que abrange a sua porção sudoeste e é afetado por tectônica compressiva/transpressiva, e um domínio pós-tectônico a anorogênico predominantemente extensional situado a nordeste. No primeiro, estão expostas as rochas mais antigas (Complexo Cuiú-Cuiú e Grupo Jacareacanga) e os granitóides sin a tardi-tectônicos da Suíte Creporizão, alinhados segundo o *trend* NW-SE regional. No segundo, ocorrem os granitóides (suítes Parauari e Maloquinha) e as rochas vulcânicas (Grupo Iriri) comparativamente mais novos. O granito São Jorge *Antigo* (este estudo) apresenta idade semelhante à da Suíte Creporizão, porém está localizado no domínio pós-tectônico a anorogênico, constituindo-se em uma exceção a essa subdivisão (Figura 1.4).

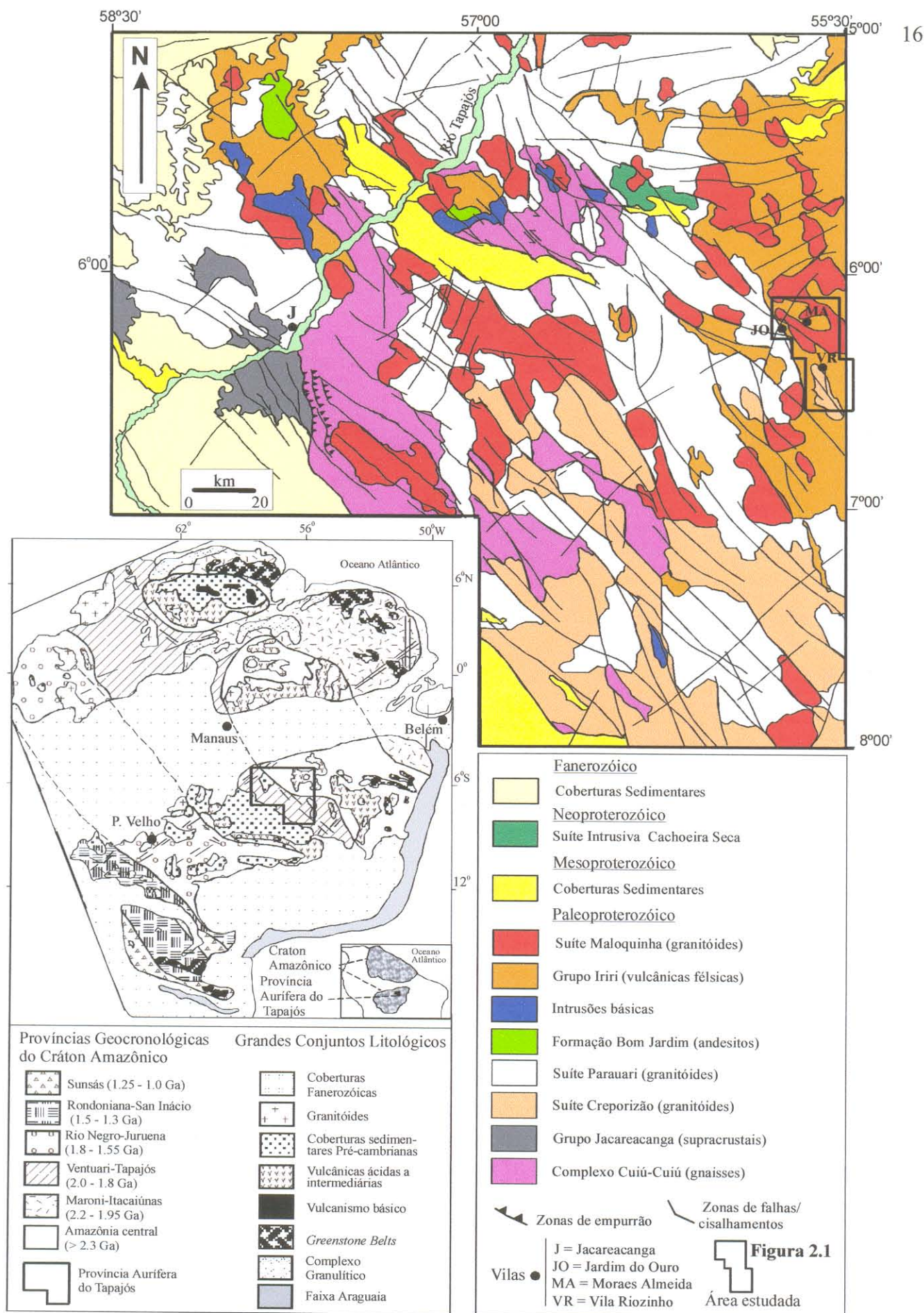


Figura 1.4 - Mapa geológico da Província Aurífera do Tapajós com a localização da área estudada. (modificado de Klein et al. 2001).

Tabela 1 - Dados Geocronológicos de Granitóides e Sequências Vulcânicas Paleoproterozóicas do Tapajós e outras regiões do Cráton Amazônico

Unidades Geológicas	Tipos de Rochas	Idades	Metodologia	Referências
REGIÃO DO TAPAJÓS				
Complexo Cuiú-Cuiú	Tonalito	2011±23 Ma	U-Pb	Santos et al. (2000)
Suíte Jacareacanga	Metaturbidito	~ 2,1 Ga	U-Pb ZrDt	Santos et al. (2000)
Suíte Creporizão	Granito	1957±6 Ma	U-Pb	Santos et al. (2000)
Suíte Creporizão	Granito	1968±16 Ma	Pb-Pb Zr	Klein & Vasquez (2000)
Suíte Creporizão	Granito	1997±3 Ma	Pb-Pb Zr	Klein & Vasquez (2000)
Suíte Creporizão	Granito	1984±1 Ma	Pb-Pb Zr	Klein & Vasquez (2000)
Suíte Parauari	Granito	1893±2 Ma	Pb-Pb Zr	Vasquez et al. (1999)
Granito Cumaru	Monzogranito	1883±8 Ma	Pb-Pb Zr	Brito et al. (1999)
Suíte Parauari	Granito	1883±2 Ma	Pb-Pb Zr	Klein & Vasquez (2000)
Granito Rosa de Maio	Monzogranito	1879±11 Ma	U-Pb	Santos et al. (2000)
Granito Tropas	Granodiorito	1898±2 Ma	U-Pb	Santos et al. (2000)
Granito Tropas	Granodiorito	2010 Ma	U-Pb ZrH	Santos et al. (2000)
Granito Penedo	Granito	1883±4 Ma	U-Pb	Santos et al. (2000)
Suíte Maloquinha	Sienogranito	1882±4 Ma	Pb-Pb Zr	Vasquez et al. (1999)
Suíte Maloquinha	Granito	1872±4 Ma	U-Pb	Santos et al. (2000)
Granito Caróçal	Granito	~ 1.87 Ga	Pb-Pb Zr	Almeida et al. (1999)
Granito Caróçal	Granito	2656±6 Ma	Pb-Pb ZrH	Almeida et al. (1999)
Granito Santa Rita	Monzogranito	2459±11 Ma	U-Pb ZrH	Santos et al. (2000)
Suíte Maloquinha	Granito	1870±4 Ma	Shrimp	Santos et al. (2000)
Suíte Maloquinha	Granito	2680±18 Ma	Shrimp ZrH	Santos et al. (2000)
Grupo Iriri	Riolito	1888±2 Ma	Pb-Pb Zr	Dall'Agnol et al. (1999c)
Grupo Iriri	Riodacito	1888±2 Ma	Pb-Pb Zr	Vasquez et al. (1999)
Grupo Iriri	Riolito	1888±6 Ma	Pb-Pb Zr	Moura et al. (1999)
Suíte Crepori	Diabásio	1611±42 Ma	Rb/Sr	Pessoa et al. (1977)
Suíte Crepori	Diabásio	1560 a 1690 Ma	K/Ar	Bizinella et al. (1980)
Suíte Cachoeira Seca	troctolito	1046±50 a 1072±18 Ma	K/Ar	Pessoa et al. (1977)
Suíte Ingarana	Gabro	1887±3 Ma	Pb-Pb Zr	Klein & Vasquez (2000)
REGIÃO DE RORAIMA (Granitos e sequências vulcânicas cálcico-alcalinas)				
Suíte Granítica Pedra Pintada	Monzogranito	2005±45 Ma	Pb-Pb Zr	Almeida et al. (1997)
Suíte Granítica Água Branca	Monzogranito	1960±21 Ma	Pb-Pb Zr	Almeida et al. (1997)
Suíte Granítica Água Branca	Monzogranito	1938±37 Ma	Pb-Pb Zr	Almeida et al. (1997)
Grupo Surumu	Andesito	1966±9 Ma	U-Pb Zr	Schobbenhaus et al (1994)
Grupo Surumu	Andesito	2006±4 Ma	Pb-Pb Zr	Costa (1999)
REGIÃO DE PITINGA (Granitos e sequências vulcânicas do tipo-A)				
Granito Madeira	Granito	1834±6 Ma	U-Pb Zr	Fuck et al. (1993)
Granito Madeira	Hb-Bt Granito	1824±2 Ma	Pb-Pb Zr	Costi et al. (2000)
Granito Madeira	Bt sienogranito	1822±2 Ma	Pb-Pb Zr	Costi et al. (2000)
Grupo Iricoumé	Riodacito	1962±42 Ma	U-Pb Zr	Schobbenhaus et al (1994)
Grupo Iricoumé	Riolito	1888±3 Ma	Pb-Pb Zr	Costi et al. (2000)
REGIÃO DE CARAJÁS (Granitos e sequências vulcânicas do tipo-A)				
Granito Serra dos Carajás	Granito	1880±2 Ma	U-Pb Zr	Machado et al. (1991)
Granito Cigano	Granito	1883±2 Ma	U-Pb Zr	Machado et al. (1991)
Granito Pojuca	Granito	1874±2 Ma	U-Pb Zr	Machado et al. (1991)
Granito Musa	Granito	1883±5 Ma	U-Pb Zr	Machado et al. (1991)
Granito Velho Guilherme	Granito	1873±13 Ma	Pb-Pb Rt	Rodrigues et al. (1992)
Granito Redenção	Granito	1870±68 Ma	Pb-Pb Rt	Barbosa et al. (1995)
Granito Antonio Vicente	Granito	1867±4 Ma	Pb-Pb Zr	Teixeira et al. (1998)
Granito Jamon	Granito	1885±32 Ma	Pb-Pb Zr	Dall'Agnol et al. (1999b)
Supergrupo Uatumbã	Andesito+Riolito	1875±79 Ma	Pb-Pb Rt	Teixeira et al. (1998)
REGIÃO DE MATO GROSSO (Granitos e sequências vulcânicas cálcico-alcalinas)				
Granito Matupá	Granito	1872±12 Ma	Pb-Pb Zr	Moura (1998)
Vulcânicas Moreru	Ignimbritos	~1.8 Ga	U-Pb (Zr ?)	Pinho et al. (2000)
ZrH = Zircão herdado	Rt = Rocha total	ZrDt = Zircão detrítico	Hb = hornblenda	Bt = Biotita

1.4 – MAGMATISMO PALEOPROTEROZÓICO NAS PROVÍNCIAS MARONI, AMAZÔNIA CENTRAL, CARAJÁS E TAPAJÓS

1.4.1 – Magmatismo Granítico da Província Maroni ou Norte das Guianas

Na Província Maroni ou norte das Guianas, o magmatismo granítico paleoproterozóico está representado por rochas formadas durante a orogenia Transamazônica, com idades em torno de 2100 ± 100 Ma. No Suriname, Bosma et al. (1983) reconheceram granitos de nível profundo e granitos de nível raso. Os primeiros, apresentam geralmente aspecto migmatítico e assimilação de enclaves metassedimentares, sendo representados por biotita-granitos, muscovita-granitos e piroxênio-granitos com idades Rb/Sr em torno de 1,92 Ga. Os últimos são formados por biotita-granitos, leucogranitos e alaskitos associados ou cortando rochas metavulcânicas intermediárias a ácidas da Formação Dalbama, correlacionável às vulcânicas do Grupo Iiriri.

Na Guiana Francesa, as rochas mais antigas são representadas por trondhjemitos com idades Pb-Pb em zircão de 2216 ± 4 Ma. Tonalitos e biotita-granitos do Complexo Guiana Central apresentam afinidade cálcico-alcalina, médio a alto-K e idades Pb-Pb em zircão entre 2144 ± 6 Ma e 2093 ± 8 Ma, interpretadas como idades de cristalização. Além desses, existem ainda plutons de leucogranitos peraluminosos alojados ao longo de zonas de cisalhamento com idade Pb-Pb em zircão de 2083 ± 8 Ma (Vanderhaeghe et al. 1998).

Na Venezuela, o magmatismo granítico paleoproterozóico está representado pelas rochas granodioríticas, trondhjemiticas e quartzo-monzoníticas do Complexo Supamo, com idades entre 2,1 e 2,0 Ga, e pelos granitóides do Grupo Cuchivero, datado entre 1,93 e 1,79 Ga (Sidder & Mendoza 1991).

1.4.2 – Magmatismo Granítico Cálcico-Alcalino das Províncias Amazônia Central e Tapajós

Granitos com tendência cálcico-alcalina, metaluminosos a fracamente peraluminosos, formando uma série expandida onde predominam os termos granodioríticos a monzograníticos, com tonalitos, monzodioritos, quartzo-monzonitos e monzonitos subordinados são comuns em ambas as províncias. Apresentam-se geralmente como extensos batólitos irregulares, deformados ou não, com contatos pouco claros com suas rochas encaixantes, aflorando, de um modo geral, em extensas áreas peneplanizadas sem grandes destaques no relevo. Mostram granulação média a fina, localmente grossa, e coloração cinza-esbranquiçada a cinza-rosada. Enclaves máficos

subarredondados podem estar presentes. São constituídos essencialmente por quartzo, plagioclásio e álcali feldspato, com anfibólio e biotita como principais minerais ferromagnesianos. Titanita, zircão, apatita e opacos são os acessórios primários mais comuns.

No Escudo Brasil Central, nas regiões do Tapajós e Xingu, são denominados de Complexo Cuiú-Cuiú e Suítes Creporizão (Ricci et al. 1999) e Parauari (Bizarella et al. 1980; Macambira et al. 1992). O primeiro, contém as rochas cálcico-alcálicas mais antigas encontradas nesta região, com idades em torno de 2,1 Ga (Tabela 1). A Suíte Creporizão, formada geralmente por granitóides deformados, possui idades U-Pb e Pb-Pb em zircão entre 1,96 e 2,0 Ga (Tabela 1), enquanto a Suíte Parauari, geralmente isenta de deformação, acusou idades Rb/Sr de 1902 ± 39 Ma em monzogranitos da região do Xingu (Macambira et al. 1992) e Pb-Pb em zircão entre 1,88 e 1,89 Ga em monzogranitos da Província Tapajós (Tabela 1). Além destes, foram descritos anteriormente o Granodiorito Jamanxim (Pessoa et al. 1977) no Tapajós, termo este que foi abandonado em trabalhos recentes (Almeida et al. 1999; Klein & Vasquez 2000), e o Granito Juruena (Silva et al. 1974) no norte de Mato Grosso, ambos situados nos domínios das províncias Ventuari-Tapajós ou Tapajós-Parima.

No nordeste de Mato Grosso, em possível extensão da Província Tapajós-Parima (Santos et al. 2000), Moura (1998) estudou o Granito Matupá, um corpo cálcico-alcálico fortemente hidrotermalizado e mineralizado em ouro em sua porção central, com idade Pb-Pb em zircão de 1872 ± 12 Ma e correlacionável aos granitóides Parauari.

No Escudo das Guianas, granitóides Paleoproterozóicos cálcico-alcálicos estão representados pelos granitos Água Branca (Araújo Neto & Moreira 1976; Veiga Jr. et al. 1979; Jorge João et al. 1985; Dall'Agnol et al. 1992), do noroeste do Estado do Pará, e a Suíte Intrusiva Pedra Pintada (Fraga et al. 1996; 1997; Almeida et al. 1997), situada no nordeste do Estado de Roraima. Oliveira et al. (1996a) propuseram o termo Suíte Intrusiva Água Branca para englobar os granitóides tipo Água Branca após concluírem, através de mapeamento geológico e estudos petroquímicos, a sua extensão até o sudeste do Estado de Roraima e nordeste do Estado do Amazonas. Granitóides da Suíte Água Branca apresentaram idades Pb-Pb em zircão de 1960 ± 21 Ma e 1938 ± 37 Ma e aqueles da Suíte Pedra Pintada de 2005 ± 45 Ma (Almeida et al. 1997) (Tabela 1).

1.4.3 – Magmatismo Granítico do tipo-A

Granitos paleoproterozóicos similares aos granitos do tipo-A (Loiselle & Wones 1979; Whalen et al. 1987; Anderson & Bender 1989) estão amplamente distribuídos nas províncias Amazônia Central, Carajás e Tapajós. São representados predominantemente por sienogranitos e monzogranitos, com álcali-feldspato-granitos subordinados, além de tipos alaskíticos e granófiros. São pobres em minerais máficos, possuem natureza subalcalina a alcalina e composição metaluminosa a peraluminosa, raramente peralcalina. Afloram sob a forma de batólitos ou *stocks* elípticos a irregulares ou, localmente, circulares e geralmente se destacam na topografia. Apresentam granulação média dominante, coloração rosa-avermelhada e são constituídos essencialmente por quartzo, álcali-feldspato e plagioclásio. A biotita é o principal ferromagnésiano, enquanto o anfibólio ocorre subordinadamente.

De acordo com Dall'Agnol et al. (1999a), a grande maioria dos granitos do tipo-A proterozóicos pertence à série dos granitos rapakivi e mostra evidências de ter cristalizado em ambiente redutor. Entretanto, alguns corpos graníticos possuem características claras de terem sido gerados em ambientes relativamente oxidantes, com a magnetita apresentando-se como importante fase acessória. Os granitos Jamon, Musa e Redenção são exemplos típicos de granitos do tipo-A oxidados.

1.4.3.1 – Província Carajás

Os granitos do tipo-A da Província Carajás possuem idades em torno de 1,88 Ga e são intrusivos nas rochas arqueanas do Terreno Granito-*greenstone* de Rio Maria e nas sequências da Bacia de Carajás, a qual é formada predominantemente por metavulcânicas, formações ferríferas bandadas e granitóides. Foram agrupados em três principais suítes (Dall'Agnol et al. 1999a, 2001): (a) Suíte Granítica Serra dos Carajás, formada pelos granitos Serra dos Carajás, Cigano e Pojuca; (b) Suíte Granítica Jamon, constituída pelos granitos Jamon, Musa, Seringa e Redenção e, (c) Suíte Granítica Velho Guilherme, composta pelos granitos Velho Guilherme, Rio Xingu, Mocambo e Antonio Vicente (Teixeira 1999). Apesar de possuírem idades semelhantes e caráter metaluminoso a peraluminoso, diferem quanto ao comportamento magnético e mineralização associada. A Suíte Jamon possui os valores de suscetibilidade magnética (SM) mais elevados e pequenos depósitos de wolframita, enquanto a Suíte Velho Guilherme os menores valores de SM e importantes depósitos de cassiterita. A Suíte Serra dos Carajás apresenta valores de SM

intermediários e ocorrências significativas de sulfetos de cobre e molibdênio (Dall'Agnol et al. 1999a; Dall'Agnol et al. 2001).

Análises Sm-Nd sugerem que essas suítes originaram-se a partir da fusão parcial de uma crosta arqueana (Dall'Agnol et al. 1999c; Teixeira 1999), com rochas de composição quartzo-dioríticas sendo a provável fonte dos plutons Jamon e Musa (Dall'Agnol et al. 1999d). Rochas fontes mais ricas em álcali-feldspatos teriam originado as Suítes Velho Guilherme e Serra dos Carajás (Dall'Agnol et al. 2001).

1.4.3.2 – Província Amazônia Central

Os granitos do tipo-A estão representados pela Suíte Mapuera (Oliveira et al. 1975), situada no noroeste do estado do Pará e extremo nordeste do Estado do Amazonas, pelo Granito Saracura (Ramgrab et al. 1971), posteriormente denominado de Suíte Intrusiva Saracura (Fraga & Haddad 1999), localizado no nordeste do Estado de Roraima e pelos corpos graníticos da região de Pitinga, do nordeste do Estado do Amazonas.

A Suíte Mapuera é constituída predominantemente por álcali-feldspato granitos, com monzogranitos subordinados. Fazem parte da mesma os granitos Serra do Acari, com idade Rb/Sr de 1750 ± 30 Ma (Jorge João et al. 1985) e Moderna, com idade Pb-Pb em zircão de 1814 ± 27 Ma (Santos et al. 1997).

A Suíte Saracura é intrusiva nas rochas vulcânicas do Grupo Surumu e nos granitóides cálcico-alcalinos da Suíte Pedra Pintada. Forma corpos lenticulares e alongados na direção E-W e WNW-ESE e é constituída por sienogranitos a monzogranitos leucocráticos e álcali-feldspato-granitos a sienogranitos hololeucocráticos com idade de 1,81 Ga (Fraga & Haddad 1999).

Na região de Pitinga, uma das principais províncias estaníferas do Cráton Amazônico, os granitos do tipo-A estão representados pelos plutons Madeira, Água Boa, Europa, Simão e Bom Futuro, os quais cortam as rochas vulcânicas ácidas do Grupo Iricoumé (Horbe et al. 1991) com idade Pb-Pb em zircão de 1888 ± 3 Ma (Costi et al. 2000). Costi et al. (2000) incluíram os três primeiros corpos mencionados na Suíte Madeira e realizaram datações nos granitos Europa e Madeira, obtendo idades Pb-Pb em zircão de 1829 ± 1 para o primeiro e de cerca de 1,82 Ga para as quatro fácies que compõem o segundo.

1.4.3.3 – Província Tapajós

Na região do Tapajós, a Suíte Intrusiva Maloquinha é a principal representante desse magmatismo tipo-A, muito embora em alguns diagramas geoquímicos essa afinidade não seja tão evidente (ver Capítulos 4). Possui grande extensão areal e é intrusiva no Complexo Cuiú-Cuiú, nos granitóides das suítes Creporizão e Parauari e nas vulcânicas do Grupo Iriri (Santos 1982; Faraco et al. 1996; Santos et al. 1997). Datações Pb-Pb (Vasquez et al. 1999) e U-Pb (Santos et al. 2000) em zircão forneceram idades, respectivamente, de 1882 ± 4 Ma e 1872 ± 4 Ma (Tabela 1). Idades arqueanas, interpretadas como herdadas, também foram obtidas através da metodologia SHRIMP (Santos et al. 2000) em rochas desta suíte (Tabela 1). A Suíte Intrusiva Maloquinha foi afetada predominantemente por deformação rúptil, a qual produziu uma série de falhas e fraturas, por vezes preenchidas por veios de quartzo, aplitos ou microgranitos (Klein et al. 1997).

Os granitos Caroyal e Santa Rita possuem feições de campo, características petrográficas e idades semelhantes às da Suíte Maloquinha, sendo incluídos nesta Suíte (Santos et al. 2000). Entretanto, o primeiro apresenta afinidade cálcico-alcalina alto-K, empobrecimento relativo de Nb, Ta e Y, padrão fracionado dos elementos terras raras (ETR) com um leve enriquecimento em elementos terras raras pesados (ETRP) e anomalias negativas de Eu moderadas (Almeida et al. 1999), contrastando com as rochas da Suíte Intrusiva Maloquinha (ver Capítulo 4), e o segundo ainda não possui caracterização geoquímica. Idades arqueanas obtidas em zircões provenientes desses dois corpos graníticos foram interpretadas como herdadas e refletem a participação de uma crosta continental antiga na evolução desta província (Almeida et al. 1999; Santos et al. 2000).

1.4.4 – Vulcanismo Uatumã

Rochas vulcânicas intermediárias a ácidas de caráter efusivo e/ou piroclástico encontram-se amplamente distribuídas em todo o Cráton Amazônico, sendo, entretanto, mais comuns nas Províncias Amazônia Central e Ventuari-Tapajós ou Tapajós-Parima. São representadas por andesitos, dacitos, riódacitos, riolitos, latitos, quartzo-latitos, traquitos e quartzo-traquitos de afinidade cálcico-alcalina ou subordinadamente alcalina. Todo esse extenso vulcanismo é enquadrado de modo genérico no Supergrupo Uatumã (Santos et al. 1975; Bizinella et al. 1980; Santos 1984; Faraco et al. 1996; Reis & Fraga 1996) e recebe, de acordo com o local de ocorrência, denominações diferentes. Nas regiões do Tapajós e Xingu pertencem ao Grupo Iriri (Santos et al. 1975); no norte de Manaus (região de Pitnga) e Roraima formam, respectivamente,

os Grupos Iricoumé (Oliveira et al. 1975) e Surumu (Montalvão et al. 1975). O magmatismo Uatumã é correlacionável às vulcânicas Dalbana (Suriname), Caiçara (Venezuela) e Iwokrama (Guiana) (Gibbs & Barron 1983). Tal fato, somado à escassez de estudos geocronológicos e geoquímicos detalhados dessas rochas, tem levado muitos autores a admitir a existência de um único evento vulcânico Uatumã geoquímica e temporalmente semelhante em todo o Cráton Amazônico (Santos 1984).

Santos (1982) reconheceu três grandes grupos de rochas granitóides no Cráton Amazônico. Os granitos pré-Uatumã, os granitos associados ao vulcanismo Uatumã e aqueles pós-Uatumã. O primeiro, representado pela Suíte Água Branca e correlatas, apresenta afinidade cálcico-alcalina, enquanto os dois últimos, correspondendo respectivamente às suítes Mapuera e Abonari e seus correlatos, assemelham-se aos granitos do tipo-A. Conforme destacado por Dall'Agnol et al. (1987), é pouco provável que rochas vulcânicas andesíticas e dacíticas cálcico-alcalinas estejam geneticamente relacionadas a granitos tipicamente anorogênicos, geralmente alcalinos e sem tipos intermediários associados. A associação espacial entre vulcânicas e granitos não pode ser vista como evidência conclusiva de uma relação genética entre ambas (Dall'Agnol et al. 1994).

As vulcânicas Uatumã incluem não apenas rochas cálcico-alcalinas, mas também rochas com tendências subalcalina a alcalina associadas a granitóides de afinidades tanto alcalina quanto cálcico-alcalina, o que torna os critérios de distribuição geográfica insuficientes para confirmar ou negar uma possível ligação genética entre granitóides e vulcânicas. É necessário, portanto, que essas associações sejam situadas com rigor no espaço e no tempo e caracterizadas geoquimicamente.

Dall'Agnol et al. (1999a) admitem que o Supergrupo Uatumã é heterogêneo e inclui, pelo menos, dois tipos de séries vulcânicas, as quais não são comagmáticas e, provavelmente, tampouco contemporâneas. Dados recentes comprovam a existência de rochas vulcânicas composicionalmente diferentes e com idades comprovadamente contrastantes (Tabela 1). Na região de Pitinga, riocitos do Grupo Iricoumé forneceram idade U-Pb em zircão de 1,96 Ga (Schobbenhaus et al. 1994) e Pb-Pb em zircão de 1,88 Ga (Costi et al. 2000). No norte do Estado de Roraima, andesitos do Grupo Surumu foram datados em 1,96 e 2,0 Ga (Schobbenhaus et al. 1994; Costa 1999, respectivamente). Na região do Tapajós, ignimbritos e riolitos do Grupo Iriri tiveram suas idades confirmadas por Pb-Pb em zircão em 1,88-1,89 Ga (Dall'Agnol et al. 1999b;

Lamarão et al. 1999; Moura et al. 1999; Vasquez et al. 1999), enquanto traquitos da região de Vila Riozinho forneceram idade Pb-Pb em zircão (Lamarão et al. 1999) em torno de 2,0 Ga. Finalmente, na região do Xingu, andesitos e riolitos do Grupo Iriri forneceram idade Pb-Pb em rocha total de 1,87 Ga (Teixeira et al. 1998).

As diferentes idades e assinaturas geoquímicas encontradas em rochas vulcânicas incluídas indistintamente no Supergrupo Uatumã mostram que é necessário uma revisão na sua definição e estratigrafia, conforme sugerido por Dall'Agnol et al. (1994; 1999a b), Lamarão et al. (1999) e Reis et al. (2000). Esta questão será aprofundada ao longo do presente trabalho com base nos dados obtidos na Província Tapajós.

1.5 - PROBLEMÁTICA

1.5.1 – Apresentação dos Problemas

Apesar de sua importância econômica, a Província Aurífera do Tapajós é ainda geologicamente pouco conhecida. O aumento na década de 90 da atividade das empresas de mineração tornou evidente a escassez de conhecimento das rochas hospedeiras da mineralização. Este fato demonstrou que questões importantes ainda continuam sem respostas definitivas, como por exemplo:

- 1 – As associações magmáticas proterozóicas ainda carecem uma melhor delimitação, pois os mapeamentos existentes são em escala regional, não permitindo a determinação correta das dimensões dos corpos, de suas variações faciológicas e das relações estratigráficas com outras unidades;
- 2 – Não se dispõe de uma caracterização petrográfica e geoquímica detalhada dessas associações e há muito pouca informação disponível sobre a química mineral das rochas que as constituem;
- 3 – Apesar do número considerável de datações obtidas nos últimos anos, várias unidades e muitos corpos granitóides continuam sem idades definidas. Mais limitados ainda, são os dados de Sm-Nd, importantes para a definição dos protólitos geradores desse extenso magmatismo e a idade de formação da crosta da província;
- 4 – Há a necessidade de uma melhor definição das tipologias de granitóides e das séries magmáticas para entender as relações existentes entre as mesmas e as mineralizações, definindo assim, o seu potencial metalogenético. A falta de uma clara distinção entre os

diferentes tipos de granitos nas áreas mineralizadas dificulta ainda mais a avaliação deste potencial;

- 5 – As limitações dos dados disponíveis acarretam imprecisões na definição das suítes magmáticas, que são agravadas pelas correlações, inclusive com rochas de outras regiões do Cráton Amazônico;
- 6 – A carência de dados faz com que as fácies mais evoluídas (monzo a sienograníticas) dos granitos cálcico-alcalinos e alcalinos sejam confundidas em mapeamentos geológicos, sobretudo de escala regional, gerando sérios problemas para a cartografia geológica da região;
- 7 – São muito escassas as informações sobre as condições de cristalização (T , P , fO_2) dos magmas geradores das associações proterozóicas da Província Aurífera do Tapajós.
- 8 – As rochas vulcânicas do Grupo Iriri são englobadas de modo genérico no Supergrupo Uatumã, de modo análogo ao que ocorre com rochas vulcânicas de outras regiões (Grupos Iricoumé e Surumu do Escudo das Guianas), sugerindo a existência de um único evento vulcânico na província e em todo o Cráton Amazônico. Há, no entanto, evidências geocronológicas e petrológicas de que este quadro é muito simplista, devendo ser reavaliado;
- 9 – O limite entre as províncias geocronológicas Tapajós e Amazônia Central ainda não se encontra definido com precisão.

1.5.2 – Objetivos

Considerando-se a problemática existente, o estudo detalhado em uma área representativa das principais associações magmáticas proterozóicas que formam a Província Aurífera do Tapajós corresponderia a um passo inicial muito relevante para uma melhor compreensão dos eventos magmáticos presentes na mesma, de suas relações com as mineralizações e das correlações com unidades geológicas regionais, bem como de seu significado na evolução do Cráton Amazônico.

A região de Vila Riozinho, escolhida para a realização deste trabalho, engloba diversas unidades magmáticas proterozóicas presentes na Província Aurífera do Tapajós. Buscou-se caracterizar essas unidades em termos geológicos, petrográficos, mineraloquímicos, geoquímicos e geocronológicos. Maior ênfase foi dada ao corpo São Jorge, um pluton de afinidade cálcico-alcalina com mineralização de sulfetos e ouro associado, tendo em vista suas melhores

exposições, a maior facilidade de amostragem, o acesso a testemunhos de sondagem em área mineralizada e as amostras de superfície de locais de difícil acesso, coletadas pela Empresa RTDM (Rio Tinto Desenvolvimento Minerais LTDA).

Os objetivos específicos desta pesquisa foram os seguintes:

- 1- Mapeamento geológico da região de Vila Riozinho na escala 1:100.000;
- 2- Definição das diferentes unidades magmáticas aí presentes, determinação de suas idades, relações de campo e posicionamentos estratigráficos;
- 3- Realização do estudo petrográfico detalhado e determinação das composições das principais fases minerais (principalmente anfíbios, biotitas e plagioclásios) dessas mesmas associações;
- 4- Caracterização de sua geoquímica e definição das tipologias e séries magmáticas;
- 5- Estimativa das condições de cristalização (temperatura, pressão, fugacidade de oxigênio) dos magmas geradores dessas associações;
- 6- Proposição de um modelo de evolução geológica para a região;
- 7- Estudo comparativo com corpos granitóides e associações vulcânicas paleoproterozóicas do Cráton Amazônico.

1.5.3 – Metodologia de Trabalho

1.5.3.1 – Mapeamento Geológico e Amostragem

No mapeamento geológico foram utilizadas as técnicas clássicas, envolvendo levantamentos de campo e amostragem sistemática de rochas representativas das principais unidades. As rodovias Cuiabá-Santarém (BR-163) e Transgarimpeira serviram como principais eixos de deslocamentos, permitindo o acesso a estradas secundárias e fazendas, quando existentes. Os rios Jamanxim, Novo e Riozinho das Arraias, em certos trechos, além de alguns igarapés e pequenos córregos, também foram percorridos para complementação do mapeamento e amostragem. Foram utilizadas imagens de satélite da área na escala 1:100.000, carta-imagem da região na escala 1:250.000 (Folha SB.21-Z-A, Vila Riozinho), mapas aerogeofísicos de magnetometria e radiometria (elaborados pelo geólogo Arminio Vale, da CPRM-Belém), bem como a carta metalogenética da PAT (Faraco et al. 1996, 1997) e, recentemente, o mapa geológico da Província Aurífera do Tapajós (Klein & Vasquez 2000), para apoiar e complementar os dados de campo.

Nas três etapas de campo realizadas, utilizou-se um GPS (*Global Position System*) com precisão de aproximadamente 20 m para a localização dos pontos amostrados. A primeira, no período de 18 a 30 de agosto de 1996, constou de uma avaliação da geologia regional, definição da área a ser pesquisada, início do mapeamento e amostragem preliminar de superfície das diferentes unidades geológicas. Nesta ocasião, foram coletadas diversas amostras para estudos geocronológicos (aproximadamente 30 kg p/ amostra). Na zona mineralizada do corpo granítico São Jorge foram amostrados cinco furos de sondagem, desde o menos alterado (Furo-9) até o mais intensamente hidrotermalizado (Furo-6). A amostragem dos furos de sondagem destinou-se também ao estudo das mineralizações (projeto PADCT III), o qual foi realizado paralelamente pela equipe do GPPG (Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides) e encontra-se em fase de conclusão. Fora desta zona, a amostragem buscou caracterizar as diferentes fácies do corpo granítico e sua distribuição areal.

A segunda campanha de campo foi realizada no período de 9 a 27 de novembro de 1996. Esta etapa contou, em sua primeira semana, com a colaboração do Prof. Evandro Fernandes Lima da UFRGS, que auxiliou particularmente no estudo da seqüência vulcânica dos arredores de Moraes Almeida e orientou a coleta de amostras de riolitos para posterior datação. Nesta mesma etapa, as porções norte e sul da área foram mapeadas e amostradas sistematicamente.

A terceira etapa deu-se no período de 26 de outubro a 06 novembro de 1998, tendo dela participado, além do autor, os geólogos Marcelo L. Vasquez (CPRM-Belém) e Marco Aurélio B. M. Figueiredo (na época mestrando do CPPG-UFGA). Constou do mapeamento e amostragem de toda a porção oeste da área, desde a localidade de Jardim do Ouro até o setor sul do Granito São Jorge, ao longo do rio Jamanxim, e de um pequeno trecho do rio Novo. Durante este perfil, foram coletadas amostras de rochas vulcânicas para datação e comparação com as idades obtidas em traquitos de Vila Riozinho. Esta campanha serviu também para complementar a amostragem e checar alguns pontos anteriormente visitados, bem como para estudo de novos afloramentos ao longo da BR-163.

Durante as etapas de mapeamento, procurou-se sempre observar possíveis relações de contato entre as diferentes unidades, buscando-se evidências (presença de xenólitos, bordas de resfriamento, etc) que pudessem estabelecer uma seqüência de colocação para as mesmas. Entretanto, a ausência de boas exposições em zonas de contato, devida em parte à espessa

cobertura vegetal existente, impossibilitou tais observações, o que fez com que fosse utilizada a geocronologia de modo mais intenso para a definição da estratigrafia da região.

As duas primeiras etapas de campo contaram com o apoio e a infra-estrutura da Empresa RTDM. A terceira foi realizada em conjunto com a CPRM-Belém.

1.5.3.2 – Petrografia

A partir do exame macroscópico das amostras coletadas, selecionou-se aquelas para laminação e microscopia. Foram confeccionadas 170 lâminas delgadas para a caracterização das diferentes associações magmáticas e suas variações faciológicas. O estudo microscópico constou de:

- (1) Identificação dos minerais através de suas propriedades óticas (Kerr 1959; Heinrich 1965; Deer et al. 1992) e descrição sistemática das diferentes amostras;
- (2) Estudo das relações texturais e dos processos de alteração;
- (3) Estimativa da ordem de cristalização dos minerais nas diferentes fácies dos granitos São Jorge, Jardim do Ouro e Maloquinha. Neste caso, foram consideradas principalmente as relações texturais, a presença de inclusões e as variações de composição do plagioclásio e do anfibólio obtidas por microsonda eletrônica (conforme Dall'Agnol 1982; Hibbard 1995);
- (4) Definição das condições de formação dos granitos (hipersolvus ou subsolvus; Tuttle & Bowen 1958) e estimativa preliminar da evolução dos magmas em condições oxidantes ou redutoras (Wones 1989; Magalhães 1991; Dall'Agnol et al. 1997b, 1999c; Figueiredo 1999);
- (5) Obtenção de composições modais (Chayes 1956; Hutchison 1974) através de um contador automático de pontos (1700 a 1800 pontos por amostra) e classificação das rochas adotando-se a nomenclatura das rochas ígneas conforme estabelecida pela IUGS - *International Union of Geoscientists* (Le Maitre et al. 1989). Avaliação preliminar quanto às possíveis séries magmáticas plutônicas (Lameyre & Bowden 1982);
- (6) Selecionamento de minerais e seções para análises de microsonda eletrônica;
- (7) Selecionamento de amostras para análises químicas.

1.5.3.3 – Geocronologia Pb-Pb em zircão

Os granitóides e rochas vulcânicas selecionados foram datados no Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) do Centro de Geociências da UFPA, em colaboração com o Prof. Jean-Michel Lafon. Empregou-se o método de evaporação de Pb em zircão, cujos princípios básicos foram desenvolvidos por Kober (1986), sendo sua adaptação ao Pará-Iso discutida por Gaudette et al. (1993, 1998), Macambira et al. (1994) e Moura et al. (1996).

Com base nos dados de campo e após o estudo petrográfico, foram selecionadas as amostras para datação. Foram moídos cerca de 20 a 30 kg de cada amostra datada. Depois de trituradas, cada uma foi submetida à pulverização, deslame, secagem e separação por peneiramento em diversas frações granulométricas. Os intervalos entre 0,177 – 0,125 mm e 0,125 – 0,088 mm, onde estão localizados os zircões com tamanhos mais adequados à análise, foram separados para posterior elutriação (concentração dos minerais pesados por água e gravidade). Em seguida, o concentrado obtido passou por uma etapa de eliminação dos minerais magnéticos (através de imã e de um separador eletromagnético) e de possíveis cristais de zircão com inclusões, as quais podem interferir nos resultados obtidos (conforme Gaudette et al. 1998). Esta fração não-magnética foi, então, colocada em um líquido pesado (bromofórmio) para a obtenção dos zircões a serem datados. A triagem final dos zircões foi feita com uma lupa binocular. Foram escolhidos, na medida do possível, cristais euédricos, transparentes e isentos de alteração (metamictização), fraturas e/ou inclusões.

Os zircões selecionados foram analisados através de um espectrômetro de massa marca FINNIGAN MAT-262, já em rotina no Pará-Iso desde 1997. Este equipamento utiliza filamentos duplos de Re, sendo um de ionização e outro de evaporação em formato de *canoas*. O zircão selecionado é colocado no centro da *canoas*, a qual é fechada completamente, ficando apenas uma pequena abertura acima do cristal para permitir a saída do Pb quando o mesmo for aquecido. O zircão aprisionado no filamento de evaporação é aquecido gradativamente em etapas de 1450, 1500 e 1550 °C, liberando o Pb de seu retículo cristalino. O Pb evaporado de cada etapa de aquecimento é depositado no filamento de ionização, cuja temperatura é elevada posteriormente para contagem iônica. Esse Pb é então analisado e para cada bloco de 10 razões $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ medidas e corrigidas, é calculada uma idade. Geralmente o Pb liberado na primeira etapa de aquecimento fornece idades menores, pois provém de sítios mais frágeis do cristal como bordas, fraturas, porções metamícticas, etc. (Macambira et al. 1994). A temperaturas mais elevadas, o Pb

liberado provém de zonas mais internas e melhor preservadas do cristal e as idades, nesse caso, são geralmente mais altas e próximas da idade de cristalização do zircão analisado. A idade final da amostra é a média estatística dos resultados obtidos a temperaturas mais altas.

1.5.3.4 – Química Mineral

Utilizou-se a Microsonda Eletrônica CAMECA – SX 50 do Instituto de Geociências da UFRGS sob as seguintes condições operacionais:

Tempo de aceleração = 15 kv

Corrente elétrica = 10 nA

Tempo de análise = 30 s para F, Mg, Al, Na, Si e Sr

20 s para Cl, K, Ca, Mn, Ti e Fe

Diâmetro dos feixes de elétrons = 1 µm para micas, cloritas e plagioclásios e 5 µm para anfibólios.

Foram efetuadas duas seções de análises nos períodos de 21 a 25 de junho de 1999 e de 23 a 26 de novembro de 1999. A primeira, teve como principal objetivo as análises de minerais secundários da zona hidrotermalizada do garimpo São Jorge e atendeu, mais especificamente, ao projeto do PADCT III intitulado “Mineralizações Auríferas associadas ao Granito São Jorge, Província Tapajós”. A segunda, destinou-se exclusivamente ao estudo de anfibólio, biotita e plagioclásio dos diferentes granitóides identificados durante o mapeamento geológico. Foram analisados também, alguns cristais de piroxênio do traquito de Moraes Almeida (amostra 48).

Foram realizadas ao todo, 302 análises com a determinação de SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, MgO, CaO, MnO, FeO, Na₂O, K₂O e mais F e Cl, distribuídas da seguinte maneira:

Anfibólio: 140 análises

Amostras de afloramentos = 104

Amostras de furos de sondagem = 36

Biotita: 92 análises

Amostras de afloramentos = 41

Amostras de furos de sondagem = 51

Plagioclásio: 66 análises

Amostras de afloramentos = 49

Amostras de furos de sondagem = 17

Piroxênio : 4 análises

As fórmulas estruturais de anfibólio foram calculadas na base de 23 átomos de oxigênio utilizando-se: (1) o *software* CLASAMPH (Currie 1997) que segue o critério de Fe^{3+} mínimo, conforme Schumacher (1997) e (2) o esquema de normalização 13 e CNK (Σ de cátions = 13, excluindo Ca, Na e K), que fornece os valores máximos de Fe^{3+} (Robinson et al. 1982).

Após comparação dos resultados optou-se pelo segundo método, uma vez que com o programa CLASAMPH todo Fe^{3+} dos anfibólios analisados apresentou valor zero, o que não é coerente em rochas cristalizadas em ambiente oxidante (ver Capítulo 5). Segundo Cosca et al. (1991), o esquema de normalização 13 e CNK é o mais indicado para anfibólios cálcicos, pois fornece estimativas mais corretas da razão $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$. Com efeito, Martins (2001) estudou anfibólios cálcicos de rochas granitóides e mostrou que a razão $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ obtida pelo esquema 13-CNK é muito próxima dos valores obtidos por via úmida para esses mesmos anfibólios e, comparativamente, distinta daquelas segundo o método de Schumacher (1997).

As fórmulas estruturais de biotita foram calculadas na base de 22 átomos de oxigênio, sendo assumido que todo o ferro presente estaria na forma de Fe^{2+} (Dymek 1983).

Utilizou-se o *software* MINPET 2.02 (Richard 1995) para o cálculo das fórmulas estruturais de plagioclásio e piroxênio, tendo como base para o primeiro 32 átomos de oxigênio e os ânions (O+F+Cl) fixos, e para o segundo 6 átomos de oxigênio.

1.5.3.5 – Litogeoquímica

Com base no mapeamento geológico e nos estudos petrográficos, foram selecionadas 60 amostras das seguintes unidades geológicas para análises químicas em rocha total:

- (1) Granito São Jorge *Antigo* = 21 amostras
- (2) Granito São Jorge *Jovem* = 6 amostras
- (3) Granito Maloquinha = 10 amostras
- (4) Granito Jardim do Ouro = 1 amostra
- (5) Granitos Pórfiros = 3 amostras
- (5) Formação Vila Riozinho = 11 amostras
- (6) Formação Moraes Almeida = 11 amostras

Foram analisados os elementos maiores e menores (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 e mais perda ao fogo), traço (Ba, Rb, Sr, Zr, Nb, Y, Ga, Sc, Th, U, V, Ta, Cs e Hf) e terras raras (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Ho, Er, Yb e Lu). Todas as análises foram realizadas no laboratório LAKEFIELD-GEOSOL, exceto o FeO que foi dosado no Laboratório de Análises Químicas do Centro de Geociências da UFPA. Os elementos maiores e traço foram obtidos por fluorescência de raios-x, com limites inferiores variando de 0,1% para Na_2O e MgO e 0,01% para os demais óxidos. Os Elementos Terras Raras foram analisados por ICP (*Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry*).

CAPÍTULO 2

2 – GEOLOGIA E ESTRATIGRAFIA DA REGIÃO DE VILA RIOZINHO

2.1 - INTRODUÇÃO

A região estudada engloba as localidades de Vila Riozinho, Moraes Almeida e Jardim do Ouro. Ela é formada predominantemente por rochas vulcânicas e plutônicas e pode ser dividida basicamente em dois domínios, norte e sul. O primeiro situa-se em torno das localidades de Jardim do Ouro e Moraes Almeida e é caracterizado pela ocorrência de rochas vulcânicas félsicas associadas espacialmente a leucogranitos de coloração avermelhada, correlacionados à Suíte Maloquinha. Além desses, identificou-se ainda o Granito Jardim do Ouro, cortado pelo rio Jamanxim na extremidade noroeste da área. O segundo domínio engloba a região de Vila Riozinho na qual foram identificados os granitos São Jorge *Antigo*, São Jorge *Jovem* e uma seqüência de rochas vulcânicas intermediárias a félsicas. Em ambos os domínios estão presentes pequenas ocorrências de granitos pórfiros associados tanto ao Granito São Jorge *Antigo* e às vulcânicas no sul, quanto às rochas félsicas da porção norte.

Na Figura 2.1 é apresentado o mapa geológico da região estudada, elaborado com base nos dados de campo, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos obtidos neste trabalho, além da interpretação de imagens de satélite e de levantamentos aerogeofísicos e o apoio dos mapas metalogenético (Faraco et al. 1997) e geológico (Klein & Vasquez 2000) da Província Aurífera do Tapajós.

As imagens com dados de levantamentos aerogeofísicos foram elaboradas pelo Geólogo Armínio Valle (CPRM-Belém) e constaram de aeroradiometria (canais U, Th e contagem total) e aeromagnetometria.

Como a região estudada é coberta por floresta tropical densa e as vias de acesso são limitadas, não foram observadas relações de campo que pudessem permitir uma definição clara da seqüência estratigráfica. Para superar esta limitação, buscou-se o apoio da geocronologia para definir as idades das principais unidades mapeadas e assim chegar a uma proposta de coluna estratigráfica (Figura 2.2).

Os dados geocronológicos obtidos são apresentados e discutidos em detalhe no capítulo 4, juntamente com a caracterização geoquímica. Em razão disto, neste capítulo serão apenas apresentados de modo sumarizado, justificando a coluna estratigráfica adotada.

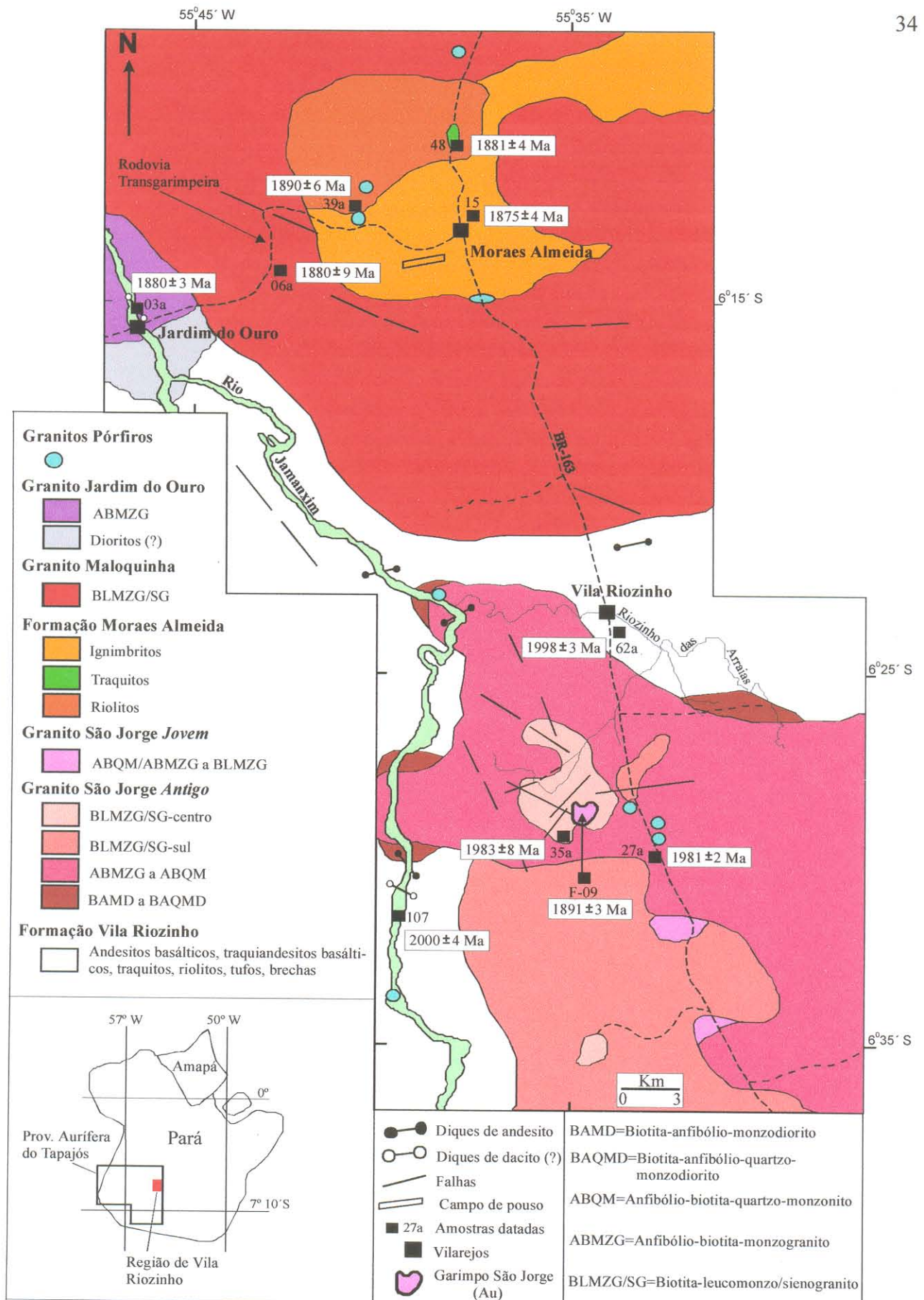


Figura 2.1 - Mapa geológico da região de Vila Riozinho, mostrando a localização e as idades das diferentes amostras datadas, representativas das diversas unidades geológicas mapeadas.

ERA	UNIDADE GEOLÓGICA	ROCHA DATADA	IDADE (Ma) Pb-Pb em Zr	LOCALIZAÇÃO DA AMOSTRA DATADA
PALEOPROTEROZÓICO	Granitos Pórfiros	—	Indefinida	—
	Granito Jardim do Ouro	ABMZG	1880 ± 3	Vila Jardim do Ouro/Rio Jamanxim
	Granito Maloquinha	BLMZG	1880 ± 9	Moraes Almeida/Transgarimpeira
	Formação Moraes Almeida	Ignimbrito	1875 ± 4	Moraes Almeida
		Traquito	1881 ± 4	Norte de Moraes Almeida (BR-163)
		Riolito	1890 ± 6	Oeste de Moraes Almeida (Rod. Transgarimpeira)
	Granito São Jorge <i>Jovem</i>	ABMZG	1891 ± 3	Garimpo São Jorge (furo de sondagem)
	Granito São Jorge <i>Antigo</i>	BLMZG-centro	1983 ± 8	Próximo do garimpo São Jorge
		ABMZG	1981 ± 2	Sul de Vila Riozinho (BR-163)
	Formação Vila Riozinho	Traquito	1998 ± 3	Vila Riozinho
		Traquito	2000 ± 4	Rio Jamanxim, sudoeste de Vila Riozinho

Figura 2.2 - Coluna estratigráfica da região de Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós. Abreviaturas conforme Figura 2.1.

As seqüências vulcânicas de Vila Riozinho e Moraes Almeida foram inicialmente designadas apenas de modo informal (Lamarão et al. 1999), porém o avanço obtido na sua caracterização petrográfica, geoquímica e geocronológica e a comprovação de que se trata de duas associações distintas em idade e assinatura geoquímica, levou a que se propusesse a sua denominação como Formação Vila Riozinho e Formação Moraes Almeida (ver Capítulo 4). Tais designações serão adotadas ao longo do presente trabalho.

2.2 – PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS

Os diferentes tipos de rochas identificados durante os trabalhos de campo foram individualizados com base na distribuição espacial, nos dados petrográficos e de química mineral (capítulo 3), geoquímicos e geocronológicos (Capítulo 4). São eles:

(1) **Granitóides Cálcico-Alcalinos** – São representados pelos granitos São Jorge *Antigo* (GSJA) e São Jorge *Jovem* (GSJJ) que afloram nos arredores e a sul de Vila Riozinho. O primeiro, ocorre também ao longo do rio Jamanxim, na porção sudoeste da área.

(2 e 3) **Seqüências Vulcânicas** – Duas seqüências distintas foram identificadas. Elas se distinguem pelas distribuições espacial e temporal, modo de ocorrência e rochas dominantes. A primeira, mais antiga e intermediária a ácida, é representada por andesitos basálticos, traquiandesitos basálticos, traquitos, riolitos, tufos e brechas que afloram nas proximidades de Vila Riozinho e ao longo do rio Jamanxim (Figura 2.1). Associa-se espacialmente ao Granito São Jorge e foi denominada de **Formação Vila Riozinho**. A segunda, mais nova e de caráter ácido, situa-se nos arredores de Moraes Almeida (Figura 2.1) e é formada essencialmente por ignimbritos, com riolitos e traquitos subordinados. É denominada de **Formação Moraes Almeida**.

(4) **Granito Maloquinha** – Predomina na porção norte da área (Figura 2.1). Associa-se às vulcânicas ácidas da Formação Moraes Almeida e apresenta similaridades mineralógicas e composicionais com os granitos do Tipo-A (Capítulo 4).

(5) **Granito Jardim do Ouro** – Corresponde a um pluton que aflora na localidade homônima às margens do rio Jamanxim, na porção noroeste da área (Figura 2.1). Faz contato a leste com o Granito Maloquinha, porém o mesmo não está exposto. É formado por anfibólio-biotita-monzogranitos de coloração cinza-rosada.

(6) **Granitos Pórfiros** – Foram identificadas diversas ocorrências de granitos pórfiros associados tanto ao Granito São Jorge *Antigo* e à Formação Vila Riozinho, quanto às rochas ácidas da porção norte da área (Figura 2.1).

Conforme sumarizado nas figuras 2.1 e 2.2, os dados geológicos revelam que o domínio sul é mais antigo (2000 a 1980 Ma) do que o domínio norte (1890 a 1870 Ma). A Formação Vila Riozinho é a unidade mais antiga, sendo – pelo que indicam os dados geocronológicos – intrudida pelo Granito São Jorge *Antigo*. A unidade mais recente neste domínio é o Granito São Jorge *Jovem*, de ocorrência localizada e mineralizado em ouro. Sua idade é similar às das unidades do domínio norte, mas ele difere de modo acentuado das mesmas em termos mineralógicos e geoquímicos (ver Capítulo 4). As idades e características geoquímicas da Formação Moraes Almeida e Granito Maloquinha são muito similares, sugerindo vínculos genéticos entre ambos. O Granito Jardim do Ouro, embora contemporâneo destas duas unidades, parece diferir delas em termos mineralógicos e geoquímicos (uma conclusão a respeito é difícil, porque os dados disponíveis sobre o Granito Jardim do Ouro são muito limitados). Também há dúvidas quanto ao posicionamento estratigráfico e vinculação genética dos granitos pórfiros, pois os poucos dados disponíveis sugerem diferentes filiações magmáticas para os mesmos (conforme Capítulo 4)

2.3 – ASPECTOS GEOLÓGICOS

2.3.1 – Granito São Jorge *Antigo* (GSJA)

É um corpo irregular, de dimensões batolíticas que aflora nos arredores e a sul de Vila Riozinho, com seus limites ultrapassando a área mapeada. Ocorre também na margem oeste da área, ao longo do rio Jamanxim, e margeando o Riozinho das Arraias. É cortado na sua porção centro-leste pela rodovia Cuiabá-Santarém (BR-163) e por várias estradas secundárias, as quais proporcionam boas exposições de rochas. Na parte central do corpo, em uma área intensamente

fraturada e hidrotermalizada, localiza-se o garimpo São Jorge, alvo de pesquisas da Empresa RTDM (Figuras 2.3A e B). Neste local foi identificado em subsuperfície o Granito São Jorge *Jovem*.

Morfológicamente, o GSJA apresenta-se ora como pequenos lajeiros no leito de drenagens (rochas dioríticas), ora forma pequenos morrotes abaulados sem grande expressão topográfica (rochas monzograníticas), ora serras alongadas (leucogranitos).

Ao longo da BR-163, a aproximadamente 10 km a sul de Vila Riozinho, o GSJA apresenta boas exposições. A análise petrográfica revelou variações significativas na sua composição mineralógica. Rochas isotrópicas, de coloração acinzentada a cinza-rosada, contendo anfibólio, biotita, plagioclásio, quartzo, álcali-feldspato e pequenos agregados de minerais opacos, classificadas como anfibólio-biotita-monzogranitos gradam, mais a sul, para biotita-monzogranitos leucocráticos ricos em quartzo e álcali-feldspato, contendo localmente biotita e minerais opacos. No extremo sudeste da área, ainda ao longo da BR-163, voltam a predominar rochas com anfibólio, biotita e agregados localizados de opacos, porém com um percentual mais elevado de álcali-feldspato. Morfológicamente não existe distinção entre os domínios dos tipos identificados. As relações de campo sugerem uma passagem gradual entre os mesmos.

Na porção central do corpo, na área do garimpo São Jorge, predominam leucogranitos isotrópicos, de coloração branco-rosado, ricos em álcali-feldspato e quartzo, contendo mineralização de sulfeto (principalmente pirita) com ouro associado e veios centimétricos de quartzo leitoso. Essas rochas formam pequenas serras em torno da cava do garimpo (Figura 2.3C) e são consideradas a fácies mais evoluída do GSJA (ver Capítulos 3 e 4). Rochas composicionalmente semelhantes aos anfibólio-biotita-monzogranitos descritos na BR-163, também ocorrem próximo às serras de leucogranitos, porém afloram em áreas topograficamente baixas ou no leito de drenagens.

A oeste de Vila Riozinho, às margens do Riozinho das Arraias e ao longo do rio Jamaxim, na borda oeste do corpo São Jorge *Antigo*, afloram rochas graníticas macroscopicamente semelhantes aos anfibólio-biotita-monzogranitos descritos acima.

A distribuição espacial das diferentes fácies identificadas sugere que o GSJA é composicionalmente zonado. Nas bordas nordeste, noroeste e oeste, afloram os termos mais máficos (rochas dioríticas). Mais para o centro e constituindo a fácies dominante do corpo ocorrem rochas de composição monzogranítica. Na parte central, pequenas serras de

leucomonzogranitos a sienogranitos contornam a área do garimpo São Jorge e constituem a fácies mais evoluída do corpo.

2.3.2 – Granito São Jorge *Jovem* (GSJJ)

Ocorre na área do garimpo São Jorge, onde foi estudado através dos testemunhos de sondagem, e a sul de Vila Riozinho, ao longo da BR-163 (Figura 2.1), onde aflora na forma de grandes blocos. No primeiro caso, apresenta coloração acinzentada, mineralogia e feições texturais similares às identificadas no GSJA. A sul de Vila Riozinho, apresenta-se hidrotermalizado e com coloração avermelhada, sendo formado predominantemente por quartzo, álcali-feldspato e plagioclásio. Neste local, lembra macroscopicamente o Granito Maloquinha de Moraes Almeida, porém difere do mesmo em termos geoquímicos (Capítulo 4). Devido à grande semelhança mineralógica e textural entre o GSJA e o GSJJ, o último só foi individualizado através dos dados geocronológicos e geoquímicos (ver Capítulo 4).

2.3.3 – Formação Vila Riozinho

Reúne as rochas vulcânicas que afloram nos arredores de Vila Riozinho, bem como aquelas identificadas ao longo do rio Jamanxim, na porção oeste da área (Figura 2.1). Tais rochas ocorrem espacialmente associadas ao Granito São Jorge *Antigo*, sem mostrar, entretanto, claras relações de contato. Os traquitos são as rochas predominantes e afloram como blocos isolados numa área topograficamente baixa próximo ao Riozinho das Arraías (Figura 2.3D). Ao norte de Vila Riozinho, às margens da BR-163, ocorrem rochas macroscopicamente semelhantes. No acampamento da Empresa RTDM e em outras casas em Vila Riozinho, os poços escavados manualmente para fornecimento de água atravessaram rochas traquíticas similares às mencionadas acima. A extensão, a forma de ocorrência e as características petrográficas dessas rochas sugerem tratar-se de rochas de derrame. Os traquitos são comuns também na borda oeste da área, ao longo do rio Jamanxim.

Os andesitos ocorrem como blocos na confluência do Riozinho das Arraías com o rio Jamanxim, dispostos segundo uma direção aproximada E-W. Afloram também como pequenos blocos isolados a aproximadamente 3 km a norte de Vila Riozinho, num ramal a direita da BR-163. Em ambos os casos, parece tratar-se de diques. No rio Jamanxim, foram verificadas outras ocorrências de rochas andesíticas, algumas delas cortando rochas graníticas.

Dacitos (?), riolitos, tufos e brechas são comuns ao longo do rio Jamanxim, muitas vezes aflorando em grandes extensões. As relações de contato entre essas rochas e entre elas e as rochas graníticas associadas não foram observadas.

2.3.4 – Formação Moraes Almeida

É constituída predominantemente por ignimbritos, com riolitos e raros traquitos subordinados. Os primeiros afloram em áreas topograficamente baixas ou formando pequenos morrotes abaulados nos arredores de Moraes Almeida (Figura 2.1) e ao longo da rodovia Transgarimpeira (Figura 2.3E). Mostram uma passagem brusca para os riolitos e o Granito Maloquinha associados. A zona de contato com os granitos é marcada por uma topografia mais íngreme e acidentada, tanto ao longo da BR-163 quanto na rodovia Transgarimpeira, porém não há exposição de contatos diretos.

Os riolitos formam morrotes abaulados ao longo da rodovia Transgarimpeira, próximo a Moraes Almeida (Figura 2.3F). Afloram também em pequenos morrotes ao norte desta localidade, às margens da BR-163.

Rochas traquíticas macro e microscopicamente distintas dos ignimbritos e riolitos, porém com idade semelhante, foram identificadas em pequenos afloramentos no extremo norte da área (Figura 2.1). Apresentam uma assinatura geoquímica muito similar à das rochas vulcânicas da Formação Vila Riozinho (ver Capítulo 4), porém contrastam acentuadamente em idade com as mesmas (Figura 2.1).

2.3.5 – Granito Maloquinha (GM)

Predomina no domínio norte da área (Figura 2.1), formando morrotes abaulados e pequenas serras alongadas (Figura 2.3G) que envolvem as vulcânicas ácidas de Moraes Almeida, sugerindo uma estrutura em caldeira. Se estende até às proximidades de Jardim do Ouro, a oeste, e Vila Riozinho, a sul. Afloramentos representados por grandes blocos de rochas (Figura 2.3H) são comuns ao longo da rodovia Transgarimpeira. Alguns afloramentos a sul de Moraes Almeida estão intensamente fraturados, evidenciando uma deformação predominantemente dútil.

2.3.6 – Granito Jardim do Ouro (GJO)

Aflora em área morfológicamente arrasada, ao longo da porção oeste da rodovia Transgarimpeira e às margens do rio Jamanxim (Figura 2.1). Seus contatos com o Granito Maloquinha a leste não foram observados. Nota-se, entretanto, uma mudança acentuada na topografia, que passa a ser mais expressiva e acidentada em direção a esse último. Não apresenta sinais de deformação e/ou transformações hidrotermais intensas. Sulfetos (pirita, arsenopirita?) disseminados ocorrem localmente. Nas margens do rio Jamanxim, um dique de dacito pórfiro maciço cinza-esverdeado (Figura 2.3I), com largura máxima em torno de 10 m (não evidente na figura anterior) e direção geral de 300° Az, corta o Granito Jardim do Ouro. A natureza do contato entre essas duas rochas é claramente discordante. No contato, o dique de dacito apresenta fraturas com direções preferenciais NW-SE, N-S e NE-SW. Tais fraturas são resultantes, provavelmente, do contraste térmico entre o dique quente e o granito encaixante frio.

Próximo à confluência entre os rios Jamanxim e Novo, o Granito Jardim do Ouro associa-se a rochas dioríticas (?) hidrotermalizadas (Figura 2.1) que afloram, a primeira vista, como um pequeno *stock* de dimensões significativas (Figura 2.3J). As relações de contato entre ambas não são claras.

2.3.7 – Granitos Pórfiros

São rochas distintas das anteriores e que possuem uma distribuição considerável na área estudada (Figura 2.1). Ocorrem associadas aos diferentes tipos de rochas. No domínio sul da área, rochas porfíricas de coloração cinza-esbranquiçada associam-se espacialmente ao Granito São Jorge *Antigo* ou, mais localmente, à Formação Vila Riozinho, sem mostrar, entretanto, claras relações de contato. Formam pequenos afloramentos sem grandes extensões laterais.

Na porção norte da área, a sul de Moraes Almeida, um corte de estrada expôs um pequeno morrote de granito pórfiro de coloração rosa-acinzentada, no contato entre os ignimbritos e o Granito Maloquinha. Seus contatos com essas duas rochas não estão, porém, visíveis. Ao norte de Moraes Almeida, ao longo da Br-163, nos domínios do Granito Maloquinha, também foram identificados granitos pórfiros.

Na rodovia Transgarimpeira, a oeste de Moraes Almeida, granitos pórfiros de coloração marrom-avermelhada, associam-se ou cortam as rochas riolíticas. Apenas neste último caso as relações de campo são claras. Nos outros dois ela é obscura.



Figura 2.3 - (A) Vista aérea da cava principal do garimpo São Jorge contornada parcialmente por serras de leucogranitos (setas); (B) Cava principal do garimpo São Jorge em plena atividade, Província Aurífera do Tapajós.



Figura 2.3 -(C) Serras de leucogranitos ao fundo, contornando área já trabalhada do garimpo São Jorge; (D) Afloramentos de traquitos pórfiros (setas) às margens do Riozinho das Arraias, Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós.

E



F



Figura 2.3 - (E) Afloramento de ignimbritos às proximidades de Moraes Almeida, margem da BR-163 ; (F) Ao fundo, pequena elevação formada por rochas riolíticas, às margens da rodovia Transgarimpeira, Província Aurífera do Tapajós.



Figura 2.3 - (G) Pequena serra de Granito Maloquinha às margens da BR-163, sul de Moraes Almeida; (H) Afloramento de Granito Maloquinha ao longo da rodovia Transgarimpeira, Província Aurífera do Tapajós.



Figura 2.3 -(I) Vista parcial do dique de dacito pórfiro (D) cortando o Granito Jardim do Ouro (GJO) às margens do rio Jamanxim; (J) Afloramentos de rochas dioríticas (?) Na confluência dos rios Novo e Jamanxim, Província Aurífera do Tapajós.

CAPÍTULO 3

3 – PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL DAS UNIDADES ESTUDADAS

3.1 – INTRODUÇÃO

As Figuras 3.1 e 3.2 apresentam, respectivamente, os mapas de amostragem das porções sul e norte da região de Vila Riozinho. A Figura 3.1 mostra o Granito São Jorge *Antigo* e os granitos pórfiros associados, a Formação Vila Riozinho e o Granito São Jorge *Jovem*, identificado inicialmente em amostras de furos de sondagem na área do garimpo São Jorge, porém com ocorrências ao longo da BR-163, na porção sul do Granito São Jorge *Antigo* (amostras 72, 70 e 29a).

A Figura 3.2 apresenta a amostragem do Granito Maloquinha e da Formação Moraes Almeida (ignimbritos, traquitos e riolitos), além de pequenas ocorrências de granitos pórfiros. São mostrados também nesta figura, o Granito Jardim do Ouro e as rochas dioríticas (?) que afloram às margens do rio Jamanxim, na porção noroeste da área. No trecho deste rio, situado imediatamente a montante da foz do Rio Novo, foram identificados tufos, brechas, riolitos, traquitos e andesitos. Os três últimos fazem parte, de acordo com os dados geoquímicos e geocronológicos, da Formação Vila Riozinho. Os tufos e brechas não tiveram suas idades e caráter geoquímico determinados. Poderiam, portanto, pertencer tanto à Formação Vila Riozinho quanto à Formação Moraes Almeida. Porém, em razão de sua distribuição espacial, optou-se por associar essas rochas à Formação Vila Riozinho.

3.2 – ROCHAS GRANITÓIDES

3.2.1 – Granito São Jorge *Antigo* (GSJA)

3.2.1.1 – Aspectos macroscópicos

O GSJA, estudado em maior detalhe, apresenta variações composicionais e texturais expressivas que permitiram a caracterização de diversas fácies (Figura 3.1). Nas bordas do corpo, tanto a nordeste, próximo a pequenas drenagens, quanto a noroeste e oeste, ao longo do rio Jamanxim, foram identificadas rochas monzodioríticas a quartzo-monzodioríticas com textura granular média a grossa e coloração cinza-rosada, contendo fraturas preenchidas por clorita e constituídas predominantemente por anfibólio, plagioclásio e opacos (Figura 3.3A).

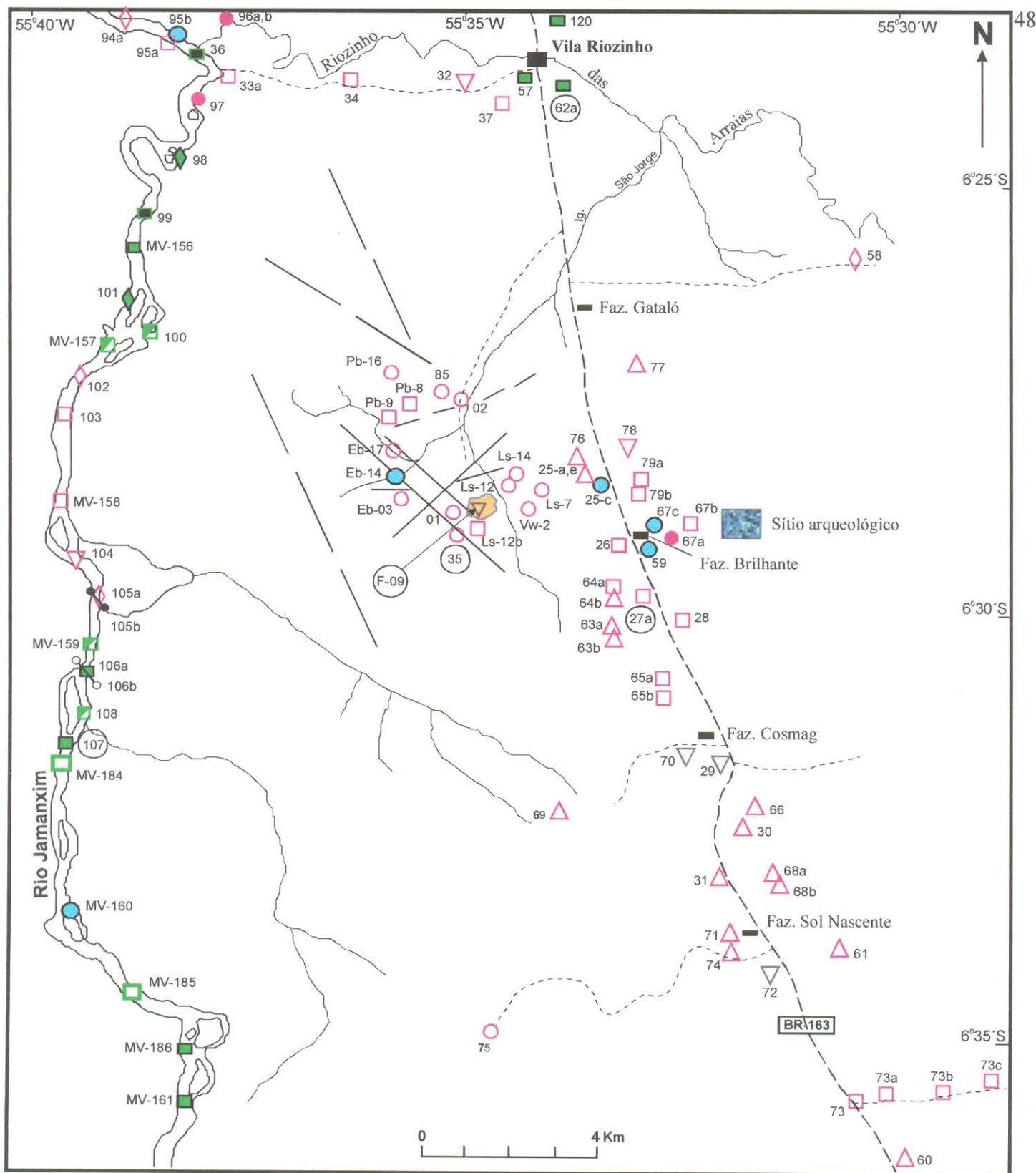


Figura 3.1 - Mapa de amostragem da porção sul da região de Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós.

Formação Vila Riozinho Granito São Jorge *Antigo* Granito São Jorge *Jovem* BLMZG/SG=Biotita-leucomonzogranito a sienogranito
 Tufos BLMZG/SG - centro ▽ ABMZG a ABQM ABQS=Anfibólio-biotita-quartzo-sienito
 Riolitos BLMZG/SG - sul Granitos Pórfiros ABMZG=Anfibólio-biotita-monzogranito
 Riodacitos ▽ ABQS Cava do garimpo São Jorge ABQM=Anfibólio-biotita-quartzo-monzonito
 Traquitos ▢ ABMZG a ABQM (27a) Amostra datada BAMD=Biotita-anfibólio-monzodiorito
 Traquiandesitos basálticos ◇ BAMD a BAQMD diques de dacito (?) BAQMD=Biotita-anfibólio-quartzo-monzodiorito
 AB-microdioritos ● AB-microdioritos diques de andesito (?) MV Amostrs CPRM
 Falhas

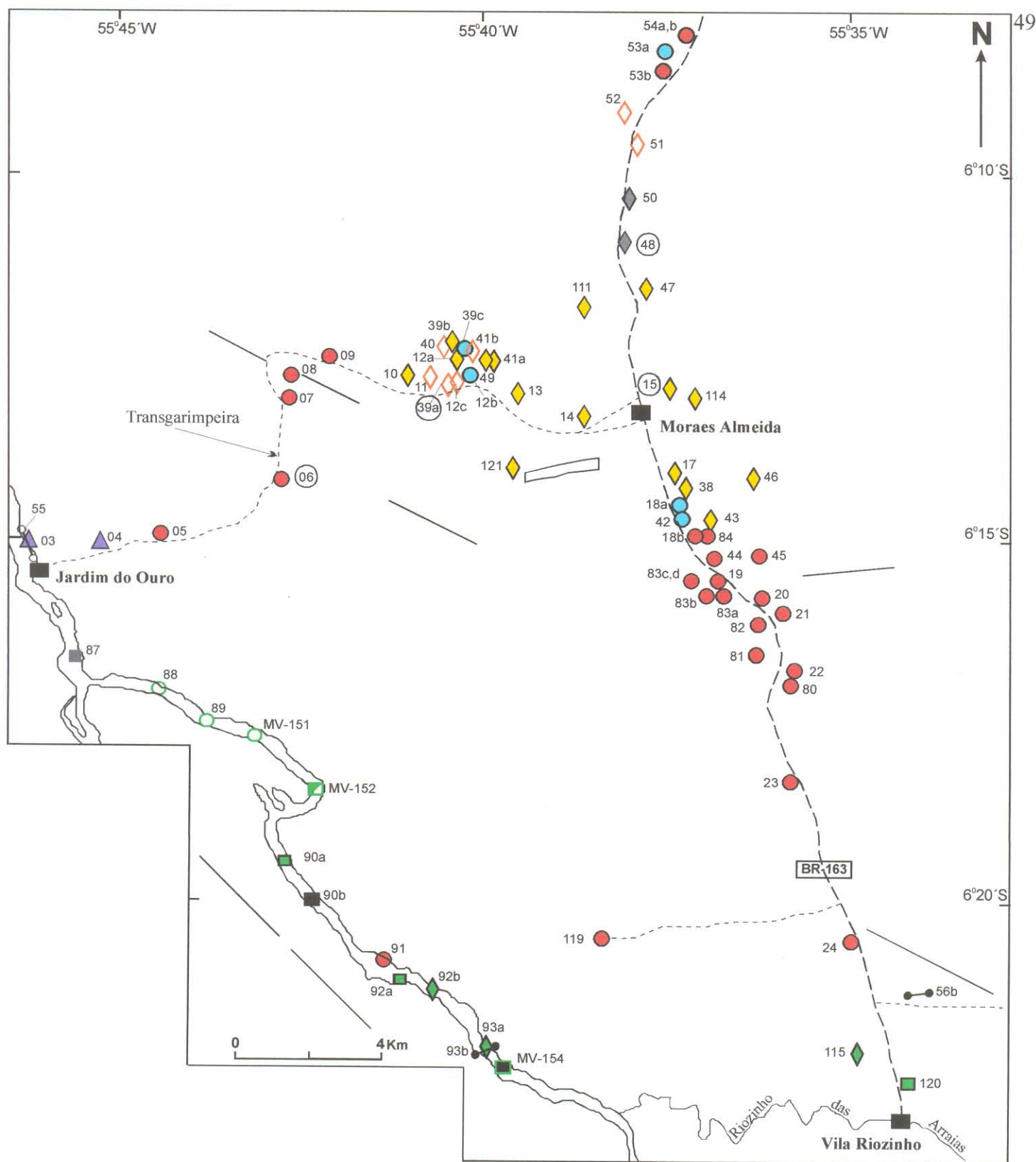


Figura 3.2 - Mapa de amostragem da porção norte da região de Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós. Legenda conforme Figura 3.1.

Formação Vila Riozinho

- Brechas
- Tufos
- ◆ Riólitos
- Traquitos
- Traquiandesitos basálticos
- Andesito basáltico

Formação Moraes Almeida

- ◆ Ignimbrito
- ◇ Riólito
- ◆ Traquito

Granito Maloquinha

- BLMZG/SG
- Granito Jardim do Ouro
- ▲ ABMZG

Granitos Pórfiros

-
- Dioritos (?)

Mais para o centro do corpo e a sul de Vila Riozinho, dominam anfibólio-biotita-monzogranitos e suas variações (quartzo-sienitos e quartzo-monzonitos) com textura granular média, coloração acinzentada a cinza-rosada, constituídas por plagioclásio levemente esverdeado, álcali-feldspato rosado e quartzo. Os minerais máficos apresentam-se geralmente como agregados escuros e em proporções variáveis (Figura 3.3B). Diques aplíticos rosados, texturas rapakivi localizadas e enclaves microgranulares (<10 cm) escuros subarredondados (Figura 3.3C), são feições características dessas rochas.

Na porção mais interna do corpo, leucogranitos de granulação média e coloração rosada, formados por quartzo e álcali-feldspato com plagioclásio subordinado e contendo sulfetos associados (principalmente pirita) (Figura 3.3D), formam pequenos morros que circundam a cava do garimpo São Jorge. Correspondem à fácies mais evoluída do corpo.

3.2.1.2 – Composições modais e classificação das fácies

O GSJA é formado por uma série expandida a base de monzodioritos, quartzo-monzodioritos, quartzo-monzonitos, monzogranitos, quartzo-sienitos e leucomonzogranitos a sienogranitos, os quais possuem muitas analogias mineralógicas, porém apresentam variações nas proporções das fases minerais e nas feições texturais. Foram realizadas análises modais de 50 lâminas de amostras representativas das cinco fácies petrográficas identificadas no estudo petrográfico (Tabela 3.1):

- (1) Biotita-anfibólio-monzodiorito a quartzo-monzodiorito (BAMD a BAQMD);
- (2) Anfibólio-biotita-monzogranito a quartzo-monzonito (ABMZG a ABQM);
- (3) Anfibólio-biotita-quartzo-sienito (ABQS);
- (4) Biotita-leucomonzogranito a sienogranito-sul do corpo (BLMZG/SG-sul) e,
- (5) Biotita-leucomonzogranito a sienogranito-centro do corpo (BLMZG/SG-centro)

Essas rochas apresentam, de modo geral, plagioclásio, quartzo e álcali-feldspato como minerais essenciais, enquanto biotita e anfibólio são os varietais. Como fases acessórias primárias tem-se apatita, opacos, zircão, titanita e, mais raramente, alanita. Os principais minerais de alteração identificados são epidoto, sericita, clorita, titanita, opacos, biotita, argilo-minerais, albita e carbonatos. As alterações deutéricas do GSJA estão registradas pelas substituições, em diferentes graus, do plagioclásio por epidoto+sericita±carbonato, do anfibólio por epidoto+biotita+titanita+clorita e da biotita por titanita+epidoto+clorita.

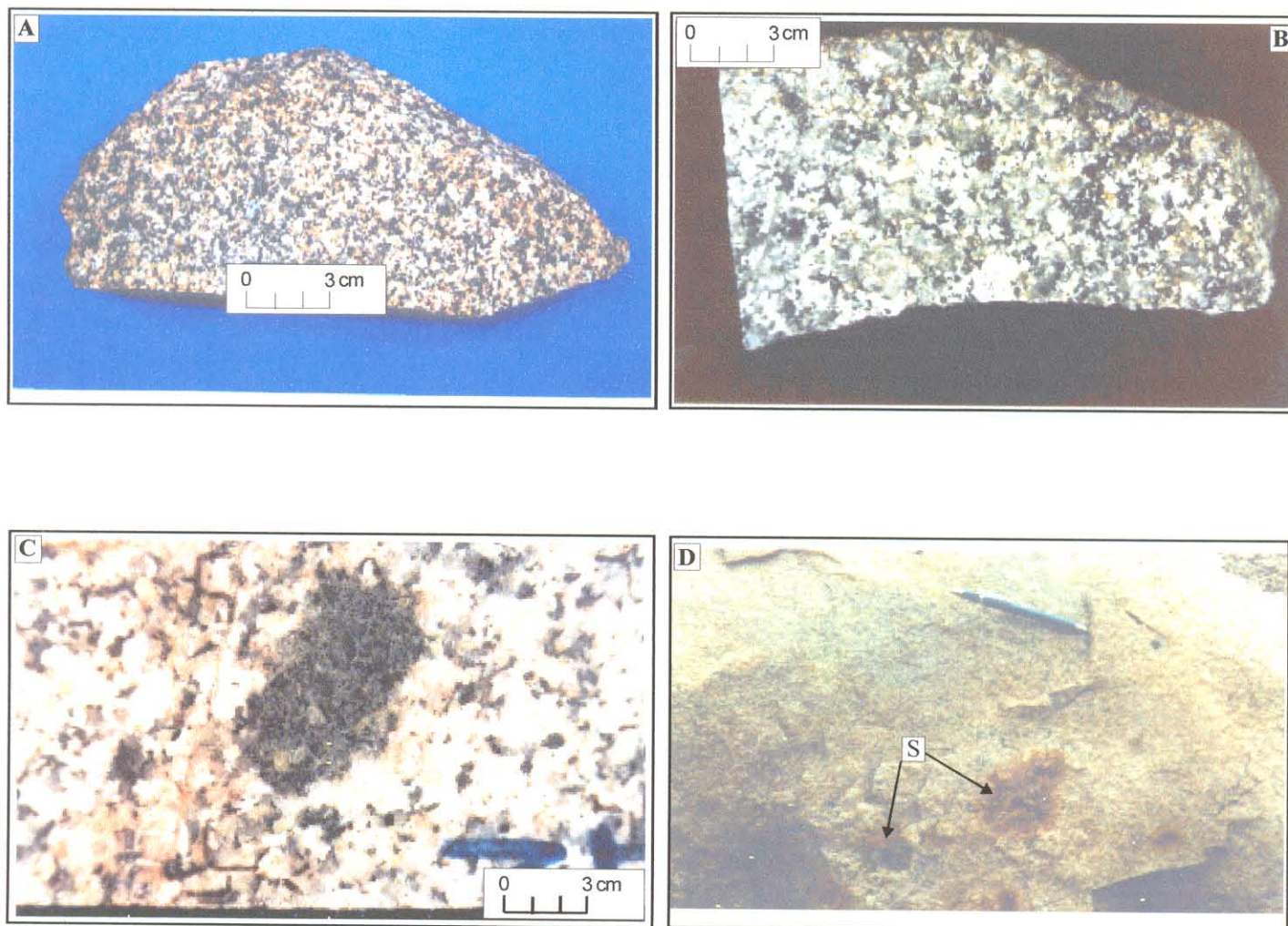


Figura 3.3 - Aspecto macroscópico de diferentes tipos petrográficos do Granito São Jorge *Antigo* (A) BAQMD (amostra 58), apresentando granulação média a grossa, coloração cinza-rosada, parcialmente alterado. Porção nordeste do corpo; (B) ABMZG (amostra 27) de granulação média e coloração acinzentada; agregados de minerais máficos aparecem dispersos aleatoriamente. BR-163, sul de Vila Riozinho; (C) Enclave microgranular de composição diorítica no ABMZG; (D) BLMZG/SG da porção central do corpo (amostra 35), contendo concentrações de sulfetos (S). Morros em torno da cava do garimpo São Jorge. Abreviaturas conforme Figura 3.1.

Os dados modais (Tabela 3.1) revelam uma diminuição nas proporções de máficos e um aumento da razão álcalis/plagioclásio, embora com algumas superposições parciais, no sentido BAMD a BAQMD–ABMZG a ABQM–BLMZG/SG-sul– BLMZG/SG-centro. Os ABQS possuem conteúdos de máficos coincidentes ao dos ABMZG a ABQM e as mais elevadas razões álcalis/plagioclásio.

De acordo com Figueiredo (1999), os minerais opacos presentes no GSJA são magnetita, hematita, geralmente da variedade martita, ilmenita e, ocasionalmente, sulfetos pirita e calcopirita. A magnetita é o opaco dominante e apresenta-se oxidada e martitizada em diferentes intensidades.

Nos diagramas QAP e Q-(A+P)-M (Streckeisen 1976), as amostras do GSJA seguem predominantemente o *trend* cálcico-alcálico granodiorítico de Lameyre & Bowden (1982). Os BLMZG/SG do sul do corpo se encontram no campo monzogranítico, enquanto os BLMZG/SG do centro, tendem para o campo sienogranítico (Figura 3.4).

3.2.1.3 – Aspectos Texturais

3.2.1.3.1 – Biotita-anfibólio-monzodiorito a quartzo-monzodiorito (BAMD a BAQMD)

A textura da fácies BAMD a BAQMD é tipicamente granular hipidiomórfica média a grossa, às vezes seriada. Dominam plagioclásio e anfibólio, geralmente como cristais grossos e médios de até 8 e 4 mm, respectivamente. A biotita é menos freqüente. Quartzo e álcali-feldspato estão presentes em pequenas proporções e mostram disposição intersticial (Figura 3.5A). Como acessórios primários aparecem apatita, opacos, zircão e titanita. Clorita, sericita, epidoto, titanita e biotita são os minerais de alteração mais comuns

O plagioclásio é a fase dominante, com proporções modais entre 49,3 e 59,0% (Tabela 3.1). Seus cristais são subédricos e variam de 2 a 8 mm, sendo mais freqüentes, entretanto, entre 3 e 4 mm. Mostram zoneamento normal-oscilatório, às vezes inverso, e cristais em relação de *synneusis* (Vance 1969). A alteração dos cristais de plagioclásio origina epidoto, sericita, albita e, mais raramente, carbonatos, prejudicando a determinação dos teores de An por meios óticos. Entretanto, análises de microsonda (Tabela Anexo 3.1) em um único cristal (amostra 58) confirmaram o zoneamento normal e acusaram variações nos teores de anortita de 43 a 39 (Figura 3.5B), o que permitiu classificá-lo como andesina cálcica (Figura 3.19A). A forte alteração presente neste cristal impossibilitou análises nas porções centrais, ao que tudo indica, mais

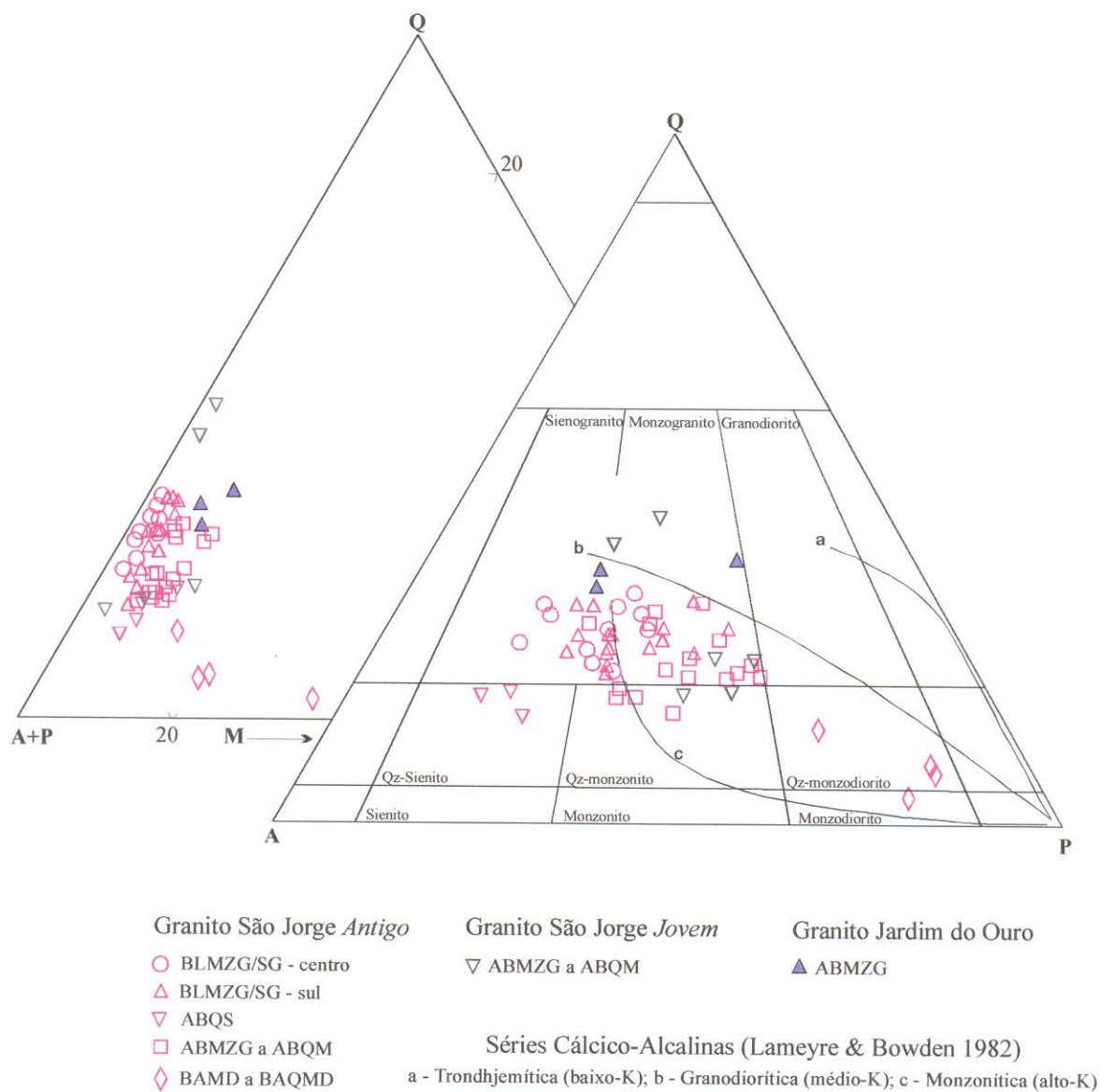


Figura 3.4 - Diagramas QAP e Q-(A+P)-M (Streckeisen 1976) mostrando a distribuição das amostras dos granitos São Jorge *Antigo*, São Jorge *Jovem* e Jardim do Ouro, Região de Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós.

Tabela 3.1 - Análises Modais das variedades petrográficas do Granito São Jorge *Antigo*, Província Aurífera do Tapajós

Fácies	BAMD a B A Q M D						ANFIBÓLIO-BIOTITA-MONZODIORITO a QUARTZO-MONZONITO												A B Q S			
	102	58a	58b	105a	103	95a	Pb-9	26b	65a	73b	Pb8	27a	67b	64a	65b	27b	28	73	73a	32	104	78
Quartzo	2,9	5,5	6,1	10,6	14,5	14,7	16,5	17,9	18,1	18,3	18,7	18,9	20,4	21,1	21,7	25,5	26,7	26,7	28,4	12,4	16,8	17,2
Plagioclásio	49,3	58,9	57,2	54,3	38,5	32,4	31,9	41,3	31,2	37,5	45,9	42,6	43,1	34,1	35,4	34,6	33,3	22,5	30,2	16,8	20,5	15,4
Álcali-feld.	10,9	10,7	10,8	20,8	38,6	43,1	44,3	29,6	42,2	35,2	24,9	28,3	26,3	37,2	31,9	28,1	27,9	43,8	34,3	63,3	56,3	59,2
Biotita	6,6	4,7	2,8	3,8	2,7	1,3	3,7	4,5	4,9	4,1	6,2	3,5	5,2	4,2	4,9	3,7	5,1	2,3	3,4	1,8	2,5	2,3
Anfibólio	24,8	14,4	19,6	7,3	2,8	2,7	2,3	2,6	1,3	2,0	2,2	2,9	0,9	0,9	2,9	3,0	3,2	1,8	0,5	2,8	1,3	1,4
Titanita	0,5	0,3	0,3	0,4	0,7	0,6	0,1	1,0	0,9	0,6	0,7	1,4	1,1	0,6	0,8	1,3	0,6	1,1	1,0	0,7	0,5	1,1
Opacos	1,8	3,6	1,8	1,5	1,6	1,7	0,3	2,0	0,7	1,0	0,5	0,9	1,7	0,8	1,2	1,5	1,8	0,6	1,0	1,4	1,6	1,3
Epidoto	1,0	1,1	0,2	0,4	Tr	0,6	---	---	0,2	0,3	---	0,8	0,7	---	---	1,0	0,7	0,1	0,1	---	Tr	0,3
Clorita	0,1	0,4	0,8	0,3	0,4	1,3	0,6	0,1	---	0,6	0,6	0,4	0,2	0,4	0,5	0,5	---	0,5	0,8	0,1	0,1	0,8
Fluorita	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Acessórios	2,0	0,3	0,2	0,5	0,1	1,5	0,2	0,8	0,3	0,3	0,2	---	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,1	0,5	0,3	0,8
Félsicos	63,1	75,1	74,1	85,7	91,6	90,2	92,7	88,8	91,5	91,0	89,5	89,8	89,8	92,4	89,0	88,2	87,9	93,0	92,0	92,5	93,6	91,8
Máficos	36,8	24,8	25,7	14,2	8,3	9,7	7,2	11,0	8,3	8,9	10,4	9,9	10,1	7,5	10,9	11,6	12,0	6,9	6,9	7,3	6,3	8,0
FK+PI	60,2	69,6	68,0	75,1	77,1	75,5	76,2	70,9	73,4	72,7	70,8	70,9	69,4	71,3	67,3	62,7	61,2	66,3	64,5	80,1	76,8	74,6
Q	4,6	7,3	8,2	12,4	15,8	16,3	17,8	20,2	19,8	20,1	20,9	21,1	22,7	22,8	24,4	28,9	30,4	28,7	30,6	13,4	18,0	18,7
A	17,3	14,3	14,6	24,3	42,1	47,8	47,8	33,3	46,1	38,7	27,8	31,5	29,3	40,3	35,8	31,9	31,7	47,1	36,9	68,4	60,2	64,5
P	78,1	78,4	77,2	63,4	42,0	35,9	34,4	46,5	34,1	41,2	51,3	47,4	48,0	36,9	39,8	39,2	37,9	24,2	32,5	18,2	21,9	16,8
Pontos	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1700	1800	1800	1700	1600	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1600

BAMD a B A Q M D = Biotita-anfibólio-monzodiorito a quartzo-monzodiorito

A B Q S = Anfibólio-biotita-quartzo-sienito

Q=quartzo A=álcali-feldspato P=plagioclásio

Tabela 3.1 (cont.) - Análises Modais das variedades petrográficas do Granito São Jorge *Antigo*, Província Aurífera do Tapajós

Fácies	BIOTITA-LEUCOMONZOGRAFITO a SIENOGRAFITO - porção sul do corpo															BIOTITA-LEUCOMONZOGRAFITO a SIENOGRAFITO- centro do corpo														
	Amostra	79b	63a	30	68b	60	63b	69	71	64b	25a	25e	74	31	76	68a	66	35a	85	01a	75	Ls-14	VW-2	Eb-17	02a	Ls-12	02b	Eb-3	01b	
Quartzo		20,8	21,9	24,4	24,9	25,2	25,3	25,8	26,5	27,1	27,4	27,4	27,4	27,9	30,3	31,5	32,0	22,1	23,7	25,6	26,3	26,4	27,4	27,6	29,6	29,8	30,6	31,5	32,9	
Plagioclásio		28,5	28,5	22,3	33,7	37,9	28,0	27,4	33,4	26,9	27,0	29,6	31,7	39,9	22,7	33,6	21,3	29,4	26,2	25,2	24,3	16,9	30,8	22,2	29,3	18,9	25,7	16,8	26,9	
Álcali-feld.		46,7	44,8	47,1	38,4	33,5	43,7	43,2	37,3	42,3	42,9	36,6	36,6	27,9	42,3	30,9	43,5	45,9	46,8	46,4	46,7	55,1	37,8	48,7	37,8	49,6	39,8	49,8	38,4	
Biotita		0,6	2,3	4,1	1,7	1,4	0,5	1,9	1,6	2,2	0,4	2,9	2,1	2,8	0,7	1,7	2,2	0,2	0,9	0,7	1,1	Tr	1,0	0,4	0,2	0,8	0,2	0,1	0,8	
Anfibólio		0,4	---	---	---	---	---	---	---	---	0,2	0,3	---	---	0,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Titanita		0,9	0,6	0,1	0,4	0,6	0,3	0,5	0,1	0,7	0,9	0,6	0,7	0,1	1,0	0,9	0,1	0,6	0,5	0,8	0,4	0,3	0,6	0,5	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	
Opacos		1,1	0,9	1,2	0,4	0,6	0,4	0,9	0,6	0,5	0,2	0,7	1,3	0,9	0,8	1,1	0,5	0,6	1,2	0,5	0,7	0,7	0,8	0,3	1,1	0,3	1,7	0,5	0,3	
Epidoto		---	---	---	---	0,5	0,1	---	---	---	0,1	0,8	---	---	0,8	---	---	<0,1	<0,1	<0,1	---	---	Tr	Tr	<0,1	---	---	---	0,1	
Clorita		0,4	0,5	0,5	0,2	---	0,8	---	0,1	---	0,7	0,1	---	0,3	1,0	0,2	---	0,6	0,1	0,4	0,2	0,3	1,2	Tr	0,6	Tr	0,7	0,3	0,1	
Fluorita		---	---	---	---	Tr	---	---	---	---	---	---	---	Tr	---	---	---	Tr	---	---	---	---	---	---	---	---	Tr	Tr	---	
Acessórios		0,5	0,4	---	0,1	0,2	0,7	0,2	0,3	0,2	0,1	0,9	Tr	0,1	0,2	---	0,2	0,4	0,5	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	Tr	0,6	0,5	0,2	
Félsicos		96,0	95,2	93,8	97,0	96,6	97,0	96,4	97,2	96,3	97,3	93,6	95,7	95,7	95,3	96,0	96,8	97,4	96,7	97,2	97,3	98,4	96,0	98,5	96,7	98,3	96,1	98,1	98,2	
Máficos		3,9	4,7	5,9	2,8	3,3	2,8	3,5	2,7	3,6	2,6	6,3	4,1	4,2	4,6	3,9	3,0	2,4	3,2	2,6	2,6	1,5	3,9	1,4	3,1	1,7	3,8	1,8	1,7	
FK+Pl		75,2	73,3	69,4	72,1	71,4	71,7	70,6	70,7	69,2	69,9	66,2	68,3	67,8	65,0	64,5	64,8	75,3	73	71,6	71,0	72,0	68,6	70,9	67,1	68,5	65,5	66,6	64,7	
Q		21,7	23,0	26,0	25,7	26,1	26,1	26,8	27,3	28,1	28,2	29,3	28,6	29,0	31,8	32,8	33,1	22,7	24,5	26,3	27,0	26,8	28,5	28,0	30,6	30,3	31,8	32,1	33,5	
A		48,7	47,1	50,2	39,6	34,7	45,1	44,8	38,4	43,9	44,0	39,1	38,2	29,2	44,4	32,2	44,9	47,1	48,4	47,7	48,0	56,0	39,4	49,4	39,1	50,5	41,4	50,8	39,1	
P		29,7	29,9	23,8	34,7	39,2	28,9	28,4	34,4	27,9	27,8	31,6	33,1	41,7	23,8	35,0	22,0	30,2	27,1	25,9	25,0	17,2	32,1	22,5	30,3	19,2	24,7	17,1	27,4	
Pontos		1800	1800	1700	1700	1800	1800	1700	1800	1800	1700	1800	1800	1700	1700	1700	1800	1700	1800	1700	1800	1800	1700	1800	1700	1800	1800	1800	1800	

Q=quartzo A=álcali-feldspato P=plagioclásio

cálcicas. Muitos cristais apresentam manchas sódicas irregulares em seus núcleos, evidenciando *patchy zoning* (Vance 1965). As vezes há grãos de quartzo e opacos associados às zonas sódicas. Cristais com bordas arredondadas e/ou irregulares, sugerindo reabsorção, são comuns. O plagioclásio ocorre também como finos cristais euédricos, alterados, inclusos no anfibólio (Figura 3.5C), sugerindo cristalização anterior a deste último. Os contatos entre essas duas fases minerais geralmente são retos, porém, por vezes, há corrosão nas bordas e o plagioclásio chega a preencher baías na hornblenda. Alguns cristais mostram fraturas preenchidas por epidoto e planos de macla deslocados.

O quartzo, com teores modais de 2,9 a 10,6% (Tabela 3.1), ocorre como mineral intersticial de granulação média a fina, exibindo extinção ondulante moderada (Qz_1). Está presente também como produto de transformação do anfibólio, na forma de pequenos cristais subarredondados a irregulares (Qz_2) e como pequenas inclusões (< 0,5 mm) nos cristais de plagioclásio (Qz_3).

Cristais anédricos (<2mm) de álcali-feldspato micropertítico (11 a 21% modal; Tabela 3.1) desenvolvem-se intersticialmente. Mostram contatos geralmente retos com o anfibólio e mais irregulares com o plagioclásio. Por vezes, ocorrem como pequenas manchas anédricas no interior deste último mineral. Alguns cristais finos (<1mm) exibem maclamento albita-periclina (xadrez) típico, indicando a sua inversão para microclina durante o resfriamento.

O anfibólio é o máfico dominante com proporções modais que variam de 7 a 25% (Tabela 3.1). Ocorre como cristais subédricos a euédricos, com dimensões de 0,7 a 3,6 mm, por vezes maclados e corroídos em seus centros. Apresenta pleocroísmo marrom-esverdeado no centro e verde-claro nas bordas, sendo esta última cor predominante na maioria dos cristais. Embora ocorram exceções, análises de microsonda revelaram a dominância de anfibólios composicionalmente zonados, formados por núcleos e zonas intermediárias de hastingsita magnésiana (Mg-hast) e tschermakita (Tsch) e bordas de hornblenda-magnésiana (HbMg) (Tabela Anexo 1.1; Figuras 3.5C, 3.21A e B). A Mg-hast representa a fase mais precoce de cristalização. Apresenta razões Mg/Mg+Fe entre 0,75-0,80 e conteúdos de $(Na+K)_A$ e Si compreendidos, respectivamente, entre 0,5 a 0,6 auf e 6,1 a 6,4 auf (Tabela Anexo 1.1). Possui teores de Al_t elevados, variando geralmente entre 1,7 e 2,0 auf, o que sugere cristalização a altas pressões (Hammarstron & Zen 1986, Hollister et al. 1987, Johnson & Rutherford 1989, Schmidt 1992, Anderson & Smith 1995). A HbMg ocorre apenas nas bordas dos cristais, podendo

representar produtos de reequilíbrio no estágio magmático tardio ou, menos provavelmente, *subsolidus* (Figuras 3.5C e D). Mostra razões Mg/Mg+Fe (0,74 a 0,79) mais baixas ou similares e conteúdos de (Na+K)_A inferiores (0,1 a 0,4 auf) as da Mg-hast, sendo porém mais ricas em Si (6,6 a 7,4 auf). Seus conteúdos de Al_t situam-se entre 0,8 e 1,6 auf. A Tsch tem razões Mg/Mg+Fe entre 0,68 e 0,70, (Na+K)_A entre 0,4 e 0,5 auf e Al_t entre 1,72 e 1,87 auf (Tabela Anexo 1.1). Epidoto, clorita, titanita e, mais raramente, biotita são os principais produtos de alteração dos anfibólios.

A biotita, com teores modais entre 2,8 e 6,6%, apresenta-se de duas maneiras texturais: **Bt₁**, na forma de lamelas subédricas a anédricas (<2 mm) com bordas corroídas e dispostas aleatoriamente. Seu pleocroísmo é verde-oliva a marrom-claro. Altera-se para epidoto, clorita e titanita preferencialmente ao longo de seus planos de clivagem. Inclusões de apatita, zircão e opacos são freqüentes, estando este último mineral comumente coroado por titanita. Algumas vezes ocorre envolvendo parcialmente cristais corroídos de anfibólio (Figura 3.5E). A **Bt₂** é um mineral secundário raro, ocorrendo na forma de pequenas lamelas provenientes da alteração de anfibólio. A clorita substitui parcialmente a biotita, principalmente ao longo de suas clivagens.

A titanita está presente como mineral primário e de alteração. Três tipos texturais foram identificados: **Tit₁**, na forma de cristais anédricos a subédricos com até 1 mm de comprimento e apresentando contatos geralmente retilíneos com o plagioclásio (Figura 3.5F) e o anfibólio. Possui pleocroísmo fraco castanho-avermelhado e está associada ou contém inclusões de apatita, opacos e zircão; **Tit₂**, formando coroas em torno dos minerais opacos; **Tit₃**, como agregados de finos cristais anédricos provenientes da alteração de anfibólio ou biotita, podendo ou não ocorrer ao longo de seus planos de clivagem. É muito provável que a Tit₁ tenha cristalizado diretamente a partir do magma, sendo um mineral primário, haja vista sua forma e associação freqüente com opacos, plagioclásio e anfibólio, muitas vezes mostrando contatos retos com esses minerais. O tipo Tit₃ mostra feições indicativas de origem deutérica (Barrière & Cotten 1979). Já o tipo Tit₂, poderia ser formado no estágio magmático tardio ou ser pós-magmático.

Os minerais opacos são representados por magnetita (Mt), ilmenita (Ilm), pirita (Py) e calcopirita (Cpy). A Mt forma cristais predominantemente euédricos, com dimensões que variam de 0,02 a 0,1 mm, associados aos ferromagnesianos ou inclusos em plagioclásio. A Ilm, presente nas formas treliça, sanduíche, composta e individual, ocorre como cristais anédricos a subédricos em contato direto ou intercrescidos com a Mt. A Py, pouco abundante, apresenta-se como cristais

anédricos a subédricos, isolados ou disseminados, associados geralmente aos ferromagnesianos, a Mt e a Ilm. A Cpy é rara e associa-se ou está inclusa na Mt (Figueiredo 1999).

A apatita ocorre como mineral euédrico (<0,5 mm) associada a opacos, titanita, anfibólio e plagioclásio. Acha-se freqüentemente inclusa nesses dois últimos minerais.

O zircão é euédrico, zonado, incluso geralmente na biotita e no plagioclásio.

Dois tipos texturais de epidoto foram identificados: **Ep₁**, em cristais anédricos (<0,5 mm) ocorrendo no centro ou nas bordas dos cristais de plagioclásio, provavelmente como produto de sua alteração. Apresentam coloração amarelo-pálida e fraca birrefringência, indicativos de composição de zoisita ou clinozoisita. **Ep₂**, formando agregados de cristais provenientes da alteração de anfibólio e biotita. Possuem coloração verde-pálido a amarelo-claro e birrefringência mais forte do que no caso anterior, sendo muito provavelmente da variedade pistacita.

3.2.1.3.2 – Anfibólio-biotita-monzogranito a quartzo-monzonito (ABMZG a ABQM)

Os ABMZG a ABQM representam a fácies dominante do Granito São Jorge *Antigo*. Possuem textura granular hipidiomórfica, granulação média a grossa, e são constituídos essencialmente por plagioclásio, álcali-feldspato e quartzo, tendo como minerais varietais anfibólio e biotita. Como acessórios primários ocorrem apatita, zircão, opacos, titanita e, raramente, alanita. Sericita, clorita, epidoto, titanita, biotita, albita, fluorita e carbonatos são os principais minerais de alteração.

Entre as feições mais características dessas rochas destacam-se:

- (1) Enclaves (<10 cm) microgranulares escuros, subarredondados, constituídos basicamente de plagioclásio, subédrico e saussuritizado e anfibólio, comumente alongado e transformado para biotita, epidoto e titanita. Apatita acicular e opacos subédricos a anédricos ocorrem associados. Apresentam uma composição diorítica a quartzo-diorítica e tendem a desaparecer nos termos mais ácidos;
- (2) Agregados de minerais ferromagnesianos a base de biotita, anfibólio, titanita, opacos, epidoto, apatita e zircão (Figura 3.6A);
- (3) Texturas rapakivi localizadas;
- (4) Cristais de plagioclásio com forte zoneamento normal-oscilatório, às vezes inverso;

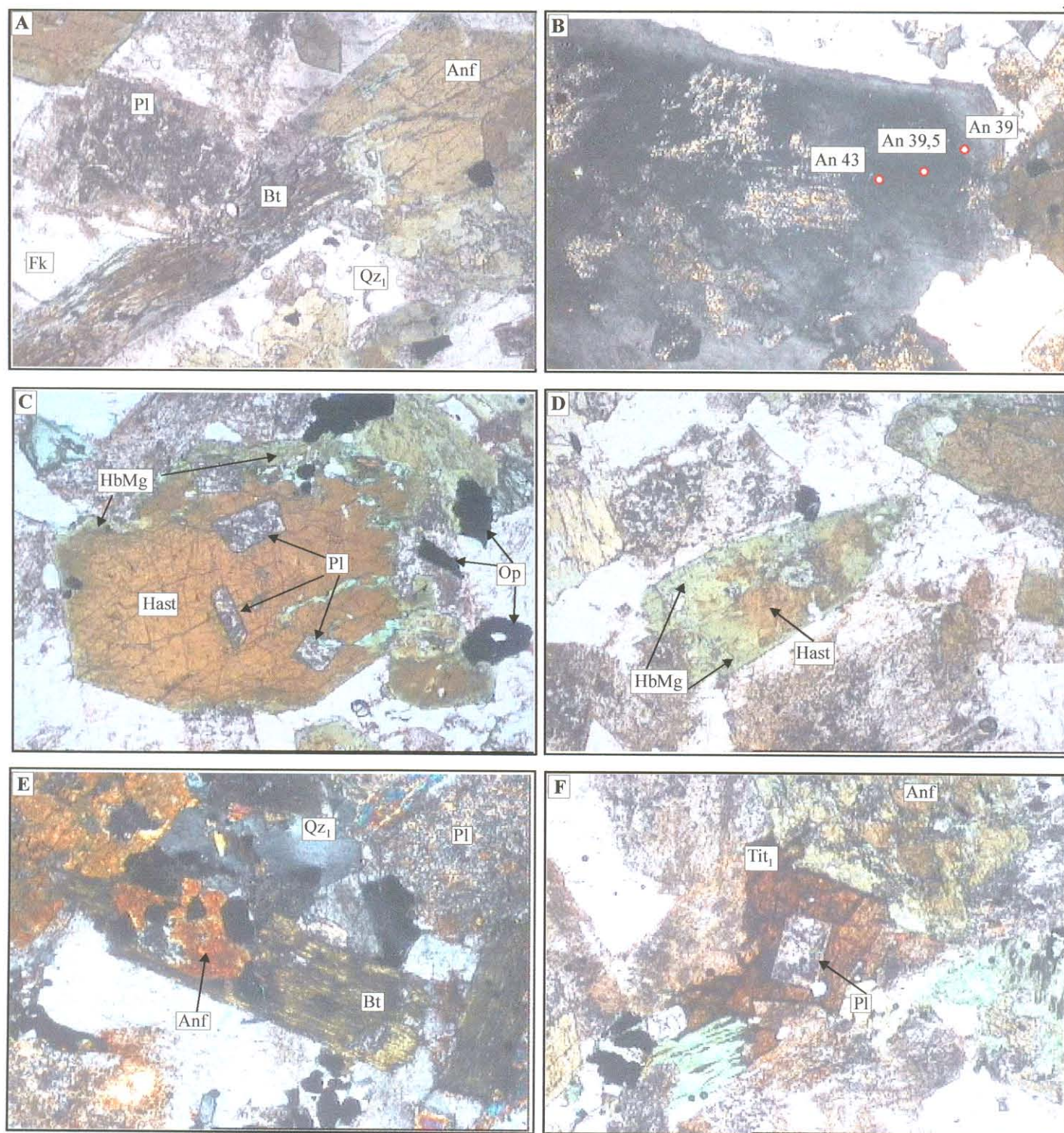


Figura 3.5 - Características petrográficas do BAQMD (amostra 58), Granito São Jorge *Antigo*, Província Aurífera do Tapajós. (A) Aspecto textural mostrando o caráter euédrico a subédrico de plagioclásio alterado (Pl) e anfibólio (Anf), bem como a disposição intersticial de álcali-feldspato (Fk) e quartzo (Qz_1); nicóis paralelos; (B) Cristal de plagioclásio zonado e alterado no centro, mostrando pontos analisados por microsonda, nicóis cruzados; (C) Cristal euédrico de anfibólio mostrando núcleo hastingsítico (Hast) e borda de hornblenda magnesiana (HbMg) e contendo finas inclusões de plagioclásio (Pl) e opacos associados (Op), nicóis paralelos; (D) Cristal de anfibólio apresentando composições hastingsítica (Hast) no centro e de hornblenda magnesiana (HbMg) nas bordas; nicóis paralelos; (E) Cristal subédrico de biotita (Bt) parcialmente alterado, associado a cristal subédrico de anfibólio. Opacos ocorrem como inclusões em ambos minerais; nicóis cruzados; (F) Cristais subédricos de titanita (Tit_1), englobando cristal euédrico alterado de plagioclásio (Pl); nicóis paralelos. Largura das microfotografias = 2,5 mm.

(5) Presença freqüente de manchas sódicas nos núcleos de cristais de plagioclásio evidenciando *patchy zoning* (Vance 1965) e de agregados de cristais de plagioclásio (Figura 3.6B), sugerindo *synneusis* (Vance 1969).

(6) Cristais de álcali-feldspato (5 a 7 mm) zonados e maclados, mostrando núcleos euédricos (Figura 3.6C) e inclusões de plagioclásio, biotita e quartzo nas bordas.

O plagioclásio, com conteúdo modal geralmente entre 30 e 43% (Tabela 3.1), desenvolve cristais subédricos a anédricos (1,0-4,0 mm) com zoneamento marcante e intensamente saussuritizados. Ocorre como finas inclusões na biotita, evidenciando seu caráter mais precoce (Figura 3.6D). Altera-se intensamente para sericita e epidoto, com este último mineral desenvolvendo-se geralmente no núcleo ou nos contatos entre cristais de plagioclásio. Cristais irregulares e límpidos de albita desenvolvem-se nos contatos entre cristais de plagioclásio e álcali-feldspato. Albita *chessboard* ocorre localmente. Análises de microsonda acusaram composições variando de oligoclásio cálcico (An 29) a sódico (An 19) (Tabela Anexo 3.1; Figura 3.19A).

O quartzo apresenta proporções modais variando de 14,5 a 28,4%. Quatro tipos texturais foram identificados: **Qz₁**, anédrico, geralmente com arranjo intersticial, granulação média e extinção ondulante (Figuras 3.6C, E); **Qz₂**, na forma de grãos subarredondados provenientes da alteração dos ferromagnesianos (Figura 3.6D e F); **Qz₃**, como finos (<0,5 mm) grãos anédricos inclusos no plagioclásio e álcali-feldspato e, **Qz₄**, formando intercrescimentos mirmequíticos com o plagioclásio em contatos entre cristais de álcali-feldspato ou de álcali-feldspato e plagioclásio.

O álcali-feldspato (25 a 44% modal) forma cristais subédricos a anédricos com 1,5 a 7,0 mm de comprimento e freqüentes intercrescimentos micropertíticos, com lamelas do tipo *string* (Smith 1974; Deer et al. 1992) bem desenvolvidas. No contato entre dois cristais é comum a formação de albita intergranular. Cristais com maclas albita-periclina, características da microclina, são observados com certa freqüência.

O anfibólio, com conteúdo modal entre 0,5 e 3,2% (Tabela 3.1), apresenta-se como cristais subédricos a anédricos, de granulação média, geralmente alongados e transformados, em diferentes intensidades, para biotita, epidoto, titanita, quartzo e clorita (Figura 3.6F). Associa-se comumente aos opacos, titanita, zircão e apatita, às vezes englobando-os. Seu pleocroísmo varia de verde-claro a verde-amarelado, contrastando com o dos anfibólios hastingsíticos das rochas dioríticas que mostram tonalidades mais escuras. Não mostram zoneamento composicional

núcleo-borda e são representados essencialmente por hornblenda-magnesiana, raramente com actinolita nas bordas dos cristais (Figura 3.21A; Tabela Anexo 1.1). Apresentam razões $Mg/Mg+Fe$ próximas a inferiores aos valores encontrados na HbMg das rochas dioríticas, porém o Al_t e o conteúdo de $(Na+K)_A$ são comparativamente inferiores (Tabela Anexo 1.1; Figuras 3.21A, B).

Foram distinguidos dois tipos texturais de biotita: **Bt₁**, primária, na forma de cristais subédricos a anédricos de até 7 mm de comprimento, exibindo pleocroísmo castanho-escuro esverdeado a castanho-claro levemente amarelado. Apresenta bordas geralmente corroídas e inclusões de plagioclásio, apatita, zircão e opacos (Figura 3.6D). Altera-se, com certa intensidade, para clorita, titanita e epidoto. Análises de microsonda revelaram teores de Ti^{4+} entre 0,16 e 2,3 auf, Al_t entre 2,4 a 2,9 auf e razões $Mg/Mg+Fe$ entre 0,53 a 0,59 (Figura 3.21D; Tabela Anexo 2.1), correspondendo a uma biotita magnesiana (Foster 1960). **Bt₂**, na forma de finas lamelas, geralmente formando agregados de cristais provenientes da alteração do anfíbólio (Figura 3.6F). Seu pleocroísmo varia de castanho-claro a verde-claro.

A titanita ocorre em três variedades texturais: **Tit₁**. É o tipo predominante. Ocorre como cristais prismáticos losangulares, euédricos a subédricos (0,2-1,5 mm), por vezes geminados, com leve pleocroísmo castanho-avermelhado. Associa-se freqüentemente a opacos, zircão e apatita. **Tit₂**, envolvendo e substituindo opacos. **Tit₃**, como finos agregados de cristais anédricos provenientes da alteração do anfíbólio e biotita, ocorrendo geralmente ao longo de seus planos de clivagem.

Os minerais opacos são relativamente comuns nessas rochas. Ocorrem como cristais anédricos a subédricos, geralmente inclusos ou associados aos ferromagnesianos e a titanita, ou como inclusões disseminadas nos feldspatos. São representados por magnetita freqüentemente corroída, ilmenita do tipo individual, geralmente coroada por titanita, hematita intercrescida com a ilmenita ou como alteração da magnetita sob a forma de martita, pirita e calcopirita (Figueiredo 1999).

A apatita forma cristais euédricos, prismáticos, às vezes fraturados, inclusos nos anfibólios e, mais raramente, nas biotitas.

O zircão é euédrico a subédrico, bipiramidal, freqüentemente zonado, associado aos opacos e titanita ou incluso nos ferromagnesianos. Mais raramente forma cristais anédricos, por vezes subarredondados, desenvolvendo halos pleocróicos na biotita.

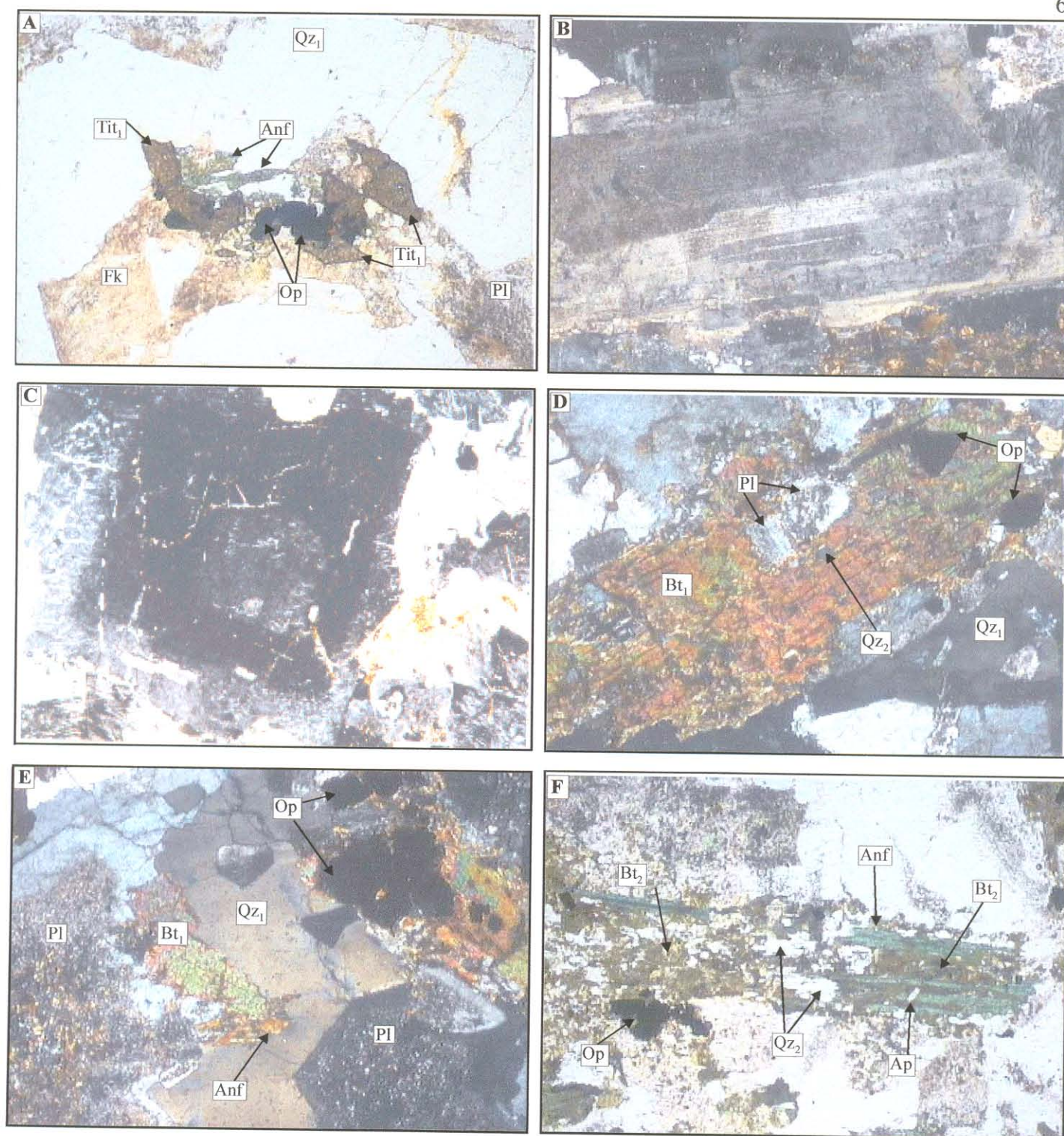


Figura 3.6 - Fotomicrografias mostrando características petrográficas dos ABMZG a ABQM, Granito São Jorge Antigo, Província Aurífera do Tapajós. (A) Agregado de cristais de Titanita (Tit_1), opacos (Op), anfibólio (Anf), epidoto e zircão (não mostrados); amostra 73a; nicóis cruzados, (B) Cristais subédricos de plagioclásio, zonados e parcialmente alterados, em relação de *syneusis*; amostra 28; nicóis cruzados, (C) Cristal subédrico, zonado de álcali-feldspato mostrando núcleo automorfo e finas inclusões de plagioclásio nas bordas; notar o caráter xenomórfico do quartzo associado; amostra 27; nicóis cruzados; (D) Cristal subédrico de biotita (Bt_1), parcialmente alterado, com bordas corroídas, mostrando finas inclusões de plagioclásio (Pl), opacos (Op) e quartzo (Qz_2), amostra 28; nicóis cruzados; (E) Cristais anédricos de quartzo preenchendo os espaços entre cristais de plagioclásio (Pl), biotita (Bt_1), anfibólio (Anf) e opacos (Op); amostra 28; nicóis cruzados; (F) Pseudomorfo de anfibólio (Anf) formado por biotita (Bt_2) e quartzo (Qz_2). Inclusões de apatita (Ap) são comuns; amostra 73b; nicóis paralelos. Largura das fotos A, B, D, E e F=2,5 mm; C=5,6 mm.

O epidoto ocorre em duas variedades texturais perfeitamente análogas àquelas descritas nos BAMD a BAQMD, porém com a diferença que o Ep_2 , além de associar-se à alteração de anfibólio e biotita, também se apresenta nesta fácies na forma de cristais subédricos, com até 1,5 mm de comprimento, às vezes fraturados, entre cristais de plagioclásio, mostrando contatos retos com este mineral, ou em contatos entre cristais de plagioclásio-álcali-feldspato e de quartzo-álcali-feldspato.

O Ep_1 seria resultante da transformação dos núcleos mais cálcicos de cristais de plagioclásio, enquanto o Ep_2 também seria originado, provavelmente, a partir de alterações *subsolidus* (Sial 1990), porém envolvendo os minerais máficos.

3.2.1.3.3 – Anfibólio-biotita-quartzo-sienito (ABQS)

As rochas quartzo-sieníticas ocorrem muito localmente e não possuem representatividade areal no corpo. São rochas de granulação média e coloração cinza-rosada, contendo álcali-feldspato, plagioclásio, quartzo, anfibólio e biotita. Texturas *rapakivi* ocorrem localmente. Macroscopicamente são muito similares aos ABMZG. Ao microscópio, entretanto, são mais ricas em álcali-feldspato e mais pobres em quartzo e plagioclásio (Tabela 3.1). Anfibólio e biotita são os minerais varietais (Figura 3.7A). Os acessórios primários são idênticos aos encontrados na fácies ABMZG a ABQM. Epidoto, clorita, titanita, sericita, biotita e argilo-minerais ocorrem como produtos de alteração.

O álcali-feldspato pertítico a *patch*-pertítico é a fase dominante, com proporções modais entre 56 e 63% (Tabela 3.1). Forma cristais subédricos a anédricos com freqüentes inclusões de plagioclásio, biotita, quartzo, zircão e titanita. Cristais finos com maclas albita-periclina são comuns. Cristais mais desenvolvidos mostram zoneamento e núcleo automorfo.

O quartzo, com proporção modal entre 12 e 17%, ocorre como cristais intersticiais finos a médios, por vezes com tendência granofírica (Qz_1), e como finos grãos anédricos provenientes da alteração do anfibólio (Qz_2). Apresenta extinção ondulante moderada. Ocorre, ainda, como finos intercrescimentos mirmequíticos no contato entre cristais de plagioclásio e álcali-feldspato (Qz_4).

O plagioclásio apresenta-se como cristais subédricos a anédricos, médios a finos, por vezes zonados e maclados, saussuritizados ou sericitizados em diferentes intensidades. Texturas anti-*rapakivi* ocorrem localmente (Figura 3.7B). Alguns cristais mostram manchas irregulares

que lembram feições de *patchy zoning*. Composicionalmente são representados por oligoclásio cálcico (An 23) a sódico (An 17) (Figura 3.19A; Tabela Anexo 3.1).

O anfibólio (<3,0 % modal; Tabela 3.1) forma cristais anédricos a subédricos pouco alterados para biotita, titanita e epidoto. Inclusões finas de plagioclásio ocorrem localmente, evidenciando o caráter precoce deste mineral. Os cristais mais preservados mostram pleocroísmo verde-claro a castanho-claro. Apatita, opacos e zircão são inclusões comuns (Figura 3.7C). São representados predominantemente por hornblenda-magnésiana (Figura 3.21A), raramente com actinolita presente nas bordas dos cristais (Tabela Anexo 1.1). As razões Mg/Mg+Fe situam-se entre 0,66 e 0,78 e os teores de Al_t se superpõem aos dos anfibólios da fácies ABMZG+ABQM, indicando cristalização a pressões semelhantes.

A biotita apresenta-se como cristais anédricos a subédricos (**Bt₁**), geralmente com bordas corroídas e pleocroísmo marrom-esverdeado a castanho-claro. Altera-se com frequência para titanita, epidoto e clorita. Apatita, opacos e zircão são inclusões comuns. As razões Mg/Mg+Fe e os conteúdos de Ti⁴⁺ (0,21 a 0,35) são coincidentes com aqueles encontrados nas biotitas dos ABQM+ABMZG, embora os seus conteúdos de Si sejam mais elevados (Figura 3.21D; Tabela Anexo 2.1). Ocorre também como finas lamelas provenientes da alteração do anfibólio (**Bt₂**).

A titanita é um mineral primário comum. Seus cristais são subédricos a anédricos, pouco alterados e se associam aos opacos e aos ferromagnesianos (**Tit₁**). Ocorre também secundariamente como finos agregados de cristais (**Tit₂**) resultantes da alteração dos anfibólios e biotitas. Os opacos são anédricos, localmente subédricos, de granulação fina e geralmente associados aos ferromagnesianos. Cristais mais desenvolvidos estão comumente coroados por titanita. O zircão forma cristais subédricos a anédricos zonados, fraturados e geralmente associados ou inclusos em biotita, anfibólio (Figura 3.7C) e opacos.

3.2.1.3.4 – Biotita-leucomonzogranito a sienogranito da porção sul do corpo (BLMZG/SG-sul)

São rochas com textura granular hipidiomórfica, localmente seriada, granulação média dominante, constituídas essencialmente por álcali-feldspato, quartzo e plagioclásio. A biotita é o principal ferromagnésiano. O anfibólio é muito escasso ou mais comumente ausente, ocorrendo como raros pseudomorfos formados por biotita, clorita, titanita, opacos, epidoto e quartzo (Figura 3.7D). Titanita, opacos, apatita, zircão e, mais raramente, allanita são os principais acessórios

primários. Sericita, clorita, epidoto, titanita, biotita e argilo-minerais são os minerais secundários mais comuns.

O álcali-feldspato é a fase dominante nessas rochas, com teores modais entre 28 e 47% (Tabela 3.1). Forma cristais anédricos a subédricos, finos a médios, pertíticos a *patch*-pertíticos com freqüentes inclusões de plagioclásio, opacos, biotita e quartzo. Cristais finos com macla albita-periclina são comuns. Albita intergranular desenvolve-se freqüentemente entre cristais pertíticos. Localmente envolvem cristais de plagioclásio, sugerindo uma textura anti-rapakivi. A alteração para argilo-minerais, denotada pelo seu aspecto turvo em lâmina delgada, é de intensidade média a alta.

Quatro tipos texturais de quartzo foram distinguidos: **Qz₁**, como cristais anédricos finos a grossos, apresentando extinção ondulante moderada e raras fraturas; **Qz₂**, anédrico, associado à biotita e aos pseudomorfos de anfibólio; **Qz₃**, ocorrendo como finas inclusões nos feldspatos e, **Qz₄**, formando as mirmequitas, apresentando-se como vermes e gotas nas zonas sódicas entre cristais de plagioclásio e álcali-feldspato.

O plagioclásio, com proporções modais entre 21 e 40%, apresenta-se de duas formas texturais. **Pl₁**, como cristais subédricos a anédricos de granulação média dominante, zonado e saussuritizado em diferentes intensidades. Alguns cristais mostram *patchy zoning*. Representam, provavelmente, cristais reliquias mais cálcicos (Figura 3.7E); **Pl₂**, formando cristais euédricos a subédricos, maclados, sem zoneamento aparente e fracamente alterados para sericita, evidenciando um caráter mais sódico. Análises de microsonda nesses últimos revelaram composições que variam de oligoclásio sódico (An 14) a albita (An 2) (Figura 3.19A; Tabela Anexo 3.1).

A biotita (0,5 a 4,0% modal) ocorre como cristais anédricos a subédricos, finos a médios, com pleocroísmo marrom-esverdeado a castanho-claro. Freqüentemente forma agregados de finos cristais (Figura 3.7F). Zircão e apatita são inclusões comuns. Altera-se em diferentes intensidades para epidoto, titanita e clorita, e, por vezes, possui fluorita associada. De um modo geral, as biotitas dessas rochas são mais ricas em Si e Mg e mais pobres em Fe²⁺ e Ti⁴⁺ do que as biotitas das demais fácies, proporcionando razões Mg/Mg+Fe (0,63 a 0,60) comparativamente mais elevadas (Figura 3.21D; Tabela Anexo 2.1).

A titanita ocorre em duas variedades texturais: **Tit₁**, como cristais euédricos a subédricos (≤ 2 mm) pouco alterados e associados comumente a opacos, biotita, zircão e apatita; **Tit₂**, como

cristais anédricos (≤ 1 mm) provenientes da alteração da biotita, geralmente dispersos ao longo de seus planos de clivagem, e na forma de cristais anédricos nos pseudomorfos de anfibólio.

Os opacos estão geralmente associados aos ferromagnesianos (Figura 3.7D) e à titanita. Comumente formam agregados de cristais anédricos, por vezes corroídos, fraturados e coroados por titanita. São raros como inclusões nos minerais félsicos. Magnetita, ilmenita, hematita, pirita e calcopirita foram identificadas nesta fácies (Figueiredo 1999). A magnetita, contrariamente ao observado nas fácies precedentes, apresenta-se fortemente martitizada. A ilmenita é pouco abundante e geralmente ocorre como ilmenita do tipo individual. A hematita é comum como produto de oxidação da magnetita, embora ocorra de modo localizado sob a forma de intercrescimentos com a ilmenita ou preenchendo fraturas. Pirita e calcopirita aparecem associadas a biotita ou inclusas nos feldspatos.

O zircão é um mineral comum, geralmente euédrico a subédrico, zonado, fraturado e incluso na biotita, onde desenvolve halos pleocróicos. Associa-se também aos opacos e pseudomorfos de anfibólio.

A apatita associa-se aos ferromagnesianos e a alanita aparece raramente como cristais subédricos a anédricos, fracamente zonados e de coloração amarelada,

O epidoto é freqüente nos cristais reliquiares de plagioclásio onde forma finos cristais dispersos em seus centros. Ocorre também como alteração da biotita e nos pseudomorfos de anfibólio. A fluorita aparece como fusóides em cristais de biotita.

3.2.1.3.5 – Biotita-leucomonzogranito a sienogranito da porção central do corpo (BLMZG/SG-centro)

Os leucogranitos da porção central do Granito São Jorge *Antigo* apresentam a mesma textura e mineralogia dos leucogranitos da porção sul, porém não possuem pseudomorfos de anfibólio e são mais pobres em biotita (Tabela 3.1), a qual apresenta-se freqüentemente cloritizada.

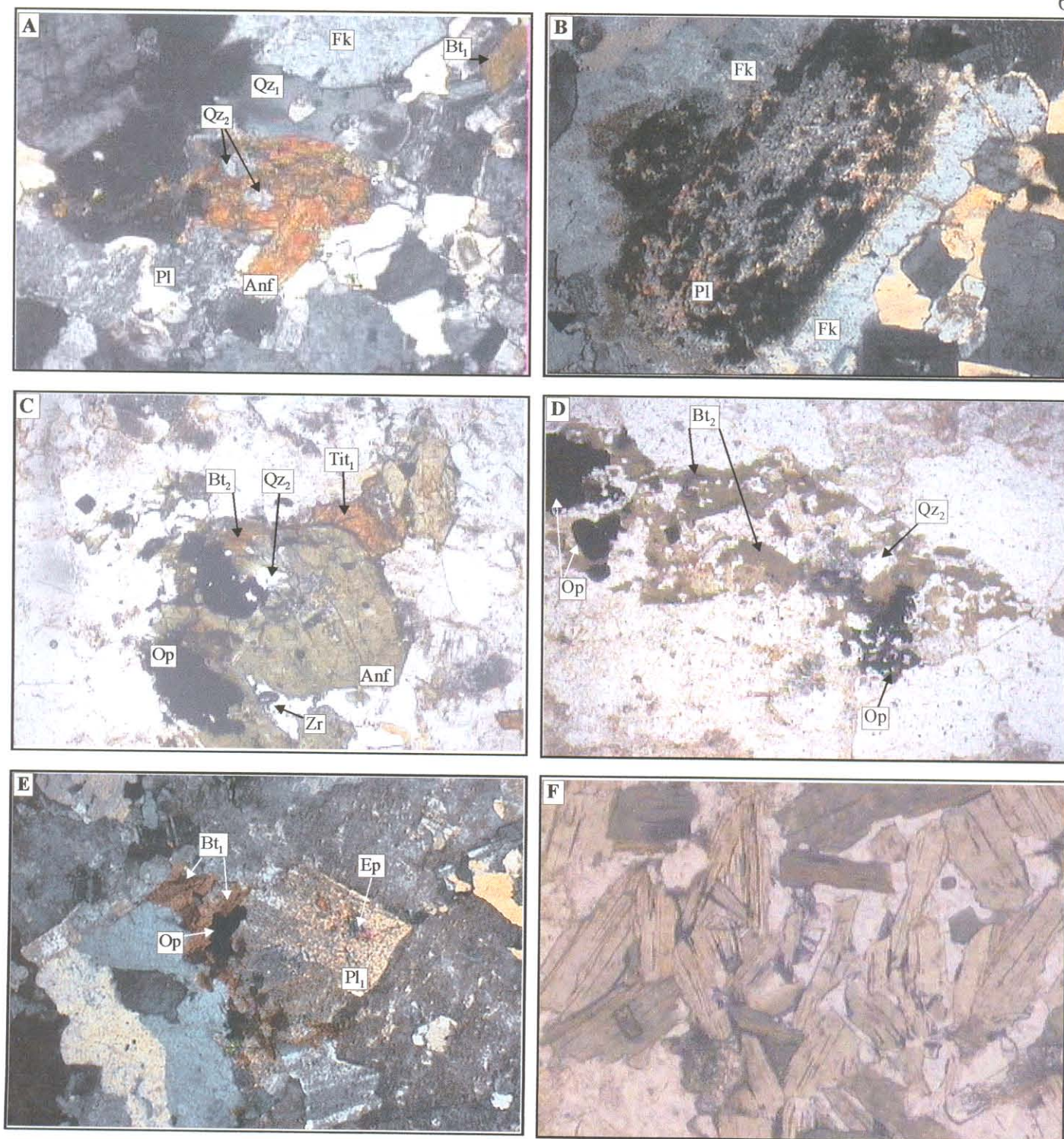


Figura 3.7 - Características petrográficas dos ABQS (A, B e C) e BLMZG/SG-sul (D, E e F), Granito São Jorge Antigo, Província Aurífera do Tapajós. (A) Aspecto textural dos ABQS mostrando anfibólio anédrico parcialmente alterado (Anf), plagioclásio alterado (Pl), quartzo intersticial (Qz₁), quartzo secundário (Qz₂) e álcali-feldspato (Fk); amostra 32; nicóis cruzados; (B) Cristal de plagioclásio fortemente alterado envolto por álcali-feldspato (textura anti-rapakivi); amostra 32; nicóis cruzados; (C) Cristal subédrico de anfibólio (Anf) alterado em sua borda para biotita (Bt₂) e quartzo (Qz₂), contendo inclusões anédricas de opacos (Op). Titanita anédrica (Tit) e zircão (Zr) aparecem associados; amostra 32; nicóis paralelos; (D) Pseudomorfo de anfibólio constituído de biotita (Bt₂), quartzo (Qz₂), opacos (Op) e titanita (não evidente); amostra 66; nicóis cruzados; (E) Cristal de plagioclásio reliquiar (Pl₁) saussuritizado, associado a biotita (Bt) e opacos (Op); amostra 30; nicóis cruzados; (F) Agregado de finos cristais subédricos de biotita; amostra 69; nicóis paralelos. Largura das fotomicrografias = 2,5 mm.

3.2.1.4 – Ordem de Cristalização

A partir do estudo das relações texturais, da presença de inclusões e das variações composicionais do plagioclásio, foi possível estabelecer uma seqüência cronológica de cristalização para as diferentes fases minerais do GSJA. Foram selecionados os ABMZG e ABQM por constituírem a fácies mais abundante e representativa do corpo e os BAMD e BAQMD por representarem a fácies menos evoluída.

A Figura 3.8 esquematiza as seqüências de cristalização deduzidas para as fácies mencionadas, as quais serão discutidas a seguir.

3.2.1.4.1 – Anfibólio-biotita-monzogranito a quartzo-monzonito (ABMZG e ABQM)

Os acessórios primários zircão, apatita, magnetita e ilmenita ocorrem como inclusões nos ferromagnesianos e no plagioclásio e são considerados como as fases iniciais na seqüência de cristalização.

A presença de cristais de plagioclásio em relações de *synneusis* (Figura 3.6B) sugere que este mineral formou-se num estágio inicial da cristalização, pois tal feição seria favorecida por uma relação líquido/cristais elevada (Vance 1969). A composição dos plagioclásios (An 29-19) indica que os ABMZG formaram-se a temperaturas mais baixas que os BAQMD (An 43-39) (conforme Dall'Agnol et al. 1999d).

O anfibólio é representado predominantemente por hornblenda-magnésiana, que nas rochas dioríticas formou-se apenas nos estágios magmáticos tardios, e teria iniciado a cristalizar, muito provavelmente, logo após o plagioclásio.

A ocorrência de cristais de álcali-feldspato zonados, maclados e com núcleos automorfos (Figura 3.6C) sugere cristalização não muito tardia, embora posterior a plagioclásio e anfibólio.

É difícil estimar com precisão o início de cristalização da biotita, mas é possível que ela seja posterior ao álcali-feldspato.

As relações texturais e de contato mostram que o Qz_1 é nitidamente intersticial e iniciou sua cristalização após o álcali-feldspato. O Qz_2 , resultante de reações do anfibólio com o líquido magmático, que levaram à formação tardia de biotita, é contemporâneo da Bt_1 .

Os minerais secundários (epidoto, sericita, clorita, titanita₃, biotita₂, albita) são relacionados ao estágio pós-magmático ou hidrotermal.

3.2.1.4.2 – Biotita-anfibólio-monzodiorito a quartzo-monzodiorito (BAMD a BAQMD)

A seqüência de cristalização não muda muito em relação à das rochas anteriores. Os mesmos acessórios primários iniciaram a cristalização e foram seguidos pelo plagioclásio, a fase mais abundante. A presença de inclusões no anfibólio (Figura 3.5C) evidencia a cristalização anterior do plagioclásio.

O anfibólio é o máfico dominante, cristalizando logo após o plagioclásio, e bem antes que a biotita, uma vez que é substituído tardiamente pela mesma (Figura 3.5E).

A titanita primária (Tit_1) é euédrica a subédrica e associa-se ou contém inclusões de apatita, opacos e zircão. Mostra contatos retos com o plagioclásio e o anfibólio, porém engloba o primeiro (Figura 3.5F), sugerindo cristalização bem posterior a ele. Além disto, estudos experimentais sugerem que a titanita só é estável a temperaturas $< 800^\circ\text{C}$ (conforme Dall'Agnol et al. 1999d).

Álcali-feldspato e quartzo (Qz_1) são nitidamente intersticiais e preenchem os espaços existentes. As relações texturais sugerem que ambos começaram a cristalizar simultaneamente ou em intervalos de temperatura muito próximos.

O Qz_2 é contemporâneo da Bt_1 e o Qz_3 (incluso no plagioclásio) teria se formado após o Qz_1 e, possivelmente, também ao Qz_2 .

3.2.2 – Granito São Jorge *Jovem* (GSJJ)

3.2.2.1 – Aspectos macroscópicos

O GSJJ é o hospedeiro da mineralização aurífera primária. Sobre os produtos de alteração supergênica desta zona mineralizada se desenvolveu o garimpo São Jorge. A fácies dominante do GSJJ, quando fresca, apresenta composição mineralógica e aspectos texturais semelhantes aos dos ABMZG do Granito São Jorge *Antigo*. Sua individualização só foi possível através dos dados geoquímicos, de química mineral e geocronológicos obtidos em amostras de testemunhos de sondagem na área mineralizada. Posteriormente, outras ocorrências geoquimicamente similares foram identificadas em amostras de afloramentos na porção sul da área.

As características geoquímicas deste grupo de rochas, somadas a idade obtida para o ABMZG do furo-09, revelaram a existência de um outro corpo granítico mais jovem cortando o GSJA. Este corpo, considerando a sua idade de 1,88 Ga e seu caráter cálcico-alcálico (ver Capítulo 4), pode estar relacionado ou fazer parte da Suíte Parauari (Vasquez et al. 1999).

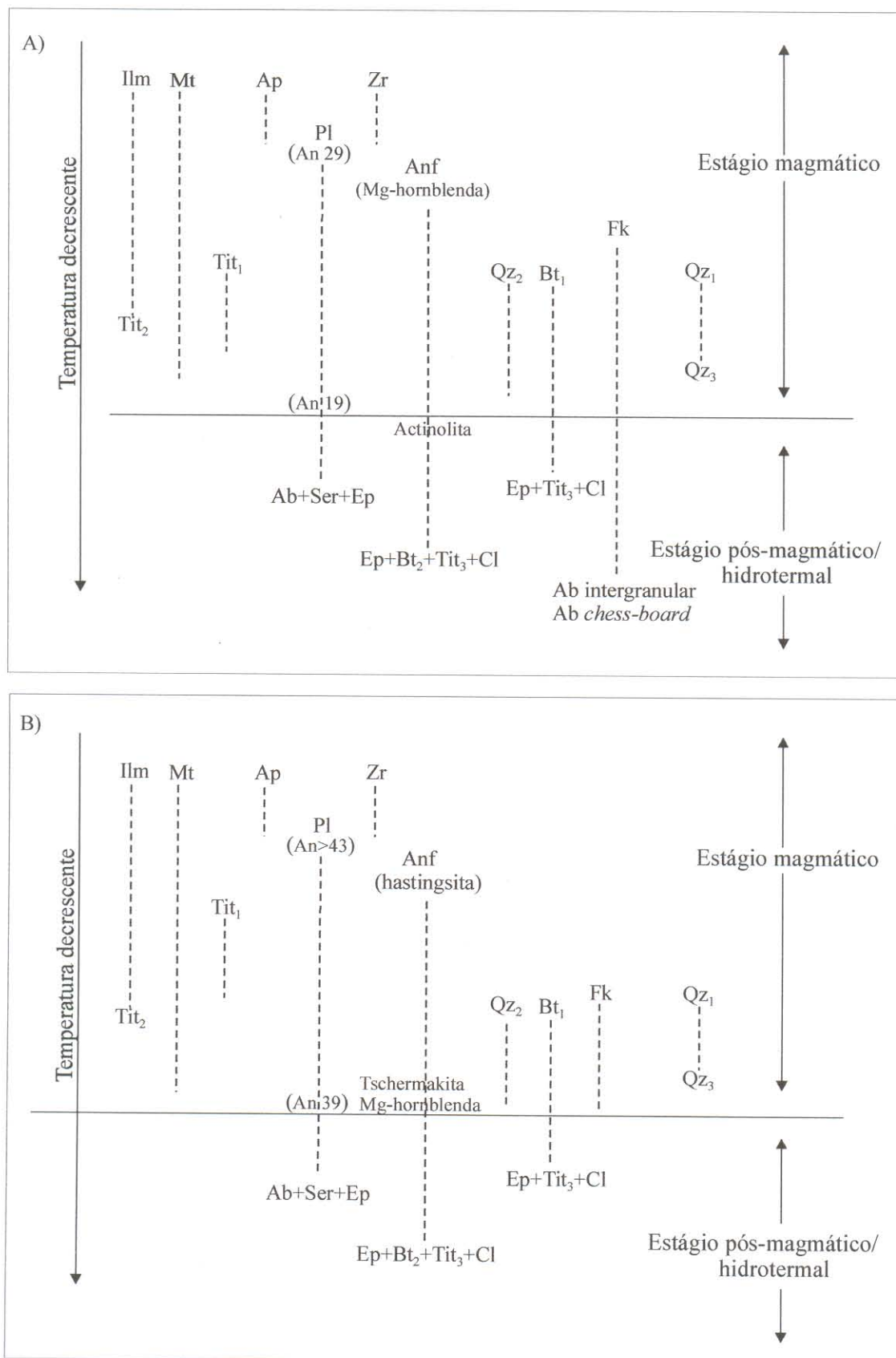


Figura 3.8 - Ordem de cristalização das diferentes fases minerais dos ABMZG a ABQM (A) e BAMD a BAQMD (B) do Granito São Jorge *Antigo*, Província Aurífera do Tapajós.

Entretanto, a falta de estudos petrográficos e geoquímicos mais detalhados desta suíte não permitem comparações mais aprofundadas e inibem qualquer conclusão.

Na área mineralizada, o GSJJ encontra-se intensamente hidrotermalizado e com mineralização de sulfeto (essencialmente pirita) com ouro associado. O exame de vários testemunhos de sondagem, cedidos pela Empresa RTDM (Rio Tinto Desenvolvimento Minerais), mostra que a rocha encaixante da mineralização é formada predominantemente por monzogranitos. Varia desde um hornblenda-biotita-monzogranito cinza pouco alterado, passando para um monzogranito hidrotermalizado avermelhado e com pouco sulfeto disseminado, e chegando até rochas intensamente transformadas com abundantes mineralizações sulfetadas. Nestas últimas rochas, são comuns vênulas milimétricas de quartzo leitoso, carbonatos e pirita ou mesmo de pirita maciça. Os sulfetos – pirita, com raras calcopirita e esfalerita – também ocorrem disseminados. A rocha apresenta coloração cinza-esverdeada, aparência maciça ou brechóide e obliteração parcial ou total da textura ígnea original. Níveis intercalados de aplito rosado e veios de quartzo cortam comumente essas rochas (Figura 3.9A e B).

As amostras dos furos de sondagem utilizadas na petrografia, química mineral, análises de rocha total e datações geocronológicas, são provenientes dos intervalos menos afetados pelas alterações hidrotermais, de modo a permitir a caracterização adequada deste granitóide e sua comparação com as demais rochas estudadas (ver Capítulo 4).

As rochas que afloram no sul da área, ao longo da BR-163, são representadas por anfibólio-biotita-quartzo-monzonito (amostra 72) e biotita-leucomonzogranito (amostras 29 e 70). A primeira apresenta granulação média e coloração cinza-rosada, sendo constituída por quartzo, álcali-feldspato rosado, plagioclásio levemente esverdeado, biotita e cristais ripiformes de anfibólio. O leucomonzogranito possui granulação média a grossa, coloração avermelhada e é formado por álcali-feldspato rosado, quartzo e plagioclásio, com raras biotitas.

Os dados referentes ao Granito São Jorge *Jovem* foram obtidos através de projeto de pesquisa financiado pelo PADCT e desenvolvido por uma equipe de pesquisadores vinculada ao Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitos – GPPG. O autor do presente trabalho participou ativamente da referida pesquisa.

3.2.2.2 – Composições modais e classificação das fácies

As análises modais realizadas em amostras de furos de sondagem e de afloramentos do GSJJ (Tabela 3.2) permitiram a identificação de duas fácies petrográficas:

- (1) Anfibólio-biotita- monzogranito a quartzo-monzonito (ABMZG a ABQM) e,
- (2) Biotita-leucomonzogranito (BLMZG).

Os ABMZG a ABQM possuem composição mineralógica e aspectos texturais semelhantes aos das rochas equivalentes do GSJA (ver Tabelas 3.1 e 3.2 e Figura 3.4), impossibilitando a individualização desses corpos com base unicamente na petrografia. Por outro lado, os BLMZG assemelham-se macroscopicamente e mineralogicamente ao Granito Maloquinha (Tabelas 3.2 e 3.3), e só foram individualizados deste através da geoquímica (ver Capítulo 4).

3.2.2.3 – Aspectos texturais

3.2.2.3.1 – Anfibólio-biotita- monzogranito a quartzo-monzonito (ABMZG a ABQM)

Apresentam textura granular hipidiomórfica e granulação média dominante, sendo constituídos essencialmente por plagioclásio, quartzo e álcali-feldspato, tendo como ferromagnesianos anfibólio e biotita. Titanita, apatita, zircão e opacos são os principais acessórios primários. Como minerais de alteração mais comuns ocorrem clorita, biotita, titanita, sericita, epidoto e albita.

O plagioclásio, com conteúdos modais em torno de 40%, apresenta-se como cristais subédricos a anédricos de granulação média, com forte zoneamento normal-oscilatório e intensamente saussuritizado. Suas composições variam de andesina sódica a oligoclásio cálcico, superpondo-se com as dos ABMZG do GSJA (Figura 3.19A; Tabela Anexo 3.3). Relações semelhantes às de *synneusis* (Figura 3.9C) e *patchy zoning* são comuns. Cristais com bordas albiticas onde se desenvolvem intercrescimentos mirmequíticos ocorrem com certa frequência. Localmente aparecem fraturas preenchidas por sericita e carbonatos. Ocorre também, mais raramente, como finas inclusões no anfibólio e no álcali-feldspato.

O álcali-feldspato (23 a 35% modal) forma cristais anédricos a subédricos (2,0 a 7,4 mm) predominantemente pertíticos. Cristais anédricos finos a médios com maclamento albita-periclina são comuns. Os cristais mais desenvolvidos possuem inclusões (<2 mm) de plagioclásio alterado, biotita e quartzo dispostas concentricamente em zonas de borda.

Tabela 3.2 - Análises Modais das variedades petrográficas do granito São Jorge Jovem, Província Aurífera do Tapajós.

Fácies	ABMZG a ABQM				BLMZG	
	FSJ-9/10	FSJ-4/29	FSJ-7/3	72	70	29a
Quartzo	16,9	20,3	20,4	17,8	26,5	45,5
Plagioclásio	38,4	40,8	38,6	42,8	33,9	27,2
Álcali-feld.	35,4	23,1	29,0	31,6	38,3	26,6
Biotit1	3,5	3,3	6,0	4,6	0,1	---
Biotit2	---	0,3	---	---	---	---
Anfibólio	3,4	1,2	4,0	1,8	---	---
Titanita	0,50	x	0,5	0,3	0,1	---
Opacos	0,8	0,4	0,9	0,5	0,6	0,4
Epidoto	---	tr	0,1	---	Tr	Tr
Clorita	1,0	1,7	0,4	0,3	0,2	---
Mica branca	tr	0,8	---	---	---	---
Carbonato	---	0,3	---	---	---	---
Acessórios	tr	0,5	0,2	0,2	0,2	Tr
Félsicos	90,8	84,2	88,0	92,2	98,7	99,3
Máficos	9,2	8,5	12,1	7,7	1,3	0,7
FK+Pl	73,9	63,9	67,6	74,4	72,2	53,8
QUARTZO	18,7	24,1	23,2	19,3	26,9	45,8
ÁLCALI-FELDSPATO	39,0	27,4	33,0	34,3	38,8	26,8
PLAGIOCLÁSIO	42,3	48,5	43,9	46,4	34,4	27,4
Pontos	1700	1700	1700	1800	1800	1800

ABMZG a ABQM = Anfibólio-biotita-monzogranito a quartzo-monzonito

BLMZG = Biotita-leucomonzogranito

O quartzo (17 a 20,5% modal), de granulação média e extinção ondulante fraca a moderada, é predominantemente intersticial (**Qz₁**). Está presente ainda, como produto de transformação dos ferromagnesianos (**Qz₂**) como diminutas inclusões no plagioclásio (**Qz₃**) e formando as mirmequitas (**Qz₄**).

O anfibólio possui conteúdo modal entre 1,2 e 4,0%. Seus cristais são euédricos a subédricos, médios a finos, com pleocroísmo verde-claro a verde-amarelado, alterados parcialmente para biotita, titanita, carbonatos, epidoto e fluorita e apresentando freqüentes inclusões de apatita e opacos. Raras inclusões de plagioclásio evidenciam que o anfibólio é posterior ou concomitante a este mineral na ordem de cristalização. Gradam composicionalmente de hornblenda magnesiânica para actinolita e são mais ricos em magnésio do que os anfibólios dos ABMZG do GSJA (Figura 3.21C e Tabela Anexo 1.2). Ambas composições ocorrem tanto no centro quanto na borda dos cristais e não podem ser atribuídas a zoneamento (Tabela Anexo 1.2). A abundância de composições actinolíticas nesta fácies contrasta com o observado no ABMZG do GSJA (Figura 3.21C), onde dominam as hornblenda-magnesianas. Isto sugere o possível reequilíbrio do anfibólio presente no GSJJ durante o estágio *subsolidus*.

A biotita é o ferromagnesiano dominante (3,3 a 6,0% modal). Seus cristais são anédricos a subédricos, de granulação média a fina e com bordas corroídas (Figura 3.9D). Associa-se a opacos, titanita e anfibólio. Apresenta pleocroísmo castanho-claro levemente esverdeado a amarelo-pálido. Altera-se de modo heterogêneo para clorita e titanita e, mais raramente, para epidoto e fluorita. Apresenta inclusões de opacos, apatita e raros zircões (**Bt₁**). Assemelha-se composicionalmente às biotitas dos ABMZG a ABQM do GSJA. São biotitas magnesianas com razões Mg/Mg+Fe variando de 0,57 a 0,62 (Tabela Anexo 2.2), um pouco mais elevadas que as das biotitas das fácies BAQM, ABMZG e ABQS do GSJA, e coincidentes com aquelas das biotitas da fácies BLMZG (Tabela Anexo 2.1) daquele granito (Figura 3.21D). Uma variedade mais tardia (**Bt₂**) ocorre como alteração dos anfibólios (Figura 3.9D).

A titanita apresenta cristais euédricos a subédricos com até 2,0 mm de comprimento, fraturados e com fraco pleocroísmo de castanho-claro a castanho-amarronado. Associa-se comumente aos opacos e ferromagnesianos (**Tit₁**) e mais raramente aos félsicos (Figura 3.9E). Ocorre ainda como alteração do anfibólio e da biotita formando finos agregados irregulares de cristais (**Tit₂**), geralmente ao longo das clivagens da mica (Figura 3.9D).

O zircão é euédrico a subédrico, zonado, fraturado e geralmente incluso na biotita e no plagioclásio ou associado aos opacos e titanita. Mostra cores de interferência elevadas.

A apatita forma cristais prismáticos (<0,5 mm) inclusos nos ferromagnesianos.

Os opacos são anédricos a subédricos e geralmente associados ou inclusos nos ferromagnesianos e na titanita. Grãos anédricos isolados ocorrem como finas inclusões no plagioclásio.

A fluorita apresenta-se como finos cristais subédricos a anédricos, incolores a violáceos, isotrópicos e comumente inclusos ou associados a biotita, anfibólio e opacos.

Os carbonatos desenvolvem-se preferencialmente sobre os cristais de plagioclásio e anfibólio na forma de cristais finos anédricos. Ocorrem também preenchendo fraturas localizadas.

A sericita é muito comum nos plagioclásios, chegando a substituir quase totalmente alguns cristais, além de preencher fraturas.

A clorita forma-se como produto de alteração dos anfibólios e da biotita, onde apresenta-se como finas lamelas paralelas aos seus planos de clivagem.

O epidoto ocorre de dois modos texturais diferentes: **Ep₁**, como produto da saussuritização do plagioclásio, desenvolvendo-se preferencialmente no núcleo deste mineral formando finos cristais anédricos de coloração verde-claro amarelada. É o tipo dominante. **Ep₂**, proveniente da alteração do anfibólio e da biotita, dispendo-se ao longo de seus planos de clivagem.

3.2.2.3.2 –Biotita- leucomonzogranito (BLMZG)

Apresentam textura granular hipidiomórfica, são pobres em máficos (M<1,5%) e formados essencialmente por quartzo, álcali-feldspato e plagioclásio. A biotita é rara e geralmente alterada para clorita, muscovita e epidoto. Titanita, opacos e zircão são os principais acessórios primários. Clorita, sericita, muscovita, argilominerais e mais raramente epidoto, são os minerais de alteração.

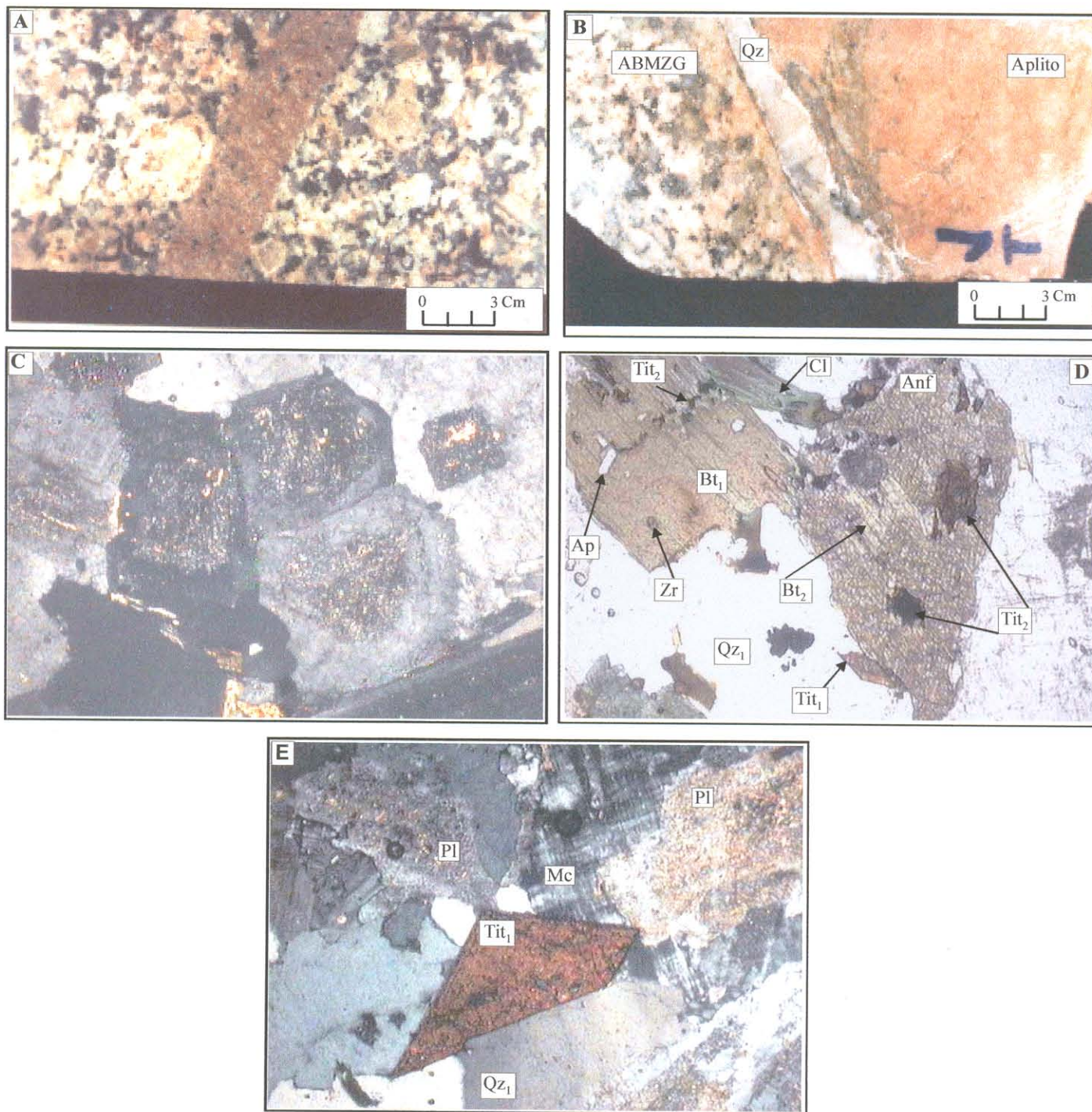


Figura 3.9 - Características petrográficas do Granito São Jorge *Jovem*, Província Aurífera do Tapajós. (A) Dique centimétrico de aplito rosado cortando o ABMZG; testemunho de sondagem do furo 07, garimpo São Jorge; (B) Dique de aplito rosado cortando o ABMZG e sendo cortado por veio de quartzo (Qz); testemunho de sondagem do furo 09, garimpo São Jorge; (C) Agregado de cristais subédricos a anédricos de plagioclásio alterados em seus centros e em relação de *synneusis*; testemunho de sondagem do furo 09; nicóis cruzados; (D) Cristal de biotita parcialmente alterado para clorita (Cl) e titanita (Tit₂), contendo inclusões de apatita (Ap) e zircão (Zr), associados a anfibólio (Anf) localmente transformado para biotita (Bt₂) e titanita (Tit₂). ABMZG do furo de sondagem 09; nicóis paralelos; (E) Cristal euédrico de titanita (Tit₁) pouco alterado entre cristais de quartzo (Qz₁), plagioclásio alterado (Pl) e microclina (Mc); furo de sondagem 09; nicóis cruzados. Largura das microfotografias = 2,5 mm.

3.2.3 – Granito Maloquinha (GM)

3.2.3.1 – Aspectos macroscópicos

Apresenta textura fanerítica média a fina e coloração predominantemente avermelhada (Figura 3.10A), com tipos rosados ocorrendo localmente. São rochas pobres em minerais máficos e com uma mineralogia simples, constituída essencialmente por álcali-feldspato, quartzo e, subordinadamente, plagioclásio. A biotita é rara. Fenocristais de álcali-feldspato rosado são freqüentes, às vezes coroados por minerais claros (albita?) sugerindo uma textura rapakivi localizada. O plagioclásio, pouco freqüente, apresenta coloração clara a levemente esverdeada. Cristais subarredondados de quartzo com até 0,5 cm são comuns (Figura 3.10A).

3.2.3.2 – Composições modais e classificação das fácies

O estudo microscópico revelou rochas com grande homogeneidade textural e composicional. As análises modais de 24 lâminas delgadas (Tabela 3.3) mostraram composições leucosienograníticas amplamente dominantes, com leucomonzogranitos subordinados (Figura 3.11). No extremo norte da área foram identificadas duas amostras de GM (54a e 54b), com teores modais de quartzo e máficos mais baixos e mais elevados, respectivamente, em relação as outras amostras, além de variações significativas nos seus conteúdos modais de plagioclásio e álcali-feldspato (Tabela 3.3). A presença de raros pseudomorfos de anfibólio também foi constatada nessas amostras.

As análises modais do GM permitiram a identificação das seguintes fácies:

- (1) Biotita-leucomonzogranito a leucosienogranito (BLMZG/SG);
- (2) Anfibólio-biotita-quartzo-monzonito (ABQM) e,
- (3) Biotita-quartzo-sienito (BQS)

3.2.3.3 – Aspectos texturais

3.2.3.3.1 – Biotita-leucomonzogranito a leucosienogranito (BLMZG/SG)

O BLMZG/SG é isotrópico e apresenta, de um modo geral, textura granular média a fina, álcali-feldspato peritítico, quartzo e, em menores proporções, plagioclásio como minerais essenciais. A biotita é o principal ferromagnésiano. Como acessórios primários estão presentes zircão, apatita, opacos e alanita. Os principais minerais secundários são sericita, clorita, muscovita, opacos, óxido de ferro, titanita, albita *chessboard*, fluorita e carbonatos. Os opacos

Tabela 3.3 - Análises Modais das variedades petrográficas dos granitos Maloquinha e Jardim do Ouro, Província Aurífera do Tapajós

Granito Maloquinha																									Jardim do Ouro		
Fácies	ABQM	BQS	BIOTITA-LEUCOMONZOGGRANITO a SIENOGGRANITO																			A B M Z G					
Anostra	54b	54a	20	84	24a	08	05b	22a	45	06a1	81	07	44	19	80	05a	83b	83a	82	83d	119	61	21	22b	04b	03a2	03a1
Quartzo	15,9	16,2	24,6	26,7	26,8	27,8	29,2	29,6	30,8	32,8	33,5	33,9	34,6	35,4	35,9	36,9	37,3	38,2	38,3	38,9	40,4	42,1	42,8	46,6	31,1	34,2	35,9
Plagioclásio	37,8	16,3	20,2	16,9	21,7	14,9	22,5	14,8	19,2	12,4	12,8	8,5	15,1	24,3	18,4	11,7	18,2	13,6	18,7	17,6	22,8	21,5	21,4	13,4	21,5	21,6	36,7
Álcali-feld.	39,8	63,2	53,3	54,0	49,8	53,1	44,3	52,2	47,5	51,7	52,7	54,8	47,2	38,3	43,8	48,6	42,0	45,7	40,2	40,7	35,3	35,5	32,8	37,5	39,3	37,4	19,5
Biotita	2,2	2,4	1,0	1,4	1,3	3,3	1,8	1,9	1,0	1,5	0,7	1,9	1,6	1,1	0,8	1,3	1,8	1,5	---	1,1	1,1	0,3	---	0,9	3,7	4,2	2,7
Anfibólio	1,1	Tr	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3,1	1,5	3,2
Titanita	---	0,1	---	Tr	---	---	---	---	Tr	---	---	---	---	---	0,1	---	---	---	0,3	---	---	---	---	---	0,2	---	---
Opacos	0,5	0,5	0,1	0,4	0,1	---	0,5	1,1	0,5	0,1	0,1	0,3	0,8	0,3	0,4	0,8	---	---	0,6	---	0,1	0,5	0,7	0,8	0,1	0,2	0,1
Epidoto	0,5	---	---	---	---	---	0,2	---	Tr	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Tr	---	---	---	---	---
Clorita	1,4	0,7	0,4	0,1	---	0,1	0,8	---	0,4	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	0,2	Tr	0,2	---	0,7	Tr	---	---	0,2	0,5	0,8	1,7
Fluorita	Tr	0,1	Tr	0,2	0,1	0,1	---	---	0,2	0,6	---	0,1	0,1	0,2	---	0,3	0,1	0,3	0,3	0,8	0,1	---	0,7	0,1	---	---	---
Muscovita	---	---	0,3	---	---	---	---	---	---	---	---	0,1	---	0,1	---	---	0,2	0,4	1,3	Tr	---	---	1,2	---	---	---	---
Acessórios	0,7	0,4	Tr	0,2	0,1	0,3	0,6	0,3	0,3	0,5	---	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	---	0,2	0,1	0,1	Tr	0,3	0,4	0,4	---	0,1
Félsicos	93,5	95,7	98,1	97,6	98,3	95,8	96,0	96,6	97,5	96,9	99,0	97,2	96,9	98,0	98,1	97,2	97,5	97,5	97,2	97,2	98,5	99,1	97,0	97,5	91,9	93,2	92,1
Máficos	6,4	4,2	1,8	2,3	1,6	4,1	3,9	3,3	2,4	3,0	0,9	2,6	3,0	1,9	1,8	2,7	2,4	2,4	2,7	2,7	1,4	0,8	2,9	2,4	8,0	6,7	7,8
FK+Pl	77,6	79,5	73,5	70,9	71,5	68,0	66,8	67,0	66,7	64,1	65,5	63,3	62,3	62,6	62,2	60,3	60,2	59,3	58,9	58,3	58,1	57,0	54,2	50,9	60,8	59,0	56,2
Q	17,0	16,9	25,1	27,4	27,3	29,0	30,4	30,6	31,6	33,9	33,8	34,9	35,7	36,1	36,6	38,0	38,3	39,2	39,4	40,0	41,0	42,5	44,1	47,8	33,8	36,7	39,0
A	42,6	66,0	54,3	55,3	50,7	55,4	46,2	54,0	48,7	53,4	53,2	56,4	48,7	39,1	44,7	50,0	43,1	46,9	41,4	41,9	35,8	35,8	33,8	38,5	42,8	40,1	21,2
P	40,4	17,0	20,6	17,3	22,1	15,6	23,4	15,3	19,7	12,8	12,9	8,7	15,6	24,8	18,8	12,0	18,7	14,0	19,2	18,1	23,1	21,7	22,1	13,7	23,4	23,2	39,9
Pontos	1700	1700	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1700	1800	1800

ABQM = Anfibólio-biotita-quartz-monzonito
 ABMZG=Anfibólio-biotita-monzogranito
 BQS = Biotita-quartz-sienito
 Q=quartz
 A=álcali-feldspato
 P=plagioclásio

são, em grande parte, provenientes da alteração da biotita. Granófiros foram observados localmente. A Figura 3.10B mostra a textura granular hipidiomórfica dominante nestas rochas.

O plagioclásio (8,5 a 24% modal) ocorre como cristais subédricos a anédricos geralmente <1mm, mas localmente alcançando 2,5 mm, parcial a totalmente sericitizados, mostrando às vezes um fraco zoneamento normal e maclas albita-carlsbad pouco desenvolvidas (Figura 10B). Apresenta-se também, de modo mais raro, como cristais anédricos, fracamente maclados e contendo agregados de epidoto em seus centros, evidenciando um caráter mais cálcico. Análises de microsonda acusaram composições entre oligoclásio sódico e albita (Tabela Anexo 3.3; Figura 3.20A). Cristais envoltos parcialmente por álcali-feldspato, sugerindo uma textura anti-rapakivi, são observados com certa frequência.

O quartzo (24 a 47% modal; Tabela 3.3) ocorre como cristais anédricos a subédricos (Qz_1), de granulação média a fina, com contatos por vezes retilíneos com o álcali-feldspato e, mais raramente, o plagioclásio, sugerindo a sua cristalização simultânea com essas duas fases minerais. Cristais subarredondados são freqüentes. Apresenta-se também como finas inclusões (<1mm) irregulares no álcali-feldspato e na biotita (Qz_2), onde chega a desenvolver uma textura simplectítica. Ocorre, ainda, na forma de cristais irregulares nos intercrescimentos granofíricos (Qz_3).

O álcali-feldspato forma cristais subédricos a anédricos com filmes pertíticos irregulares (Figura 3.10B), localmente evoluindo para cordas ou veios (Smith 1974; Deer et al. 1992). A fase albitica é abundante, caracterizando os intercrescimentos como mesopertitas (Smith & Brown 1988). Frequentemente apresenta-se argilizado e com contatos retos com o plagioclásio e o quartzo. Inclusões de biotita, quartzo e plagioclásio ocorrem preferencialmente ao longo de suas bordas. Está presente ainda, como cristal euédrico, algo corroído, incluso na biotita, evidenciando cristalização anterior a desta mica (Figura 3.10C).

A biotita é o principal ferromagnesiano. Forma cristais anédricos, raramente subédricos, freqüentemente corroídos e alterados para opacos, titanita, clorita, fluorita e muscovita (Figuras 3.10B e D). Inclusões de zircão, opacos e apatita são comuns. As análises de microsonda realizadas em alguns cristais de biotita não forneceram bons resultados face à intensa alteração para clorita e opacos. Trata-se, provavelmente, de uma variedade rica em ferro (annita?).

A titanita é secundária e provém da alteração da biotita (**Tit₂**), formando pequenos agregados de cristais dispostos principalmente ao longo dos seus planos de clivagem (Figura 3.10D).

Os opacos apresentam-se como cristais anédricos (<1 mm) corroídos, geralmente inclusos em feldspatos ou associados à biotita. São representados por magnetita hipidiomórfica a xenomórfica, raramente idiomórfica, ilmenita oxidada em diferentes graus, e hematita substituindo a magnetita, além de raros cristais de pirita e calcopirita hidiomórficos a hipidiomórficos comumente disseminados em feldspatos (Figueiredo 1999).

O zircão forma cristais euédricos a subédricos prismáticos (retangulares, quadráticos) e, mais raramente, bipiramidais. Apresenta-se zonado e exibe um núcleo com cores de interferência mais altas do que aquelas das zonas de sobrecrecimento. Ocorre predominantemente como inclusões na biotita e opacos ou associado a esses minerais (Figura 3.10F).

A albita é uma fase mineral comum nessas rochas. Apresenta-se como lamelas pertíticas bem desenvolvidas nos cristais de álcali-feldspato (Figura 3.10B), muitas vezes formando *patch pertitas*. Ocorre também, de modo freqüente, na forma de albita *chessboard* sobre o álcali-feldspato (Figura 3.10B) e como finos grãos entre cristais de álcali-feldspato pertíticos constituindo as albitas intergranulares. Forma ainda, finas bordas, geralmente contínuas, em torno dos cristais de plagioclásio.

A fluorita é freqüente como cristais anédricos de coloração violeta clara, geralmente associados à biotita, opacos, zircão e alanita (Figura 3.10F).

A muscovita é uma fase característica dessas rochas. Ocorre como produto de alteração da biotita (Figura 3.10D) e do plagioclásio, ou formando cristais irregulares e corroídos entre cristais de plagioclásio e álcali-feldspato ou entre este último e o quartzo.

3.2.3.3.2 – Anfibólio-biotita-quartzo-monzonito (ABQM)

Apenas uma amostra foi identificada como ABQM (Tabela 3.3). Apresenta textura granular média, localmente seriada, sendo constituída essencialmente por álcali-feldspato, plagioclásio e quartzo, tendo como minerais varietais biotita e pseudomorfos de anfibólio. Opacos, zircão e apatita são os acessórios primários presentes. Clorita, epidoto, titanita, sericita, fluorita e argilo-minerais são os principais minerais secundários identificados.

O plagioclásio ocorre como cristais subédricos, médios a finos, zonados e fortemente sericitizados. O álcali-feldspato apresenta-se como cristais médios a finos, pertíticos a *patchy* pertíticos e com grau de argilização médio a elevado. O quartzo é anédrico, fino a médio, com extinção fraca a moderada e contatos geralmente retos com o álcali-feldspato (**Qz1**). Ocorre também como produto de alteração de biotita e anfibólio (Figura 3.10E) (**Qz2**).

A biotita forma cristais finos, anédricos a subédricos, corroídos e alterados em diferentes intensidades para titanita e clorita. Mostra pleocroísmo verde-escuro a castanho-claro e inclusões de zircão e apatita (**Bt1**). Biotita secundária (**Bt2**) aparece localmente nos pseudomorfos de anfibólio (Figura 3.10E). Raros pseudomorfos de anfibólio, de granulação média a fina, formados por biotita (**Bt2**), clorita, epidoto, opacos e quartzo (**Qz2**) aparecem dispersos.

3.2.3.3.3 – Biotita-quartzo-sienito (BQS)

Apresenta a mesma composição mineralógica e feições texturais que os ABQM, sendo, porém, mais rico em álcali-feldspato e mais pobre em plagioclásio e máficos (Tabela 3.3).

3.2.3.4 – Ordem de cristalização

Será apresentada a seguir, a ordem de cristalização deduzida para a fácies biotita-leucosienogranito, dominante na unidade.

Zircão, apatita e opacos ocorrem como inclusões na biotita e no álcali-feldspato, sendo considerados as fases iniciais a cristalizar.

Álcali-feldspato, plagioclásio e quartzo (**Qz1**), mostram relações texturais e de contato que permitem admitir uma cristalização simultânea. A presença de cristais subarredondados de quartzo evidencia que este mineral é algo precoce, muito embora o **Qz1** seja o tipo predominante.

As inclusões de álcali-feldspato na biotita (Figura 3.10C) e o caráter anédrico desta mica são indicativos de uma cristalização tardia, posterior a dos minerais félsicos.

O **Qz2**, ocorrendo como finas inclusões nas bordas dos cristais de álcali-feldspato, teria cristalizado após o início da formação deste mineral e a do **Qz1**.

As demais fases minerais (clorita, titanita, albita, fluorita, muscovita e opacos) cristalizaram no estágio subsolidus, associado a processos hidrotermais.

A Figura 3.12 sintetiza a ordem de cristalização admitida para as diferentes fases minerais do Granito Maloquinha de Moraes Almeida.

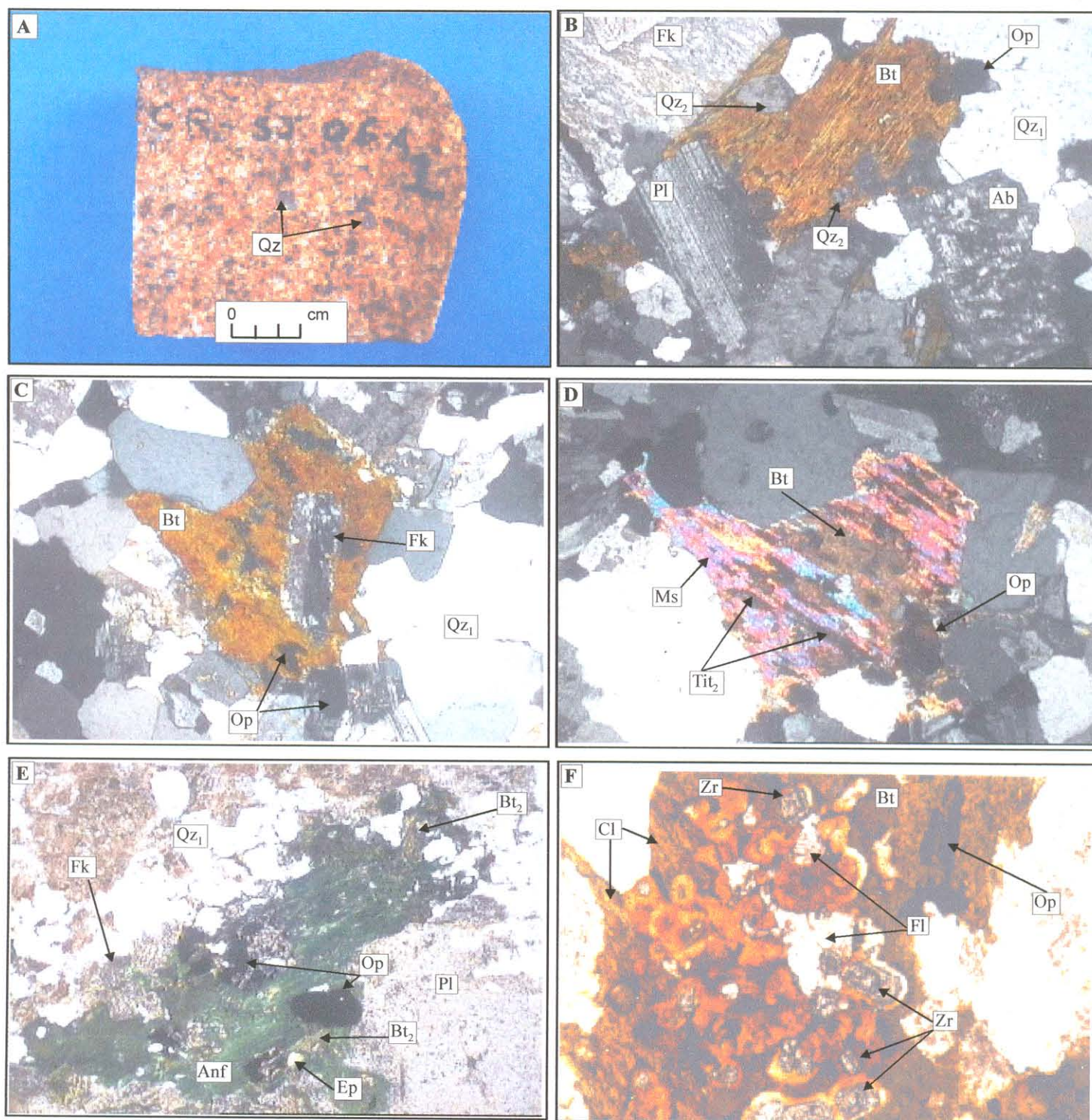


Figura 3.10 - Características petrográficas do Granito Maloquinha, região de Moraes Almeida, Província Aurífera do Tapajós. (A) Aspecto macroscópico do Granito Maloquinha; (B) Textura granular hipidiomórfica mostrando biotita (Bt) anédrica alterada e com opacos (Op) associados, álcali-feldspato micropertítico (Fk), plagioclásio (Pl), albita (Ab), quartzo intersticial (Qz_1) e quartzo incluído na biotita (Qz_2); amostra 06a; nicóis cruzados; (C) Cristal euédrico maclado de álcali-feldspato (Fk) incluído em biotita alterada e com inclusões de opacos (Op); amostra 83b; nicóis cruzados; (D) Cristal anédrico de biotita alterado para muscovita (Ms), titanita (Tit_2) e opacos (Op); amostra 82; nicóis cruzados; (E) Pseudomorfo de anfíbólio constituído de biotita (Bt_2), epidoto (Ep), opacos (Op) e quartzo; amostra 54a; nicóis cruzados. (F) Agregado de cristais subédricos de zircão (Zr) incluídos em biotita oxidada (Bt), anédrica, com fluorita anédrica (Fl) associada; amostra 83b; nicóis cruzados. Largura das fotomicrografias B, C, D e E = 2,5 mm; F = 0,62 mm.

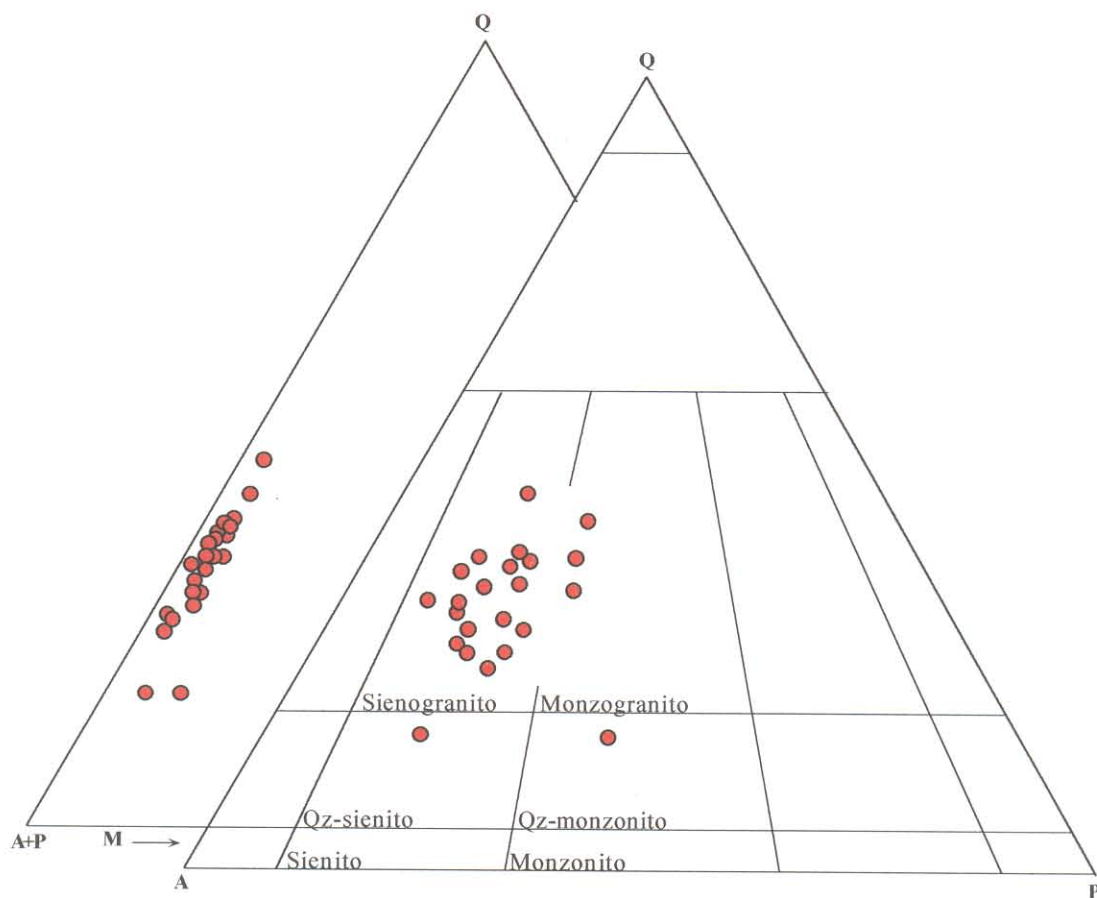
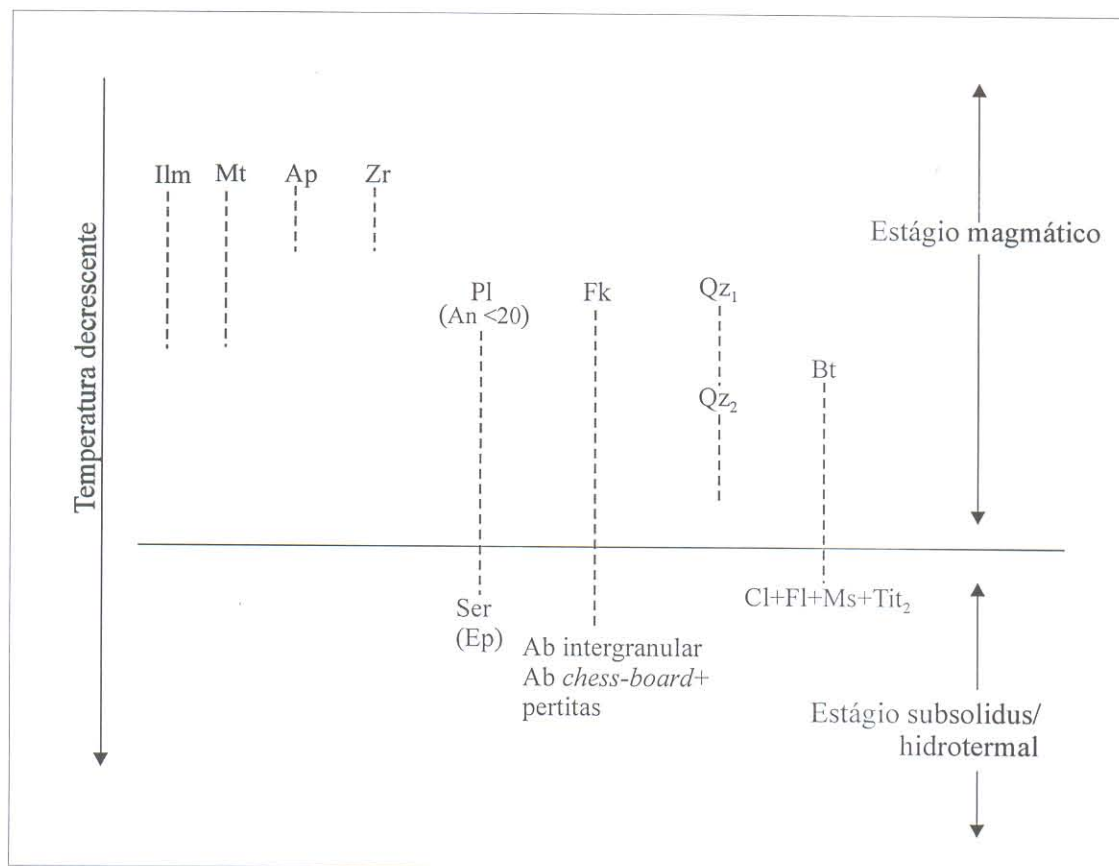


Figura 3.11 - Diagramas QAP e Q-(A+P)-M (Streckeisen 1976) do Granito Maloquinha de Moraes Almeida, Província Aurífera do Tapajós.



Ilm-Ilmenita Zr-Zircão Mt-Magnetita Ap-Apatita Tit-Titanita Pl-Plagioclásio An-Anortita Bt-Biotita
Fk-Álcali-feldspato Qz-Quartzo Ab-Albita Ser-Sericita Cl-Clorita Ep-Epidoto Fl-Fluorita

Figura 3.12 - Ordem de cristalização das diferentes fases minerais dos BLSG do Granito Maloquinha, Província Aurífera do Tapajós.

3.2.4 – Granito Jardim do Ouro (GJO)

3.2.4.1 – Aspectos macroscópicos

O GJO apresenta coloração cinza-rosada e textura porfirítica, sendo formado por fenocristais grossos de álcali-feldspato rosado (com até 3 cm), englobados por matriz média a fina de plagioclásio esbranquiçado, quartzo e minerais máficos (Figura 3.13A). Estes acham-se dispersos aleatoriamente na forma de agregados milimétricos ou circundam parcialmente o plagioclásio e o álcali-feldspato. Texturas rapakivi e sulfetos (pirita e arsenopirita) estão presentes localmente.

3.2.4.2 – Aspectos texturais

Corresponde a um anfibólio-biotita-monzogranito porfirítico, tendendo a sienogranítico (Figura 3.4), sendo constituído essencialmente por plagioclásio, quartzo e álcali-feldspato. Anfibólio e biotita ocorrem como minerais varietais. Zircão, apatita, opacos, alanita e titanita são os acessórios primários principais. Clorita, sericita, titanita e, mais raramente, epidoto, opacos, fluorita e biotita são os principais minerais de alteração (Figura 3.13B). Difere dos ABMZG dos granitos São Jorge *Antigo* e *Jovem* em textura e na composição dos seus constituintes máficos. Outras diferenças merecem registro, como por exemplo, a presença de inclusões de anfibólio em plagioclásio, bem como do inverso (Figuras 3.13C e D), menor conteúdo de titanita, cristais de quartzo com formas subarredondadas, freqüente presença de alanita e menor grau de alteração.

O plagioclásio, com proporções modais de 21 e 37%, forma cristais subédricos a anédricos com até 6 mm de comprimento, fraca a intensamente sericitizados. Apresentam-se maclados, com forte zoneamento normal e, às vezes, com manchas que lembram *patchy zoning* (Vance 1965). Feições semelhantes às de *synneusis* (Vance 1969) também estão presentes. Englobam e são englobados por cristais de anfibólio, evidenciando contemporaneidade durante a cristalização (Figuras 3.13D e C). Composicionalmente variam de andesina sódica a oligoclásio cálcico (Tabela Anexo 3.3; Figura 3.19B).

O quartzo, com conteúdo modal médio de 34%, é predominantemente intersticial (Figura 3.13B), de granulação fina a média e com extinção ondulante moderada (Q_{z1}). Entretanto, cristais subarredondados, sugerindo uma cristalização algo precoce, estão presentes localmente. Ocorre ainda, como inclusões irregulares nas bordas dos fenocristais de álcali-feldspato e na biotita (Q_{z2}) (Figura 3.13F).

O álcali-feldspato ocorre predominantemente como fenocristais subédricos pertíticos, zonados e maclados, contendo inclusões de plagioclásio, biotita e quartzo.

O anfibólio possui conteúdo modal <3,5% e ocorre como cristais subédricos, finos a médios e pouco alterados. Mostra pleocroísmo verde-escuro acastanhado a castanho claro. Forma pequenos agregados juntamente com a biotita, zircão, opacos e alanita (Figura 3.13E). Altera-se, com pouca intensidade, para biotita, clorita e, mais raramente, epidoto. Análises de microsonda acusaram composições dominantes de ferro-hornblenda, com raras ferro-edenitas (Tabela Anexo 1.3; Figura 3.21A, B), inteiramente contrastantes com aquelas encontradas nos anfibólios dos granitos São Jorge *Antigo* e São Jorge *Jovem*. Apresentam baixas razões Mg/Mg+Fe (0,33 a 0,41) e uma variação no conteúdo de Si de 6,6 a 6,8 auf. Apresentam ainda, teores relativamente elevados de álcalis (0,34 a 0,51 auf) e Al_t (1,31 a 1,55 auf).

A biotita, com até 4% modal, apresenta-se como cristais anédricos a subédricos, geralmente alterados para clorita, titanita (Figura 3.13F), opacos, quartzo e, raramente, epidoto ao longo de suas clivagens. Possui pleocroísmo verde-escuro a castanho-amarelado. Cristais com bordas corroídas e inclusões de zircão, apatita e opacos são freqüentes. Seus teores elevados de Fe²⁺ (3,4 a 3,7 auf) e baixos de Mg (1,4 a 1,6 auf) originam as menores razões Mg/Mg+Fe (0,29 a 0,32) dentre todas as biotitas estudadas. (Figura 3.21D; Tabela Anexo 2.1).

A titanita, pouco comum, forma cristais euédricos (com até 0,6 mm), castanho-avermelhados, com contatos retos com o plagioclásio (Tit₁). Ocorre ainda como mineral secundário proveniente da alteração do anfibólio e da biotita (Tit₂).

Cristais euédricos de alanita com até 0,6 mm, fortemente metamictizados, associam-se a plagioclásio e anfibólio. Contêm inclusões de opacos, zircão e biotita.

Os opacos ocorrem como cristais anédricos a subédricos, associados predominantemente aos ferromagnesianos ou inclusos em feldspatos. São representados pela magnetita, ilmenita e hematita, além dos sulfetos pirita e calcopirita (Figueiredo 1999).

O zircão apresenta-se como cristais euédricos a subédricos, bipiramidais e prismáticos, zonados, fraturados, inclusos na biotita, hornblenda, opacos e, mais raramente, no plagioclásio e alanita. Alguns cristais mostram zonas externas com cores de interferência fracas (amarelo-claro a amarelo-acinzentado) e núcleos com cores mais fortes (azul-esverdeado).

A fluorita aparece raramente formando cristais anédricos de cor violeta, associados à biotita e alanita.

3.2.4.3 – Ordem de cristalização

Zircão, apatita e opacos são comuns como inclusões nos minerais ferromagnesianos e no plagioclásio, sendo considerados como as primeiras fases a cristalizar.

A presença de *synneusis*, embora rara, sugere que o plagioclásio é precoce na seqüência de cristalização. Além disso, este mineral engloba e é englobado por cristais de anfibólio (Figuras 3.13C e D), evidenciando que ambos cristalizaram simultaneamente. Outras evidências texturais sugerem que são anteriores à biotita e aos demais félsicos.

A biotita é anédrica a subédrica e começou a formar-se após o anfibólio, porém anteriormente ao álcali-feldspato. A presença de inclusões de biotita nos cristais de álcali-feldspato reforça esta hipótese.

A titanita euédrica (Tit_1) mostra feições texturais que sugerem ter cristalizado num intervalo de temperatura próximo do das biotitas.

O álcali-feldspato forma cristais predominantemente grossos, pertíticos, por vezes zonados e maclados, contendo inclusões freqüentes de plagioclásio e biotita, demonstrando que cristalizou após esses dois minerais. Raras inclusões de quartzo aparecem nas bordas dos fenocristais de álcali-feldspato (Qz_2), e o quartzo ocorre como cristais predominantemente intersticiais (Qz_1), tardios portanto na ordem de cristalização. Logo, o quartzo 1 e 2 devem ser posteriores ao início da cristalização do feldspato alcalino.

A Figura 3.14 resume a seqüência de cristalização admitida para as diferentes fases minerais do GJO.

3.2.5 – Granitos Pórfiros (GP)

3.2.5.1 – Granitos Pórfiros associados ao Granito São Jorge *Antigo*

3.2.5.1.1 – Aspectos macroscópicos

São representados entre outros, pelas amostras 25c, 59 e 67c (Figura 3.1). São rochas porfiríticas, de coloração acinzentada, compostas por fenocristais de plagioclásio esbranquiçados a levemente esverdeados, álcali-feldspato e quartzo, imersos numa matriz fina de coloração cinza-esbranquiçada a cinza-escura (Figura 3.15A). Os minerais máficos apresentam-se preferencialmente como pequenos agregados dispersos aleatoriamente. Texturas rapakivi ocorrem localmente.

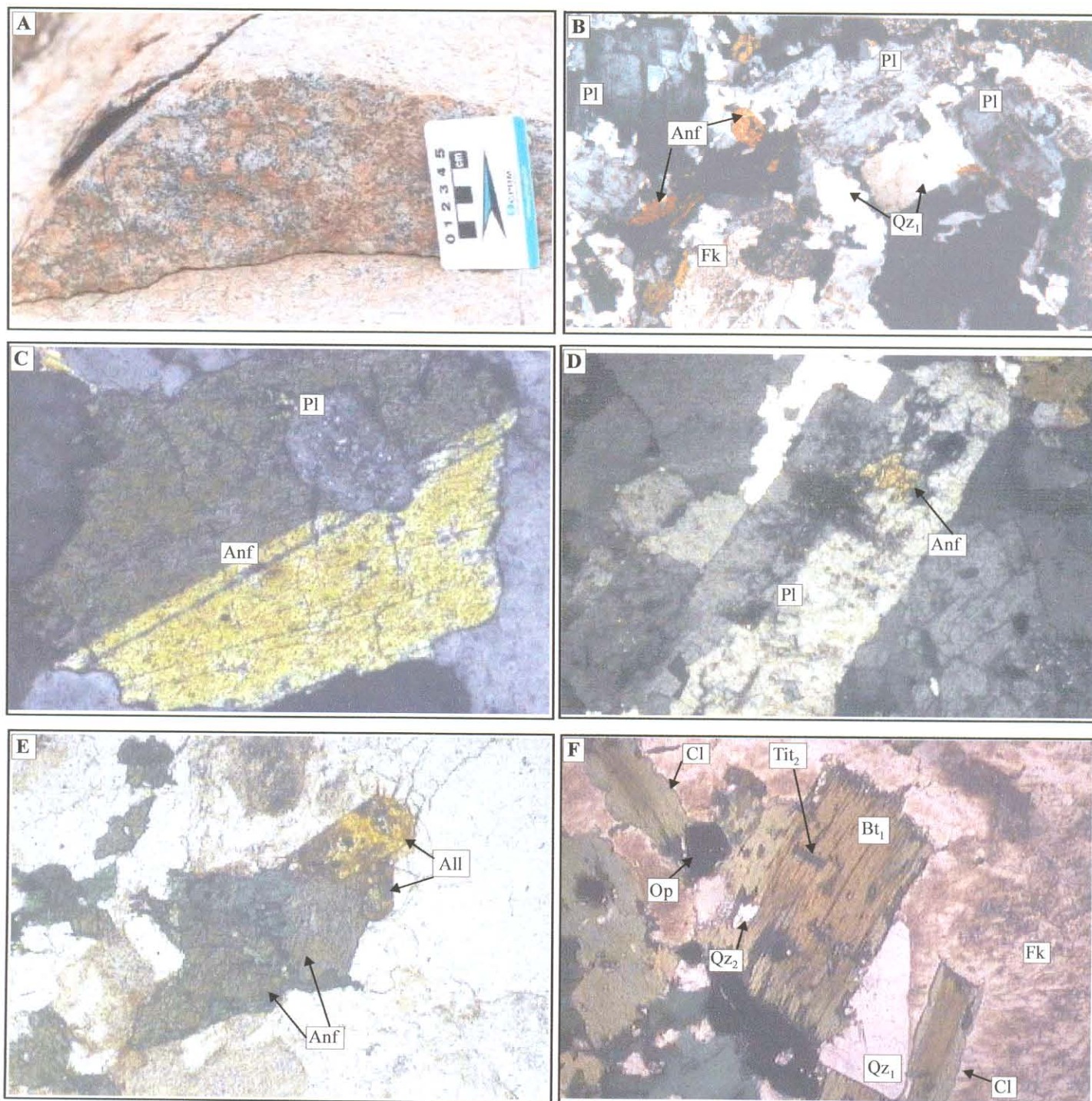
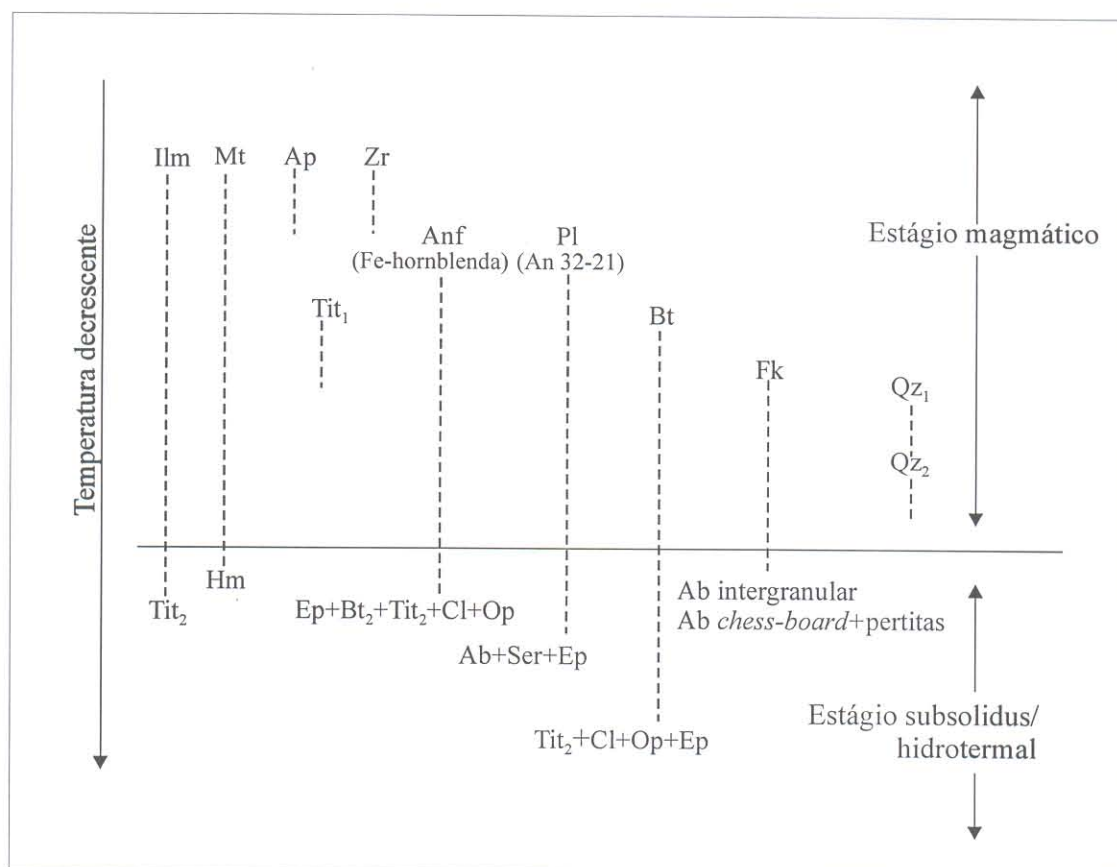


Figura 3.13 - Características petrográficas do Granito Jardim do Ouro (GJO), Província Aurífera do Tapajós. (A) Aspecto macroscópico do GJO; (B) Feições texturais mostrando cristais intersticiais de quartzo (Qz_1), plagioclásio alterado (Pl), anfibólio (Anf) e álcali-feldspato (Fk); nicóis cruzados; (C) Cristal anédrico maclado de ferro-hornblenda (Anf) com inclusão de plagioclásio (Pl) alterado; nicóis cruzados; (D) Cristal subédrico de plagioclásio maclado e parcialmente alterado (Pl), contendo inclusão anédrica de anfibólio (Anf); nicóis cruzados; (E) Cristais subédricos de alanita (All), alterados e com inclusões de opacos (Op), associados a cristais de anfibólio (Anf); nicóis paralelos; (F) Cristais subédricos de biotita (Bt_1) com bordas corroídas, parcialmente alterados para titanita (Tit_2), clorita (Cl) e quartzo (Qz_2); nicóis paralelos. Largura das fotomicrografias: B = 5,6 mm; C = 0,62 mm; D, E e F = 2,5 mm.



Ilm-Ilmenita Zr-Zircão Mt-Magnetita Ap-Apatita Tit-Titanita Pl-Plagioclásio Anf-Anfibólio An-Anortita
 Bt-Biotita Fk-Álcali-feldspato Qz-Quartzo Ab-Albita Ser-Sericita Cl-Clorita Ep-Epidoto Op-Opaco
 Hm-Hematita

Figura 3.14 - Ordem de cristalização das diferentes fases minerais do Granito Jardim do Ouro, Província Aurífera do Tapajós.

3.2.5.1.2 - Aspectos microscópicos

Fenocristais médios, localmente grossos, de plagioclásio e álcali-feldspato e cristais médios a finos de quartzo, anfibólio e, raramente biotita, estão imersos numa matriz microgranular felsítica, por vezes granofírica. Zircão, apatita, titanita e opacos são acessórios freqüentes. Epidoto, titanita, biotita, clorita e sericita são os minerais secundários mais comuns. Uma feição característica dessas rochas é a ocorrência de cristais euédricos e subarredondados de quartzo apresentando baías preenchidas pela matriz microgranular. A Figura 3.15B mostra feições características dessas rochas.

O plagioclásio (1,3-7,0 mm) é euédrico a subédrico, apresenta zoneamento normal-oscilatório e intensa saussuritização/sericitização, as quais impossibilitaram a determinação de sua composição. É o fenocristal mais abundante. Alguns cristais mostram bordas mais alteradas que os núcleos, evidenciando zoneamento inverso. Fraturas preenchidas por epidoto são comuns. Cristais subédricos com extremidades arredondadas ou corroídas mostram bordas albiticas. Texturas anti-rapakivi ocorrem com certa freqüência.

O quartzo ocorre como cristais euédricos (Qz_1 ; 0,7-2,0 mm) e subarredondados, contendo finas fraturas preenchidas por sericita. Apresenta extinção ondulante moderada e freqüentes baías preenchidas pela matriz microgranular. Está presente também na matriz (Qz_2), como finos grãos associados ao álcali-feldspato e ao plagioclásio, como produto da alteração do anfibólio (Qz_3) e nos intercrescimentos granofíricos (Qz_4).

Os fenocristais (5,0-8,0 mm) de álcali-feldspato são zonados e maclados e apresentam intercrescimentos micropertíticos do tipo *string* (Smith 1974; Deer et al. 1992) bem desenvolvidos. Inclusões subédricas de plagioclásio e biotita parcialmente alteradas estão presentes preferencialmente nas bordas dos fenocristais.

O anfibólio ocorre como cristais subédricos a anédricos intensamente alterados para biotita, clorita, epidoto e titanita. Alguns cristais euédricos, com até 1,2 mm de comprimento e coloração esverdeada, mostram-se pouco alterados, maclados e com inclusões de apatita, titanita e opacos. Composicionalmente correspondem a hornblenda magnesiânica com razões Mg/Mg+Fe (0,59 a 0,68) que se superpõem àquelas encontradas nos anfibólios dos ABMZG do GSJA (Figura 3.21A; Tabela Anexo 1.1).

A biotita é encontrada em dois tipos texturais: **Bt₁**, formando lamelas subédricas a anédricas (1 a 2 mm) com bordas corroídas e inclusões de apatita, opacos e zircão. Seu

pleocroísmo é castanho-esverdeado a castanho-amarelado. Altera-se freqüentemente para titanita, epidoto e clorita. Apresenta teores de Si, ^{IV}Al e Ti^{4+} próximos aos encontrados nas biotitas dos ABQM a ABMZG do GSJA (Tabela Anexo 2.1), porém é mais rica em Fe^{2+} e mais pobre em Mg, proporcionando razões $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}$ (0,45) mais baixas do que aquelas das biotitas dos granitos São Jorge *Antigo* e *Jovem* (Figura 3.21D). **Bt**₂, se apresenta em finas lamelas (<1 mm) geralmente formando aglomerados provenientes da alteração do anfibólio.

Dois tipos texturais de titanita foram identificados: **Tit**₁, euédrica (com até 0,5 mm), apresentando pleocroísmo fraco a inexistente e geralmente associada a apatita, opacos, anfibólio e epidoto. **Tit**₂, formando pequenos agregados de cristais provenientes da alteração do anfibólio e biotita, ocorrendo geralmente ao longo de seus planos de clivagem.

Cristais subédricos de minerais opacos (com até 0,5 mm) associam-se à titanita e aos ferromagnesianos, sendo freqüentemente coroados por biotita e titanita.

A apatita ocorre como inclusão nos cristais de anfibólio e, mais raramente, biotita.

O zircão apresenta-se como pequenos cristais euédricos, zonados, geralmente inclusos na biotita onde desenvolvem halos pleocróicos. Está presente também associado ao anfibólio, opacos, titanita e apatita.

Texturalmente pode-se distinguir dois tipos de epidoto: **Ep**₁, cristais anédricos (<1 mm) ocorrendo próximo ou no centro de cristais de plagioclásio como produto de sua alteração; **Ep**₂, como cristais subédricos a anédricos associados aos anfibólios ou formando cristais subédricos a anédricos (< 0,5mm) resultantes da alteração da biotita.

3.2.5.2 – Granitos Pórfiros associados aos ignimbritos da Formação Moraes Almeida e ao Granito Maloquinha

3.2.5.2.1 – Aspectos macroscópicos

São representados pelas amostras 18a e 42. São rochas porfíricas, isotrópicas, contendo fenocristais de plagioclásio, álcali-feldspato, quartzo e agregados de minerais opacos dispersos aleatoriamente numa matriz fina marrom-avermelhada (Figura 3.15C). Os fenocristais de plagioclásio são cinza-esbranquiçados e comumente mostram finas bordas claras (albita?) contínuas. O álcali-feldspato é levemente rosado. Texturas rapakivi ocorrem localmente

3.2.5.2.2- Aspectos microscópicos

Apresentam textura porfirítica, sendo constituídos essencialmente por plagioclásio, álcali-feldspato, quartzo, anfibólio e, mais raramente, biotita. Minerais opacos, zircão, apatita, alanita, titanita e, raramente, fluorita são os principais acessórios. Clorita, sericita, epidoto, titanita e opacos são os minerais secundários. A matriz granofírica, formada predominantemente por quartzo, álcali-feldspato e plagioclásio (Figura 3.15D), evidencia o caráter hipabissal dessas rochas. Titanita, opacos, zircão, apatita e anfibólio formam agregados relativamente freqüentes.

O plagioclásio forma fenocristais subédricos a anédricos, comumente zonados e saussuritizados, contendo inclusões freqüentes de anfibólio. Ocorre também como finos cristais subédricos na matriz. Sua composição varia de andesina cálcica a oligoclásio sódico (Tabela Anexo 3.3; Figura 3.19B).

O quartzo apresenta-se como fenocristais freqüentemente subarredondados e com baías. Ocorre ainda na matriz como cristais anédricos ou formando intercrescimentos granofíricos.

O álcali-feldspato é subédrico a anédrico, médio a grosso e argilizado em diferentes intensidades. Fenocristais (com até 7,2 mm) pertínicos alongados englobando cristais de plagioclásio são comuns. Cristais anédricos homogêneos ou fracamente pertínicos também estão presentes. Ocorre ainda, como cristais anédricos finos dispersos na matriz.

O anfibólio é o ferromagnesiano mais abundante. Ocorre como cristais anédricos a subédricos médios, geralmente alterados para epidoto, biotita, clorita e titanita e com inclusões de opacos, zircão e apatita. Apresenta pleocroísmo castanho-claro esverdeado a verde-claro e composição de ferro-hornblenda (Tabela Anexo 1.3; Figura 3.21A), semelhante à dos anfibólios do GJO e muito destoante daquelas dos anfibólios dos granitos São Jorge *Antigo* e São Jorge *Jovem*.

A biotita é pouco comum e encontra-se comumente alterada para clorita e titanita.

A titanita é geralmente secundária, originada a partir dos ferromagnesianos, sendo rara formando cristais euédricos. Os opacos são abundantes. Ocorrem predominantemente como cristais anédricos finos a médios associados aos ferromagnesianos. Estão presentes também como pequenas inclusões anédricas no plagioclásio.

A apatita forma cristais prismáticos alongados, geralmente inclusos no anfibólio. O zircão é uma fase comum. Seus cristais são euédricos a subédricos, zonados e associados a anfibólios e opacos.

O epidoto desenvolve-se como finos grãos no centro dos cristais de plagioclásio ou como cristais anédricos resultantes da alteração do anfibólio e da biotita.

A clorita é comum substituindo a biotita e o anfibólio.

3.2.5.3 – Granitos Pórfiros associados aos riolitos da rodovia Transgarimpeira

3.2.5.3.1 – Aspectos macroscópicos

São representados pelas amostras 39c e 49 (Figura 3.2). São rochas isotrópicas, porfíricas, com um percentual de matriz comparativamente mais elevado do que aquele encontrado nos granitos pórfiros anteriores. São formados predominantemente por fenocristais (com até 2 cm) subédricos de álcali-feldspato de coloração rosa-avermelhada, plagioclásio esbranquiçado e quartzo imersos numa matriz fina de coloração avermelhada (Figura 3.15E).

3.2.5.3.2 – Aspectos microscópicos

Apresenta composição mineralógica semelhante àquela do granito pórfiro associado aos ignimbritos e ao Granito Maloquinha (amostras 18a e 42), porém é mais rico em álcali-feldspato, sua matriz é predominantemente esferulítica e os processos de carbonatação e cloritização são mais intensos (Figura 3.15F).

O plagioclásio forma cristais subédricos a anédricos, geralmente <2 mm. A saussuritização e a carbonatação são os principais processos de alteração, e a sua intensidade impossibilita a determinação de sua composição.

O quartzo forma fenocristais euédricos a subédricos médios, por vezes com baías, cristais subarredondados de granulação mais fina e cristais anédricos na matriz.

O álcali-feldspato é abundante e forma fenocristais subédricos a anédricos, em geral pertíticos e com inclusões frequentes de plagioclásio e titanita. Clorita e carbonatos são produtos comuns de sua alteração. Texturas rapakivi ocorrem localmente.

O anfibólio encontra-se transformado em diferentes intensidades para clorita, carbonatos, epidoto e titanita e com inclusões frequentes de apatita, zircão e opacos. A titanita ocorre como cristais anédricos provenientes da alteração do anfibólio e da biotita. Os minerais opacos formam cristais anédricos associados aos ferromagnesianos ou, mais raramente, pequenas inclusões anédricas nos cristais de plagioclásio e álcali-feldspato. O zircão forma cristais euédricos a subédricos, zonados e associados ou inclusos em anfibólio e biotita e, plagioclásio.

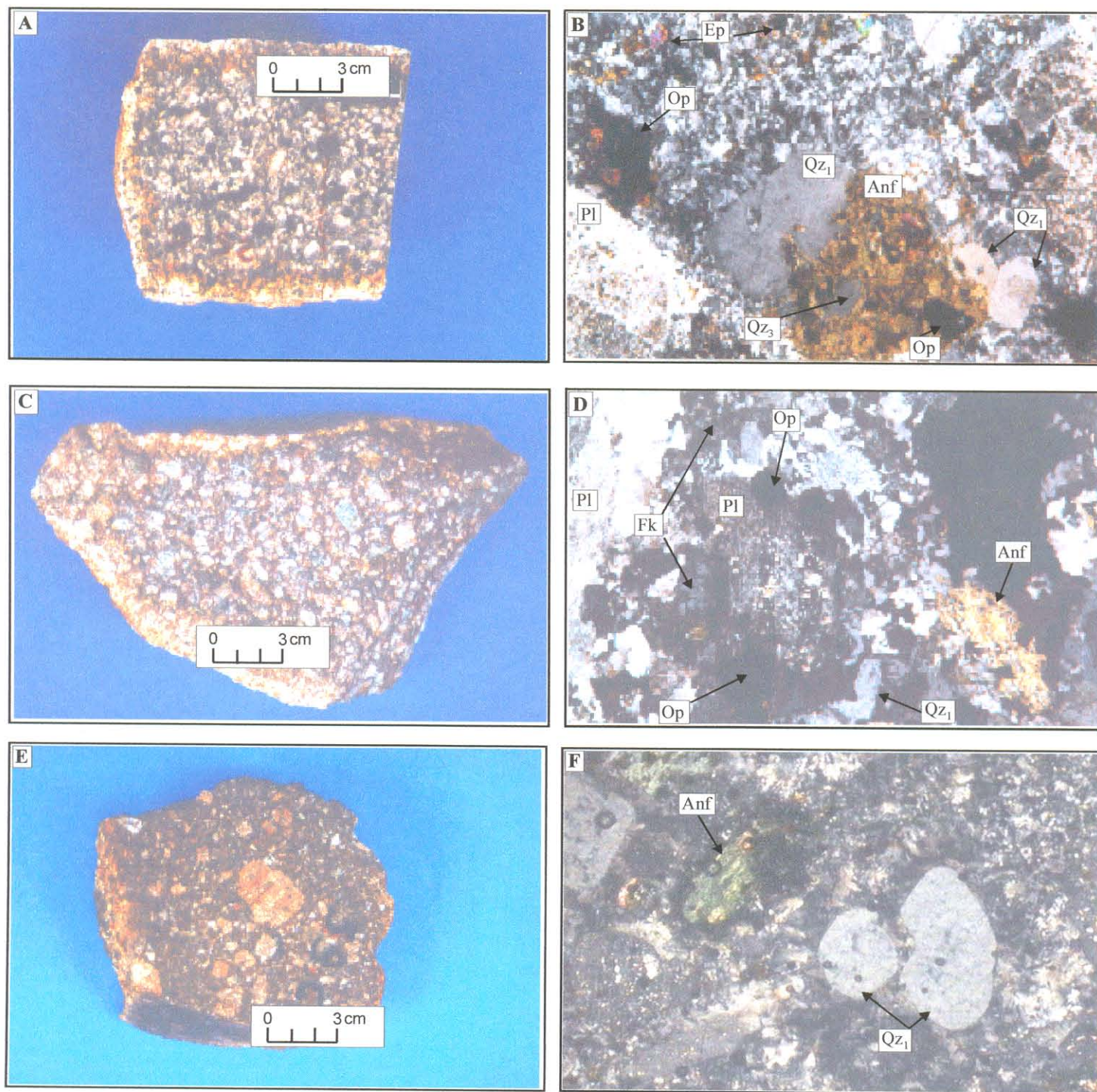


Figura 3.15 - Características petrográficas dos granitos pórfiros (GP) associados ao Granito São Jorge (A e B), aos ignimbritos e Granito Maloquinha de Moraes Almeida (C e D) e aos riolitos (E e F) da rodovia Transgarimpeira, Província Aurífera do Tapajós. (A) Aspecto macroscópico de GP (amostra 25c) contendo plagioclásio, álcalifeldspato, quartzo e agregados de opacos numa matriz fina acinzentada. Sul de Vila Riozinho; (B) Feições microscópicas da amostra anterior mostrando cristais subarredondados de quartzo (Qz_1), plagioclásio (Pl), anfibólio alterado para opacos (Op), epidoto (Ep), quartzo (Qz_3) e biotita (não evidente) numa matriz granofírica; nicóis cruzados; (C) Aspecto macroscópico de GP (amostra 18a); (D) Feições texturais de GP (amostra 18a), com plagioclásio subédrico (Pl) e anfibólio anédrico (Anf) alterados e com inclusões de opacos (Op) numa matriz granofírica; nicóis cruzados; (E) GP-39c associado aos riolitos da rodovia Transgarimpeira. Notar fenocristais de álcali-feldspato; quartzo e plagioclásio ocorrem em menor proporção; (F) Detalhe microscópico da amostra anterior mostrando cristais subarredondados de quartzo, (Qz_1) e cristais anédricos de anfibólio (Anf) alterado numa matriz esferulítica (não evidente na foto). Largura das fotomicrografias = 2,5 mm.

3.3 – SEQÜÊNCIAS VULCÂNICAS

3.3.1 – Formação Vila Riozinho

É representada por andesitos basálticos, traquiandesitos basálticos, traquitos e riolitos, aflorantes nos arredores de Vila Riozinho e ao longo do rio Jamanxim. Esta classificação baseia-se nas composições químicas das rochas analisadas da unidade (ver Capítulo 4 e o diagrama TAS nele inserido, item 4.2, Figura 6), seguindo os critérios propostos por Le Maitre et al. (1989), uma vez que as composições modais não puderam ser determinadas face às características texturais destas rochas.

3.3.1.1 – Andesitos basálticos e Traquiandesitos basálticos

3.3.1.1.1 – Aspectos macroscópicos

São rochas afaníticas, isotrópicas, de coloração cinza-escura a cinza-esverdeada (Figura 3.16A), contendo fenocristais milimétricos de plagioclásio e anfibólio.

3.3.1.1.2 – Aspectos microscópicos

Apresentam textura porfírica, localmente glomeroporfírica, e são constituídos por plagioclásio, anfibólio, piroxênio, biotita e titanita dispersos numa matriz microgranular ou pilotaxítica rica em opacos. Como acessórios primários ocorrem opacos, zircão e apatita acicular. Clorita, sericita, epidoto, titanita e opacos são os minerais secundários.

O plagioclásio é dominante na matriz na forma de finas ripas de cristais. Ocorre também como cristais mais desenvolvidos subédricos a anédricos, zonados, intensamente saussuritizados e contendo finas inclusões de opacos (Figura 3.16B).

O clinopiroxênio é anédrico e exhibe, por vezes, coroas irregulares de anfibólio esverdeado. Associa-se a biotita tardia, opacos e zircão. A biotita é pouco freqüente e intensamente cloritizada.

O quartzo é raro e anédrico. Localmente forma agregados de grãos finos (recristalização?).

Os opacos são abundantes ocorrendo na forma de finos grãos irregulares. Localmente, cristais mais desenvolvidos juntam-se aos ferromagnesianos formando agregados de cristais. A titanita, pouco comum, aparece como cristais anédricos associada aos opacos e ferromagnesianos e como alteração do anfibólio. O epidoto substitui comumente o anfibólio.

3.3.1.2 – Traquitos

3.3.1.2.1 – Aspectos macroscópicos

São rochas porfíricas, isotrópicas, contendo cristais médios tabulares de plagioclásio, imersos numa matriz fina cinza-esverdeada (Figura 3.16C). Cristais de sulfetos (pirita, calcopirita) muito finos aparecem de forma pontual.

3.3.1.2.2 – Aspectos microscópicos

Apresentam textura porfírica, localmente glomeroporfírica, e são formados predominantemente por cristais médios de plagioclásio, geralmente saussuritizados, e, em menores proporções, álcali-feldspato e biotita, numa matriz félsica microgranular. Pseudomorfos de anfibólio são raros. Opacos e zircão são os principais acessórios. Epidoto, sericita, clorita e biotita são os minerais de alteração mais frequentes.

O plagioclásio ocorre como cristais subédricos médios, localmente grossos, dispersos aleatoriamente na matriz microcristalina. Mostra, por vezes, forte zoneamento normal oscilatório, maclas albita-carlsbad, cristais pouco a intensamente saussuritizados e sericitização média a elevada (Figura 3.16D e E).

O quartzo é raro como cristais médios, sendo mais frequente na matriz. Localmente forma cristais anédricos associados a anfibólio e opacos (Figura 3.16F). O álcali-feldspato forma cristais subédricos a anédricos, de granulação fina a média, frequentemente argilizados em grau elevado.

A biotita apresenta-se como cristais subédricos a anédricos intensamente transformados para epidoto e clorita, contendo frequentes inclusões de opacos e zircão. Está presente também nos pseudomorfos de anfibólio juntamente com epidoto e opacos.

Os opacos são comuns como cristais anédricos, raramente subédricos, de granulação fina, dispersos na matriz felsítica ou associados aos minerais ferromagnesianos. São raros como inclusões no plagioclásio e no álcali-feldspato. Por vezes formam pequenos agregados (com até 1,8 mm) corroídos e coroados por titanita.

O epidoto é uma fase frequente. Ocorre como alteração do plagioclásio, da biotita, nos pseudomorfos de anfibólio e preenchendo fraturas em cristais de plagioclásio, álcali-feldspato e quartzo.

3.3.1.3 – Riolitos

3.3.1.3.1 – Aspectos macroscópicos

São rochas porfíricas maciças, isotrópicas, de coloração cinza-esverdeada, cinza-amarronada e/ou cinza-esbranquiçada, pobres em máficos e constituídas por fenocristais de plagioclásio, quartzo e álcali-feldspato dispersos numa matriz afanítica.

3.3.1.3.2 – Aspectos microscópicos

Apresentam textura porfírica a glomeroporfírica, sendo formados essencialmente por álcali-feldspato, quartzo e plagioclásio, com biotita subordinada. Pseudomorfos de anfibólio ocorrem localmente. Opacos, apatita e zircão são os principais acessórios primários. Epidoto, sericita, clorita, titanita, opacos $\pm$ carbonatos constituem as fases secundárias.

O plagioclásio é subédrico a anédrico, saussuritizado, com maclas difusas a inexistentes. O álcali-feldspato encontra-se geralmente argilizado e o quartzo é mais comum na matriz felsítica, localmente granofírica, por vezes ocorrendo como grãos irregulares com baías. As principais fases máficas são biotita, transformada para clorita, epidoto e/ou carbonatos e pseudomorfos de anfibólio, constituídos de biotita, epidoto, opacos, titanita e clorita. Inclusões de opacos e zircão são comuns nos pseudomorfos.

3.3.2 – Formação Moraes Almeida

É formada predominantemente por ignimbritos com riolitos subordinados e raros traquitos. Os riolitos e traquitos foram classificados com base em suas composições químicas, por razões já mencionadas anteriormente. Embora a classificação de rochas piroclásticas utilizando-se os diagramas QAP ou TAS não sejam recomendadas (Le Maitre et al. 1989), os ignimbritos da Formação Moraes Almeida foram plotadas neste último diagrama para comparação (ver Capítulo 4).

3.3.2.1 – Ignimbritos

3.3.2.1.1 – Aspectos macroscópicos

Os ignimbritos são rochas isotrópicas, fortemente soldadas (conforme McPhie et al. 1993, sua plancha 27.1), com textura porfírica, formadas essencialmente de cristais e fragmentos de cristais, com 1 a 6 mm (lappili-tufo), sem orientação preferencial, de quartzo e álcali-feldspato,

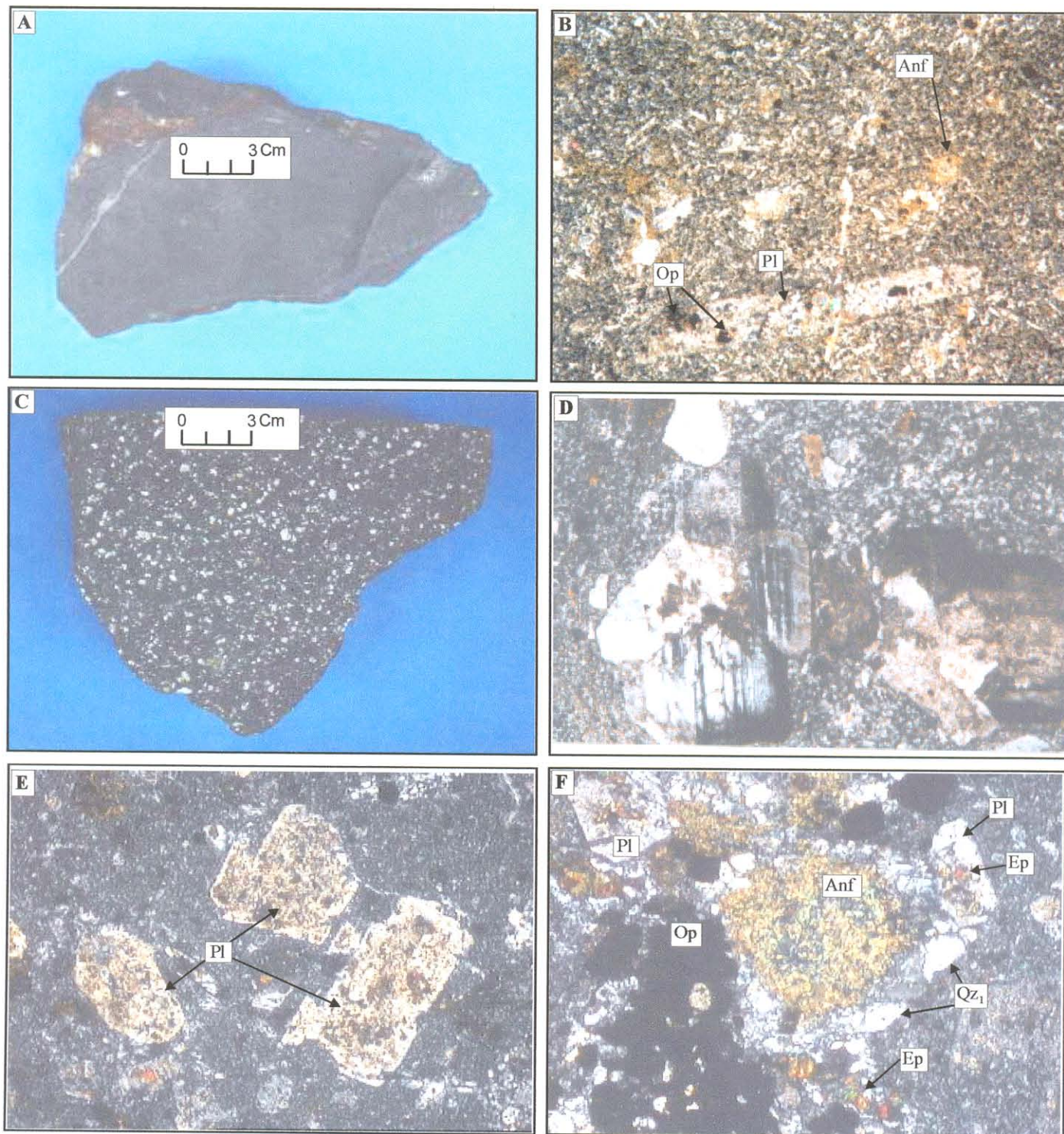


Figura 3.16 - Características petrográficas das rochas da Formação Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós. (A) Traquiandesito basáltico (amostra 36c); (B) Aspecto textural da amostra anterior mostrando fenocristais ripiformes de plagioclásio alterado (Pl), com inclusões de opacos (Op) e restos de anfibólio (Anf), em matriz microgranular sem orientação; nicóis cruzados; (C) Traquito porfirítico aflorante em Vila Riozinho (amostra 62a); (D) Aspecto textural do traquito 62a, mostrando cristais de plagioclásio parcialmente alterados e fortemente zonados imersos numa matriz microgranular felsítica pobre em quartzo; nicóis cruzados; (E) Fenocristais de plagioclásio intensamente saussuritizados (traquito 62a); (F) Feições texturais do traquito aflorante no rio Jamanxim (amostra 107) com anfibólio anédrico alterado (Anf) e corado por cristais irregulares de quartzo (Qz), plagioclásio saussuritizado (Pl), opacos (Op) e epidoto (Ep); nicóis cruzados. Largura das fotomicrografias = 2,5 mm.

com plagioclásio subordinado, imersos numa matriz fina marrom-avermelhada ou marrom-escura (Figura 3.17A). Finas lentes de material mais fino (púmice?) mostram-se levemente alinhadas. Fragmentos de rochas são comuns. Uma feição característica dessas rochas é a grande quantidade de cristais e fragmentos de cristais com uma mineralogia restrita.

Ignimbritos foliados constituídos de finas lentes esbranquiçadas e orientadas numa matriz marrom-clara ocorrem localmente (Figura 3.17C). Assemelham-se aos ignimbritos subaquosos soldados descritos por McPhie et al. (1993; sua prancha 28.5).

3.3.2.1.2 – Aspectos microscópicos

Os ignimbritos soldados de cristais apresentam textura eutaxítica e são ricos em cristais com aspecto cristaloclástico e feições de reabsorção (p.ex. cristais de quartzo subarredondados e com baías). São constituídos essencialmente por cristais e fragmentos de cristais de quartzo e álcali-feldspato, com plagioclásio subordinado, além de fragmentos líticos centimétricos (Figura 3.17A), dispersos numa matriz afanítica. Zircão e opacos são os principais acessórios. Sericita, clorita, carbonatos, argilominerais e, raramente, epidoto são os minerais de alteração mais freqüentes. Próximo às bordas dos cristais mais desenvolvidos de quartzo e feldspato, *shards* recristalizadas e bem preservadas mostram-se deformadas e estiradas, contornando esses cristais (Figura 3.17B). O plagioclásio apresenta-se como cristais anédricos a subédricos, de granulação fina a média, com maclas albita-carlsbad muitas vezes pouco evidentes, intensamente sericitizados/argilizados. Alteram-se localmente para carbonatos. Fraturas preenchidas por sericita e fragmentos de cristais são freqüentes.

O quartzo forma cristais subédricos a anédricos, com dimensão de lappili (1 até 6 mm), freqüentemente subarredondados, com baías e fraturas preenchidas por carbonatos e/ou sericita. Nos cristais mais fraturados, apresenta extinção ondulante moderada a localmente forte. Cristais com aspecto esquelético são comuns. Inclusões finas de clorita e/ou carbonatos são raras. É comum também na forma de finos fragmentos dispersos na matriz.

O álcali-feldspato ocorre como cristais subédricos a anédricos, médios a finos, contendo inclusões de opacos, quartzo e, raramente, plagioclásio e zircão. Alguns cristais mostram pertitas do tipo *string* bem desenvolvidas, por vezes formando *patchy* pertitas. Fraturas preenchidas por sericita ou carbonatos são comuns. Apresentam grau de argilização médio a elevado. Alteram-se, ainda, para sericita e carbonatos. Cristais substituídos por albita *chessboard* ocorrem localmente.

O anfibólio e biotita são raros. O primeiro apresenta-se como pseudomorfos subédricos constituídos de clorita, carbonatos, titanita, epidoto, opacos e fluorita. A biotita ocorre localmente como finas inclusões no quartzo.

A titanita está presente como finos cristais provenientes da alteração dos opacos. Os opacos são comuns e estão distribuídos na matriz como cristais anédricos finos, localmente médios (Figura 3.17B). Cristais mais desenvolvidos apresentam-se transformados parcialmente para carbonatos e titanita. É comum a formação de halos de carbonatos envolvendo parcial ou totalmente esses cristais. São raros como inclusões no quartzo.

O zircão encontra-se como finos cristais euédricos a subédricos, zonados, fraturados e, às vezes, com diminutas inclusões subarredondadas. Associa-se a opacos+titanita+apatita+fluorita ou aparece, mais raramente, disperso na matriz.

A sericita substitui o plagioclásio e, mais raramente, o álcali-feldspato. Os carbonatos desenvolvem-se como finos (<1 mm) agregados de cristais dispersos na matriz ou como produto de alteração do plagioclásio. Ocorrem também como finos cristais sobre o álcali-feldspato ou associam-se aos opacos. Neste último caso, formam coroas ou substituem as partes centrais dos cristais. A fluorita ocorre como finos cristais anédricos, incolores, inclusos ou associados a opacos+titanita+apatita+zircão nos pseudomorfos de anfibólio.

A clorita encontra-se dispersa como finos cristais anédricos na matriz ou, mais raramente, inclusa no plagioclásio e no álcali-feldspato.

Nos ignimbritos foliados (Figura 3.17D), as finas lentes orientadas são formadas por intercrescimentos de álcali-feldspato e quartzo com inclusões de opacos. Corresponderiam originalmente, de acordo com McPhie et al. (1993), a púmices soldados recristalizados (*fiamme*).

3.3.2.2 – Riolitos

3.3.2.2.1 – Aspectos macroscópicos

São rochas afaníticas maciças, de coloração cinza-escura a cinza-amarronada isentas de deformação. Por vezes, raros fenocristais subarredondados de quartzo e álcali-feldspato aparecem dispersos na matriz, sugerindo uma textura porfirítica (3.18A).

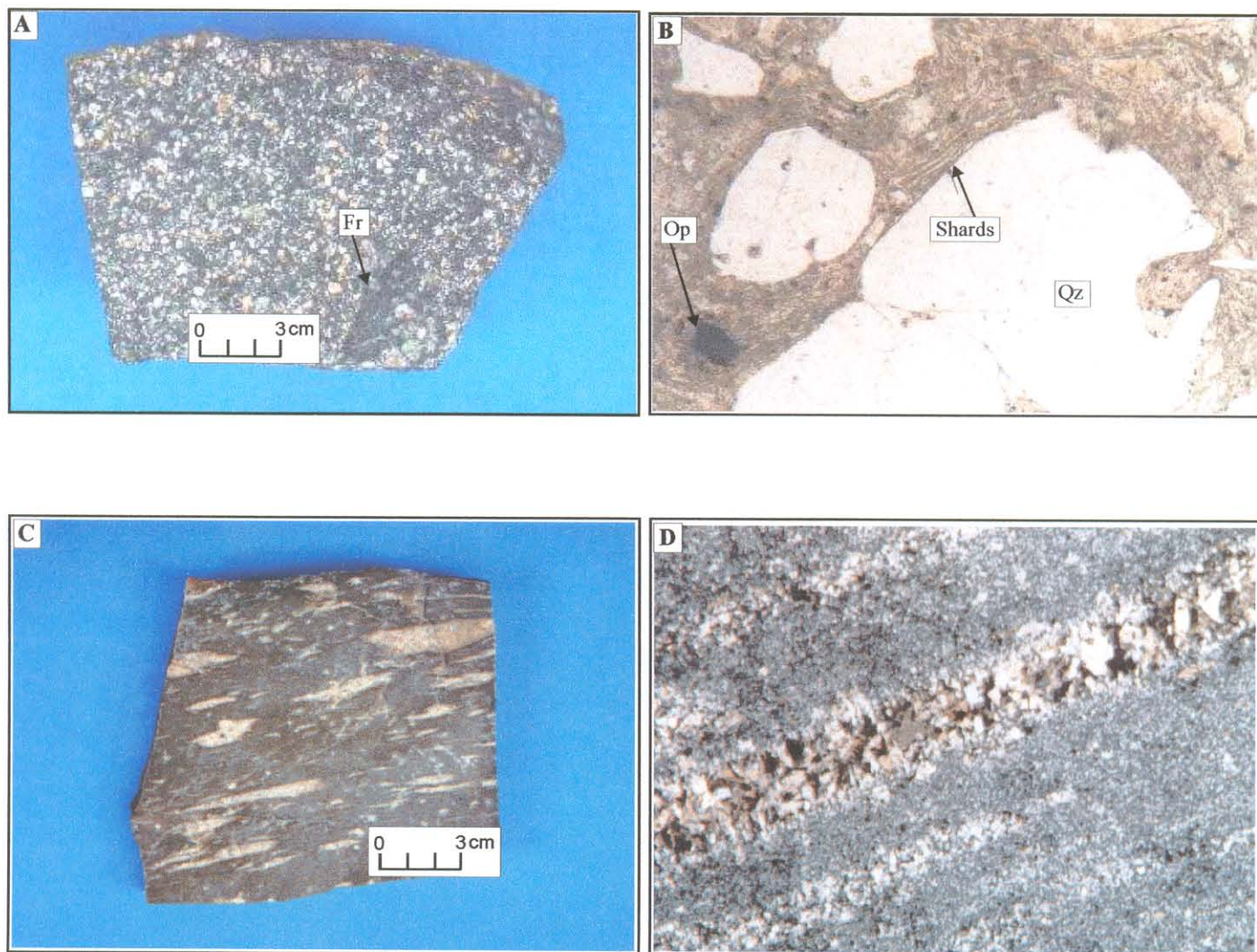


Figura 3.17 - Características petrográficas da Formação Moraes Almeida, Província Aurífera do Tapajós. (A) Aspecto macroscópico de ignimbrito (amostra 15). Notar grande quantidade de cristais dispersos na matriz amarronada e fragmento de rocha (Fr) na porção inferior direita; (B) Cristais subarredondados de quartzo com baías, mostrando *glass shards* estiradas e bem preservadas próximo às suas bordas; amostra 12a; nicóis paralelos; (C) Aspecto macroscópico de ignimbrito foliado, contendo finas lentes orientadas formadas por quartzo e álcali-feldspato; amostra 39b; (D) Feição microscópica da amostra anterior, mostrando as lentes de quartzo+álcali-feldspato (*fiamme*) em matriz microgranular felsítica; nicóis cruzados. Largura das fotomicrografias: B e D = 5,6 mm;

3.3.2.2.2 – Aspectos microscópicos

Os riolitos possuem em geral textura microcristalina com composição essencialmente quartzo-feldspática e caráter hololeucocrático. Contêm raros fenocristais subarredondados de quartzo ($<0,3$ mm), por vezes com baías. Texturas porfíricas também estão presentes em algumas amostras. Neste caso, tem-se cristais de álcali-feldspato, quartzo e, raramente, plagioclásio imersos na matriz felsítica. Minerais opacos e zircão são os principais acessórios primários. Clorita, carbonatos, argilominerais, sericita e, mais raramente, epidoto são os principais minerais secundários. A fluorita é comum, associada a clorita e carbonatos, como inclusão no álcali-feldspato ou formando finos veios irregulares.

Entre os fenocristais, o álcali-feldspato é dominante. Forma cristais subédricos a anédricos, corroídos e freqüentemente alterados para argilominerais e carbonatos (Figura 3.18B). O quartzo forma cristais ($<0,5$ mm) anédricos a subédricos, porém é mais abundante na matriz. O plagioclásio é raro. Ocorre como cristais anédricos ($<0,6$ mm), fracamente zonados e maclados.

Os opacos apresentam-se geralmente como cristais anédricos a subédricos de granulação fina, corroídos e coroados por clorita. Localmente ocorrem cristais cúbicos, finos a médios (com até 1,8 mm), dispersos na matriz felsítica (provavelmente sulfetos). Os cristais de zircão são euédricos a subédricos, por vezes zonados e com fortes cores de interferência. Associam-se comumente aos minerais opacos. Cristais prismáticos alongados de apatita aparecem dispersos na matriz.

As texturas observadas sugerem que os riolitos eram predominantemente vítreos, atualmente com a matriz recristalizada.

3.3.2.3 – Traquitos

3.3.2.3.1 – Aspectos macroscópicos

Rocha, isotrópica com coloração acinzentada e textura porfírica, contendo abundantes fenocristais milimétricos de plagioclásio, quartzo e raros de álcali-feldspato dispersos numa matriz felsítica muito fina (Figura 3.18C).

3.3.2.3.2 – Aspectos microscópicos

Possuem textura porfirítica, sendo constituídos por fenocristais de plagioclásio, quartzo, piroxênio, anfibólio, biotita e raros de álcali-feldspato. Acessoriamente ocorrem opacos, apatita e zircão. Epidoto, clorita, biotita e opacos aparecem como principais minerais secundários. Todos esses minerais estão dispersos numa matriz microcristalina felsítica a granofírica.

O quartzo forma cristais anédricos a subarredondados, freqüentemente fraturados e com baías. O álcali-feldspato ocorre como cristais anédricos, finos a médios, fracamente argilizados, por vezes fraturados, corroídos e com baías. Inclusões de biotita e anfibólio aparecem localmente. Os cristais de plagioclásio são subédricos a anédricos, finos a médios, com bordas corroídas e baías, zoneamento normal e maclas albita-carlsbad bem definidas. Localmente há cristais com núcleos alterados para carbonatos. Análises de microsonda mostraram composições que variam geralmente de andesina a oligoclásio com núcleos localizados de labradorita sódica (Figura 3.20B; Tabela Anexo 3.3).

O clinopiroxênio, de composição augítica (Tabela Anexo 4.1; Figura 3.22), ocorre como cristais anédricos finos a médios, corroídos em suas bordas e alterados para anfibólio e opacos (Figura 3.18D). Inclusões de apatita aparecem localmente.

O anfibólio, de composição ferro-hornblenda (Tabela Anexo 1.3; Figura 3.21A), é comum na forma de coroas irregulares provenientes da substituição dos clinopiroxênios (Figura 3.18D). Ocorre também, como finos cristais anédricos, comumente esqueletais, dispersos na matriz e alterados para biotita e opacos.

A biotita aparece esporadicamente dispersa na matriz como finos cristais anédricos ou associada a anfibólio e opacos. Seu pleocroísmo é castanho-escuro esverdeado a castanho-claro. Ocorre também como alteração do anfibólio.

Os opacos formam cristais anédricos finos, geralmente corroídos, dispersos na matriz ou associados aos ferromagnesianos. São raros como inclusões nos minerais félsicos.

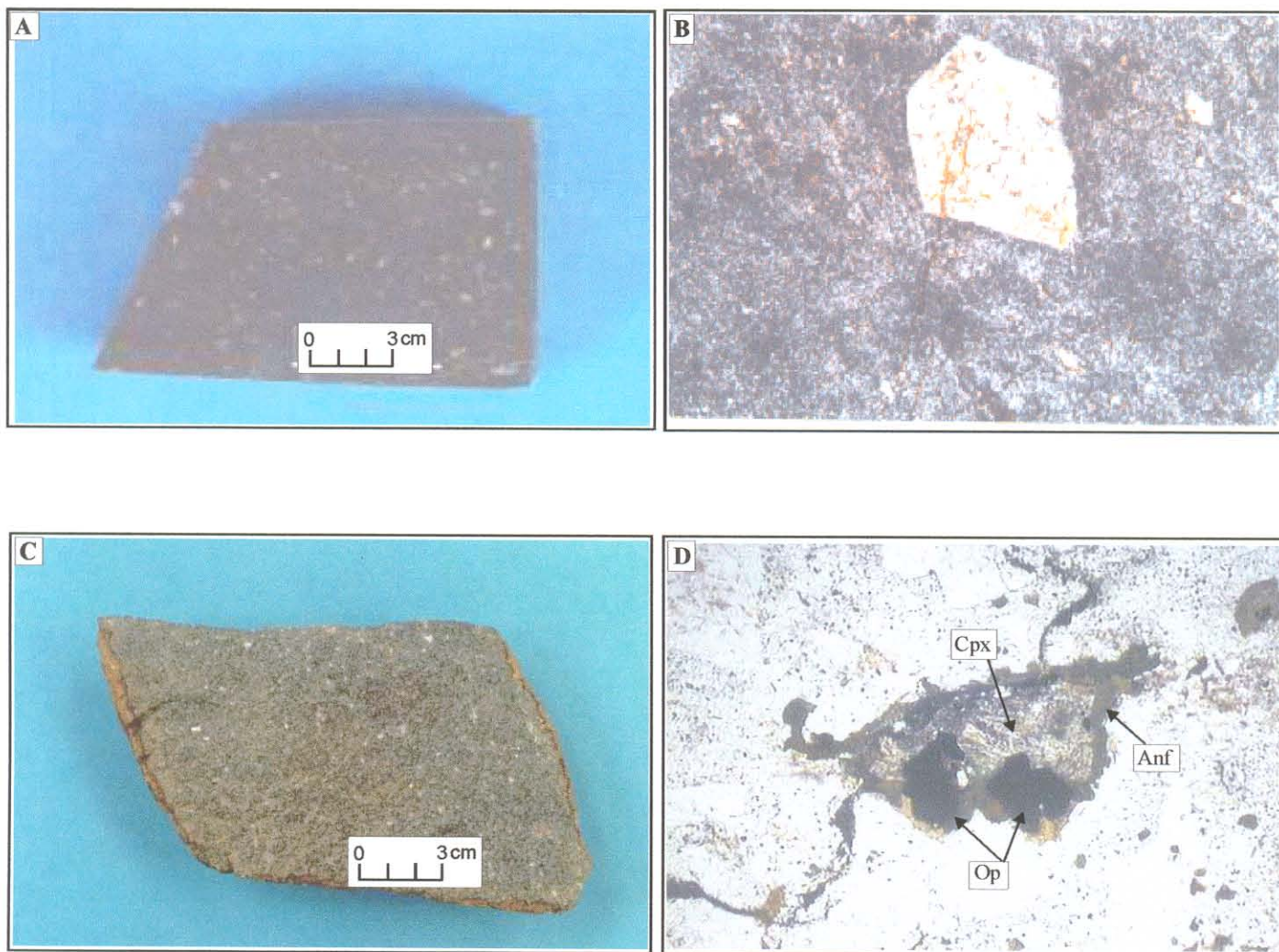
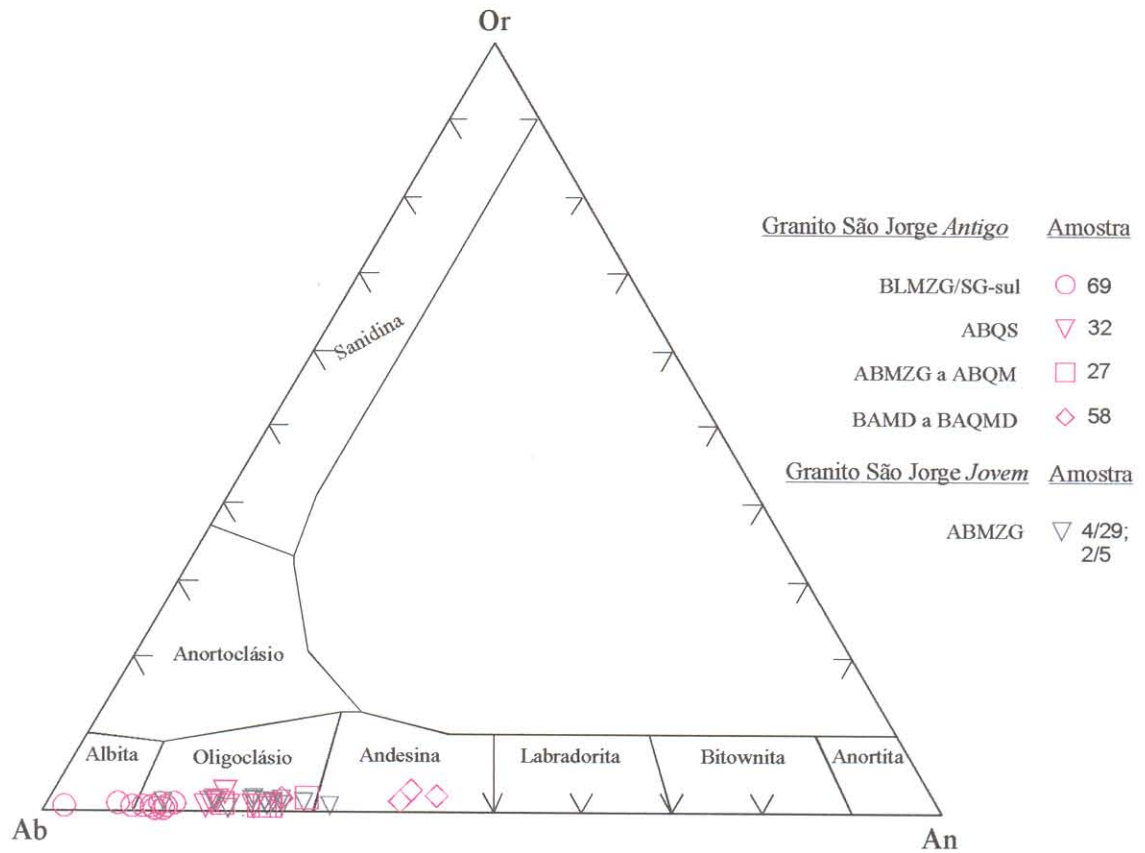


Figura 3.18 - (A) Riólito maciço (amostra 39a), contendo cristais de álcali-feldspato e quartzo numa matriz afanítica marrom-escura; (B) Aspecto textural da amostra 39a mostrando fenocristal de álcali-feldspato fraturado e alterado, em matriz microgranular felsítica; nicóis cruzados; (C) Aspecto macroscópico de traquito; amostra 48; (F) Cristal de augita com opacos associados e coroa de Fe-hornblenda em matriz microgranular felsítica; traquito (amostra 48); nicóis cruzados. Largura das microfotografias: B = 5,6 mm; D = 2,5 mm.

A



B

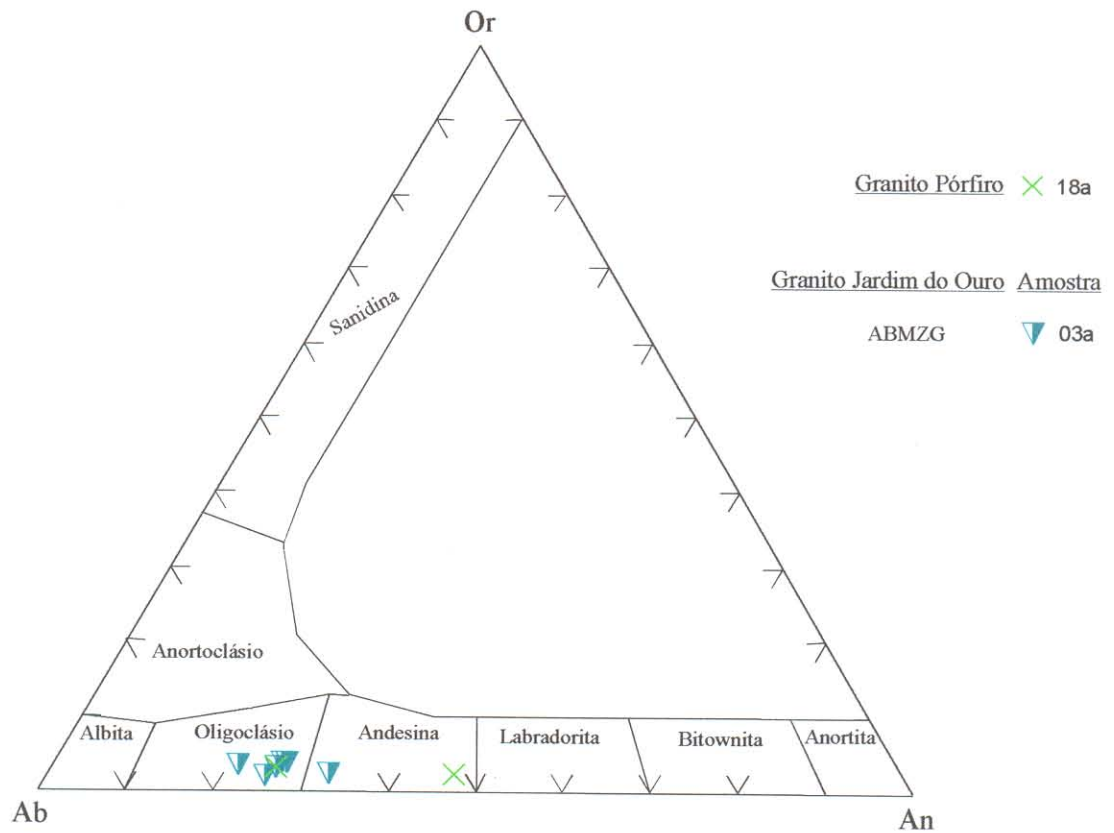
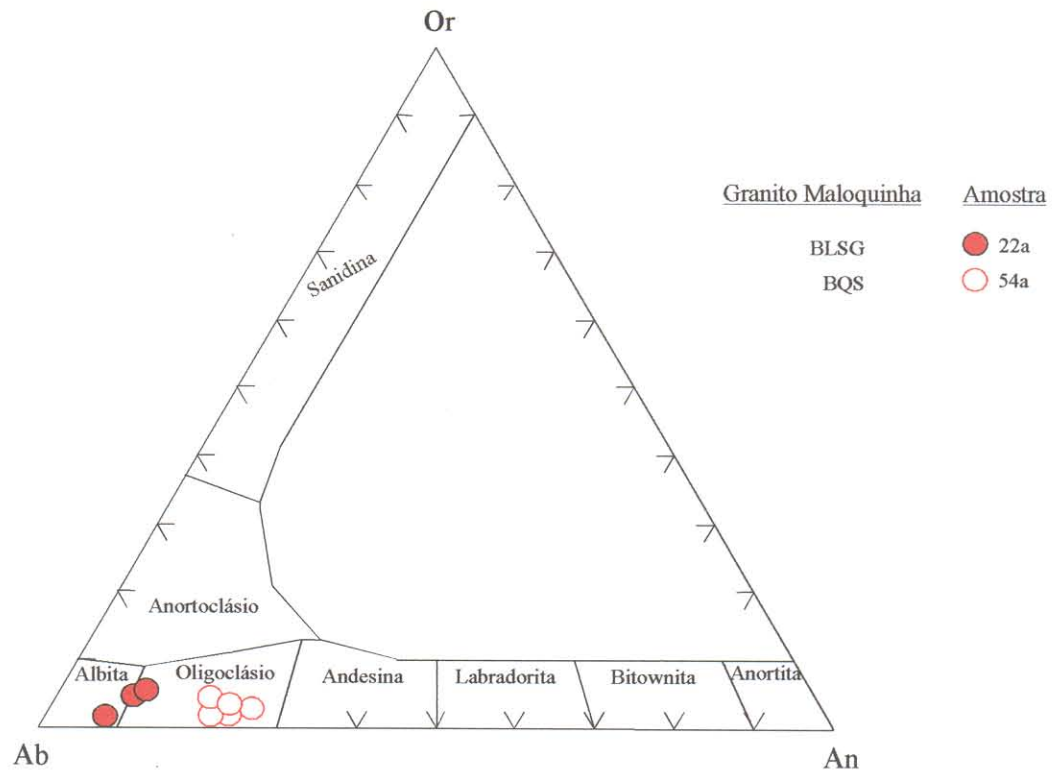


Figura 3.19 - Diagrama An-Ab-Or mostrando as variações composicionais do plagioclásio dos granitóides da região de Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós. (A) São Jorge *Antigo* e São Jorge *Jovem*; (B) Jardim do Ouro e Pórfiro 18a. Abreviaturas conforme Figura 3.1.

A



B

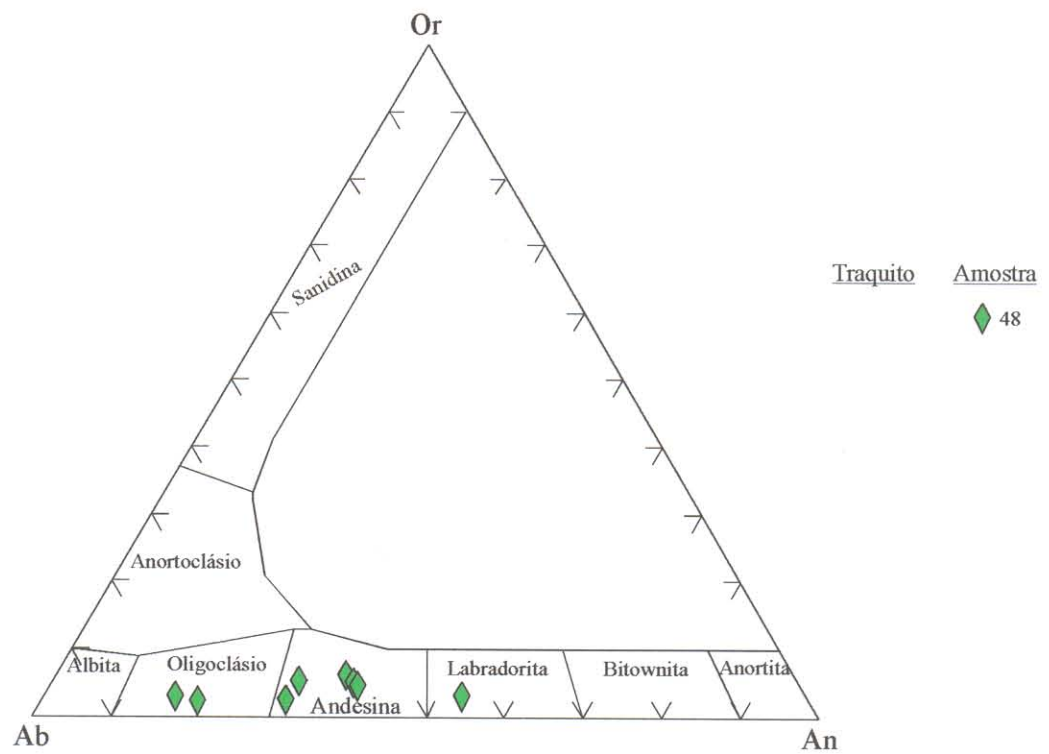


Figura 3.20 - Composição química de plagioclásios do Granito Maloquinha (A) e do traquito da Formação Moraes Almeida (B), Província Aurífera do Tapajós.

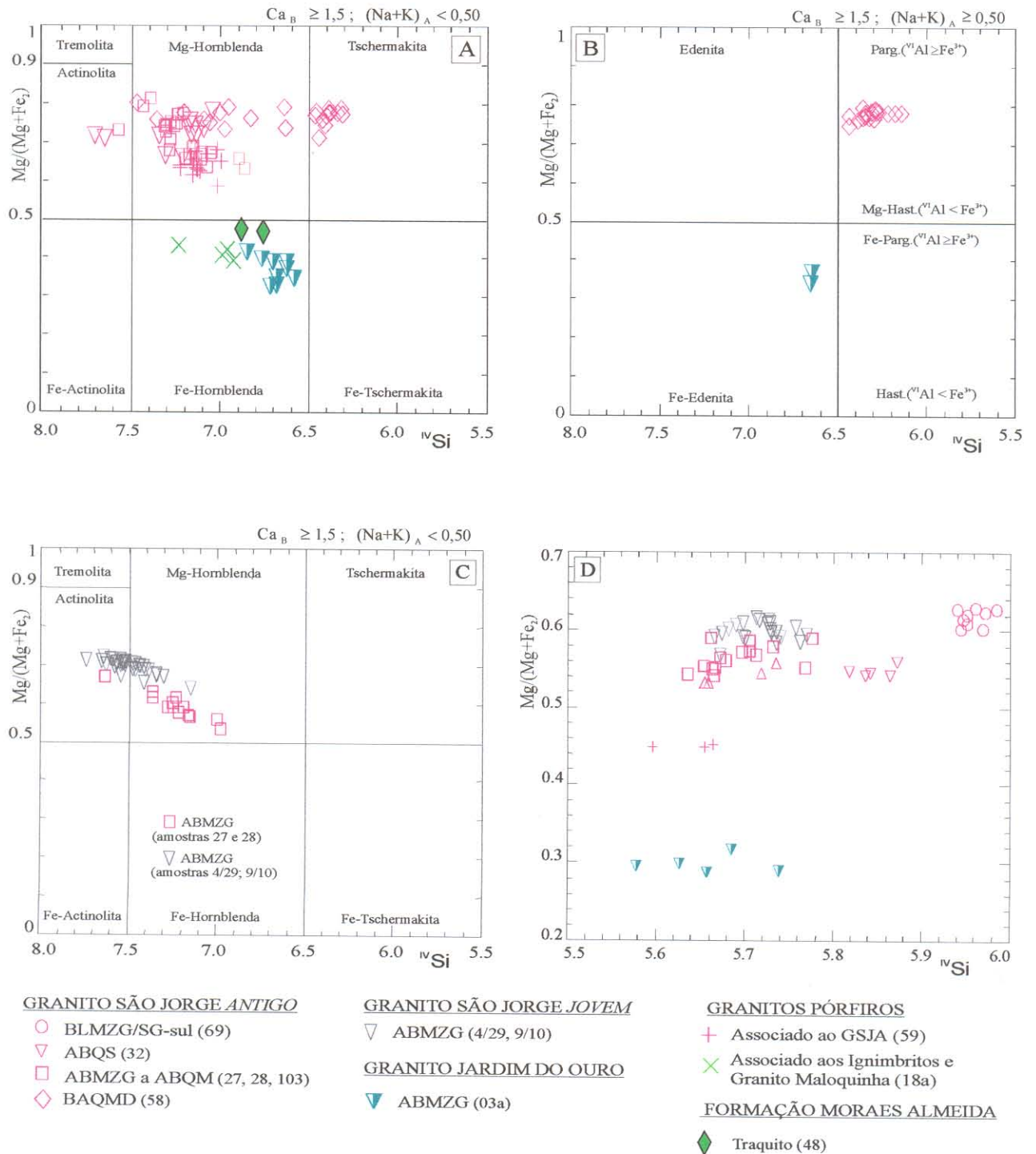


Figura 3.21 - A, B e C: Diagramas de classificação de anfibólios (Leake et al. 1997) dos granitóides da região de Vila Riozinho e do traquito da Formação Moraes Almeida; (D) Diagrama Mg/(Mg+Fe) x Si para as biotitas destes mesmos granitóides.

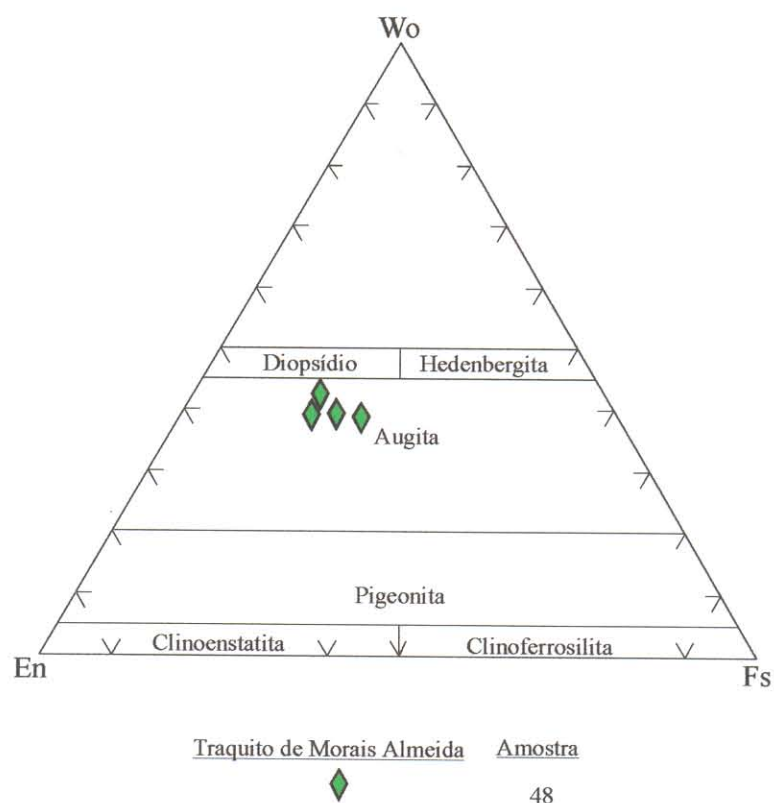


Figura 3.22 - Classificação do piroxênio das rochas traquíticas da Formação Moraes Almeida, Província Aurífera do Tapajós.

3.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O estudo petrográfico e mineraloquímico das diferentes unidades magmáticas proterozóicas da região de Vila Riozinho leva às seguintes conclusões:

1 – O Granito São Jorge *Antigo* é um corpo zonado formado por rochas monzodioríticas a quartzo-monzodioríticas nas bordas, quartzo-monzoníticas a monzograníticas nas porções intermediárias e leucomonzograníticas a leucosienograníticas na parte mais interna, constituindo a fácies mais evoluída do corpo.

2 – A hipótese dos leucomonzo/sienogranitos da porção central serem a fácies mais evoluída do Granito São Jorge *Antigo* é embasada pelos dados de campo e petrográficos. Entre as evidências neste sentido, destacam-se:

(a) Dos BAMD a BAQMD para ABMZG a ABQM e destes para os BLMZG/SG, nota-se uma variação composicional acentuada do plagioclásio que passa de An₄₃₋₃₉ para An₂₉₋₁₉ e, finalmente, An₁₄₋₁₁. O anfibólio evolui, dos BAMD a BAQMD para os ABMZG a ABQM, de hastingsita e tschermakita para hornblenda-magnesiana e desaparece ou é pouco expressivo nas rochas leucomonzo/sienograníticas. Além disso, o álcali-feldspato tem suas proporções modais aumentadas de 10-21% nas rochas monzodioríticas para 24-44% nos ABMZG a ABQM, 31-47% nos ABMZG/SG do sul e 38-55% nos ABMZG/SG do centro do corpo;

(b) Existe uma diminuição gradual no conteúdo modal de minerais máficos no sentido BAMD+BAQMD – ABMZG+ABQM – ABMZG/SG-sul – ABMZG/SG-centro;

(c) Os enclaves máficos, comumente observados nos ABMZG, são raros nos BLMZG/SG da porção sul e não foram observados nos BLMZG/SG da porção central do corpo.

3 – Uma feição característica dos ABMZG+ABQM do Granito São Jorge *Antigo* é a presença de enclaves máficos microgranulares (<5 cm). Exames microscópicos mostraram que esses enclaves são ricos em minerais máficos e não possuem texturas de recristalização, o que evidencia equilíbrio termal e baixo contraste de viscosidade entre o enclave e a rocha hospedeira (Didier 1987; Didier & Barbarin 1991). Consistem predominantemente de plagioclásio, anfibólio e biotita. Quartzo e álcali-feldspato ocorrem esporadicamente como grãos intersticiais. Titanita, opacos, apatita e zircão são os acessórios primários presentes. Epidoto, titanita e clorita são os principais minerais de alteração. Composicionalmente são semelhantes aos BAQMD que afloram nas

bordas do corpo. Apresentam composição mineralógica e aspecto textural semelhantes, sugerindo tratar-se de um único tipo de enclave. Tais características sugerem que os BAQMD e os enclaves estejam geneticamente relacionados, com os últimos representando, possivelmente, bolhas do mesmo líquido que originou os BAQMD dispersas no líquido formador dos ABMZG (Didier 1987; Barbarin & Didier 1991; Hibbard 1995; Neves & Mariano 1997). Entretanto, somente com a determinação das características geoquímicas e isotópicas de ambos seria possível comprovar ou não tal suposição. Este estudo foge, porém, aos objetivos deste trabalho.

4 – Outra característica marcante nas rochas do Granito São Jorge *Antigo*, sobretudo nos ABMZG+ABQM, é a presença de cristais de plagioclásio com forte zoneamento normal-oscilatório, às vezes inverso. Associado a esses cristais ocorrem manchas irregulares contendo ocasionalmente inclusões de quartzo e opacos, evidenciando *patchy zoning*. Agregados de cristais apresentando relações semelhantes às de *synneusis* também são freqüentes. Cristais de plagioclásio em contato com diferentes líquidos ou com um mesmo líquido, mas sob diferentes condições de pressão ou de atividade de alguns dos seus componentes, podem apresentar texturas e zoneamentos complexos (Smith & Lofgren 1983; McPhie et al. 1993; Brown & Parsons 1994).

Com base nas observações texturais e nas modificações composicionais dos cristais, principalmente de plagioclásio, pode-se pensar em duas hipóteses: (1) que o magma gerador do Granito São Jorge *Antigo* experimentou mudanças físico-químicas durante a sua colocação. A ocorrência de cristais de plagioclásio com forte zoneamento normal-oscilatório e com feições de *patchy zoning* seria um registro dessas mudanças. Esta última feição resultaria, possivelmente, de uma cristalização em dois estágios. Os núcleos de cristais de plagioclásio composicionalmente mais cálcicos seriam formados inicialmente em profundidade mas, devido à queda da pressão hidrostática provocada pela subida do magma na crosta, seriam parcialmente reabsorvidos pela fusão, seguindo-se, então, a cristalização de um plagioclásio mais sódico (Vance 1965); (2) processos de mistura heterogênea (*mingling*) entre o líquido formador dos ABMZG a ABQM e um líquido menos evoluído (BAMD a BAQMD) seriam responsáveis pela mudança nas condições de equilíbrio e afetariam o plagioclásio. Ambas as hipóteses são compatíveis com os dados disponíveis e não são tampouco excludentes.

5 – As rochas que formam o Granito São Jorge *Antigo* apresentam feições texturais que indicam intensas transformações *subsolidus*. A exsolução seria responsável pelas lamelas pertíticas dos tipos *string* e *film* nos cristais de álcali-feldspato, pelas bordas albíticas nos contatos entre cristais de plagioclásio-álcali-feldspato, bem como pela formação de pequenos grãos irregulares de albita, às vezes formando *coroas trocadas*, entre cristais adjacentes de álcali-feldspato. Outras alterações importantes são a intensa saussuritização dos cristais de plagioclásio e a transformação do anfibólio para biotita+epidoto+titanita+clorita+opacos e da biotita para epidoto+titanita+clorita+opacos.

6 – A presença nas rochas do Granito São Jorge *Antigo* de magnetita, confirmada em estudos minerográficos e através de medidas de suscetibilidade magnética (Figueiredo 1999) e de titanita euédrica, interpretada como sendo de origem magmática, indica, conforme concluiu Figueiredo (1999), que o magma original deste granito evoluiu em condições relativamente oxidantes, provavelmente próximas do tampão NNO ou HITMQ (Wones 1989). As altas razões Mg/Mg+Fe dos anfibólios e biotitas das diferentes fácies deste corpo corroboram esta conclusão.

7 – O granito São Jorge *Jovem*, identificado nos furos de sondagem da área mineralizada (garimpo São Jorge), é mineralógica e texturalmente semelhante, embora não idêntico, aos ABMZG do Granito São Jorge *Antigo*. Na porção sul da área, o primeiro apresenta-se hidrotermalizado e mostra coloração avermelhada e aspecto macroscópico que lembra o Granito Maloquinha. A individualização deste corpo só foi possível através da geoquímica de rocha total, da química mineral e da geocronologia (ver Capítulo 4).

8 – O Granito Jardim do Ouro, embora à primeira vista também se assemelhe ao Granito São Jorge *Antigo*, mostra algumas características bastante distintas:

- (a) Presença de cristais subédricos ou subarredondados de quartzo, sugerindo uma cristalização menos tardia, pelo menos concomitante com a do álcali-feldspato e iniciando logo após a do plagioclásio;
- (b) Cristais de plagioclásio englobando e sendo englobados por cristais de anfibólio, evidenciando cristalizações contemporâneas;
- (c) A titanita é uma fase mineral menos abundante e desenvolvida;

- (d) As transformações deutéricas de anfibólios, biotitas e plagioclásios são menos intensas.
- (e) As composições do anfibólio e da biotita presentes neste granito revelam baixas razões $Mg/Mg+Fe$ e destoam acentuadamente daquelas dos mesmos minerais nos granitos São Jorge *Antigo* e *Jovem*.
- (f) Os dados de suscetibilidade magnética e o estudo dos minerais óxidos de Fe e Ti indicam que ele formou-se em condições menos oxidantes que os granitos São Jorge *Antigo* e *Jovem* (Figueiredo 1999). Isto é corroborado pelas composições de anfibólio e biotita nestes mesmos granitos.

9 – No Granito Maloquinha, a presença de intercrescimentos granofíricos e a forma subédrica dos cristais de quartzo mostrando contatos retilíneos com o álcali-feldspato e o plagioclásio, sugerem um ambiente de cristalização pouco profundo. Tais feições geralmente estão restritas a rochas cristalizadas em ambiente subvulcânico ou hipabissal (Barker 1970; Swanson & Fenn 1986).

10 – As rochas vulcânicas das Formações Vila Riozinho e Moraes Almeida apresentam composições mineralógicas e características texturais distintas. A primeira, representada no diagrama TAS (Le Maitre et al. 1989) por andesitos basálticos, traquiandesitos basálticos, traquitos e riolitos, é mineralogicamente similar aos granitos São Jorge *Antigo*, São Jorge *Jovem* e Jardim do Ouro, todos análogos aos granitos do tipo-I (Chappell & White 1992), no sentido amplo do termo. A segunda, representada predominantemente por ignimbritos e riolitos, possui uma composição mineralógica restrita, onde predominam álcali-feldspato, quartzo e albita-*chessboard*, com plagioclásio subordinado. Assemelha-se petrograficamente ao Granito Maloquinha. Os ignimbritos, por sua vez, possuem *shards* recristalizadas e estiradas, mas bem preservadas, além de finas lentes orientadas (púmice recristalizada?) constituídas de quartzo e álcali-feldspato. Tais feições seriam resultantes da compactação de material ainda quente e são indicativas de depósitos piroclásticos primários soldados (conforme Mcphie et al. 1993, p.130-136).

Os traquitos do norte de Moraes Almeida, mostram feições texturais e composição mineralógica diferentes daquelas das outras rochas vulcânicas associadas (ignimbritos e riolitos). Possuem plagioclásio, quartzo, biotita, raros cristais de álcali-feldspato, augita e anfibólio de composição Fe-hornblenda, similar aquele presente no Granito Jardim do Ouro e no granito

pórfito (amostra 18a) aflorante a sul de Moraes Almeida. Como não se dispõe de análises dos minerais dos traquitos da Formação Vila Riozinho, não é possível compará-los. Porém, as idades dos dois traquitos mencionados são distintas (ver Capítulo 4).

11 – Os dados petrográficos e de química mineral de anfibólios e biotitas mostraram que os granitos pórfiros associados ao Granito São Jorge *Antigo* são muito similares à fácies ABMZG+ABQM daquele granito, podendo, muito provavelmente, serem não só espacial, mas também genética e temporalmente ligados.

Os granitos pórfiros que ocorrem associados aos ignimbritos da Formação Moraes Almeida e ao Granito Maloquinha possuem composições de anfibólio que se aproximam daquelas observadas no Granito Jardim do Ouro, sugerindo uma ligação com este corpo granítico.

Com base nos dados de campo, petrográficos e de química mineral foram individualizados pelo menos dois tipos de granitos pórfiros na área estudada. O primeiro, provavelmente mais velho, está associado ao Granito São Jorge *Antigo*. O segundo, aflorante no contato entre os ignimbritos da Formação Moraes Almeida e o Granito Maloquinha, mostra muitas analogias com o Granito Jardim do Ouro. Quanto aos demais granitos pórfiros, sua caracterização petrográfica e mineralógica foi muito limitada, não permitindo situá-los em relação aos demais. A geoquímica das duas primeiras rochas é mostrada no Capítulo 4 e permite interpretações mais conclusivas. Datações geocronológicas dessas rochas estão previstas para trabalhos futuros e serão fundamentais para uma definição do seu posicionamento estratigráfico e correlações com as várias unidades magmáticas.

CAPÍTULO 4

4 – GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA DAS UNIDADES ESTUDADAS

4.1 – APRESENTAÇÃO

Os dados geoquímicos e geocronológicos das diferentes unidades magmáticas estudadas são apresentados e discutidos no item 4.2 sob a forma de um artigo intitulado “Geology, Geochemistry and Pb-Pb Zircon Geochronology of the Paleoproterozoic Magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil”, submetido à revista *Precambrian Research*, volume especial do IGCP-426 (*Granite Systems and Proterozoic Lithospheric Processes*).

Embora a maior parte dos dados geoquímicos obtidos constem do artigo submetido, optou-se, para registro e disseminação da informação, apresentar neste item o conjunto dos dados (Tabelas Anexo 5.1 a 5.10, anexo 5), juntamente com uma série de parâmetros de interesse geoquímico e petrológico.

No final deste capítulo (item 4.3), são apresentados e discutidos dados geoquímicos complementares dos granitos São Jorge *Antigo*, São Jorge *Jovem* e dos granitos pórfiros associados ao primeiro.

4.2 – “GEOLOGY, GEOCHEMISTRY AND Pb-Pb ZIRCON GEOCHRONOLOGY OF THE PALEOPROTEROZOIC MAGMATISM OF VILA RIOZINHO, TAPAJÓS GOLD PROVINCE, AMAZONIAN CRATON, BRAZIL”.

C. N. Lamarão¹, R. Dall’Agnol¹, J.-M. Lafon², E. F. Lima³

¹Group of Research on Granite Petrology, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Caixa Postal 1611, 66075-900 Belém, PA, Brazil

²Isotope Geology Laboratory, Centro de Geociências, UFPA

³Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, C. P. 15001, 91501-900, Porto Alegre, RS, Brazil.

ABSTRACT

The Vila Riozinho region is located in the Tapajós Gold Province of the Amazonian craton, near the boundary between the Paleoproterozoic Tapajós and Archean Central Amazonian provinces. Pb-Pb zircon geochronological data defined two different periods of intense volcanic and plutonic magmatic activity in this region. In the first period, in the range between 2005 and 1970 Ma, the Vila Riozinho volcanic sequence (2000 ± 4 Ma and 1998 ± 3 Ma) and the older São Jorge Granite (1981 ± 2 Ma and 1983 ± 8 Ma) were formed. During the second period, that extended from ca 1895 to 1870 Ma, the Younger São Jorge (1891 ± 3 Ma), Jardim do Ouro (1880 ± 3 Ma), and Maloquinha (1880 ± 9 Ma) granites and the Moraes Almeida volcanic sequence (1890 ± 6 Ma, 1881 ± 4 Ma, 1875 ± 4 Ma) were formed. Similar age intervals are also registered in the entire Tapajós Gold Province, which is apparently a little younger than the Paleoproterozoic terranes of the Northern Guyana province. Geochemical and geochronological data demonstrate that the São Jorge pluton is constituted by two different granitoids, named Older and Younger São Jorge granites. These granites, as well as the Jardim do Ouro granite, display the broad characteristics of I-type granites and are magnetite series granites. The Older and Younger São Jorge granite are both High-K calc-alkaline granites, but show significant geochemical differences. The Jardim do Ouro granite is more iron-rich and less oxidized than the mentioned granites. The Vila Riozinho Formation displays a calc-alkaline to shoshonitic character and is geochemically similar to the Older and Younger São Jorge granites. The Maloquinha granite and the Moraes Almeida Formation differ from the other studied rocks in petrographic and geochemical characteristics and have affinities with the aluminous, A-type series. They are probably derived from magmas originated by low temperature crustal melting processes. The volcanic sequences of the studied area, formerly included in the Iriri Group of the Uatumã Supergroup, are divided in the Vila Riozinho and Moraes Almeida sequences, individualized as two new formations. The presence in a same tectonic domain of these two sequences demonstrates the heterogeneity of the Uatumã Supergroup that must be redefined. Additional detailed studies are necessary to evaluate the distribution of the two identified volcanic sequences in the Tapajós province. The evolution of the Tapajós Gold Province records the accretionary processes related to the formation of the Atlantica supercontinent at the end of the Paleoproterozoic (ca 2.00 Ga). This initial step was followed at ca 1.88 Ga by the beginning of an intracontinental event of taphrogenesis, that will extend along the entire Mesoproterozoic.

In this model, the tectonic setting of the Tapajós Gold Province was transitional, in time and space, from a subduction-related tectonic setting, involving the generation of a magmatic arc, to a stable continental block affected dominantly by extensional tectonics.

Keywords: Paleoproterozoic, High-K calc-alkaline, shoshonitic, A-type, Granitoids, Uatumã Volcanism

1. Introduction

In the last years geological and geochronological information about the Amazonian craton has been improved significantly. In the former tectonic models (Cordani and Brito Neves, 1982; Lima, 1984; Teixeira et al., 1989), several Archean to Mesoproterozoic provinces were identified in the craton. These models have been reviewed incorporating more recent information (Tassinari and Macambira, 1999; Cordani and Sato, 1999; Santos et al., 2000; cf. discussion in Dall'Agnol et al., 2000).

The Tapajós Gold Province (Faraco et al., 1997) is situated in the Central Brazil shield, the southern domain of the Amazonian craton (Almeida et al., 1981). It was entirely included in the Central Amazonian province in the first proposed tectonic models (Cordani and Brito Neves, 1982). Lima (1984) admitted, however, that part of the Tapajós region was an extension of the Parima province of the Guiana shield. Later on, Tassinari and Macambira (1999) and Santos et al. (2000) also assumed that the southwestern part of the Tapajós Gold Province is comprised in a tectonic province that extends to the northwestern domains of the Guiana shield (Fig. 1). They called it, respectively, Ventuari-Tapajós and Tapajós-Parima province, and interpreted it as a magmatic arc formed at the end of the Paleoproterozoic. Many questions are, however, open to discussion, as for example the transition between the Tapajós province and the bordering Central Amazonian and Jurua provinces.

Another point that needs clarification is the existence or not of temporal links between the Tapajós and Northern Guiana provinces. The latter is also formed at the end of the Paleoproterozoic, related to the Trans-Amazonian orogenic cycle, rich in gold deposits and correlated to the West African craton (Ledru and Milési, 1999; Delor et al., 2000).

In the Tapajós Gold Province, in the last 45 years, a production of ca 600 tones of gold has been estimated. Gold deposits are related essentially to widespread plutonic and volcanic

series so far poorly studied. The relationships between plutonic and volcanic rocks and the geochemical signatures of these magmatic series are not clearly understood. The intermediate to felsic volcanic sequences exposed in the Tapajós Gold Province have been included indistinctly in the Uatumã Supergroup, a huge volcanic unit that covers large domains of the Central Amazonian province and extends to neighboring provinces. There is, however, increasing evidence that this is an oversimplified picture (cf. Dall'Agnol et al., 1999a; Reis et al., 2000; Santos et al., 2000).

The aim of this paper is to present new geological, geochemical and geochronological data on the volcanic sequences and granitoid plutons identified in the Vila Riozinho region of the Tapajós Gold Province. This area, situated in the border between the Ventuari-Tapajós or Tapajós-Parima and Central Amazonian tectonic provinces, is a key area to test the available tectonic models. It displays also diversified examples of the principal magmatic rocks exposed in the Tapajós province, including large domains of the Uatumã volcanic sequences. Finally, this is a suitable area to improve the knowledge of the evolution of magmatic series in a possible orogenic to post-orogenic Paleoproterozoic domain and their relationships with gold mineralization.

2. Geology of the Tapajós Gold Province

As mentioned before, part of the Tapajós Gold Province has been recently included in the Ventuari-Tapajós (Tassinari and Macambira, 1999) or Tapajós-Parima (Santos et al., 2000) tectonic provinces. The southwestern and western domain of the Tapajós Gold Province is included in the Paleoproterozoic Ventuari-Tapajós or Tapajós-Parima provinces, which are interpreted as a magmatic arc related to subduction processes (Tassinari and Macambira, 1999; Santos et al., 2000). The eastern and northeastern domains of the Tapajós Gold Province are, on the other hand, situated in the Archean Central Amazonian province (Fig. 1). However, large tectonic structures that could correspond to the limit of these two provinces have not been so far identified and geological structures are broadly similar along the border between both admitted provinces.

The geological knowledge of the Tapajós Gold Province improved substantially in the last years. The Brazilian Geological Survey (CPRM) accomplished the geological mapping in the 1:250,000 scale of a large domain of the province and presented a reinterpretation of its

stratigraphy, tectonic setting and metallogenesis (Klein and Vasquez, 2000; Almeida et al. 1999; Coutinho et al., 2000). Private companies developed gold prospecting projects in the province (Jacobi, 1999). New and more precise geochronological results (Table 1) have also been obtained (Lamarão et al., 1999; Klein and Vasquez, 2000; Vasquez et al., 2000; Santos et al., 2000).

The Tapajós Gold Province is composed essentially by plutonic and volcanic rocks formed at the end of the Paleoproterozoic. Klein and Vasquez (2000) have distinguished two domains in the Tapajós Gold Province: an orogenic domain, containing the oldest sequences and affected by compressive/transpressive tectonics, exposed to its southwestern area; a post-tectonic, mainly extensional domain, situated in its northeastern area, where comparatively younger sequences are dominant (Fig. 1). The major tectonic lineaments follow a general NW-SE trend and most granitic plutons are elongated in this direction (Fig. 1).

A geological map of the Tapajós Gold Province and the stratigraphic sequence adopted by CPRM (Klein et al., in press) is presented in Figure 1. The oldest granitoids and gneisses found in this region, are included in the Cuiú-Cuiú Complex. The Conceição Tonalite is part of this complex and yielded an U-Pb zircon age of 2011 ± 23 Ma (Table 1). The supracrustal sequences of the Jacareacanga Group are considered as broadly coeval with the Cuiú-Cuiú Complex and both units are interpreted as related to early stages of magmatic arc development (Almeida et al., 1999, Klein et al., in press). Ages of ~ 2100 Ma and ~ 2875 Ma in detritic zircons of a turbiditic sequence of the Jacareacanga Group have also been obtained (Table 1; Santos et al., 2000). The mentioned units are followed in the stratigraphic sequence by the calc-alkaline granitoids of the Creporizão Suite (Ricci et al., 1999) that display ages ranging between 1960 and 2000 Ma (Table 1; Lamarão et al., 1999; Klein and Vasquez, 2000) and are interpreted as syn- to late-orogenic (Vasquez et al. 2000). The Parauari Suite corresponds to a younger generation of post-orogenic, calc-alkaline granitoid batholiths. This suite displays ages of ca 1880 Ma (Table 1) and is exposed preferentially in the northeastern domain of the region (Fig. 1). Many aluminous, A-type granite plutons occur in the same domain (Fig. 1). They are represented by the Caroçal and Maloquinha Suite granites and display ages similar to those of the Parauari Suite (Table 1).

Intermediate to felsic volcanic sequences are widespread in the Tapajós Gold Province. They have been indistinctly included in the Iriri Group of the Uatumã Supergroup (GEOMITEC, 1972; Santos et al., 1975; Bizinella et al., 1980; Faraco et al., 1997). However, more recently, local andesitic flows and related dikes have been individualized in the Bom Jardim Formation

(Fig. 1; Almeida et al., 1999; Klein et al., in press). A ~1880 Ma old age has been so far admitted for the volcanic rocks of the Iriri Group (Table 1). The Iriri volcanites show, however, geochemical and petrological contrasts and, at least, two different ages (Lamarão et al., 1999; Dall'Agnol et al., 1999b; Moura et al., 1999; Vasquez et al., 2000) that will be presented and discussed in section 6.

Intermediate and mafic intrusions with ages of ca 1880 Ma or apparently younger have been recognized in the Tapajós Gold Province (Table 1; Fig. 1). Lamprophyric rocks, initially described along the Jamanxim river (Almeida et al., 1980), have also been identified in other areas of the province (Klein and Vasquez, 2000). Whole rock K-Ar dating indicates a minimum age of 1536 ± 31 Ma for these rocks (Almeida et al., 1980). Proterozoic and Phanerozoic sedimentary covers complete the stratigraphy of the province.

Mineralization in the Tapajós Gold Province has been related to two different periods: (1) a ca 1.96 Ga old mineralization, hosted by the Cuiú-Cuiú Complex, the Jacareacanga Group and the Creporizão Suite; (2) a ca 1.88 Ga old mineralization, hosted by the Parauari Suite and, less commonly, by the Maloquinha Suite, Iriri volcanites and Ingarana mafic rocks (Klein et al., in press; Coutinho et al., 2000; Dall'Agnol et al., in prep.). Coutinho et al. (2000) and Klein et al. (in press) argue that most of the Tapajós gold deposits can be classified as mesozonal to epizonal orogenic (Groves et al., 1998) lode-gold deposits hosted by granitoids. Other authors emphasized, however, the occurrence in the province of epithermal gold deposits, hosted by gabbros or volcanic rocks (Dreher et al., 1998; Jacobi, 1999; Juliani et al., 2000; Nunes et al., 2000; Nunes, 2001).

3. Geology of the Vila Riozinho region

The Vila Riozinho region is located in the northeastern area of the Tapajós Gold Province (Fig. 2), over the approximate boundary between the Ventuari-Tapajós or Tapajós-Parima and Central Amazonian provinces. This area is cut by the BR-163 and Transgarimpeira roads, the two principal roads serving all the region. This minimize partially the fact that it is covered by dense rain forest and rock expositions are limited, making field relationships between different units hard to observe. There are gold deposits associated with the São Jorge and Jardim do Ouro granites. In the study area, the following geological units have been identified (Fig. 2):

Vila Riozinho Volcanic Sequence – This sequence yielded the oldest crystallization age obtained in the studied rocks (cf. Geochronology). It is well exposed along the Jamanxim and Riozinho das Arraias rivers and corresponds to a low relief domain. It is composed by intermediate to felsic flows, formerly included in the Iriri Group of the Uatumã Supergroup. However, the geochemical and geochronological data presented below demonstrate that this volcanic sequence is not coeval nor cogenetic with the felsic volcanic sequence exposed in the Moraes Almeida region. For this reason both volcanic sequences will be discussed individually.

São Jorge Granite pluton – South of Vila Riozinho, around the São Jorge gold deposit area, it is exposed a granitoid pluton composed dominantly by an amphibole-biotite monzogranite but varying from quartz monzodiorite to leucomonzogranite (Fig. 3). In the past, this pluton was interpreted as formed by only one, cogenetic and probably comagmatic granitoid series. However, the petrographic, geochemical and geochronological data discussed below indicate that it is a heterogeneous granitic pluton. It is composed by: (1) an older granitoid series which covers most of the pluton and is here named Old São Jorge Granite (Fig. 2); (2) an comparatively younger granite, initially identified in the drill cores of the São Jorge deposit area, but exposed also in surface, to the south of the São Jorge deposit; this granite is named here Younger São Jorge Granite (Fig. 2). Besides the mentioned granites, granite porphyries have also been identified in this pluton.

The Older São Jorge granite and associated granite porphyries are little deformed. In outcrop they show isotropic character or display locally a weak and not penetrative foliation. The same is true also for the Younger São Jorge granite, except in the drill cores of the gold mineralized area where it is locally brecciated or foliated indicating a brittle-ductile deformation. Both the Older and Younger São Jorge granites include frequently 5 to 10 centimeters long, oval-shaped mafic enclaves. They display also local rapakivi textures characterized by the occurrence of sparse crystals of potassium feldspar mantled by plagioclase.

Jardim do Ouro Pluton – This pluton is situated around the Jardim do Ouro village and is crossed by the Jamanxim river. Only a small part of this pluton situated in the northwestern domain of the mapped area was studied. It is formed by an isotropic or weakly foliated amphibole-biotite monzogranite, which age is similar to those of the Younger São Jorge granite and Maloquinha Granite Suite.

Moraes Almeida Volcanic Sequence – This sequence is well exposed in a locally depressed area involved by granitic hills (Fig. 2). Around the Moraes Almeida village, it is formed dominantly by reddish-brown, isotropic pyroclastic rocks. These are strongly welded and oxidized ignimbrites, rich in fragments of crystals and millimeter to centimeter-sized lithic fragments. To the northwest of Moraes Almeida, in the north side of the Transgarimpeira road, are exposed rhyolitic flows, that extend to the north. The contact relationships between rhyolites and ignimbrites were not seen in the field, but geomorphological, petrographic, geochemical and geochronological data (see below) suggest that they are related to a same volcanic event. To the north of Moraes Almeida (Fig. 2), it has been identified a local occurrence of trachytic rocks, which are similar in age to the described felsic volcanic rocks.

The granites exposed around the volcanic sequence are essentially leucogranites of the Maloquinha Suite. The approximately circular shape of the volcanic domain, which is contoured by the granites, and the occurrence of a large volume of pyroclastic rocks indicate that the volcanic sequence is probably related to a caldera (Cas & Wright, 1987; Lowell, 1991). The southern contact between the volcanic sequence and the Maloquinha granite is marked by a ca 50m-thick dyke of granite porphyry.

Maloquinha Granitic Suite – The only pluton of this suite studied is that mentioned above, situated around the volcanic sequence of Moraes Almeida (Fig. 2). The granitic pluton is irregularly shaped and well exposed along the roads of the area. It is formed essentially by isotropic leucogranites that outcrop in relatively high relief areas.

Granite Porphyries and dykes – Several occurrences of granite porphyries have been identified in the mapped area. Most of them are hornblende-biotite quartz monzonites to quartz syenites. Those found in the São Jorge pluton are similar in mineralogy to the older São Jorge Granite. Other granite porphyries have been identified cutting the rhyolites and Maloquinha Granite and in the contact between the latter and the ignimbrites. Taking into account that the genesis of the gold deposits found in the province could possibly be related to porphyry systems (Jacobi, 1999), the characterization of these rocks is important.

Dykes of dacitic and andesitic-like rocks were found cutting the Jardim do Ouro Granite, the older São Jorge Granite and the rhyolites of the Vila Riozinho sequence. This suggests the recurrence of volcanic episodes along the evolution of the province.

4. Petrography and mineral chemistry

4.1 - Granitoid plutons

The Older São Jorge granitoid is composed by an expanded magmatic series varying from monzodiorites and quartz monzodiorites to monzogranites and syenogranites (Fig. 3a). The latter two rocks display light gray or pink gray colors and are largely dominant in the pluton, that is formed also by subordinate quartz monzonite and quartz syenite. The analyzed samples of the Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites are compositionally more homogeneous and concentrate in the monzogranitic field (Fig. 3a). The granite porphyries show indistinctly phenocrysts of quartz, plagioclase, alkali feldspar, amphibole and biotite in a felsitic, fine-grained groundmass. Their estimated modal compositions are also monzogranitic.

In the Older São Jorge granitoid, amphibole and biotite are the main mafic phases accompanied by accessory titanite, apatite, zircon, magnetite and rare ilmenite $\pm$ allanite. Epidote, carbonates, chlorite and sericite are secondary phases, replacing the primary plagioclase, amphibole and biotite. The modal mafic content (M) attains exceptionally more than 20% in the biotite-amphibole monzodiorite and quartz monzodiorite but normally M varies between 7 and 12% in the amphibole-biotite monzogranite and is less than 5% in the biotite leucomonzogranite and leucosyenogranite (Fig. 3a). The monzodiorite, quartz monzodiorite and amphibole-biotite monzogranite display a medium- or coarse, even-grained granular hypidiomorphic texture. In the leucomonzogranite and syenogranite the texture is medium- to fine-grained.

In the Younger São Jorge granite amphibole and biotite, generally intensely altered, are also the dominant mafic phases in the monzogranite occurring in the mineralized area. The accessory mineral assemblage is similar to that of the Older São Jorge granite. Quartz-rich leucomonzogranite and microgranite are subordinate phases associated with the Younger São Jorge granite. The Jardim do Ouro granite studied samples correspond to an amphibole-biotite monzogranite (Fig. 3a).

The Maloquinha granitic Suite is composed essentially by reddish, medium, even-grained leucosyenogranites with subordinate leucomonzogranites (Fig. 3b). Excepting the local occurrence of amphibole pseudomorphs in quartz monzonite and quartz syenite, the leucogranites of this suite have a generally chloritized biotite as the main mafic phase. Magnetite and fluorite are common accessory minerals.

Figueiredo (1999) demonstrated that all the mentioned granites can be classified as magnetite series granites (Ishihara 1981). Magnetic susceptibility (MS; S.I. units) is relatively high in all the studied granites and decreases from the Older São Jorge granite (average of 8.2262×10^{-3}) to the Jardim do Ouro (average of 4.7988×10^{-3}) and Maloquinha granites (average of 2.1534×10^{-3}). The samples of the Younger São Jorge granite not affected by intense hydrothermal alteration display MS values similar to those of the Older São Jorge granite, but in the mineralized area the altered granite shows comparatively lower MS values. Figueiredo (1999) concluded that all these granites were formed in relatively oxidizing conditions probably approaching those of the NNO or HITMQ (Wones, 1989) buffers.

Amphibole, biotite and plagioclase of the studied granites have been analyzed by Electron Microprobe. The amphiboles of different rocks display significant chemical contrasts (Fig. 4). The amphibole crystals present in the quartz monzodiorite of the Older São Jorge granite consist of a relatively homogeneous pargasite or display pargasite cores with edenite or Mg-hornblende borders. Mg/(Mg+Fe) ratios (ca 0.70) are nearly constant. The amphibole of the quartz monzonite, quartz syenite and monzogranite of the Older São Jorge granite and that of a sample of granite porphyry associated with the same pluton is a Mg-hornblende (Leake et al., 1997), locally with actinolite borders. Mg/(Mg+Fe) ratios are of ~0.68 in the quartz monzonite and vary between 0.67 and 0.53 in the other rocks. In the Younger São Jorge granite, the amphiboles were analyzed only in samples little affected by hydrothermal alteration. They show compositions varying from Mg-hornblende to actinolite (Fig. 4), both found indistinctly in the core and border zones of the analyzed crystals. Actinolite could perhaps be related to the reequilibration of primary Mg-hornblende (Chivas, 1981) but there is no textural evidence of alteration in the analyzed amphiboles. Mg/(Mg+Fe) ratios are in the range between 0.72 to 0.67. In contrast with the amphibole of the previous granites, that of the Jardim do Ouro pluton displays a quite homogeneous Fe-edenitic composition (Fig. 4), with Mg/(Mg+Fe) ratios of 0.38 to 0.31, extremely low compared to those of the other granites. A similar picture is found in the amphiboles of the granite porphyry (Fig. 4) associated with the ignimbrites and leucogranite of Moraes Almeida.

The biotite of the quartz monzonite, amphibole-biotite monzogranite, quartz syenite and biotite leucomonzogranite facies of the Older São Jorge granite is a magnesium-biotite (Foster, 1960) with Mg/Mg+Fe ratio in the range of 0.53 to 0.63. The highest ratios are found in the

biotite leucomonzogranite. In the Younger São Jorge granite, the Mg/Mg+Fe ratios vary between 0.57 and 0.62. In the mica of the granite porphyry associated with the Older São Jorge granite, this ratio is comparatively lower (0.45) and it falls in the field of the iron-biotites (Foster, 1960). The mica of the Jardim do Ouro granite is also an iron-biotite and its Mg/Mg+Fe ratio (0.29 to 0.32) is the lowermost of all studied granites.

In the Al total-Mg plot (Nachit et al., 1985) the biotite of the Older and Younger São Jorge granites plots in the calc-alkaline and subalkaline fields, that of the granite porphyry plots in the calc-alkaline field and that of the Jardim do Ouro granite in the alkaline field (Fig. 5a). In the MgO-FeO-Al₂O₃ plot (Abdel-Rahman, 1994), with the exception of the biotite from the Jardim do Ouro granite that plots in the intersection of the different proposed fields, the biotite of the studied granites and granite porphyry plots in the calc-alkaline field (Fig. 5b).

The chemical compositions of amphiboles and biotites of the Older São Jorge granite and associated granite porphyry, as well as those of the Younger São Jorge granite are similar to the amphiboles and biotites of calc-alkaline or 'subalkaline' series granitoids. They were formed in relatively oxidizing conditions, confirming the evidence supplied by magnetic susceptibility and iron-titanium oxide minerals data. The mineral chemistry of amphibole and biotite suggests also that the Jardim do Ouro granite was formed in comparatively less oxidizing conditions and that it does not have a typical 'calc-alkaline' character, differing in these aspects from the other mentioned granites. The amphibole of the granite porphyry associated with the volcanic sequence and Maloquinha granite of Moraes Almeida approaches that of the Jardim do Ouro granite in composition, suggesting a possible relationship between these two rocks.

The plagioclases of the amphibole-biotite monzogranite facies of the Older São Jorge, Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites are quite similar. They display a strong normal, oscillatory zoning, with sodic andesine cores, calcic oligoclase borders and, sometimes, a thin and sodic oligoclase or albite discontinuous rim. They can be well preserved from hydrothermal alteration or completely saussuritized, specially in the Younger São Jorge granite of the hydrothermalized area. The plagioclase of the quartz monzodiorite of the Older São Jorge granite is andesine and that of the biotite leucomonzogranite varies from sodic oligoclase to albite. The plagioclase of the granite porphyry associated with the volcanic sequence and Maloquinha granite of Moraes Almeida displays normal zoning and a calcic andesine to calcic oligoclase composition.

4.2 - Volcanic sequences

The studied volcanic sequences could not be classified employing modal compositions because they display very fine-grained groundmasses. Their petrographic classification was done by plotting their chemical composition in the TAS diagram (Fig. 6; Le Maitre et al., 1989). The Vila Riozinho sequence samples plot mostly in the domain of the saturated series in the fields of basaltic andesite, basaltic trachyandesite, trachyte and rhyolite (Fig. 6), along the boundary between the alkaline and subalkaline fields of Irvine and Baragar (1971).

The classification of pyroclastic rocks employing the QAP or TAS plots is not recommended (Le Maitre, 1989). Nevertheless, the pyroclastic rocks of the Moraes Almeida sequence were also plotted in the TAS diagram for comparison. The analyzed ignimbrites and admitted true rhyolites show similar alkali and silica contents and all analyzed samples plot in the rhyolite field. In this plot, the rhyolites of Moraes Almeida are enriched in silica compared to those of Vila Riozinho sequence, but both display similar alkali contents.

The basaltic andesites and basaltic trachyandesites display porphyritic textures. In the more preserved samples there are phenocrysts of zoned plagioclase and clinopyroxene, with coronas of green amphibole, associated with late biotite flakes and grains of opaque minerals and zircon, set in a microgranular or pilotaxitic groundmass. More commonly, mafic phases are entirely replaced by chlorite, epidote, actinolite and secondary titanite and opaque minerals. The trachytes show phenocrysts of saussuritized plagioclase and subordinate alkali feldspar, biotite and pseudomorphosed amphibole, in a quartz-poor, felsitic groundmass. The matrix and the phenocrysts display a flux foliation. The rhyolites have phenocrysts of sericitized plagioclase, alkali feldspar and subordinate embayed quartz in a felsitic, sometimes granophyric groundmass. Biotite and pseudomorphosed amphibole are the main mafic phases.

Around the Moraes Almeida village, it is exposed a ignimbritic sequence formed essentially by a densely welded, crystal-rich ignimbrite (cf. McPhie et al. 1993, their plate 27.1). The rock shows a reddish brown color and corresponds to a lappili tuff containing 1 to 6 millimeter-sized abundant quartz, alkali feldspar and subordinate plagioclase crystal fragments, as well as centimeter-sized lithic fragments in a fine-grained matrix. In thin section, quartz crystals are embayed and feldspars crystals are subhedral to anhedral. The matrix is formed

essentially by felsic minerals and welded, stretched and recrystallized shards. The rock is strongly oxidized and the scarce biotite and amphibole crystals are entirely pseudomorphosed.

To the west of Moraes Almeida, along the Transgarimpeira road (Fig. 2), the dominant rocks are porphyritic light brown rhyolites, which display medium-grained phenocrysts of quartz, alkali feldspar and rarely plagioclase in a very fine felsitic groundmass. More locally, it occurs a foliated ignimbrite, extremely similar to the subaqueous welded ignimbrites described by McPhie et al. (1993; their plate 28.5), showing pale color orientated lenses in a light brown matrix. Similar lenses are interpreted by the mentioned authors as recrystallized, originally welded, pumice clasts (*fiamme*). These pumice lenses are formed now by interlocking grains of quartz and feldspars, set in a finer felsitic matrix.

The trachyte that occurs to the north of Moraes Almeida, displays a gray color and porphyritic texture with abundant millimeter-sized phenocrysts of plagioclase, quartz, augite, amphibole, and rare alkali feldspar in a fine-grained felsitic, sometimes granophyric, matrix. Feedenite is the main mafic phase. It forms independent crystals or coronas around augite and is associated with late-crystallized biotite. Iron-titanium oxide minerals and zircon are the more abundant accessory minerals.

For comparison purposes, the fields defined by the analyzed samples of the Older São Jorge, Younger São Jorge and Maloquinha granites have been also plotted in the TAS diagram (Fig.6). The field defined by this plot by the Older São Jorge granite is similar to that of the Vila Riozinho volcanites, while that of the Maloquinha granite approaches the field of the Moraes de Almeida volcanites.

5. Geochemistry

5.1. Analytical procedures

Chemical analyzes were done at Lakefield-Geosol laboratories (Belo Horizonte, Brazil). SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, total Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, K₂O, Na₂O, P₂O₅, Rb, Sr, Ba, Zr, Y, Nb, Ga, and V were analysed by X-ray fluorescence combined with atomic absorption spectrometry. The REE were analyzed by ICP. FeO was analyzed by wet chemistry at the Geosciences Centre of the Federal University of Pará.

5.2. Results

Representative analyses of the studied granitoids and volcanic sequences are presented on Table 2. The purpose of the present discussion is to make a geochemical characterization of the studied rocks and to establish comparisons between them in order to achieve a better understanding of their magmatic series and tipology.

The older São Jorge Granite consists of an expanded magmatic series of rocks with SiO_2 in the range between 54.5 and 75.1 wt%. The Younger São Jorge Granite has a more limited SiO_2 range (67.5 to 73.9 wt%; Table 2) and the only analyzed sample of the Jardim do Ouro granite contains 71.1 wt% of SiO_2 . The Maloquinha granite is a high-silica rock, displaying a narrow silica range between 70.3 and 76.6 wt% (Table 2). The Vila Riozinho volcanic Sequence is also an expanded magmatic series ($54.8 < \text{SiO}_2 < 71.8$ wt%), while the Moraes de Almeida volcanic sequence displays, a narrow silica range ($72.0 < \text{SiO}_2 < 76.1$ wt%, excepting a trachyte with 67.6 wt%; Table 2).

The Older São Jorge granite and the Vila Riozinho volcanic sequence are both transitional from metaluminous to slightly peraluminous (Fig. 7a) and show $\text{FeOt}/(\text{FeOt}+\text{MgO})$ ratios in the range between 0.6 and 0.9 (Fig. 7b). The analyzed samples of the Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites plot in the boundary between the metaluminous and peraluminous fields. Their $\text{FeOt}/(\text{FeOt}+\text{MgO})$ ratios are similar to those of the Older São Jorge granite samples of equivalent silica contents. However, the Younger São Jorge granite is a little enriched in Mg compared to the Older São Jorge granite (Fig. 7b; Table 2). The Maloquinha granite and the Moraes de Almeida volcanic sequence are both dominantly peraluminous (Fig. 7a) and display $\text{FeOt}/(\text{FeOt}+\text{MgO})$ ratios higher than 0.8 (Fig. 7b).

In the $\text{Rb}-(\text{Y}+\text{Nb})$ plot, with the fields defined by Pearce et al. (1984), the Older São Jorge Granite and the Vila do Riozinho sequence plot in the volcanic arc field (VAG), with their more silica-rich rocks and the Jardim do Ouro granite sample approaching the within plate granite (WPG) field. The Younger São Jorge granite samples lie in a distinct area of the VAG field and their more evolved rocks plot in the boundary between the VAG and syn-collisional granite (syn-COLG) fields. The Maloquinha granite and the Moraes de Almeida volcanic sequence samples plot mostly in the WPG field. The distribution of the studied rocks in this diagram is ambiguous because most of the analyzed samples fall in the post-collisional field suggested by Pearce (1996). This geochemical behavior could reflect the transition from calc-alkaline to alkaline

series in orogenic to post-orogenic tectonic settings (Bonin, 1990; Barbarin, 1999) or an increasing arc maturity (Brown et al., 1984).

In the $(K_2O+Na_2O)/CaO-(Zr+Nb+Ce+Y)$ diagram (Fig. 7d), proposed by Whalen et al. (1987) to distinguish between M-, I-, S-, and A-type granites, the Older São Jorge, Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites show a distribution similar to the normal to fractionate S- and I-type granites. However, they do not show any mineralogical and geochemical similarity with the S-type granites. Their oxidized character, metaluminous to slightly peraluminous nature, and distribution in the VAG field in Pearce's diagram (Fig. 7c), point effectively in the sense of strong affinities with I-type granites. On the other hand, the Maloquinha granite samples plot in the transition between the I-type fractionated granite field and the A-type granite field (Fig. 7d), suggesting an ambiguous and transitional geochemical character for this granite. The high $FeOt/FeOt+MgO$ ratios and the incidence of its samples in the WPG field in Pearce's diagram (Fig. 7c) suggest more affinities with A-type granites, but this is not clearly demonstrated in the plot proposed by Whalen et al. (1987). A possible explanation is that this granite probably corresponds to evolved terms of an aluminous, A-type granite series (King et al., 1997; Dall'Agnol et al., 1999c; Rajesh, 2000). By magmatic fractionation of mafic silicates, this granite series can be depleted in Zr, Nb and Y, and their evolved leucogranites can approach the fractionated I-type field (cf. Pearce et al., 1984; Dall'Agnol et al., 1999c, their Fig. 5e).

The Moraes Almeida volcanic sequence displays in the $(K_2O+Na_2O)/CaO-(Zr+Nb+Ce+Y)$ diagram (Fig. 7d), a distribution similar to that of the Maloquinha granite. However, that of Vila Riozinho, contrarily to the observed in other diagrams, define a domain very distinct from that of the Older São Jorge granite (fig. 7d). The samples of the Vila Riozinho sequence straddle the I-, and A-type granite fields boundary and most of them are concentrated in the A-type field. This seems essentially a reflex of the higher zirconium contents of the volcanites compared to the Older São Jorge granite (Table 2). It indicates the more alkaline character of the Vila Riozinho volcanic rocks.

The Ba/Rb-Rb/Zr and Rb/Sr-Rb/Zr plots (Fig. 7e,f) have been choose to illustrate the contrasts in trace element behavior in the different studied rocks. The Maloquinha granite and the Moraes Almeida volcanic sequence are distinguished from the other rocks by their comparatively higher Rb/Zr and Rb/Sr ratios. The Vila Riozinho volcanic sequence and the Older São Jorge, Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites display similar Ba/Rb, Rb/Zr and Rb/Sr ratios.

However, for similar Ba/Rb and Rb/Sr ratios, the Rb/Zr ratios increase from the Vila Riozinho sequence to the Younger São Jorge granite, passing by the Older São Jorge granite. As a consequence, the three mentioned units display sub parallel trends in the mentioned diagrams. This indicates that these rocks have certainly geochemical affinities but they are not derived from a same magma. A similar conclusion is suggested by the geochronological data discussed below.

In the different plots considered, the granite porphyry associated with the Older São Jorge granite follows systematically the samples of the latter granite with similar SiO₂ contents (Fig. 7). This is a strong evidence that these porphyries and the mentioned granite are geochemically akin. The granite porphyry associated with the Maloquinha granite and the Moraes de Almeida ignimbrites is, however, geochemically distinct from the other granite porphyries. It has clear geochemical affinities with the trachyte (sample 48) spatially associated with the Moraes de Almeida volcanic sequence. Both these rocks show peculiar geochemical characteristics being more alkaline than the trachytes of the Vila Riozinho volcanic sequence.

The Creporizão and the Parauari granitic suites are generally described as calc-alkaline granitoids (Lamarão et al., 1999; Klein and Vasquez, 2000; Vasquez et al., 2000), but very few geochemical data are available about these plutonic rocks. In view of the broad similarities between the Older São Jorge, Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites and the mentioned suites, it is important to compare the former, as well the Vila Riozinho volcanic sequence, with typical calc-alkaline series. This is done by means of the Log(CaO/Na₂O+K₂O)–SiO₂ plot (Fig. 8a), showing the normal calc-alkaline andesite field and the trends defined by some plutonic calc-alkaline series (Brown et al., 1984). The Older São Jorge, Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites and the Vila Riozinho sequence follow in this plot the classical calc-alkaline trend. The diagram suggests that these rocks are transitional from normal to mature arc series. On the other hand, in the K₂O–SiO₂ diagram (Fig. 8b; Fields of Pecerrillo and Taylor, 1976, modified by Rickwood, 1989), almost all analyzed granitoid samples plot in the High-K field. The field of the Vila Riozinho volcanic sequence, shown for comparison in this plot, suggests a high-K to shoshonitic transitional character for it. However, in the TAS plot (Fig. ???), also employed to distinguish between subalkaline and shoshonitic series (Lima and Nardi, 1998), the Older São Jorge and Younger São Jorge granites and the Vila Riozinho sequence display a similar distribution. However, the Vila Riozinho sequence show also higher Zr contents and Rb/Sr ratios compared to the São Jorge granitoids (Table 2; Fig. 7e,f). These aspects suggest that this volcanic

sequence is mildly more alkaline, that means more shoshonitic, than the Older São Jorge and Younger São Jorge granites.

The calc-alkaline character of the Older São Jorge and Younger São Jorge granites is also indicated by the relatively oxidized nature of their magmas (Figueiredo, 1999) and the chemical composition of their amphibole and biotite. Despite some geochemical and mineralogical analogies between the Jardim do Ouro and the mentioned granites, the former is constituted by a more iron-rich amphibole and biotite and derived from a comparatively less oxidized magma (Figueiredo, 1999). In spite of the limited analytical data about the Jardim do Ouro granite, the mentioned aspects point to significant differences between it and the Older São Jorge and Younger São Jorge granites.

Rare earth element data (Table 2) and the REE patterns of the different studied rocks (Fig. 9) put in evidence that the total REE contents are low, being commonly less than 200 ppm, except in a few samples of Maloquinha granite and Moraes Almeida ignimbrites. The Older São Jorge granite REE signature (Fig. 9a) is clearly different from that of the Younger São Jorge granite as is shown in Fig. 9b. Both granites are enriched in the LREE and depleted in HREE, but the latter shows a comparatively stronger fractionation of HREE [$50 < (La/Yb)_n < 123$] compared to the former [$10 < (La/Yb)_n < 68$]. Negative Eu anomalies are very discrete in the Younger São Jorge granite samples ($Eu/Eu^* > 0.9$), while in those of the Older São Jorge granite they are moderate ($0.43 < Eu/Eu^* < 0.86$). The granite porphyries found in the São Jorge pluton, represented by sample 59 in Table 2, display REE patterns very similar to those of the Older São Jorge granite. The Vila Riozinho volcanic sequence (Fig. 9c) displays a REE signature broadly similar to that of the Older São Jorge granite, with $16 < (La/Yb)_n < 84$ and $0.53 < Eu/Eu^* < 0.86$.

The Maloquinha granite and Moraes Almeida volcanic sequence (Fig. 9d,e) are enriched in total REE compared to the Older São Jorge and Younger São Jorge granites and Vila Riozinho volcanic sequence. Their REE patterns are quite similar but the fractionation of HREE is more accentuated in the Maloquinha granite [$57 < (La/Yb)_n < 65$] than in the Moraes Almeida volcanites [$12 < (La/Yb)_n < 31$]. Negative Eu anomalies are remarkable in both, the Maloquinha granite ($0.10 < Eu/Eu^* < 0.36$) and the Moraes Almeida rhyolites and ignimbrites ($0.14 < Eu/Eu^* < 0.31$).

The Jardim do Ouro granite and one granite porphyry (sample 18A) display REE patterns (Fig. 9d) that are similar, at the same time, to those of the more silica-rich samples of the Older São Jorge granite and to those of the less silica-rich samples of the Maloquinha granite. Finally,

the REE signature of the trachyte associated with the Moraes Almeida sequence (sample 48, with $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.91$ and $(\text{La}/\text{Yb})_n=12,23$) approaches those of the Vila Riozinho trachytes in some aspects but differs from it by the pronounced HREE enrichment (Fig. 9e).

Primordial mantle-normalized (Wood, 1979) trace element patterns of the studied rocks with more than 60 wt% of SiO_2 (Fig. 10) corroborate the geochemical similarities between both the Older São Jorge granite and the Vila Riozinho volcanic sequence and the calc-alkaline granitoids of normal arcs (Brown et al., 1984). All of them are depleted in Nb, P and Ti and do not show significant Sr and Ba depletion contrarily to the observed in the alkali-calcic granitoids dominant in more mature arcs (Brown et al., 1984). The Vila Riozinho samples display a discrete positive Ba anomaly, reflecting their enrichment in Ba compared to the samples of the Older São Jorge granite (Table 2). The pattern defined by the samples containing ca 67 wt% of SiO_2 of the Younger São Jorge granite (Fig. 10) is also similar to that of calc-alkaline granitoids of normal arcs. It differs however from the pattern of the Older São Jorge granite by the presence of small positive anomalies of Ba and Sr and by their accentuated depletion in Yb, reflected also in their high $(\text{La}/\text{Yb})_n$ ratios (Table 2).

The multi-element patterns defined by the Maloquinha granite and Moraes de Almeida volcanic sequence (Fig. 10d,e) are similar and show strong depletion in Ba, Nb, Sr, P and Ti. The resulting patterns are similar to those of mature continental arc granitoids (Brown et al., 1984). These patterns indicate a strong fractionation of feldspars, apatite and iron-titanium oxide minerals during the magmatic evolution of these rocks. However, this feature can also be related to the nature of the source of the magmas and not necessarily to the arc maturity.

The pattern of the Jardim do Ouro granite sample approaches that of the less evolved samples of the Maloquinha granite. That of the granite porphyry (sample 18A) and trachyte associated with the Moraes Almeida sequence are similar, differing from these volcanites and the Maloquinha granite by their more discrete negative anomalies of Sr, P, and Ti, associated with small positive Ba anomaly and more accentuated enrichment in Zr.

6. Geochronology

6.1. Experimental procedures

Analyses on zircon crystals from the volcanic and granitic rocks of the São Jorge region were performed by the single grain Pb evaporation method (Kober, 1986, 1987) at the

geochronological laboratory of Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brazil. Isotope analyses were performed on a Finnigan MAT262 mass spectrometer in dynamic mode using the ion counting detector. When the lead signal exceeded the ion counting saturation threshold, the isotopic measurements were done in static mode on Faraday cups. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ratios were corrected by a mass discrimination factor of $0.12\% \pm 0.03$ determined by repeated analyses of NBS-982 Pb standard. Analyses with $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios lower than 2500 were eliminated. Common lead corrections were done using the Stacey and Kramer's (1975) model. Weighted mean and errors on the ages were calculated following Gaudette et al. (1998). The isotopic data and ages are presented in Table 3 at the 2-sigma level.

6.2. Isotopic results

6.2.1. Vila Riozinho Volcanic Sequence

Two samples of trachytes have been selected from the volcanic sequence. One sample (62a) is located at Vila Riozinho, near the northern border of the São Jorge granite pluton, while the other one (107) comes from the Jamanxim river, close to the western border of the granite (Fig. 2). Sample 62a shows two different zircon populations. The first one consists of clear, automorphic grains while the other one consists of brown colored crystals. 8 grains have been dated. 2 grains of brown zircons gave Archean ages of 2852 ± 4 Ma and 2591 ± 3 Ma, respectively, that indicated the existence of an inherited lead component or older inherited zircon in the trachyte. Six other grains of the other zircon population gave Paleoproterozoic ages. One of these grains has been excluded from age calculation because of its lower age. The remaining crystals furnished an age of 2011 ± 12 Ma with a large scatter as indicated by the USD of 8.8. One grain (grain 9) is responsible for the scattering as it gave a slightly older age than the other ones (30 Ma older). We considered that this age might represent a small contribution of the older inherited lead component in that grain. On the base of the 4 remaining grains, the $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ratio provides an age of 1998 ± 3 (USD = 1.6) that we assumed as the age of crystallization of the 62a trachyte. The Archean ages of 2.59 Ga and 2.85 Ga obtained for inherited crystals indicated the existence of a crustal inherited component as old as 2.85 Ga, at least.

The sample of trachyte from the Jamanxim River (107) shows zircons very similar to the clear euhedral population from the previous sample. No brown colored zircon population has been detected. Pb isotopic determination on 7 grains gave an age of 1993 ± 4 (USD = 4.3).

Elimination of the three youngest grains yielded an age of 2000 ± 4 Ma ($Usd = 2.7$) which is interpreted as the best age for the crystallization of this sample of trachyte. No inherited lead component has been observed in the analyzed grains. The ages of 1998 ± 3 Ma and 2000 ± 4 Ma obtained in the two dated samples are similar within the error. They are interpreted as the age of crystallization of the Vila Riozinho volcanic sequence.

6.2.2. Older São Jorge Granite

Two samples of the Older São Jorge granite have been dated. One sample (27) is representative of the dominant hornblende-biotite monzogranite facies exposed along the BR-163 and the other one (35) comes from the more evolved biotite leucomonzogranite facies, located in the inner part of the body (Fig. 2).

Zircons of the sample 27 are clear, light pink well-formed crystals. Four grains have been dated and these grains gave similar ages at any step of heating. The mean value calculated from the four grains gave an age of 1981 ± 2 Ma ($usd = 0.9$) which is interpreted as the crystallization age of the granite.

Zircons from the other sample (35) are similar to the previous ones. Five grains have been analyzed. All the analyzed grains displayed low $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios. One grain (35/3) provided an age about 20-30 Ma lower than the 4 other ones and was eliminated of the age calculation. The remaining grains furnished an age of 1983 ± 8 Ma ($usd = 5$). Grain 35/5 yielded a slightly older age (1993 ± 2 Ma) at the step of highest temperature (1500°C). This step is responsible for the high value of usd , which is drastically reduced when this step is excluded of the calculation. Employing this procedure, an age of 1974 ± 2 Ma ($usd = 1.1$) is obtained. The older age of 1993 ± 2 Ma may be related to the presence of a small amount of inherited lead in that grain. The slightly younger age of 1974 ± 2 Ma for the biotite leucomonzogranite is in good agreement with the fact that it corresponds to a more evolved facies compared to the hornblende biotite monzogranite dated at 1981 ± 2 Ma. However, as no definitive criteria allows to exclude the highest heating step of grain 35/5, the age of 1983 ± 8 Ma is assumed for the emplacement of the biotite leucomonzogranite.

The results obtained for the Older São Jorge Granite samples indicated that its emplacement took place slightly later than the extrusion of the Vila Riozinho Volcanic Sequence.

6.2.3. Younger São Jorge Granite

The dated sample (F09) has been collected in a drill core from the mineralized area of the Younger São Jorge granite (Fig.2). The dated sample corresponds to a hornblende-biotite monzogranite without evidence of significant hydrothermal alteration. Zircon crystals are euhedral, zoned, clear, and light pink colored. Nine grains have been analyzed and yielded a good reproducibility of the age except for grain F09/5 that presented a slightly older age at the highest temperature step. Calculation of the mean value from all the crystals furnished an age of 1891 ± 3 (usd = 3.2). The older age of 1912 ± 6 Ma from grain F09/5 may represent the contribution of a small amount of inherited lead component. Exclusion of that value from the age calculation would not modify the result (1890 ± 3 and usd = 2.3). Therefore, we consider the age of 1891 ± 3 Ma as the age of crystallization of the Younger São Jorge granite. Such an age is about 90 Ma younger than those of the two dated samples of the Older São Jorge granite and corresponds to an younger magmatic event.

6.2.4. Moraes Almeida Volcanic Sequence

Three samples of volcanic rocks from the Moraes Almeida sequence have been dated. A rhyolite sample (39a) was collected along the Transgarimpeira road (Fig. 2). Zircons are euhedral to sub-euhedral prismatic, elongated, clear crystals. Four grains were analyzed. All of them provided low $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios. The mean $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age for the fourth grains is of 1890 ± 6 Ma (usd = 2.5), interpreted as the crystallization age of this rhyolite.

The second sample (48) consists of a trachyte located to the north of Moraes Almeida, along the BR-163 road (Fig. 2). Four grains have been dated. The mean value, calculated for these grains, yielded an age of 1881 ± 4 Ma (usd = 2.7) that is considered as the age of crystallization. This age is similar, within the error, to that of the Moraes Almeida rhyolite.

The third sample (15) corresponds to an ignimbrite that has been collected close to Moraes Almeida. Zircons are elongated clear euhedral crystals. Five dated grains gave similar ages at any step of heating. The mean value for the five grains furnished an age of 1875 ± 4 Ma (usd = 2.8) which is interpreted as the age of crystallization of that sample.

6.2.5. *Jardim do Ouro Granite*

One sample of the Jardim de Ouro granite (03a), located at Jardim do Ouro village, on the right margin of the Jamanxim river, has been dated. Zircons are dominantly clear, prismatic and zoned. Five grains have been selected for dating. Four crystals gave reproducible results and defined an age of 1880 ± 3 Ma (usd = 1.4) which is considered as the crystallization age of the granite. One grain (03a/1) furnished a significantly older age at 1977 ± 3 Ma and has been excluded of the age calculation. This age is within the range of ages obtained for the Vila Riozinho volcanics and Older São Jorge granite (2.0–1.98 Ga), suggesting that it could represent an inherited grain incorporated by assimilation of older material.

6.2.6. *Maloquinha Granite*

One sample of the Maloquinha granite (06a) has been collected along the road between Jardim de Ouro and Moraes Almeida villages (Fig. 2). Zircons are subeuhedral clear and dominantly prismatic with a lot of inclusions and fractures. Four grains have been analysed. All of them provided low $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Table 3). The mean value of Pb isotopic ratios calculated for the analyzed crystals corresponds to an age of 1880 ± 9 Ma (usd = 0.9) which is considered as the emplacement age of the granite.

7. Discussion and Conclusions

7.1. *Magmatic series and granitoid tipology of the studied rocks*

The Older São Jorge, Younger São Jorge, and Jardim do Ouro granites, all display the broad geochemical characteristics of I-type granitoids (Chappell et al., 1987, Chappell and White, 1992). However, it is worth noting that the I-type granitoids of the Lachlan Fold Belt, as envisaged by Chappell and White (1974, 1992) and Chappell et al. (2000), are produced by partial melting of an igneous crustal protolith of intermediate composition, and not associated with subduction processes. In fact, the I-Cordilleran type granites, as defined by Pitcher (1983, 1987), would correspond more strictly to the I-type granites generated in a subduction-related tectonic setting. Blevin and Chappell (1995) and Chappell et al. (2000) emphasized that the I-type granites of the Lachlan Fold Belt differ in geochemical characteristics and tectonic setting of the subduction-related continental margins granitoids. Pitcher (1983, 1987) introduced the I-Caledonian type as a variant of the I-Cordilleran type. Blevin and Chappell (1995) admitted that

the petrogenesis of the I-type granitoids of the Lachlan Fold Belt is not related to active subduction processes and that they are similar to the I-Caledonian type granitoids in such respect. It is concluded that the I-type character of the studied granitoids do not imply necessarily a subduction-related environment for their origin. Therefore, the I-type classification adopted here is preliminary and applicable in its broad sense.

The Maloquinha granite displays in some diagrams geochemical affinities with within plate or A-type granites (Fig. 6c) but in other a more ambiguous character is evident (Fig. 6d). It should more probably correspond to evolved leucogranites of the aluminous-A type series (King et al., 1997; Dall'Agnol et al., 1999c; Rajesh, 2000). Its magma can result, alternatively, from low degree of melting of crustal quartz-feldspatic rocks and this is our preferred interpretation.

All studied granitoids have significant modal contents of magnetite, display relatively high magnetic susceptibility values and were formed in relatively oxidizing conditions, near NNO and HITMQ buffers (Figueiredo, 1999). Accordingly, they can be defined as magnetite series granitoids (Ishihara, 1981). The chemical compositions of amphiboles and biotites corroborate that oxidizing conditions prevailed during the magmatic crystallization of the Older São Jorge, Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites, but they indicate additionally that the latter was formed in relatively less oxidizing conditions compared to the granitoids of the São Jorge pluton.

The Vila Riozinho and Moraes Almeida volcanic sequences are petrographic and geochemically similar to, respectively, the Older São Jorge + Younger São Jorge granites and the Maloquinha granite. However subtle compositional differences between the Vila Riozinho sequence and the Older and Younger granitoids of the São Jorge pluton have been put in evidence in previous sections.

The mineralogical and geochemical data indicate that the Older São Jorge, Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites and the Vila Riozinho sequence have calc-alkaline affinities. They follow the classical calc-alkaline trend in AFM, $\text{Log}(\text{CaO}/\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ - SiO_2 diagrams (Fig. 8a) and their incompatible trace-element signatures are compatible with such hypothesis. However all these rocks are K_2O -rich rocks and most of their samples lie in the High- K_2O field on the K_2O - SiO_2 plot (Pecerillo and Taylor, 1976; Rickwood, 1989), but some of them could be classified as shoshonite (Fig. 8b). For some authors, typical calc-alkaline series should be restricted to the oversaturated field of the TAS plot, while shoshonitic and sodic magmatic series

characteristically lie in the saturated field of this diagram (Le Maitre, 1989; Lima and Nardi, 1998). Rocks of the shoshonitic series should have also $K_2O > Na_2O \cdot 2$ (wt% contents; Le Maitre, 1989). Almost all analyzed samples of the Vila Riozinho sequence display such characteristics, and those of the Older São Jorge, Younger São Jorge and Jardim do Ouro granite plot in the same domain as the mentioned volcanic rocks (Table 2; Fig. 6). On the other hand, in the modal QAP diagram (Fig. 3), the mentioned granites follow the calc-alkaline granodioritic trend (Lameyre and Bowden, 1982) better than a subalkaline monzonitic one. This implies that the evolution of magmas has been done by a gradual and simultaneous increase of alkali-feldspar and quartz, contrarily to what would be expected in the case of shoshonitic magmas where, in the early crystallization stages, alkali-feldspar modal contents should increase fast and those of quartz slowly (Meen, 1987; Lima and Nardi, 1998). The evolution trend from high-alumina calc-alkaline basalt to monzonites would result from the fractionation of plagioclase, orthopyroxene, clinopyroxene and Fe-Ti oxide minerals (Meen, 1987). Experimental evidence suggests that this trend would be possible only at relatively high pressure (ca 1 GPa) and for water poor compositions, in order to prevent olivine fractionation that would imply a faster silica enrichment of residual liquids (Meen, 1987). However, Lima and Nardi (1998) argue that fractionation of olivine, clinopyroxene and plagioclase would be able to explain the evolution of the mafic to intermediate volcanic rocks of the Lavras do Sul Shoshonitic Association, a typical shoshonitic series of southern Brazil (Nardi and Lima, 1985; Nardi, 1986).

In Northeast Brazil, Brasiliano (Pan-African) granitoids are widespread and many batholiths of calc-alkaline or shoshonitic character have been identified (Sial, 1986; Sial and Ferreira, 1990; Sial et al., 1999). Nevertheless, the distinction between High- K_2O calc-alkaline and shoshonitic granitoids is also controversial. Mariano and Sial (1993) presented a stimulating discussion about the criteria to distinguish plutonic rocks of both series. They showed that, in Northeast Brazil, shoshonitic rocks and the high- K_2O calc-alkaline granitoids overlap partially in several geochemical plots, the better separation being obtained in a Ba-Rb plot (Mariano and Sial, 1993, their Fig. 6). The Ba and Rb contents of the Older São Jorge, Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites and the Vila Riozinho sequence (Table 2) overlap those of the High- K_2O granites of Northeast Brazil. The Older São Jorge granite approaches the Itaporanga batholith, while the Younger São Jorge granite is enriched in Ba and Sr (Table 2) compared to the former and is more similar geochemically to the Bodocó batholith.

The REE patterns of the Older São Jorge granite and Younger São Jorge granite are similar to those of porphyritic quartz monzonite to granite of, respectively, the Serra da Lagoinha and Acari batholiths (Neves and Mariano, 1997). However, they are analogous also to those of the Lavras do Sul granitoids (Lima and Nardi, 1998). Excepting by its comparatively lower REE contents, the REE pattern of the Vila Riozinho sequence rocks do not differ significantly neither from those of the biotite diorites associated with the mentioned High-K calc-alkaline granitoids (Neves and Mariano, 1997), nor from those of the basalts and shoshonites of the Lavras do Sul Shoshonitic Association (Lima and Nardi, 1998).

It is clear from the above discussion that the mentioned criteria for separation between High-K₂O and shoshonitic series are not unequivocal. The absence of mafic composition (<54 wt% of SiO₂) between the studied rocks, precludes an evaluation of the existence or not of the fast K₂O increase with magmatic differentiation in low silica rocks, as suggested by Meen (1987). However, the calc-alkaline granodioritic trend followed by the Older São Jorge and Younger São Jorge granites in the QAP diagram (Fig. 3) and their geochemical analogies with the High-K calc-alkaline granitoids of Northeast Brazil point to a dominant calc-alkaline better than shoshonitic character for the former. The same is probably true for most of the Vila Riozinho volcanic sequence, but its samples with exceptionally high K₂O, Na₂O and Zr (Table 2) are possibly shoshonitic. This suggests that the Vila Riozinho volcanic sequence is transitional from High-K₂O to shoshonitic or alternatively that this sequence is not geochemically homogeneous and further studies would be necessary to clarify its geochemical affiliation. Anyway, the admitted tectonic setting of the Tapajós Gold province is certainly favorable for the occurrence of shoshonitic series, that could play a significant role in the origin of gold mineralization. At our knowing, excepting Lamarão et al. (1999), by the first time the possible occurrence of shoshonitic rocks is mentioned in this province, opening a series of interesting questions for future research.

7.2. *The Volcanic Sequences of the Vila Riozinho region and the Uatumã Volcanism*

In previous regional geological maps (Faraco et al., 1997; Klein et al., 2000) the volcanic sequences exposed in the province were included mostly in the Iriri Group or, more locally, in the Bom Jardim Formation. The available geochronological data about the Tapajós Gold Province (Vasquez et al., 2000; Santos et al., 2000; Table 1 and references therein) indicate also an age of

ca 1.88 Ga for these volcanic sequences. However, Lamarão et al. (1999) and Dall'Agnol et al. (1999b) emphasized the existence in the province of volcanic sequences with different ages and geochemical affinities and stressed that the stratigraphic unit named Uatumã Supergroup should be redefined.

The data obtained by Lamarão et al. (1999), presented and discussed in the present paper with new additional data (Table 3), demonstrate unequivocally that in the Vila Riozinho region at least two volcanic sequences can be distinguished. Furthermore, the Vila Riozinho volcanic sequence is dated at ~2.00 Ga and is composed by a High-K calc-alkaline to shoshonitic transitional series. The Moraes Almeida sequence, aged of ~1.88 Ga, is geochemically similar to the evolved leucogranites of the Maloquinha granite suite, displaying more affinities with aluminous, A-type series. The Vila Riozinho sequence is composed of basaltic andesites, trachytes and rhyolites which display similar geochemical signatures and REE patterns. The rhyolites of this sequence are clearly distinct of the felsic volcanites of the Moraes Almeida sequence and this is a strong additional argument to justify the separation of both sequences. In view of the complex plutonic magmatic evolution of the Tapajós Gold Province, the hypothesis of existence in the province of other volcanic sequences, in addition to those identified so far, should not be discarded. More detailed geochemical and geochronological studies are certainly necessary to unravel the magmatic history of this province. By the moment, it is clear that the two studied volcanic sequences must be considered as two independent units, for which the names Vila Riozinho Formation and Moraes Almeida Formation are proposed here. The latter can probably be included in the Iriri Group, but the former should necessarily be seen as a comparatively older unit, related to another magmatic event.

At our knowing, it is demonstrated in this paper for the first time the presence of two distinct volcanic series that were previously correlated with the Uatumã Volcanism, in a same geological domain of the Amazonian craton. This has sound implications for the understanding of the magmatic evolution of the Amazonian craton during the transition between the Paleoproterozoic and the Mesoproterozoic. In fact, Dall'Agnol et al. (1987, 1994 1999a) argued that the Uatumã volcanism, covering large domains of the Amazonian craton, should not correspond to a same magmatic sequence, coeval and cogenetic with the widespread anorogenic granite magmatism found in it. They stressed the contrast in geochemical signature between many calc-alkaline volcanic sequences included in the Uatumã Supergroup, and the typical A-

type signature of the anorogenic granites. An additional argument is that the latter display also variable ages from the Paleoproterozoic (ca 1.88 Ga; Table 1) until the Mesoproterozoic (Dall'Agnol et al., 1999a). On the other hand, Sidder and Mendoza (1991) considered that the volcanic sequences of the northern Guiana shield, correlated with the Uatumã Supergroup, are late- to post-orogenic better than anorogenic. In this same region, Reis and Fraga (1996) and Reis et al. (2000) demonstrated that the 1.96 Ga old (Table 1), Surumu volcanites, formerly correlated with the Uatumã Supergroup, have calc-alkaline character and are geochemically similar to the ca 2.00 Ga old Pedra Pintada granitoids. Costi et al. (2000) obtained ages of ~ 1.82 Ga for the tin-mineralized A-type, anorogenic granites of Pitinga region, whereas the felsic volcanic country rocks of the Iricoumé Group, also included in the Uatumã Supergroup, yielded ages of ~ 1.96 and ~ 1.88 Ga (Table 1). These data indicate that the anorogenic granites of the Central Amazonian province are not necessarily neither coeval nor comagmatic with the associated intermediate to felsic volcanic rocks.

Santos (1984) grouped the dominantly felsic Proterozoic volcanic sequences of the Amazonian craton in the Uatumã volcanism. More recently, Santos et al. (2000) admitted that the Uatumã Supergroup should be redefined, as previously proposed by Dall'Agnol et al. (1994, 1999a,b) and Lamarão et al. (1999). Moreover, Santos et al. (2000) assumed that the redefined Uatumã Supergroup should be limited to the ~ 1.88 -1.87 Ga old, volcanism of the Central Amazonian and Tapajós provinces. They consider that this volcanism was formed in an anorogenic setting but this needs to be demonstrated.

The present authors believe that the study of the Uatumã volcanism is just beginning. The identification in the Vila Riozinho region of two different Paleoproterozoic volcanic sequences puts in evidence that more careful field, geochemical and isotopic studies of the Uatumã volcanism are essential to clarify the magmatic and tectonic evolution of the Amazonian craton during the Proterozoic.

7.3. Magmatic evolution of the Vila Riozinho region and its implication on the tectonic evolution of the Tapajós Gold Province

The geochronological data obtained in the Vila Riozinho region are summarized in Figure 11. The studied rocks were formed in two clear distinct time intervals, the first between 2.01 and 1.97 Ga and the second in the range of 1.90 and 1.87 Ga. These two dominant periods of intense

magmatic activity are also observed in the entire Tapajós province (cf. data presented in Table 1). The oldest age was obtained for the Conceição Tonalite of the Cuiú-Cuiú Complex dated at 2011 ± 23 Ga (Table 1). Older inherited zircons have been identified, however, in the Jacareacanga supracrustal sequence (Santos et al., 2000), in the Vila Riozinho sequence (Lamarão et al., 1999) and in granites of the Maloquinha Suite (Santos et al., 2000). The gap of 70 m.y. between the two magmatic events, represented in the studied area by the Vila Riozinho sequence and the Older São Jorge granite and, on the other hand, by the younger São Jorge, Jardim do Ouro, Maloquinha granites and the Moraes Almeida sequence, is intriguing. If a subduction-related tectonic setting is admitted for both magmatic events, it is difficult to explain this large period of time without any register of significant magmatic activity. Another question is that during the 1.88 event, different magmatic series were generated in a relatively small domain of the province, implying contrast in processes or sources for magma genesis.

The geochemical characteristics of the studied rocks can be employed to evaluate if the tectonic setting of the Tapajós province was or not effectively transitional from orogenic to post-orogenic. Normally, an increase in alkalinity is expected in the rocks from less to more mature arcs (Brown et al., 1984) or from orogenic to post-orogenic settings (Bonin, 1990; Barbarin, 1999). A transition from Low-K calc-alkaline, to High-K calc-alkaline and alkaline normally occurs (Barbarin, 1999). Moreover, Brown et al. (1984) consider that the increase of arc maturity could be indicated by Rb/Zr and Nb behavior. Both display a positive correlation and increase parallel to the arc evolution. Low-K calc-alkaline series have not been identified in Vila Riozinho, but they could be possibly represented in the province by the Cuiú-Cuiú tonalites, from which there are no available chemical data. The K-rich, Vila Riozinho sequence, Older São Jorge and Younger São Jorge granites, which ages decrease from 2.00 Ga, to 1.88 Ga (Table 3; Fig. 11), do not show a distribution coherent with a trend of increasing arc maturity in a (Rb/Zr)-Nb plot (Fig. 12). Contrarily, the mentioned rocks define a trend of decreasing Nb contents and increasing Rb/Zr ratios parallel to the age decrease. However, the Moraes Almeida sequence and the associated Maloquinha granites are more alkaline than the other studied rocks and can maybe correspond to the mature arc rocks. Nevertheless, this hypothesis do not explain the strong geochemical contrasts between the Younger São Jorge, Jardim do Ouro and Maloquinha granites which are approximately coeval and should be formed in a same tectonic setting.

High-K calc-alkaline magmas are generally associated with subduction-related processes (Brown et al., 1984; Barbarin, 1999). However, Roberts and Clemens (1993) and Clemens (1999) discussed experimental evidence of the origin of High-K, I-type granitoids and stated that they can be derived only from the partial melting in the crust of hydrous mafic to intermediate rocks of calc-alkaline or High-K calc-alkaline character. In their model, the thermal effects of underplated or intraplated basaltic magma into continental crust (Huppert and Sparks, 1988) would be responsible for fluid-absent partial melting of fertile metaluminous protoliths and generation of High-K magmas. Neves and Mariano (1997) adopted a similar model to explain the origin of the abundant High-K calc-alkaline granitoids of the Borborema Province in Northeast Brazil. They consider that these granitoids were emplaced in an intracontinental setting. The heat source was a mantle plume impinging the base of the continental lithosphere and the K-rich calc-alkaline granitoids were not subduction-related. This is an alternative model possibly able to explain the Tapajós Gold province evolution or, at least, that of its northeastern domain included in the Central Amazonian province (Fig. 1).

The Vila Riozinho region is located near the boundary between the Central Amazonian and Tapajós-Parima (Santos et al., 2000) or Ventuari-Tapajós (Tassinari and Macambira, 1999) provinces. Nd T_{DM} model ages (Sato and Tassinari, 1997; Santos et al., 2000) indicate that the Central Amazonian province was formed during the Archean, while the Tapajós tectonic province corresponds to a magmatic arc developed during the Paleoproterozoic. Despite the poor definition of the limits between these provinces, if regional tectonic models are correct, the evolution of the southwestern and northeastern sectors of the Tapajós Gold province (Fig. 1) should be distinct. Moreover, the widespread occurrence of gold deposits in the province (Coutinho et al., 2000; Klein et al., in press; Dall'Agnol et al., in prep.), generally classified as orogenic-type gold deposits (Groves et al., 1998), and associated with 'calc-alkaline' sequences point to a subduction-related setting for at least part of the province.

Brito Neves (1999) discussed the tectonic evolution of South America from the point of view of the Supercontinents Theory of the new Global Tectonics. He emphasized the great relevance in South America of the fusion during the Paleoproterozoic, originating the Atlantic supercontinent (Rogers, 1996). Brito Neves (1999) stressed that the Transamazonian orogeny is not clearly placed on time. Two important events, dated at 2.15 ± 0.05 Ga and 2.00 ± 0.05 Ga, can be distinguished in a continental scale. Both are attributed to the Transamazonian orogeny.

The Paleoproterozoic evolution of the Northern Guyana or Maroni-Itacaúnas province has been well documented in French Guyana and in the neighboring Amapá state of Brazil. According to Vanderhaeghe et al. (1998), the entire evolution of French Guyana Paleoproterozoic terranes was comprised in the range between 2.17 and 2.08 Ga. Similar ages have been obtained in Amapá (Lafon et al., 2000), where, a little younger granitoids, dated at ca 2.05 Ga, also occur. In the case of the Tapajós Gold province, available U-Pb and Pb-Pb zircon geochronological data suggest that its evolution could be related to the 2.00 Ga old continental event and not to the 2.15 Ga old event, responsible for the evolution of the Northern Guyana province. However, the limited Nd T_{DM} ages are a little older than 2.0 (Santos et al., 2000). Therefore, this hypothesis should be reevaluated when more geochronological and isotopic information will be available.

The fusion related to the origin of the Paleoproterozoic supercontinent was followed in South America by a period of fission that controlled the tectonic evolution during the Mesoproterozoic (Brito Neves, 1999). The taphrogenesis related to this fission event was responsible for the origin of dike swarms, sedimentary and volcanic plat-form covers, including the Uatumã Supergroup, and the widespread cratonic or anorogenic granite magmatism found in different provinces of the Amazonian craton.

The Amazonian craton was certainly affected by a remarkable event at 1.88 Ga. This event is well documented in several provinces, corresponding to the more common age obtained for the volcanics of the Uatumã Supergroup, part of the granitoids and mafic rocks of the Tapajós gold province and also for the anorogenic granites of the Carajás region (Table 1). It is deduced that this event was certainly of continental extension and affected not only the new accreted terranes but also the older, stabilized Archean domains, such those of the Carajás province (Dall'Agnol et al., 2000).

A model to explain the evolution of the Vila Riozinho region could thus involve a first stage of subduction-related magmatism, comprised in the period of 2.01 to 1.97 Ga, followed by a period of intracontinental magmatism related to the 1.88 Ga old event, that marks the beginning of the taphrogenesis that would extend along all the Mesoproterozoic. The Vila Riozinho region could represent a border area between the orogenic and the intracontinental domain and the younger High-K calc-alkaline granitoids could possibly be associated with the late subduction-related processes or, alternatively, be explained by an intracontinental tectonic evolution as admitted by Neves and Mariano (1997). In this model, the felsic Maloquinha granites and the

Moraes Almeida volcanic sequence correspond to melts derived from the partial anatexis of the older crustal rocks.

7.4. Conclusions

- The Pb-Pb zircon geochronological study of the magmatic rocks of the Vila Riozinho region demonstrates that they were formed at the end of the Paleoproterozoic. Two different periods of intense magmatic activity were defined, both involving volcanic and plutonic rocks. In the first period, situated in the range between 2005 and 1970 Ma, the Vila Riozinho volcanic formation and the older São Jorge Granite were formed. During the second period, that extended from ca 1900 to 1870 Ma, the Jardim do Ouro, Younger São Jorge and Maloquinha granites and the Moraes Almeida Formation were formed. Excepting the older rocks of the Cuiú-Cuiú complex and Jacareacanga Suite (Table 1), the age intervals defined for the rocks of Vila Riozinho are coincident with those registered in the entire Tapajós Gold Province, demonstrating that they are relevant also in a regional scale. The ages obtained in the Tapajós region are not exactly coincident with those furnished by the Paleoproterozoic terranes of the Northern Guyana province, suggesting that these two provinces are possibly not coeval.

- The Older São Jorge, Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites display the broad characteristics of I-type rocks (Chappell and White, 1992) and are magnetite series granites (Ishihara, 1981). The Older São Jorge and Younger São Jorge granite are both High-K calc-alkaline granites, the latter being comparatively enriched in MgO, Ba and Sr and more depleted in HREE. The few studied samples of the Jardim do Ouro granite suggest that it is more iron-rich and consequently less oxidized than the mentioned granites. The Vila Riozinho Formation displays a calc-alkaline to shoshonitic character and is geochemically similar to the Older São Jorge and Younger São Jorge granites. The Maloquinha granite and the Moraes Almeida Formation differ from the other studied rocks. They have similar petrographic and geochemical characteristics, are similar to the aluminous, A-type rocks, and probably derive from low degrees of melting of crustal sources.

- The volcanic sequences of the studied area, formerly included in the Iriri Group of the Uatumã Supergroup, are divided in two sequences with different ages and geochemical signatures. The Vila Riozinho and Moraes Almeida sequences are considered as two independent formations. The presence in a same tectonic domain of these two sequences demonstrates that the

Uatumã Supergroup must be redefined. Additional detailed studies are necessary to define the distribution of the two identified volcanic sequences in the Tapajós province.

- The evolution of the Tapajós Gold Province probably records the accretionary processes related in a global scale to the formation of the Atlantica supercontinent at the end of the Paleoproterozoic (ca 2.00 Ga). This initial step was followed at ca 1.88 Ga by the beginning of an intracontinental event of taphrogenesis, that will extend along the entire Mesoproterozoic. Assuming this hypothesis, the tectonic setting of the Tapajós Gold Province should be transitional, in time and space, from a subduction-related tectonic setting, involving the generation of a magmatic arc, to a stable continental block affected dominantly by extensional tectonics. At ca 2.0 Ga, the magmatic arc, corresponding to the present Tapajós tectonic province, should pass laterally to the Archean, Central Amazonian province (Fig. 1). Along the time, the subduction-related processes ceased and after a ~70 Ma gap, at ca 1.88 Ga, the tectonic setting of the province became dominantly extensional and taphrogenic processes promoted a new period of intense magmatic activity.

Acknowledgements

M. A. B. M. Figueiredo and R. M. K. Borges participated actively in field work and, together with L. H. Ronchi, H. T. Costi, A. A. S. Leite, E. S. Farias and C. E. M. Barros, contributed in the Tapajós research project of the Research Group on Granite Petrology (GPPG/UFPA). Rio Tinto Zinc Company gave support for field work, authorized sampling in the mineralized area and transmitted unpublished information about the São Jorge gold deposit area. M. L. Vasquez, E. L. Klein and M. T. L. Faraco, from CPRM-Belém, contributed in regional mapping, discussions about the Tapajós geology or furnished unpublished information. ADIMB stimulated the developing of this research. This research received support from PADCT/FINEP/FADESP (8/8/98/0400/01), CNPq (Proc. 000400038/99 and 463196/00-7) and UFPA. This paper is a contribution to PRONEX/CNPq (Proj. 103/98 – Proc. 66.2103/1998-0) and IGCP-426 projects.

References

- Abdel-Rahman, A.M., 1994. Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas. *J. Petrol.*, 35, 525-541.

- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1981. Brazilian structural Provinces: an introduction. *Earth Sci. Rev.*, 17, 1-29.
- Almeida, M.E., Fraga, L.M.B., Macambira, M.J.B., 1997. New geochronological data of calc-alkaline granitoids of Roraima state, Brazil. *South-American Symposium on Isotope Geology*, Campos do Jordão, pp. 34-35.
- Almeida, M.E., Ferreira, A.L., Brito, M.F.L., Monteiro, M.A.S., 1999. Proposta de evolução tectono-estrutural para a região do alto-médio curso do rio Tapajós (estados do Pará e Amazonas). In: *Simpósio de Geologia da Amazônia*, 6. Boletim de Resumos Expandidos. Manaus, SBG, p. 297-300.
- Almeida, C.A.S., Collyer, T.A., Pereira, J.L., Seabra, A.S., Serfaty, S., 1980. Projeto Santarém-Cachimbo – Pesquisa mineral. Relatório final de semi-detálhe. Belém. IDESP/SUDAM. V. 1, 464p.
- Anderson, J.L., Smith, D.R., 1995. The effects of temperature and fO_2 on the Al-in-hornblende barometer. *Amer. Miner.*, 80, 549-559.
- Barbosa, A.A., Lafon, J.M., Neves, A.P., Vale, A.G., 1995. Geocronologia Rb-Sr e Pb-Pb do Granito Redenção, SE do Pará: Implicações para a evolução do magmatismo proterozóico da região de Redenção. *Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi, sér. Ciências da Terra* 7, 147-164.
- Barbarin, B., 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos*, 46, 605-626.
- Bizinella, G.A., Santiago, A.F., Melo, A.F.F., Santos, A., Borges, F.R., Godoy, H.K., Yamaguti, H.S., Oliveira, J.R., Carmona, J.R.M., D'Antona, R.J.G. and Oliveira, R.L., 1980. Projeto Tapajós-Sucunduri. Relatório final. Manaus, DNPM/CPRM. 8v.
- Blevin, P.L., Chappell, B.W., 1995. Chemistry, origin, and evolution of mineralized granites in the Lachlan Fold Belt, Australia: the metallogeny of I- and S-type granites. *Econ. Geol.* 90, 1604-1619.
- Bonin, B., 1990. From orogenic to anorogenic settings: evolution of granitoid suites after a major orogenesis. *Geol. J.* 25, 261-270.
- Brito, M.F., Almeida, M.E., Macambira, M.J.B., 1999. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age of Calc-Alkaline Rapakivi Granite in Tapajós Gold Province, Amazon Craton-Brazil. In: *2nd South American Symposium on Isotope Geology*, 40-43.

- Brito Neves, B.B., 1999. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. *Rev. Bras. Geoc.*, 29, 379-392.
- Brown, G.C., Thorpe, R.S., Webb, P.C., 1984. The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and comments on magma sources. *J. Geol. Soc. London*. 141, 413-426.
- Cas, R.A.F., Wright, J.V., 1987. Volcanic sucessions: modern and ancient. A geological approach to processes, products and sucessions. London, Allen & Unwin. 528 p.
- Chappel, B., White, A.J.R., 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geol.*, 8, 173-174.
- Chappel, B.W., White, A.J.R., Wyborn, D., 1987. The importance of residual source material (restite) in granite petrogenesis. *J. Petrol.*, 28, 1111-1138.
- Chappell, B.W., White, A.J.R., 1992. I-and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. *Trans. Royal Soc. Edinburgh: Earth Sci.*, 83, 1-26.
- Chappell, B.W., White, J.R., Williams, I.S., Wyborn, D. and Wyborn, L.A.I., 2000. Lachlan Fold Belt granites revisited: high- and low- temperature granites and their implications. *Aust. J. Earth Sci.*, 47, 123-138.
- Chivas, A.R., 1981. Geochemical Evidence for Magmatic Fluids in Porphyry Copper Mineralization. Part I. Mafic Silicates from Koloula Igneous Complex. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 78, 389-403.
- Clemens, J.D. 1999. Origins of High-K Granitic Magmas: constraints from experimental petrology. In: 4th. Hutton Symposium, Clermont-Ferrand, France, p. 49.
- Cordani, U.G., Sato, K., 1999. Crustal evolution of the South American Platform, based on Nd isotopic systematics on granitoid rocks. *Episodes* 22, 67-173.
- Cordani, U.G., Brito Neves, B.B., 1982. The geologic evolution of South America during the Archaean and early Proterozoic. *Rev. Bras. Geoc.* 12, 78-88.
- Costi, H.T., Dall'Agnol, R., Moura, C.A.V., 2000. Geology and Pb-Pb geochronology of Paleoproterozoic volcanic and granitic rocks of Pitinga Province, Amazonian craton, northern Brazil. *Int. Geol. Rev.*, 42, 832-849.
- Coutinho M.G.N., Santos, J.O.S., Fallick, A.E., Lafon J.M., 2000. Orogenic gold deposits in Tapajós Mineral Province, Amazon, Brazil. In: 31st. International Geological Congress, Rio de Janeiro, Abstracts volume. CDRom
- Dall'Agnol, R.; Bettencourt, J.S.; Jorge João, X.S.; Medeiros, H.; Costi, H.T., Macambira, M.J.B. 1987. Granitogenesis in the northern Brazilian region - A review. *Rev. Bras. Geoc.*, 17, 382-

403.

- Dall'Agnol, R., Lafon, J.M., Macambira, M.J.B., 1994. Proterozoic anorogenic magmatism in the Central Amazonian Province, Amazonian Craton: geochronological, petrological and geochemical aspects. *Mineral. Petrol.*; 50, 113-138.
- Dall'Agnol, R., Costi, H.T., Leite, A.A.S., Magalhães, M.S., Teixeira, N.P., 1999a. Rapakivi granites from Brazil and adjacent areas. *Precambrian Res.*, 95, 9-39.
- Dall'Agnol, R., Silva, C.M.G., Scheller, T., 1999b. Fayalite-hedembergite rhyolites of the Iiriri Formation, Tapajós Gold Province, Amazonian craton: implications for the Uatumã volcanism. In: *Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados. 1, Gramado - RS, Boletim de resumos. p.31.*
- Dall'Agnol, R., Rämö, O.T., Magalhães, M.S., Macambira, M.J.B., 1999c. Petrology of the anorogenic, oxidised Jamon and Musa granites, Amazonian Craton: implications for the genesis of Proterozoic A-type granites., 46, 431-462.
- Dall'Agnol, R., Lafon, J.M., Fraga, L.M., Scandolara, J.E., Barros, C.E.M., 2000. The Precambrian Evolution of the Amazonian Craton. In: 31st. International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil. Abstracts volume. CDRom.
- Delor, C., Faraco, M.T., Fraga, L.M., Lafon, J-M., De Roeve, E., Rossi, Ph., Vidal, M. Synthesis of the North Amazonian Precambrian Shield (SYNAPS) and trans-atlantic correlations: A geological framework for the analysis of Precambrian crustal growth 31st. International Geological Congress, Rio de Janeiro, Abstracts volume. CDRom
- Dreher, A.M., Vlach, S.R.F., Martini, E.S.L., 1998. Adularia associated with epithermal gold veins in the Tapajós mineral province, Pará state, northern Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 28, 397-404.
- Evensen, N. M., Hamilton, P.J., O'Nions, R.K., 1978. Rare-earth abundances in chondritic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 42, 1199-1212.
- Faraco, M.T.L., Carvalho, J.M.A., Klein, E.L., 1997. Carta metalogenética da Província Aurífera do Tapajós. In: Costa, M.L.C., Angélica, R.S. (Eds.), *Contribuição à geologia da Amazônia*, SBG-NO, Belém, Brazil, 423-437.
- Figueiredo, M.A.B.M., 1999. Minerais Óxidos de Fe e Ti e Susceptibilidade Magnética em vulcânicas e granitóides Proterozóicos da Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós. M. Sc. Thesis, Universidade Federal do Pará, Belém, Brazil.

- Foster, M.D., 1960. Interpretation of the composition of trioctahedral micas. U. S. Geol. Surv., Prof. Paper, 354-B, 1- 49.
- Fuck, R.A., Pimentel, M. M., Machado, N., Daoud, W.E., 1993. Idade U/Pb do granito Madeira. Pitinga (AM). In: Anais 4th Congr. Bras. Geoq., Brasília, Soc. Bras. Geoq., 246-248.
- Gaudette, H.E., Lafon, J.M., Macambira, M.J.B., Moura, C.A.V., Scheller, T., 1998. Comparison of single filament Pb evaporation/ionization zircon ages with conventional U-Pb results: Examples from the Precambrian of Brazil. J. S. Amer. Earth Sci., 11, 351-363.
- Geomitec, 1972. Projeto Tapajós-Maués: geologia básica, prospecção geoquímica e por concentrado de batéia na região Tapajós-Maués. Belém, SUDAM. V1.
- Groves, D.I., Goldfard, R.J., Gebre-Mariam, M., Hegemann, S.G., Robert, F., 1998. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. Ore Geol. Rev., 13, 7-27.
- Huppert, H.E., Sparks, R.S.J., 1988. The Generation of Granitic Magmas by Intrusion of Basalt into Continental Crust. J. Petrol., 29, 599-624.
- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. J. Earth Sci., 8, 523-546.
- Ishihara, S., 1981. The granitoid series and mineralization. Econ. Geol., 75th Anniv. Vol., 458-484.
- Jacobi, P., 1999. The discovery of epithermal Au-Cu-Mo Proterozoic deposits in the Tapajós province, Brazil. Rev. Bras. Geoc., 29, 277-279.
- Juliani, C., Nunes, C.M.D., Bettencourt, J.S., Silva, R.M.C., Monteiro, L.V.S.M., Neumann, R., Alcover Neto, A., Rye, R.O., 2000. Early Proterozoic volcanic-hosted quartz-allunite epithermal deposit in the Tapajós Gold Province, Amazonian craton, Brazil. In: GSA Annual Meeting, Reno, Nevada, A-49.
- King, P.L., White, A.J.R., Chappell, B.W., Allen, C.M., 1997. Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia. J. Petrol., 38, 371-391.
- Klein, E.L., Santos, R.A., Fuzikawa, K., Angélica, R.S., in press. Hydrothermal fluid evolution and structural control of the Guarim mineralisation, Tapajós province, Amazonian craton, Brazil. Miner. Depos.

- Klein, E.L., Vasquez, M.L., 2000. Projeto especial Província Mineral do Tapajós. Geologia e recursos minerais da folha Vila Riozinho (SB.21-Z-A). Estado do Pará, escala 1:250.000. Nota Explicativa. CPRM (in CD-ROM).
- Kober, B., 1986. Whole grain evaporation for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age investigations on single zircons using a double filament source. *Contrib. Min. Petrol.*, 93, 482-490.
- Kober, B., 1987. Single grain evaporation combined with Pb^+ emitter bedding for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ investigations using thermal ion mass spectrometry, and implications for zirconology. *Contrib. Miner. Petrol.*, 96, 63-71.
- Lafon, J.M., Avelar, V.G., Rossi, P., Delor, C., Guerrot, C., Pidgeon, R.T., 2000. Geochronological evidence for reworked Neoproterozoic crust during Transamazonian Orogeny (2.1 Ga) in the southeastern Guiana Shield. In: 31st. International Geological Congress, Rio de Janeiro. Abstracts volume. CDRom.
- Lamarão, C.N.; Dall'Agnol, R.; Lafon, J.M.; Lima, E.F., 1999. Associações vulcânicas e plutônicas de Vila Riozinho e Morais Almeida, Província Aurífera do Tapajós, SW do estado do Pará. In: Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados. 1, Gramado - RS, Boletim de resumos. p.93
- Lameyre, J., Bowden, P., 1982. Plutonic rock types series discrimination of various granitoid series and related rocks. *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 14, 169-186.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Duxson, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R., Zannettin, B., 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell Scientific Publication, London, 193 p.
- Leake, B.E., Woolley, A.R., Birch, W.D. et al., 1997. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. *Mineral. Mag.*, 61, 295-321.
- Ledru, P., Milesi, J.P., 1999. The geology and metallogeny of French Guiana and the links with West Africa. In 6th. Simpósio de Geologia da Amazônia. SBG/NO, Manaus, Brazil, Boletim de resumos expandidos, 50-57.
- Lima, M.I.C., 1984. Províncias geológicas do cráton Amazônico em território brasileiro. In: Anais, 2nd Symp. Amazônico, DNPM, Manaus. 9-24.

- Lima, E.F., Nardi, L.V.S., 1998. The Lavras do Sul shoshonitic association: Implications for the origin and evolution of Neoproterozoic shoshonitic magmatism in southernmost Brazil. *J. S. Amer. Earth Sci.*, 11, 67-77.
- Lowell, G.R., 1991. The Butler Hill caldera: a mid-proterozoic ignimbrite-granite complex. In: I. Haapala and K.C. Condie (Eds.), *Precambrian Granitoid-Petrogenesis, Geochemistry and Metallogeny*. *Precambrian Res.*, 51, 245-263.
- Machado, N., Lindenmayer, Z.G., Krogh, T.E., Lindenmayer, D., 1991. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil. *Precambrian Res.*, 49, 329-354.
- Mariano, G., Sial, A.N., 1993. High K-calc-alkalic vs. shoshonitic granitic magmatism in Northeast Brazil. *An. Acad. Bras. Ci.*, 65, 119-129.
- McPhie, J., Doyle, M., Allen, R., 1993. *Volcanic Textures. A Guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*. University of Tasmania, Australia. 198 p.
- Moura, M.A., 1998. O Maciço Granítico Matupá e o depósito de ouro Serrinha (MT): Petrologia, Alteração Hidrotermal e Metalogenia. Doctorate Thesis. Universidade de Brasília (DF), Brazil.
- Moura, C.A.V., Gorayeb, P.S.S., Matsuda, N.S., 1999. Geocronologia Pb-Pb em zircão do Riolo Vila Raiol, Formação Iriri - Sudoeste do Pará. In: 6th Symp. Geol. Amaz., Manaus, 475-477.
- Meen, J.K., 1987. Formation of shoshonites from calc-alkaline basalt magmas: geochemical and experimental constraints from the type locality. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 97, 333-351.
- Nachit, H., Razafimahefa, N., Stussi, J.-M., Carron, J.-P., 1985. Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitoïdes. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 301, Série II, 813-818.
- Nardi, L.V.S., 1986. As rochas granitóides da série shoshonítica. *Rev. Bras. Geoc.*, 16, 3-10.
- Nardi, L.V.S., Lima, E.F., 1985. A Associação shoshonítica de Lavras do Sul, RS. *Rev. Bras. Geoc.*, 15, 139-146.
- Neves, S.P., Mariano, G., 1997. High-K calc-alkalic plutons in Northeast Brazil: origin of the biotite diorite/quartz monzonite to granite association and implications for the evolution of the Borborema Province. *Int. Geol. Rev.*, 39, 621-638.

- Nunes, C.M.D., 2000. Caracterização de um sistema epitermal high sulfidation paleoproterozóico na Província ASurífera do Tapajós, Pará. M. Sc. thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.
- Nunes, C.M.D., Juliani, C., Silva, R.H.C., Bettencourt, J.S., Jacobi, P., 2000. Paleoproterozoic quartz-allunitite epithermal gold mineralization from Tapajós (Brazil). In: 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Abstracts volume. CDrom.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, 25, 956-983.
- Pearce, J.A., 1996. Source and settings of granitic rocks. *Episodes*, 19 (4), 120-125.
- Peccerilo, A., Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58, 63-81.
- Pessoa, M.R., Santiago, A.F., Andrade, A.F., Santos, J.R., Lopes, R.C., Prazeres, W.V., 1977. Projeto Jamanxim. Relatório final. In: Ministério das Minas e Energia. DNPM. Manaus (AM). 8 v.
- Pinho, M.A.S.B., Chemale, F., Pinho, F.E.C., 2000. Au-Sulfide mineralizations in the Moreru area, Southeastern Amazonian Craton. In: 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Abstracts volume. CDrom.
- Pitcher, W.S., 1983. Granite type and tectonic environment. In: Hsu, K., (Ed.), *Mountain Building Processes*, London. Academic Press., 19-40.
- Pitcher, W.S., 1987. Granites and yet more granites forty years on. *Geol. Rund.*, 76, 51-79.
- Rajesh, H.M., 2000. Characterization and origin of a compositionally zoned aluminous A-type granite from South India. *Geol. Mag.*, 137, 291-318.
- Reis, N.J., Fraga, L.M.B., 1996. Vulcanismo Surumu - Estado de Roraima: Caracterização de seu comportamento químico à luz de novos dados. In: 39th Congr. Bras. Geol., Salvador, 2, 88-91.
- Reis, N.J., Faria, M.S.G., Fraga, L.M., Haddad, R.C., 2000. Orosirian calc-alkaline volcanism and the Orocaima event in the northern Amazonian craton, eastern Roraima state, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 30, 380-383.
- Rickwood, P., 1989. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos*, 22, 247-263.
- Roberts, M.P., Clemens, J.D., 1993. Origin of high-potassium, calc-alkaline, I-type granitoids, *Geology*, 21, 825-828.

- Rodrigues, E., Lafon, J.M., Scheller, T., 1992. Geocronologia Pb-Pb da Província Mineral de Carajás: Primeiros resultados. In: 32th Congr. Bras. Geol., São Paulo, v.1, 183-184.
- Ricci, P.S.F., Vasquez, M.L., Santos, A., Klein, E.L., Jorge João, X.S., Martins, R.C., 1999. Suite intrusiva Creporizão - Província Tapajós: proposta e critérios de definição. In: 6th.Simpósio de Geologia da Amazônia, Manaus, 1999. Boletim de resumos expandidos, 519-522.
- Rogers, J.J.W., 1996. A history of the continents in the past three billion years.
- Santos, D.B., Fernandes, P.E.C.A., Dreher, A.M., Cunha, F.M.B., Basei, M.A.S., Teixeira, J.B.G., 1975. Geologia da Folha SB-21-Tapajós. In: Projeto RADAMBRASIL. DNPM. Rio de Janeiro. Levantamento de Recursos Naturais. v.7, 13-99.
- Santos, J.O.S., 1984, Classificação das rochas vulcânicas Uatumã. In: 33th Congr. Bras. Geol., Rio de Janeiro, 9, 4526-4538.
- Santos, J.O.S., Hartmann, L.A., Gaudette, H.E., Groves, D.I., McNaughton, N.J., Fletcher, I.R., 2000. A new understanding of the provinces of the Amazon craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gond. Res.*, 3, 453-488.
- Sato, K., Tassinari, C.C.G., 1997. Principais eventos de acreção continental no Cráton Amazônico baseados em idade-modelo Sm-Nd, calculada em evoluções de estágio único e estágio duplo. In: Costa, M.L.C., Angélica, R.S. (Eds.), Contribuição à geologia da Amazônia, SBG-NO, Belém, Brazil, 91-142.
- Schobbenhaus, C., Hoppe, A., Lork, A., Baumann, A., 1994. Idade U/Pb do magmatismo Uatumã no norte do Cráton Amazônico, Escudo das Guianas (Brazil): Primeiros resultados. In: 38th Congr. Bras. Geol., Camboriú., V. 4, 395-397.
- Sial, A.N., 1986. Granites-types in Northeast Brazil: current knowledge. *Rev. Bras. Geoc.*, 16, 54-72.
- Sial, A.N., Ferreira, V.P., 1990. Granitoids in northeastern Brazil: Oxygen and sulfur isotope compositions and depth of emplacement., *J. S. Amer. Earth Sci.*, 3, 103-112.
- Sial, A.N.; Dall'Agnol, R.; Ferreira, V.P.; Nardi, L.V.S.; Pimentel, M.M., Wiedemann, C.M., 1999. Precambrian granitic magmatism in Brazil. *Episodes*, 22, 191-198.
- Sidder, G.B., Mendoza, S.V., 1991. Geology of the Venezuelan Guyana Shield and its relation to the entire Guyana Shield. *U.S. Geol. Surv., Open-file report*, 91-141, 59p.
- Streckeisen, A.L., 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.*, 12, 1-33.

- Stacey, J.S., Kramers, J.D., 1975. Approximation of terrestrial lead isotopic evolution by a two stage model. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 26, 207-221.
- Tassinari, C.C.G., Macambira, M.J.B., 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, 22, 174-182.
- Teixeira, W., Tassinari, C.C.G., Cordani, U.G., Kawashita, K., 1989. A review of the geochronology of the Amazonian Craton: tectonic implications. *Precambrian Res.*, 42, 213-227.
- Teixeira, N.P., Bettencourt, J.S., Moura, C.A.V., Dall'Agnol, R., 1998. Pb-Pb and Sm-Nd constraints of the Velho Guilherme Intrusive Suite and volcanic rocks of the Uatumã Group, south-southeastern Pará, Brazil. In: International field conference: Proterozoic granite systems of the Penokean Terrane in Wisconsin, field guide and proceedings volume. Madison, Wisc. Geol. Natural History Surv., Open File Report. 1998-10, 178-180.
- Vanderhaeghe, O., Ledru, P., Thiéblemont, D., Egal, E., Cocherie, A., Tegye, M., Milési, J.J., 1998. Contrasting mechanism of crustal growth geodynamic evolution of the Paleoproterozoic granite-greenstone belts of French Guyana. *Precambrian Res.*, 42, 165-193.
- Vasquez, M.L., Klein, E.L., Macambira, M.J.B., Santos, A., Bahia, R.B.C., Ricci, P.S., Quadros, M.L.E.S., 2000. Geochronology of granitoids, mafic intrusions and mineralizations of the Tapajós Gold Province - Amazonian Craton-Brazil. In: 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Abstracts volume. CDrom.
- Whalen, J.B., Currie, K.L., Chappell, B.W., 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Miner. Petrol.* 95, 407-419.
- Wones, D., 1989. Significance of the assemblage titanite + magnetite + quartz in granitic rocks. *Am. Miner.*, 74, 744-749.
- Wood, D.A., 1979. A variably veined suboceanic upper mantle – Genetic significance for mid-ocean ridge basalts from geochemical evidence. *Geology*, 7, 499-503.

Table 1 - Geochronological data of the Paleoproterozoic Granitoids and Volcanic sequences of the Tapajós and other regions of the Amazonian Craton

Geological Units	Rock Types	Ages	Method	References
TAPAJÓS REGION				
Cuiú-Cuiú Complexo	Tonalite	2011±23 Ma	U-Pb	Santos et al. (2000)
Jacareacanga Suite	Metaturbidite	~ 2,1 Ga	U-Pb DtZr	Santos et al. (2000)
Crepório Suite	Granite	1957± 6 Ma	U-Pb	Santos et al. (2000)
Crepório Suite	Granite	1968±16 Ma	Pb-Pb Zr	Klein & Vasquez (2000)
Crepório Suite	Granite	1997±3 Ma	Pb-Pb Zr	Klein & Vasquez (2000)
Crepório Suite	Granite	1984±1 Ma	Pb-Pb Zr	Klein & Vasquez (2000)
Parauari Suite	Granite	1893±2 Ma	Pb-Pb Zr	Vasquez et al. (1999)
Cumaru	Monzogranite	1883±8 Ma	Pb-Pb Zr	Brito et al. (1999)
Parauari Suite	Granite	1883±2 Ma	Pb-Pb Zr	Klein & Vasquez (2000)
Rosa de Maio	Monzogranite	1879±11 Ma	U-Pb	Santos et al. (2000)
Tropas	Granodiorite	1898±2 Ma	U-Pb	Santos et al. (2000)
Tropas	Granodiorite	2010 Ma	U-Pb IZr	Santos et al. (2000)
Penedo	Granite	1883±4 Ma	U-Pb	Santos et al. (submitted)
Maloquinha Suite	Sienogranite	1882±4 Ma	Pb-Pb Zr	Vasquez et al. (1999)
Maloquinha Suite	Granite	1872±4 Ma	U-Pb	Santos et al. (2000)
Caroçal	Granite	~ 1.87 Ga	Pb-Pb Zr	Almeida et al. (1999)
Caroçal	Granite	2656±6 Ma	Pb-Pb IZr	Almeida et al. (1999)
Santa Rita	Monzogranite	2459±11 Ma	U-Pb IZr	Santos et al. (2000)
Maloquinha Suite	Granite	1870±4 Ma	Shrimp	Santos et al. (submt.)
Maloquinha Suite	Granite	2680±18 Ma	Shrimp IZr	Santos et al. (submt.)
Iriri Volcanic Group	Rhyolite	1888±2 Ma	Pb-Pb Zr	Dall'Agnol et al. (1999c)
Iriri Volcanic Group	Rhyodacite	1888±2 Ma	Pb-Pb Zr	Vasquez et al. (1999)
Iriri Volcanic Group	Rhyolite	1888±6 Ma	Pb-Pb Zr	Moura et al. (1999)
Crepório Suite	Diabase	1560 to 1690 Ma	K/Ar	Bizinella et al. (1980)
Cachoeira Seca Suite	troctolite	1046±50 to 1072±18 Ma	K/Ar	Pessoa et al. (1977)
Crepório Suite	Diabase	1611±42 Ma	Rb/Sr	Pessoa et al. (1977)
Ingarana Suite	Gabbro	1887±3 Ma	Pb-Pb Zr	Klein & Vasquez (2000)
RORAIMA REGION (Calc-Alkaline granitoids and volcanic sequences)				
Pedra Pintada Gr. Suite	Monzogranite	2005±45 Ma	Pb-Pb Zr	Almeida et al. (1997)
Água Branca Gr. Suite	Monzogranite	1960±21 Ma	Pb-Pb Zr	Almeida et al. (1997)
Água Branca Gr. Suite	Monzogranite	1938±37 Ma	Pb-Pb Zr	Almeida et al. (1997)
Surumu Volcanic Group	Andesite	1966±9 Ma	U-Pb Zr	Schobbenhaus et al (1994)
Surumu Volcanic Group	Andesite	2006±4 Ma	Pb-Pb Zr	Costa (1999)
PITINGA REGION (A-type granites and volcanic sequences)				
Madeira Granite	Granite	1834±6 Ma	U-Pb Zr	Fuck et al. (1993)
Madeira Granite	Hb-Bt Granite	1824±2 Ma	Pb-Pb Zr	Costi et al. (2000)
Madeira Granite	Bt sienogranite	1822±2 Ma	Pb-Pb Zr	Costi et al. (2000)
Iricoumé Volcanic Group	Rhyodacite	1962±42 Ma	U-Pb Zr	Schobbenhaus et al (1994)
Iricoumé Volcanic Group	Rhyolite	1888±3 Ma	Pb-Pb Zr	Costi et al. (2000)
CARAJÁS REGION (A-type granites and volcanic sequences)				
Serra dos Carajás Granite	Granite	1880±2 Ma	U-Pb Zr	Machado et al. (1991)
Cigano Granite	Granite	1883±2 Ma	U-Pb Zr	Machado et al. (1991)
Pojuca Granite	Granite	1874±2 Ma	U-Pb Zr	Machado et al. (1991)
Musa Granite	Granite	1883±5 Ma	U-Pb Zr	Machado et al. (1991)
Velho Guilherme Granite	Granite	1873±13 Ma	Pb-Pb wr	Rodrigues et al. (1992)
Redenção Granite	Granite	1870±68 Ma	Pb-Pb wr	Barbosa et al. (1995)
Antonio Vicente Granite	Granite	1867±4 Ma	Pb-Pb Zr	Teixeira et al. (1998)
Jamon Granite	Granite	1885±32 Ma	Pb-Pb Zr	Dall'Agnol et al. (1999b)
Uatumã Supergroup	Andesite+Rhyolite	1875±79 Ma	Pb-Pb wr	Teixeira et al. (1998)
MATO GROSSO REGION (Calc-Alkaline granite and volcanic sequence)				
Matupá	Granite	1872±12 Ma	Pb-Pb Zr	Moura, (1998)
Moreu	Ignimbrites	~1.8 Ga	U-Pb (Zr ?)	Pinho et al. (2000)

IZr = Inherited zircon

Wr = Whole rock

DtZr = Detritic zircon

Hb = hornblende

Bt = Biotite

Table 2 - Chemical composition of the granitoids and volcanic sequences of Vila Riozinho region, Tapajós Gold Province

Facies Sample	Older São Jorge Granite										GP	Younger São Jorge Granite					Maloquinha Granite					GP	JOG					
	BAQMD to BAMD					ABQM to ABQS					ABMZG	BLMZ/SG-south					BLMZ/SG-center					ABMZG		BLMZ/SG				
	58	102	103	32	27a	28	73a	68a	74	85		35a	59	9/10	7/3	70	ABQS	22a	21	06a	18a			03a				
SiO2 (wt %)	54,50	58,40	64,50	66,80	67,80	68,90	71,60	72,50	73,20	74,20	75,10	68,60	67,50	68,20	73,90	70,30	74,80	76,10	76,60	67,40	71,10							
TiO2	0,81	0,79	0,43	0,50	0,39	0,37	0,26	0,27	0,24	0,19	0,19	0,41	0,40	0,39	0,08	0,26	0,21	0,07	0,11	0,48	0,28							
Al2O3	18,40	15,90	17,80	16,00	16,20	15,30	14,70	14,70	14,30	14,10	13,50	15,20	15,80	16,10	14,00	14,80	13,50	13,00	12,50	15,80	14,60							
Fe2O3	4,70	3,00	1,87	1,80	1,86	1,71	1,37	1,23	1,03	0,94	1,00	1,59	2,70	2,50	0,49	0,84	1,14	0,77	1,18	1,54	1,29							
FeO	2,34	3,42	1,20	0,90	0,94	0,98	0,39	0,42	0,33	0,14	0,12	1,18	0,99	1,20	0,20	1,40	0,32	0,21	0,20	1,40	1,00							
MnO	0,10	0,11	0,07	0,07	0,06	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,08	0,04	0,05	0,02	0,06	0,03							
MgO	3,10	4,30	0,88	0,62	0,81	0,83	0,46	0,33	0,28	0,09	0,11	1,10	1,20	1,30	0,12	0,21	0,14	0,09	0,09	0,33	0,57							
CaO	6,90	5,20	2,80	1,80	2,30	2,00	1,40	0,99	0,91	0,54	0,65	2,30	2,40	2,40	0,61	1,10	0,40	0,50	0,33	1,60	1,70							
Na2O	4,00	3,40	4,70	4,50	4,40	4,00	4,00	4,30	4,40	4,10	4,10	4,20	4,40	4,20	4,60	4,40	4,20	4,40	3,60	4,40	3,90							
K2O	2,50	3,30	4,40	5,20	4,20	4,30	4,90	4,80	5,10	5,00	5,00	4,50	4,00	4,50	4,60	5,60	5,30	4,60	4,90	5,10	4,90							
P2O5	0,37	0,27	0,18	0,12	0,14	0,11	0,08	0,06	0,05	0,02	0,02	0,14	0,14	0,13	0,01	0,04	0,03	< 0,01	< 0,01	0,12	0,05							
P.F	1,51	1,34	0,64	0,50	0,61	0,80	0,39	0,51	0,21	0,45	0,38	0,71	0,57	0,62	0,32	0,47	0,53	0,74	0,61	0,72	0,55							
Total	99,23	99,43	99,47	98,81	99,71	99,37	99,60	100,2	100,1	99,82	100,2	99,98	100,1	101,6	98,96	99,50	100,6	100,5	100,1	98,95	99,97							
Ba (ppm)	1319	1881	2230	1278	1312	1236	1053	959	675	409	423	1364	1730	1958	477	834	446	82	73	1667	765							
Rb	54	112	135	234	155	163	150	212	158	217	190	145	100	101	182	246	251	492	387	140	236							
Sr	1101	711	859	360	622	563	390	333	212	123	129	636	1215	1350	255	148	49	21	19	247	187							
Zr	191	274	368	358	246	240	197	264	208	188	198	265	199	196	97	358	241	142	206	470	194							
Nb	4	9	15	12	7	11	5	17	13	12	21	11	6	4	4	16	14	25	26	13	14							
Y	19	25	25	55	35	40	25	39	27	46	29	30	11	11	10	60	54	94	139	55	38							
Ga	24	24	25	25	24	25	20	24	22	20	20	21	27	27	24	24	22	24	24	26	22							
V	165	159	48	44	40	44	12	12	10	<10	<10	57	49	54	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20							
La (ppm)	18,45	22,32	24,69	58,46	28,13	42,54	25,54	25,84	20,38	31,86	12,36	34,91	26,78	29,50	13,64	66,74	77,98	20,56	114,60	39,98	30,39							
Ce	37,06	46,68	51,36	122,20	49,89	71,37	49,70	49,75	43,26	63,45	24,87	57,55	53,70	53,25	20,88	116,40	120,50	54,90	186,60	71,90	61,60							
Nd	16,18	19,07	19,19	42,40	20,18	25,94	16,75	17,70	15,71	22,01	9,02	21,51	18,34	15,93	5,63	33,46	50,58	26,68	52,36	24,97	23,61							
Sm	3,33	3,55	3,23	7,27	3,46	4,58	2,96	3,07	2,87	3,97	1,71	3,65	3,22	2,77	0,92	6,45	9,95	8,39	11,23	4,28	5,08							
Eu	0,96	0,79	0,79	1,20	0,67	0,81	0,52	0,49	0,42	0,49	0,24	0,65	0,77	0,70	0,17	0,62	0,66	0,30	0,35	0,72	0,72							
Gd	2,38	2,51	2,18	4,97	2,57	3,19	1,98	2,16	2,06	2,62	1,22	2,43	1,64	1,50	0,49	3,63	5,17	6,80	7,29	2,87	3,83							
Dy	1,47	1,57	1,30	3,21	1,62	1,92	1,46	1,28	1,38	1,65	0,94	1,31	0,82	0,62	0,21	2,18	2,87	7,14	4,44	1,69	2,61							
Ho	0,22	0,29	0,26	0,64	0,29	0,39	0,26	0,20	0,25	0,26	0,20	0,21	0,10	0,10	0,04	0,41	0,55	1,52	0,82	0,30	0,48							
Er	0,72	0,74	0,73	1,66	0,75	0,95	0,80	0,55	0,70	0,73	0,58	0,55	0,20	0,16	0,11	0,89	1,23	4,44	1,83	0,75	1,32							
Yb	0,43	0,50	0,57	1,35	0,53	0,69	0,66	0,46	0,59	0,54	0,49	0,35	0,20	0,16	0,10	0,70	0,91	4,89	1,26	0,45	1,06							
Lu	0,06	0,07	0,13	0,20	0,08	0,11	0,10	0,09	0,11	0,08	0,08	0,05	0,03	0,03	0,02	0,10	0,13	0,69	0,17	0,06	0,16							
Rb/Sr	0,05	0,16	0,16	0,65	0,25	0,29	0,38	0,64	0,75	1,76	1,47	0,23	0,08	0,07	0,71	1,66	5,12	23,43	20,37	0,57	1,26							
Ba/Rb	24,43	16,79	16,52	5,46	8,46	7,58	7,02	4,52	4,27	1,88	2,23	9,41	17,30	19,39	2,62	3,39	1,78	0,17	0,19	11,91	3,24							
Rb/Zr	0,28	0,41	0,37	0,65	0,63	0,68	0,76	0,80	0,76	1,15	0,96	0,55	0,50	0,52	1,88	0,69	1,04	3,46	1,88	0,30	1,22							
(La/Yb) ⁿ	28,89	30,01	29,44	29,27	35,82	41,37	26,00	37,75	23,32	39,97	17,06	67,71	92,22	122,16	96,88	64,26	57,90	2,84	61,39	60,24	19,32							
Eu/Eu*	0,99	0,77	0,86	0,58	0,65	0,62	0,63	0,55	0,50	0,43	0,48	0,53	0,92	0,95	0,68	0,36	0,25	0,12	0,11	0,60	0,48							
A = Amphibole B = biotite	QMD = quartz monzodiorite MD = monzodiorite										MZG = monzogranite QM = quartz monzonite					LMG = leucomonzogranite QS = quartzsyenite					SG = syenogranite JOG = Jardim do Ouro Granite					GP = Granite Porphyry		

A = Amphibole QMD = quartz monzodiorite MZG = monzogranite LMG = leucomonzogranite SG = syenogranite GP = Granite Porphyry
 B = biotite MD = monzodiorite QM = quartz monzonite QS = quartzsyenite JOG = Jardim do Ouro Granite

Table 2 - (cont.) Chemical composition of the granitoids and volcanic sequences of Vila Riozinho region, Tapajós Gold Province

Vila Riozinho Volcanic Sequence												Moraes Almeida Volcanic Sequence											
Type	BA	BTR	TRACHYTES				RHYOLITES				TRACH.	RHYOLITES				IGNIMBRITES							
Sample	90b	MV-154	36c	106a	107	92a	62a	98	93a	101	115	48	52	12c	39a	51	15a	111	46	14	38	17	
SiO2 (wt %)	54,80	54,40	54,70	61,20	64,70	68,20	68,40	69,40	69,70	71,10	71,80	67,60	72,00	74,80	75,20	75,80	72,70	73,60	75,20	75,40	75,90	76,1	
TiO2	0,89	1,00	1,60	0,41	0,54	0,36	0,44	0,37	0,33	0,37	0,35	0,54	0,37	0,24	0,18	0,24	0,17	0,14	0,11	0,15	0,15	0,15	
Al2O3	14,60	16,10	15,90	18,80	16,50	15,60	15,70	16,30	16,00	15,60	14,70	16,00	13,80	13,00	12,60	12,80	13,70	13,80	13,00	12,60	12,70	12,8	
Fe2O3	2,54	3,43	4,50	1,93	2,63	1,56	1,80	1,66	1,66	1,38	1,78	1,11	1,10	0,87	1,06	0,89	0,91	1,88	1,28	1,58	1,38	1,48	
FeO	5,72	4,83	4,86	1,05	1,41	0,49	0,72	0,58	0,31	0,11	0,11	1,70	0,99	0,39	0,22	0,28	0,80	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	
MnO	0,16	0,13	0,14	0,10	0,14	0,05	0,05	0,06	0,08	0,02	0,05	0,08	0,10	0,06	0,05	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	
MgO	5,80	5,50	3,60	0,95	1,20	0,59	0,57	0,37	0,44	0,52	0,25	0,61	0,40	0,24	0,25	0,25	0,28	0,24	0,21	0,18	0,22	0,14	
CaO	7,80	7,30	6,40	1,60	2,90	0,86	2,30	1,20	0,90	0,68	1,20	2,00	0,70	0,54	0,40	0,45	0,89	0,91	0,31	0,79	0,80	0,70	
Na2O	2,90	3,20	3,10	6,20	4,10	5,30	4,40	4,30	4,80	5,60	4,20	5,10	2,70	3,80	3,70	3,80	3,70	3,60	4,00	3,40	3,70	3,60	
K2O	2,10	2,50	3,10	5,80	4,40	5,50	4,30	4,80	5,00	2,90	4,80	5,10	6,50	5,40	5,00	5,30	5,40	5,60	4,80	4,90	4,90	4,80	
P2O5	0,29	0,32	1,20	0,16	0,19	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,05	0,13	0,09	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,01	0,02	
P.F	1,81	1,02	0,80	1,55	0,97	0,49	0,68	0,79	0,76	1,28	0,64	0,07	1,05	0,73	0,47	0,62	0,92	0,65	0,53	0,96	0,51	0,52	
Total	99,41	99,73	99,90	99,75	99,68	99,08	99,45	99,92	100,1	99,63	99,93	100,0	99,80	100,1	99,15	100,5	99,54	100,6	99,60	100,1	100,4	100,5	
Ba (ppm)	912	1260	1154	2864	1338	1481	1352	2275	1592	1349	1410	2641	471	267	56	241	500	667	214	439	327	354	
Rb	41	67	151	140	120	176	176	161	163	120	195	143	358	262	298	282	220	252	309	248	285	240	
Sr	723	688	496	431	633	388	433	462	333	508	275	293	42	36	20	39	82	122	56	88	82	69	
Zr	173	192	281	610	286	420	297	408	421	370	292	636	322	317	236	301	231	298	187	231	234	198	
Nb	6	5	12	10	10	20	6	12	12	15	15	16	18	17	21	18	11	14	20	14	16	11	
Y	23	19	32	20	27	28	38	29	35	21	41	39	52	56	61	49	42	204	167	53	103	58	
Ga	23	23	28	20	26	18	22	21	19	17	21	22	23	19	20	22	20	22	21	19	24	21	
V	206	195	198	61	67	14	32	24	22	23	17	<10	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
Th	<5	<5	<5	<5	<5	12	<5	<5	9	11	<5	<5	16	25	24	18	22	21	35	25	20	21	
La (ppm)	17,95	17,27	43,16	22,26	48,48	23,36	34,94	32,46	27,05	42,71	83,85	61,85	34,69	70,37	70,37	25,16	5,88	8,06	18,76	1,06	15,40	9,75	
Ce	39,31	35,85	87,26	40,59	93,68	51,98	71,55	64,53	53,22	83,85	35,59	114,70	70,37	25,16	5,88	8,06	0,71	5,89	15,40	9,75	1,84	1,98	
Nd	16,50	16,53	36,09	13,42	33,36	19,83	24,48	22,19	16,91	35,59	7,51	38,54	25,16	5,88	8,06	0,71	5,89	15,40	9,75	1,84	1,98	4,29	
Sm	3,44	3,52	6,36	2,41	6,05	3,62	4,20	4,28	3,27	7,51	2,05	38,54	5,88	8,06	0,71	5,89	15,40	9,75	1,84	1,98	4,29	3,12	
Eu	0,81	0,92	1,52	0,45	1,10	0,72	0,88	0,79	0,49	2,05	2,05	8,06	0,23	0,23	0,23	0,23	0,71	3,72	9,75	3,12	0,41	0,41	
Gd	2,58	2,77	4,02	1,43	3,50	2,64	2,74	2,72	2,20	6,01	4,75	38,54	4,35	4,35	4,35	4,35	0,71	3,72	9,75	3,12	0,41	0,41	
Dy	1,59	2,00	2,07	0,76	1,83	1,92	1,54	1,72	1,40	4,75	4,75	38,54	2,93	2,93	2,93	2,93	0,71	3,72	9,75	3,12	0,41	0,41	
Ho	0,31	0,42	0,40	0,12	0,33	0,37	0,30	0,31	0,24	0,93	0,93	38,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,75	3,72	9,75	3,12	0,41	0,41	
Er	0,78	1,01	0,92	0,27	0,82	0,99	0,74	0,85	0,65	2,54	2,54	38,54	1,36	1,36	1,36	1,36	1,98	3,72	9,75	3,12	0,41	0,41	
Yb	0,50	0,71	0,51	0,18	0,66	0,75	0,54	0,77	0,47	2,36	2,36	38,54	1,20	1,20	1,20	1,20	1,55	3,72	9,75	3,12	0,41	0,41	
Lu	0,07	0,11	0,07	0,03	0,09	0,10	0,09	0,11	0,08	0,33	0,33	38,54	0,17	0,17	0,17	0,17	0,23	3,72	9,75	3,12	0,41	0,41	
Rb/Sr	0,06	0,10	0,30	0,32	0,19	0,45	0,41	0,35	0,49	0,24	0,71	0,49	8,52	7,28	14,90	7,23	2,68	2,07	5,52	2,82	3,48	3,48	
Ba/Rb	22,24	18,81	7,64	20,46	11,15	8,41	7,68	14,13	9,77	11,24	7,23	18,47	1,32	1,02	0,19	0,85	2,27	2,65	0,69	1,77	1,15	1,48	
Rb/Zr	0,24	0,35	0,54	0,23	0,42	0,42	0,59	0,39	0,39	0,32	0,67	0,22	1,11	0,83	1,26	0,94	0,95	0,85	1,65	1,07	1,22	1,21	
(La/Yb) _{in}	24,28	16,42	56,79	83,47	49,96	20,97	43,84	28,60	39,01	12,23	12,23	12,23	19,51	19,51	19,51	19,51	26,86	30,73	30,73	30,73	30,73	30,73	
Eun/Eu*	0,80	0,87	0,86	0,69	0,69	0,67	0,69	0,75	0,75	0,66	0,53	0,91	0,14	0,14	0,14	0,14	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	

BA = Basaltic andesite

BTR = Basaltic trachyandesite

TRACH = Trachyte

Table 3 - Lead isotopic data by zircon single-crystal evaporation from granites and volcanics from the Tapajós Gold Province, Amazonian Craton

Zircon	Temp. (celsius)	number of ratios	²⁰⁶ Pb 204Pb	²⁰⁸ Pb 206Pb	2σ	²⁰⁷ Pb* 206Pb*	2σ	Age (Ma) Step	2σ	Age (Ma) Crystal	2σ
<i>Vila Riozinho volcanic sequence (sample 62a - trachyte)</i>											
62a/3	1450	18	18868	0.22716	364	0.10796	106	1766	18		
	1500	90	25000	0.28489	71	0.12141	19	1977	3		
62a/5	1450 F	38	23810	0.31348	91	0.12294	34	2000	5		
	1480 F	134	43478	0.40531	125	0.12305	19	2001	3		
	1520	72	28571	0.43786	110	0.12232	53	1991	8	2000	4
62a/6	1480	18	15625	0.15653	80	0.20303	56	2851	5		
	1480 F	70	31250	0.15637	71	0.20333	71	2853	6		
62a/7	1450	16	6623	0.25633	125	0.12148	59	1978	9		
62a/8	1450 F	75	23810	0.24879	44	0.12276	73	1997	11		
	1480 F	108	111111	0.26016	40	0.12252	36	1993	5	1994	5
62a/9	1450 F	167	12195	0.21612	136	0.12395	34	2014	5		
	1480 F	137	33333	0.19347	87	0.12494	15	2028	2		
62a/10	1450 F	49	20833	0.26782	109	0.12200	33	1986	5		
	1500 F	152	34483	0.261490	33	0.12276	26	1997	4	1997	4
62a/14	1500	88	18519	0.30966	75	0.17322	27	2589	3		
	1500 F	55	45455	0.31038	109	0.17353	30	2592	3		
Mean (579 ratios; USD = 1.6) :										1998	3
<i>Vila Riozinho volcanic sequence (sample 107 - trachyte)</i>											
107/1	1450	54	52632	0.22479	150	0.12256	23	1994	3		
	1500	88	250000	0.23548	97	0.12263	40	1995	6		
	1550	50	200000	0.25652	85	0.12287	43	1999	6	1995	3
107/2	1500	84	166667	0.22771	262	0.12253	26	1994	4	1994	4
107/3	1450	80	21739	0.26976	69	0.12198	22	1986	3		
	1500	88	21277	0.30348	70	0.12208	19	1987	3		
	1550	86	200000	0.29800	77	0.12209	28	1987	4		
107/4	1450	84	4854	0.27940	76	0.12226	18	1990	3		
	1500	84	40000	0.31178	109	0.12198	16	1986	2		
107/5	1450	34	100000	0.11436	103	0.12338	48	2006	7		
	1500	86	66667	0.18156	310	0.12333	17	2005	2		
	1550	42	76923	0.26939	88	0.12297	28	2000	4	2004	4
107/6	1450	82	6211	0.08648	78	0.12194	17	1985	2		
	1500	88	5102	0.15006	308	0.12288	22	1999	3	1999	3
107/8	1450	88	12500	0.27741	91	0.12224	22	1989	3		
	1550	90	142857	0.29889	69	0.12213	19	1988	3		
Mean (526 ratios; USD = 2.7) :										2000	4
<i>Older São Jorge granite (sample 27 - hornblende-biotite monzogranite)</i>											
27/1	1500	76	5556	0.38319	67	0.12158	36	1980	5	1980	5
27/4	1450	99	6098	0.30364	53	0.12167	15	1981	2		
	1500	96	12048	0.34729	158	0.12204	46	1987	7	1982	3
27/5	1450	12	11905	0.32340	304	0.12179	186	1983	27		
	1550	67	8197	0.40542	106	0.12158	74	1980	11	1980	10
27/6	1450	34	20000	0.34918	139	0.12162	110	1980	16		
	1550	90	24390	0.36009	84	0.12148	24	1978	3	1978	3
Mean (474 ratios; USD = 0.9) :										1981	2

Table 3 (cont.) - Lead isotopic data by zircon single-crystal evaporation from granites and volcanics from the Tapajós Gold Province Amazonian Craton

Moraes Almeida volcanic sequence (sample 48 - trachyte)

48/1	1450	34	4831	0.2762	98	0.11404	45	1865	7		
	1500	90	7874	0.29191	72	0.11458	28	1874	4		
	1533	82	15873	0.30457	73	0.11480	22	1877	3		
	1550	82	8547	0.32278	92	0.11491	34	1879	5	1876	3
48/3	1500	86	11905	0.29172	67	0.11493	19	1879	3	1879	3
48/5	1450	84	71429	0.16951	47	0.11522	34	1884	5		
	1500	70	62500	0.16781	52	0.11543	23	1887	4	1886	3
48/6	1450	52	4167	0.27616	88	0.11554	49	1889	8		
	1500	84	17241	0.26711	73	0.11553	24	1888	4	1888	3
Mean (630 ratios; USD = 2.7) :										1881	4

Moraes Almeida volcanic sequence (sample 15 - ignimbrite)

15/1	1450	84	7092	0.17298	46	0.11467	17	1875	3		
	1550	68	7407	0.17343	111	0.11418	19	1867	3	1872	8
15/2	1450	32	8547	0.18970	113	0.11531	36	1885	6		
	1500	54	8197	0.19640	102	0.11498	29	1880	5	1882	5
15/3	1500	52	58824	0.20383	108	0.11479	47	1877	7	1877	7
15/4	1450 F	76	12987	0.16161	59	0.11447	27	1872	4		
	1500 F	89	37037	0.20417	34	0.11498	23	1880	4	1876	8
15/5	1500 F	94	38462	0.23107	76	0.11468	24	1875	4	1875	4
Mean (549 ratios; USD = 2.8) :										1875	4

Jardim de Ouro granite (sample 03 - hornblende-biotite monzogranite)

03a/1	1500	84	4695	0.28539	158	0.12141	23	1977	3		
03a/2	1450	18	55556	0.11505	133	0.11476	113	1876	18		
	1500	88	111111	0.11842	59	0.11503	20	1881	3	1880	3
03a/3	1500	88	31250	0.16258	120	0.11482	44	1877	7	1877	7
03a/4	1450 F	35	40000	0.12184	63	0.11497	55	1880	9		
	1500	52	15625	0.14995	74	0.11476	25	1876	4	1877	4
03a/5	1450	84	11765	0.11258	39	0.11265	16	1843	3		
	1500	88	21277	0.16585	38	0.11524	23	1884	4	1884	4
Mean (369 ratios; USD = 1.4) :										1880	3

Maloquinha granite (sample 06a - biotite leucomonzogranite)

06a/1	1500	88	7463	0.22017	55	0.11555	21	1889	3	1889	3
06a/5	1550	82	2985	0.22842	60	0.11426	32	1869	5	1869	5
06a/6	1500	86	5102	0.17092	72	0.11471	21	1876	3	1876	3
06a/7	1450	82	4292	0.34699	98	0.11486	50	1878	8	1878	8
Mean (338 ratios; USD = 0.9) :										1880	9

*: corrected from common lead; F: Analyse by static mode on Faraday cups; *italic*: excluded of the age calculation

Figure Captions

Figure 1 – Geological map of the Tapajós Gold Province (modified from Klein et al., submitted) and sketch map of the Amazonian Craton showing its geochronological provinces (modified from Tassinari and Macambira, 1999).

Figure 2 – Geological map of the Vila Riozinho region showing the distribution of the studied granitic rocks and volcanic sequences. A = amphibole; B = biotite; MZG = monzogranite; LMZG = leucomonzogranite; SG = syenogranite; QM = quartz monzonite; MD = monzodiorite; QMD = quartz monzodiorite.

Figure 3 – Q-A-P and Q-(A+P)-M plot (Streckeisen, 1976) showing the modal compositions of the (a) Older São Jorge Granite, Younger São Jorge Granite, and Jardim do Ouro Granite and (b) Maloquinha Granite of Moraes Almeida. Lines 1, 2 and 3 are, respectively, the tonalitic-trondhjemitic calc-alkaline, granodioritic calc-alkaline and shoshonitic series trends (modified from Lameyre & Bowden, 1982).

Figure 4 – Classification diagrams (Leake et al., 1997) of the amphiboles of the granitoids and volcanic sequences of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province. Abbreviations as in Fig 2.

Figure 5 – (a) Alt versus Mg (Nachit et al., 1985) and (b) MgO versus Al_2O_3 (Abdel-Rahman, 1994) plots of biotite from the different studied granitoids. Symbols as in Fig. 4, except for the BLMZG of the Older São Jorge Granite.

Figure 6 – TAS diagram (Le Maitre et al., 1989) for the Vila Riozinho and Moraes Almeida Volcanic sequences showing the fields of the studied granitoids for comparison. Dashed line separates alkaline and subalkaline fields according to Irvine and Baragar (1971).

Figure 7 – Geochemical diagrams for the granitic rocks and volcanic sequences of Vila Riozinho region. (a) $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ (mol) versus SiO_2 ; (b) $FeO_t/(FeO_t+MgO)$ versus SiO_2 ; (c) Rb versus Y+Nb (fields of Pearce et al., 1984). Syn-COLG – syn-collision granites, WPG – within plate granites, VAG – volcanic arc granites, ORG – Ocean ridge granites; (d) K_2O+Na_2O/CaO versus $Zr+Nb+Ce+Y$ and average compositions of A-type (A), M-type (M), S-type (S), and I-type (I) granites according Whalen et al. (1987). Fields for fractionated felsic granites (FG) and

unfractionated M, I and S type granites (OGT); (e) Ba/Rb versus Rb/Zr, and (f) Rb/Sr versus Rb/Zr.

Figure 8 – (a) Log (CaO/Na₂O+K₂O) versus SiO₂ plot (Brown et al., 1984) for the Older São Jorge Granite, Younger São Jorge and Jardim do Ouro granites, Granite Porphyry, and the Vila Riozinho Volcanic Sequence. (b) K₂O versus SiO₂ plot for the studied granitoids. The field of Vila Riozinho Volcanic Sequence is shown for comparison. Low-K, medium-K and high-K calc-alkaline fields and shoshonite field from Peccerillo and Taylor (1976), modified by Rickwood (1989). Symbols as in Figs. 6 and 7.

Figure 9 – Chondrite normalized (Evensen et al., 1978) rare earth elements patterns for the different studied rocks. (a) Older São Jorge Granite and associated granite porphyry; (b) Younger São Jorge Granite compared to the field of ABQM (amphibole-biotite quartz monzonite) and ABMZG (amphibole-biotite monzogranite) of the Older São Jorge Granite); (c) Maloquinha and Jardim do Ouro Granites and granite porphyry (18a); (d) Vila Riozinho Volcanic Sequence and (e) Moraes Almeida Volcanic Sequence.

Figure 10 – Primordial mantle normalized spiderdiagrams (Wood, 1979) for the (a) Older São Jorge Granite and associated granite porphyry (59); (b) Volcanic Sequence of Vila Riozinho; (c) Younger São Jorge Granite; (d) Maloquinha Granite, Jardim do Ouro Granite and granite porphyry (18a); (e) Volcanic Sequence of Moraes Almeida. Symbols as in Fig. 9.

Figure 11 – Summary of the geochronological data on the Vila Riozinho magmatic rocks.

Figure 12 – Rb/Zr versus Nb diagram showing the distribution of the studied magmatic rocks. Increasing arc maturity trend of Brown et al. (1984). Symbols as in Figs. 6 and 7.

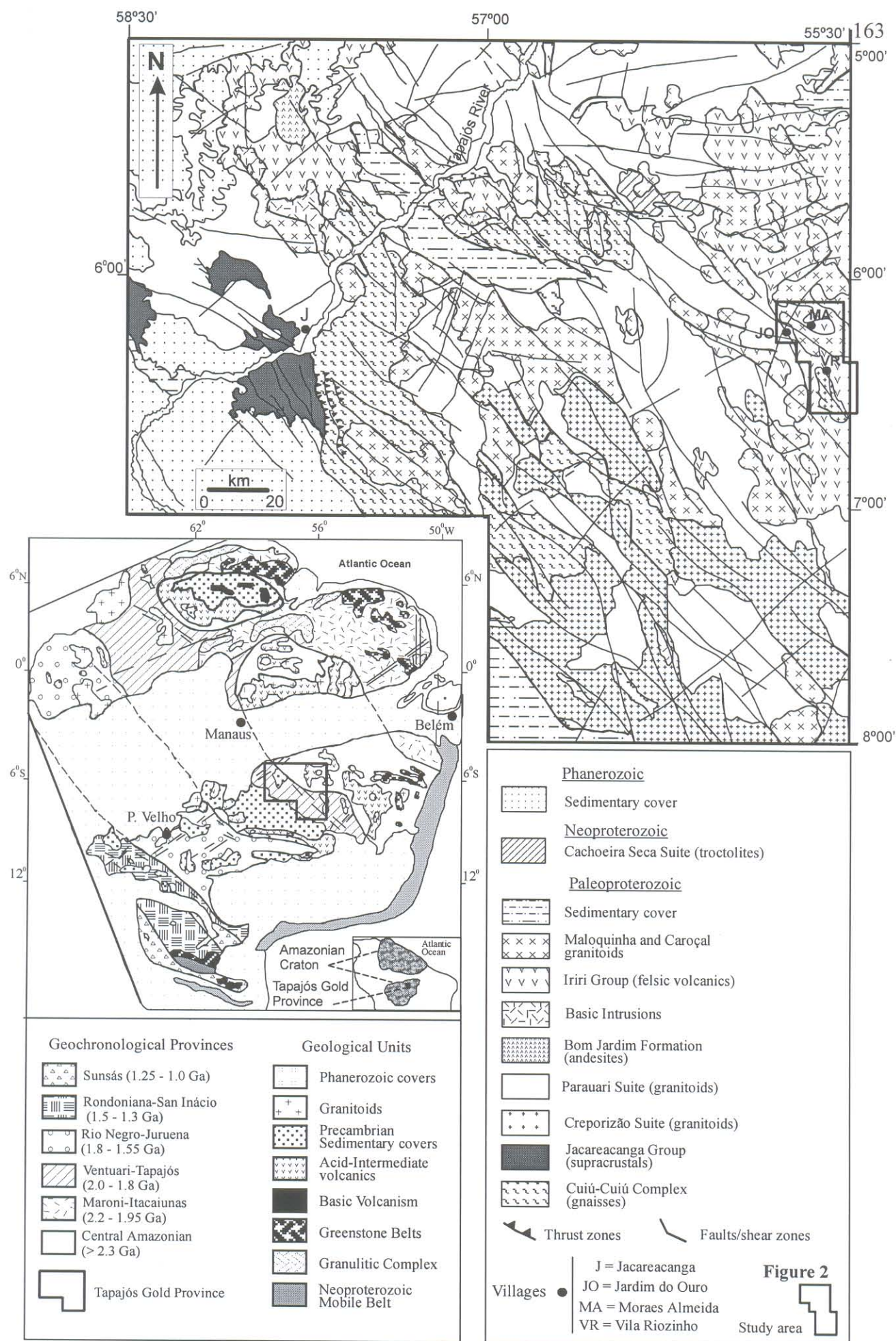


Figure 1

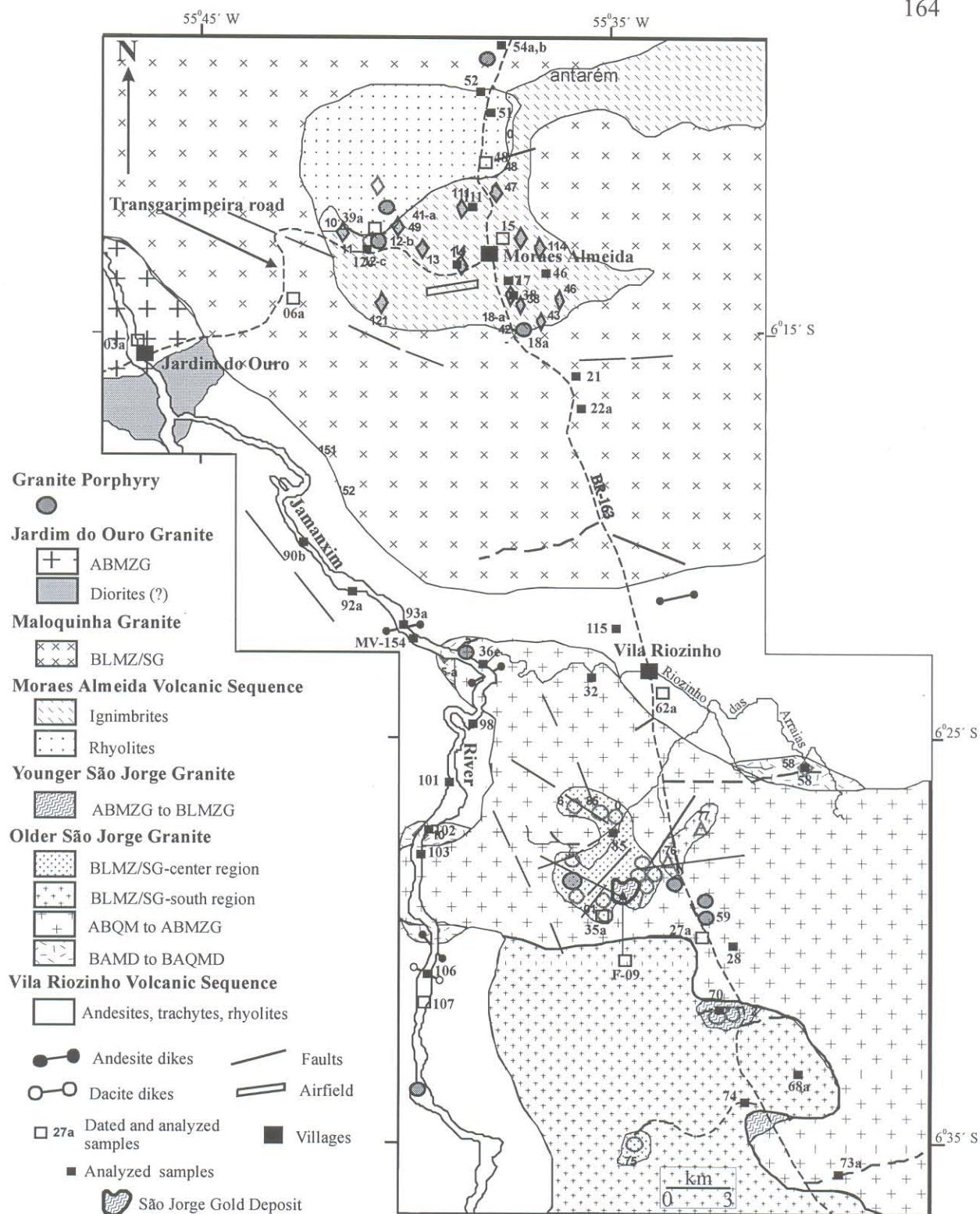


Figure 2

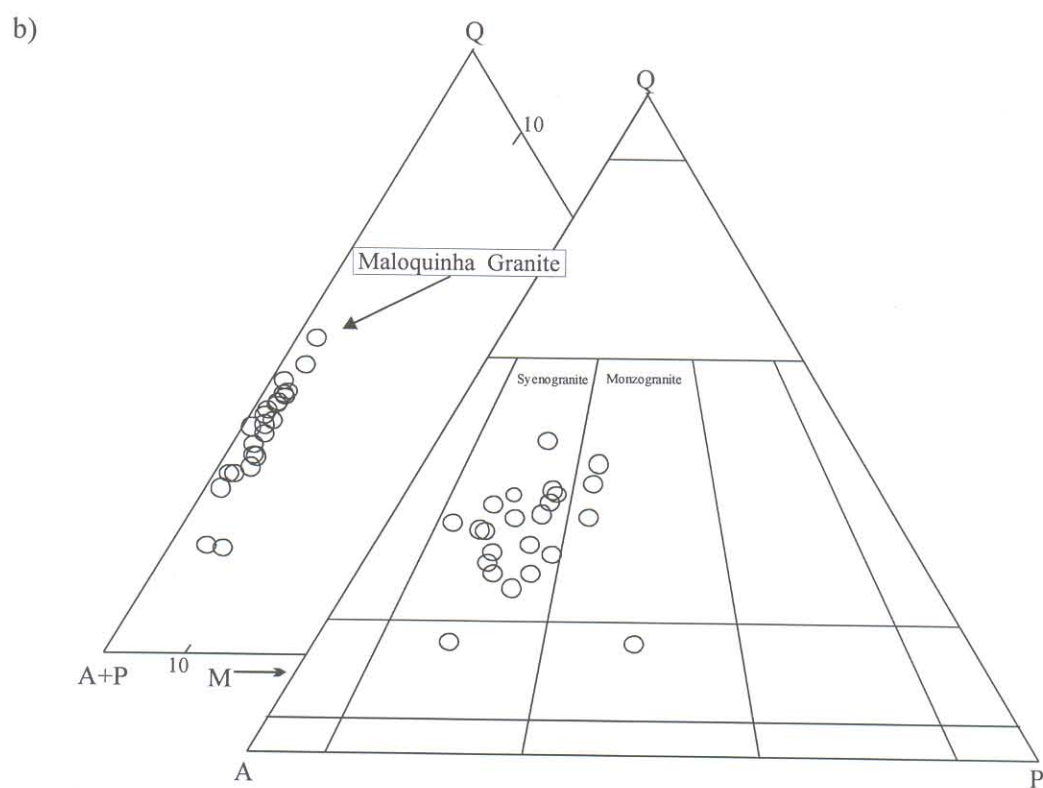
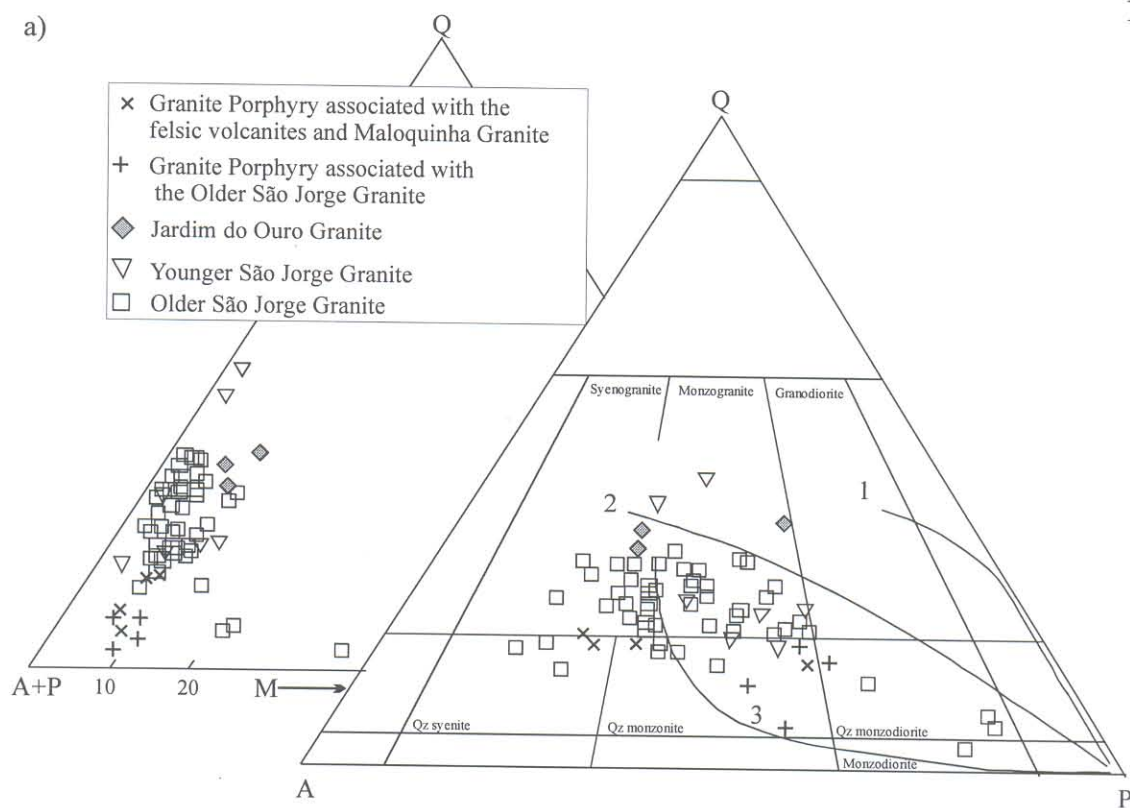


Figure 3

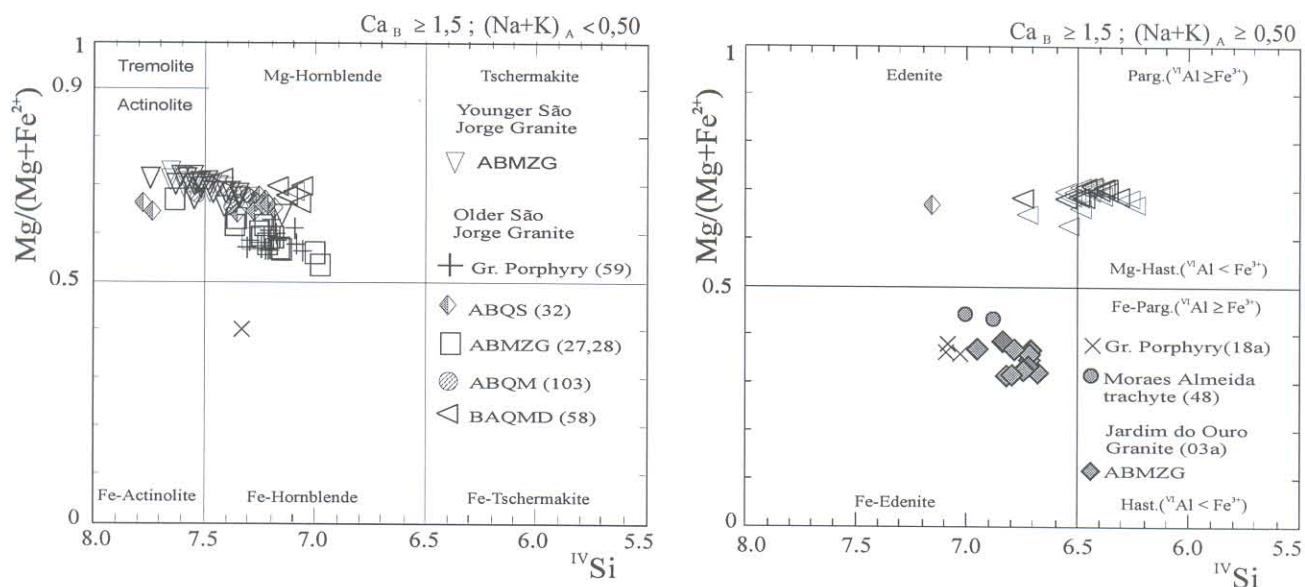


Figure 4

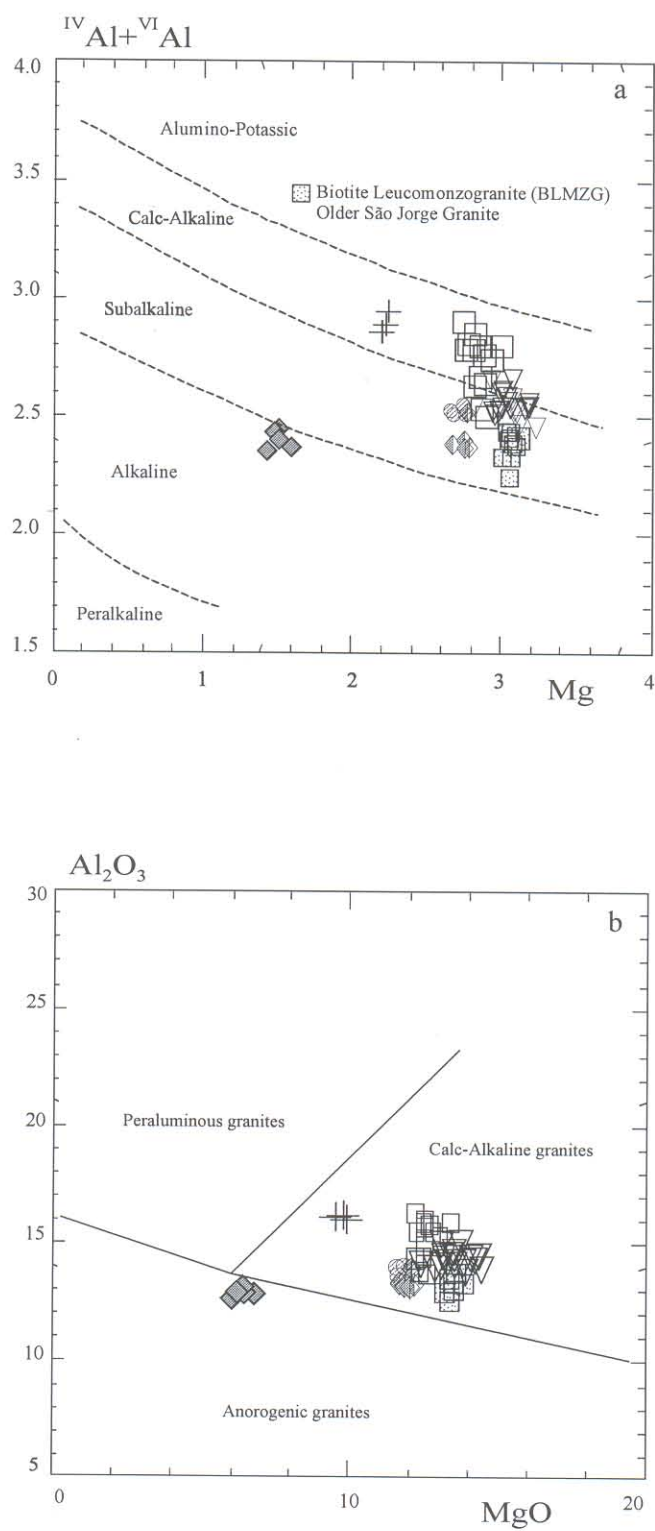


Figure 5

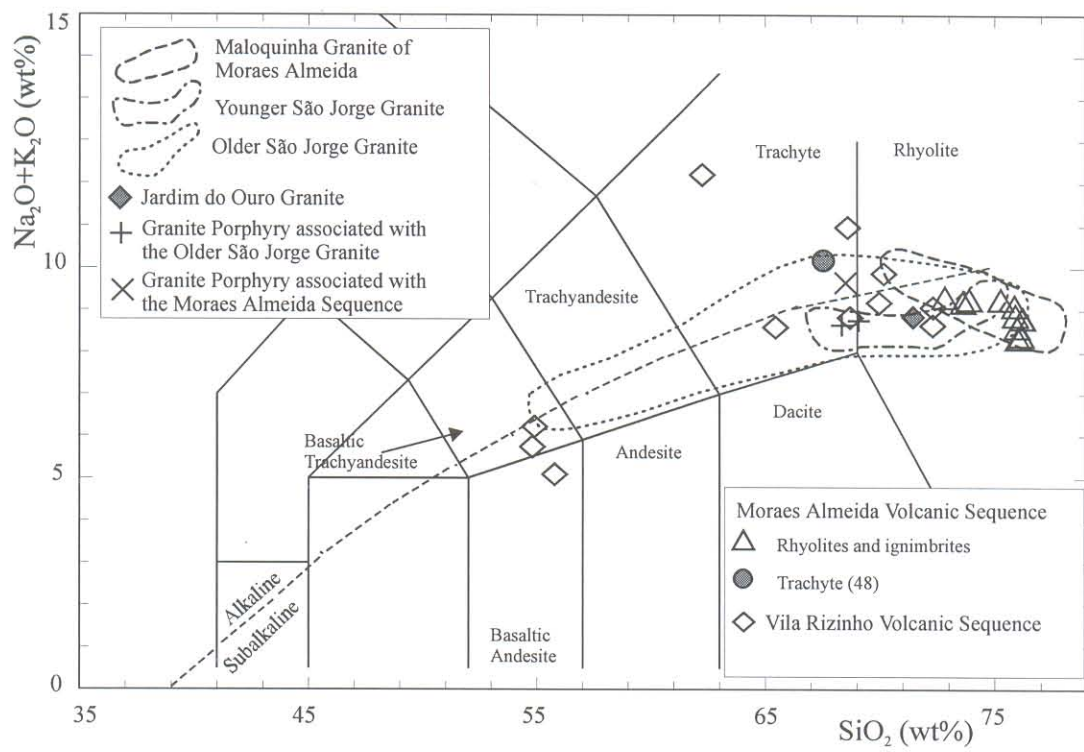


Figure 6

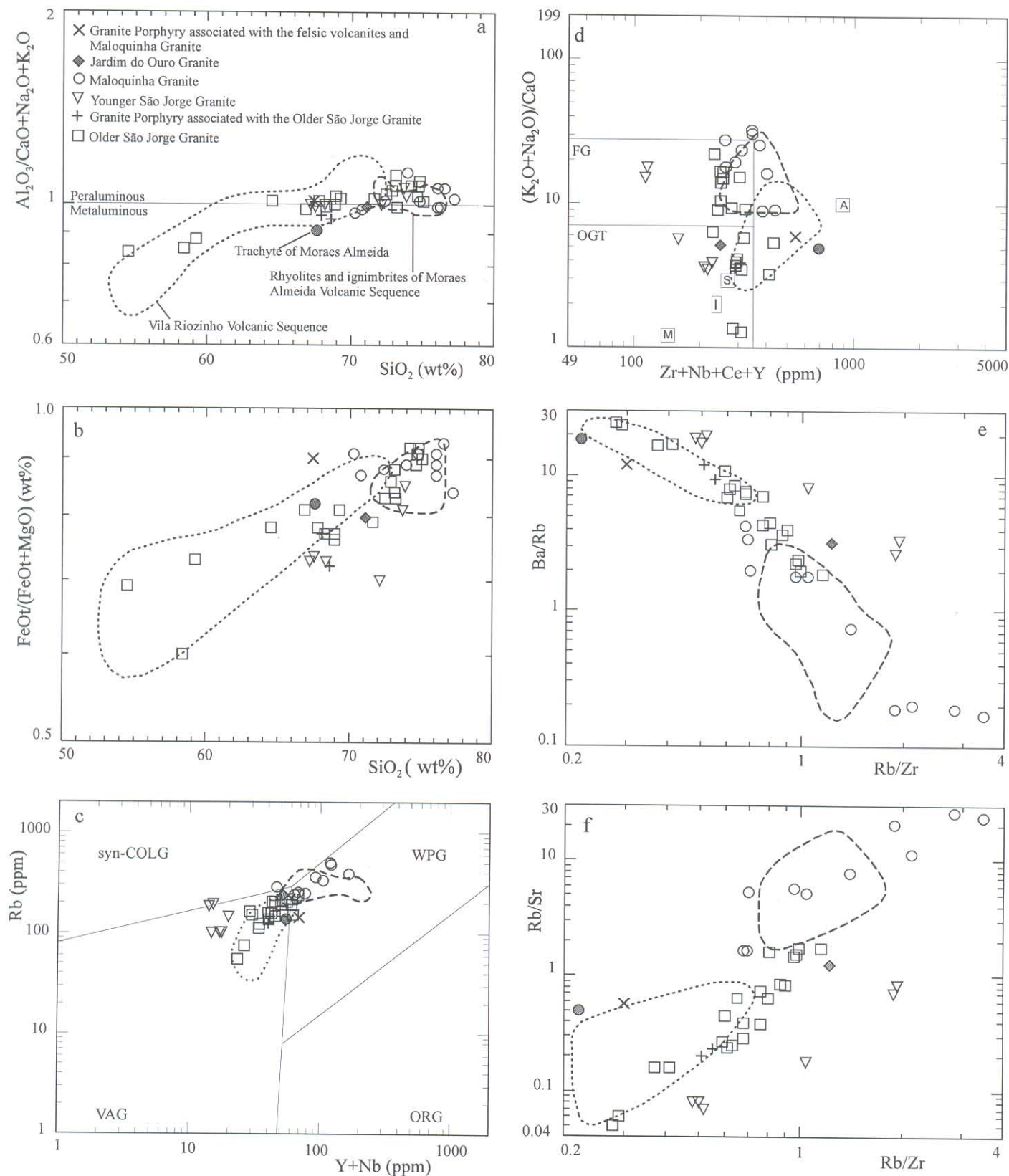


Figure 7

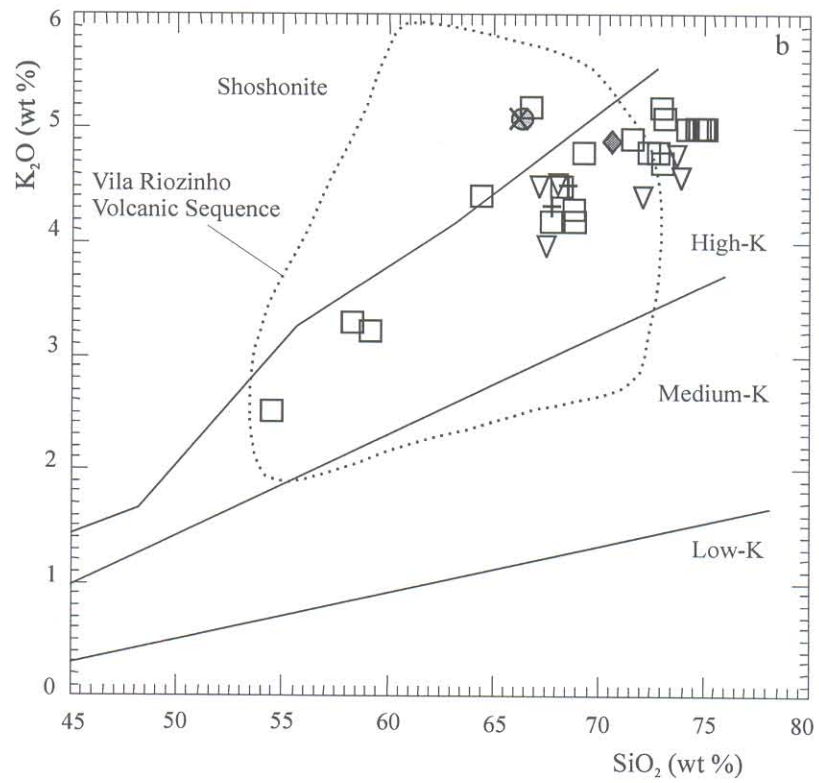
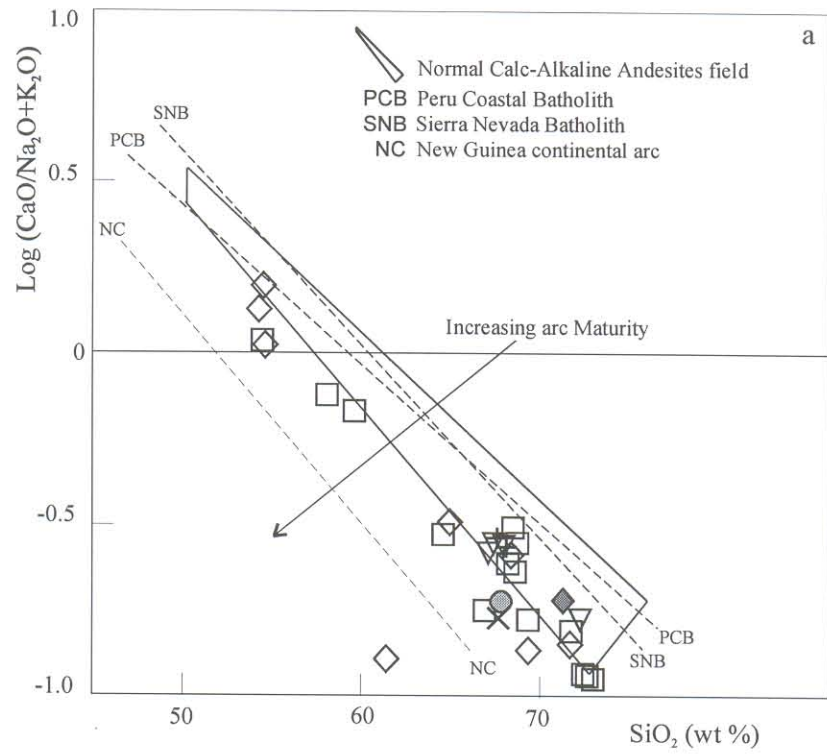


Figure 8

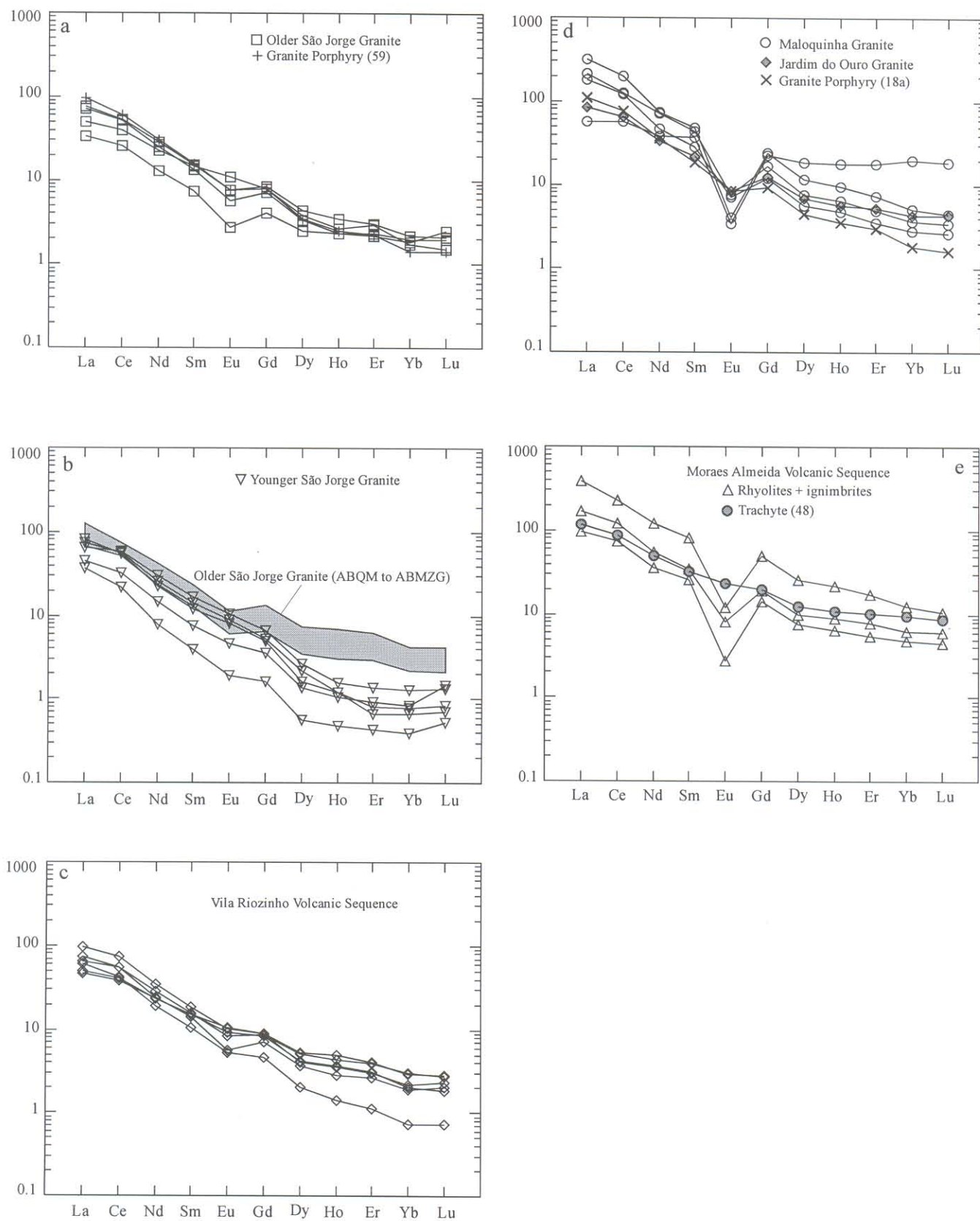


Figure 9

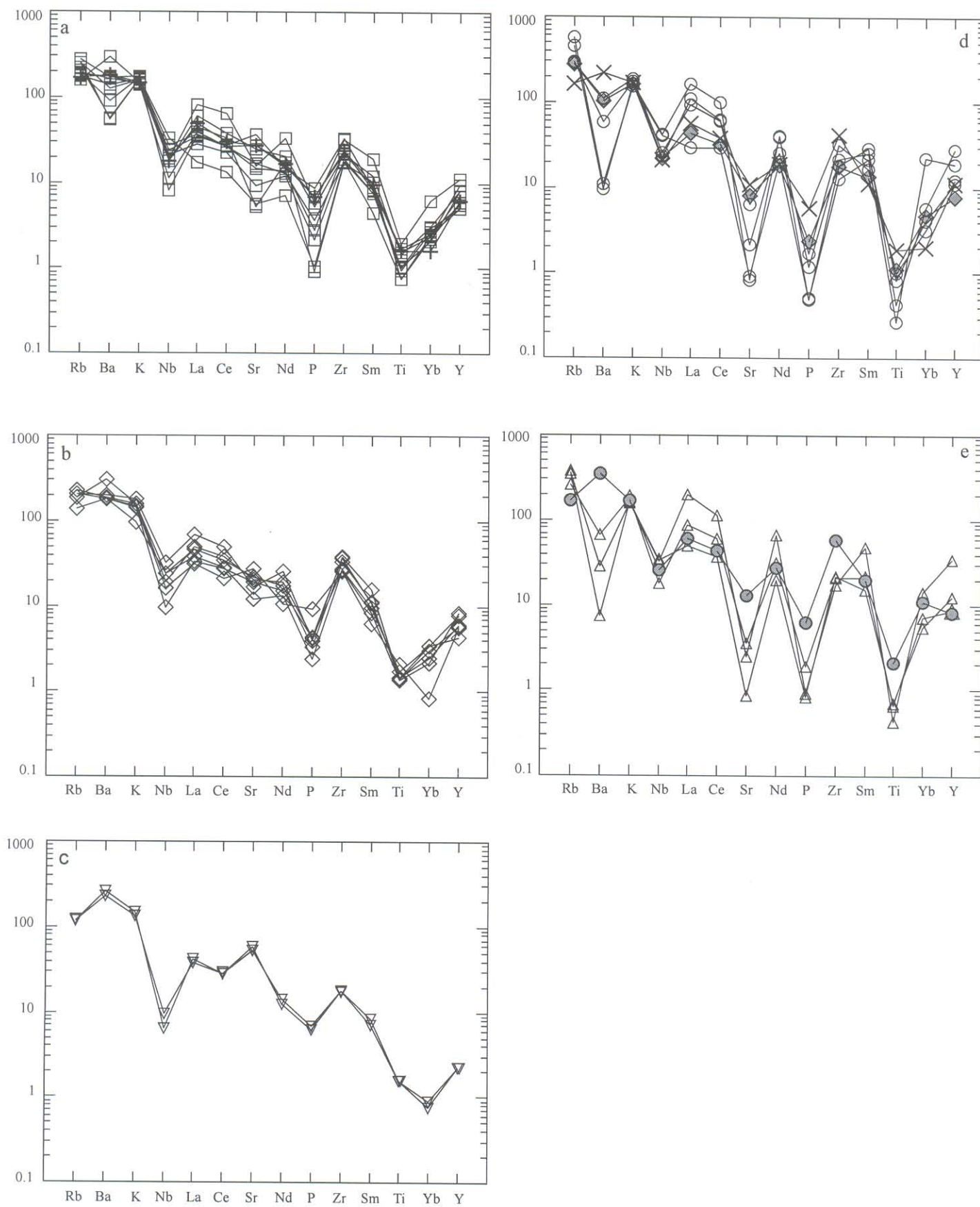


Figure 10

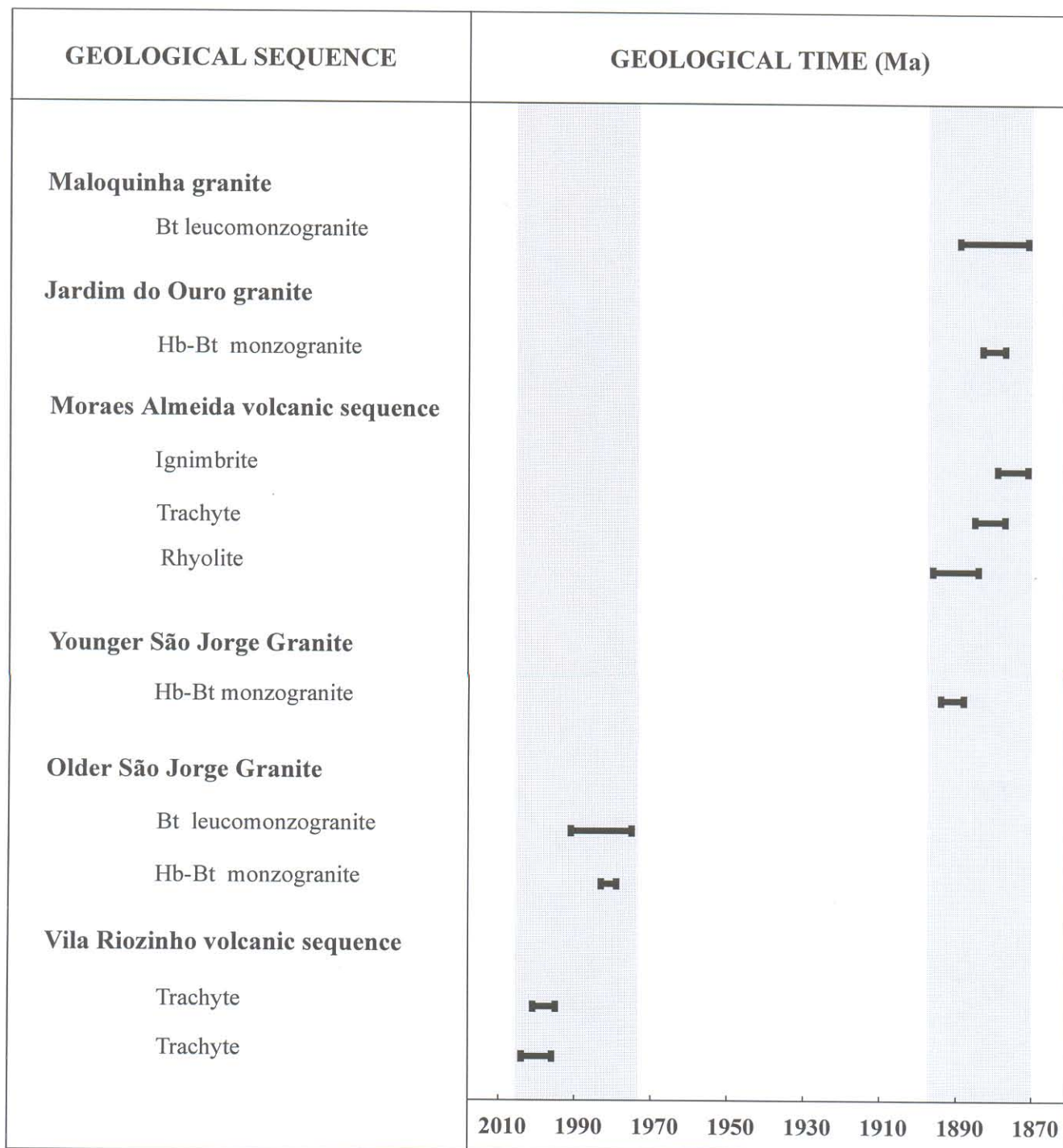


Figure 11

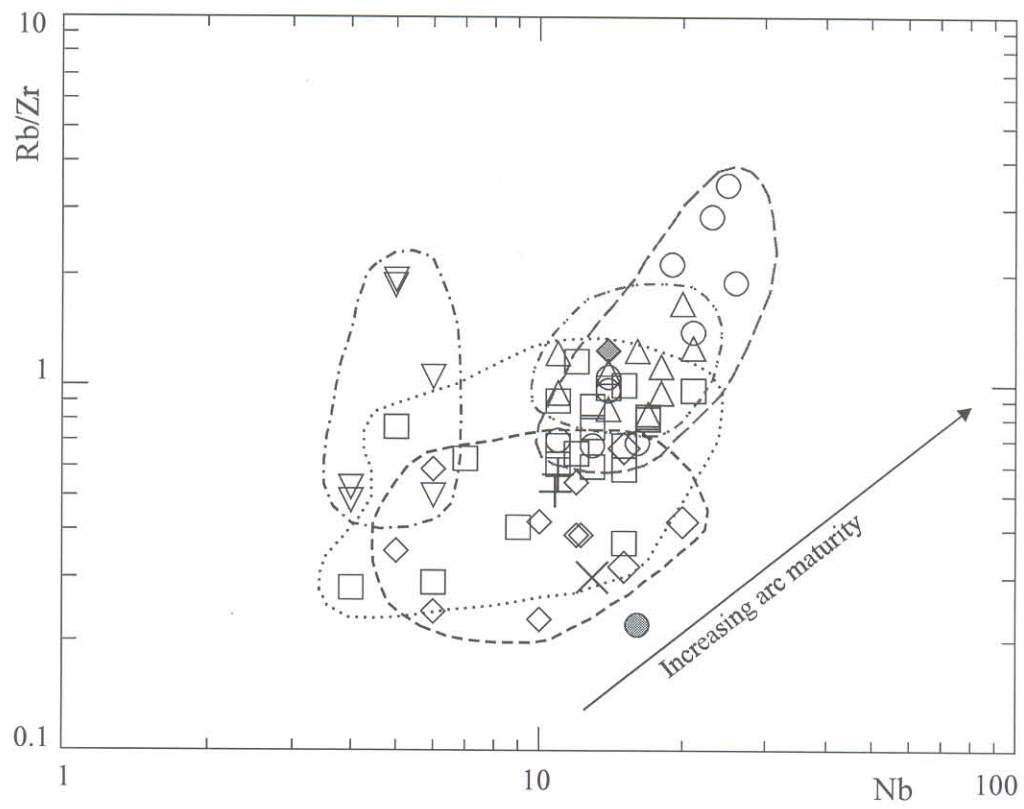


Figure 12

4.3 – DADOS GEOQUÍMICOS COMPLEMENTARES

São apresentados e discutidos a seguir, diagramas geoquímicos complementares de elementos maiores e traço, envolvendo o Granito São Jorge *Antigo*, os granitos pórfiros associados (59 e 67c) e o Granito São Jorge *Jovem*. O comportamento do Granito São Jorge *Antigo* nesses diagramas sugere que processos de cristalização fracionada foram dominantes na sua evolução e revela algumas diferenças composicionais entre o mesmo e os demais granitos mencionados.

4.3.1 – Elementos Maiores

Conforme mostrado nos diagramas de Harker (Figura 4.1) e nos dados da Tabela Anexo 5.1, o Granito São Jorge *Antigo* exibe um aumento progressivo nos conteúdos de SiO_2 da fácies BAMD a BAQMD para a fácies BLMZG/SG-centro. Os teores de TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO e P_2O_5 decrescem com o aumento da sílica e são mais elevados na fácies BAMD+BAQMD, refletindo a sua mineralogia mais máfica. O Al_2O_3 é também mais elevado nas rochas monzodioríticas, com exceção da amostra 102 que possui teores inferiores aos das amostras 103 e 27a (fácies ABMZG+ABQM). Com relação aos álcalis, as rochas monzodioríticas são mais pobres em K_2O , proporcionando razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ mais baixas (0,63 a 0,97; Tabela Anexo 5.2). Nas demais fácies constata-se, com raras exceções, um gradual aumento do K_2O paralelo à SiO_2 (Figura 4.1), com o Na_2O mantendo-se praticamente constante, traduzindo-se em razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ crescentes, em geral, no sentido BAMD+BAQMD – ABMZG+ABQM – ABQS – BLMZ/SG. Os valores de mg # diminuem acentuadamente neste mesmo sentido, alcançando os menores valores na fácies BLMZ/SG-centro (Tabela Anexo 5.2).

Os granitos pórfiros apresentam conteúdos de elementos maiores e menores muito próximos ou coincidentes com o dos ABMZG a ABQM do Granito São Jorge *Antigo*, com exceção, no caso da amostra 67c, dos teores de TiO_2 e P_2O_5 que são bem mais elevados (Figura 4.1). As razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ também se superpõem, porém os valores de mg# tendem a ser um pouco mais elevados no granito pórfiro (Tabela Anexo 5.2).

O Granito São Jorge *Jovem* exibe menor variação nos teores de SiO_2 , mas seu comportamento assemelha-se, em linhas gerais, ao do Granito São Jorge *Antigo* (Figura 4.1). Seus conteúdos de Na_2O e K_2O são próximos aos encontrados nas fácies de teores equivalentes

de SiO_2 deste último. Entretanto, as razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ da fácies BLMZG do Granito São Jorge *Jovem* são inferiores às das fácies BLMZ/SG do Granito São Jorge *Antigo*.

Uma diferença importante reside nos conteúdos mais elevados de $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{t}$ e MgO e sempre inferiores de MnO apresentados pela fácies ABMZG do Granito São Jorge *Jovem*, quando comparado aos ABMZG do Granito São Jorge *Antigo* (Figura 4.1; Tabela Anexo 5.1 e 5.3). Isto se reflete nos valores mais elevados de $\text{mg\#}$ dos primeiros.

As correlações negativas observadas entre Al_2O_3 , TiO_2 , $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{t}$, MnO , MgO , CaO e P_2O_5 e SiO_2 e a correlação positiva entre K_2O e SiO_2 , sugerem a provável atuação de processos de cristalização fracionada durante a evolução do Granito São Jorge *Antigo*. Porém, outros processos, tais como mistura de magmas, também poderiam resultar em comportamento deste tipo (Hibbard 1995; Mariano & Sobreira 1999).

A Figura 4.1 evidencia de maneira mais clara as semelhanças e diferenças existentes entre esses granitos em termos de elementos maiores e menores

4.3.2 – Elementos Traço

Rb, Ba e Sr são elementos litófilos importantes que se caracterizam por apresentar variações expressivas de seus coeficientes de partição em anfibólio, biotita, plagioclásio e álcali-feldspato, principais fases minerais presentes nas rochas granitóides estudadas. O comportamento desses elementos em diagramas de variação é, portanto, útil para uma estimativa do(s) processo(s) envolvido(s) na evolução desses corpos (conforme Hanson 1978; 1989).

O Rb é o único elemento que se enriquece continuamente durante a evolução do Granito São Jorge *Antigo*, comportando-se, portanto, nitidamente como um elemento incompatível (Figura 4.2A; Tabela Anexo 5.1). Nas rochas monzodioríticas, seus teores são inferiores ou próximos de 100 ppm. Nos ABMZG a ABQM varia de 135 a 163 ppm. Os ABQS e os BLMZG/SG apresentam teores variando num mesmo intervalo (158 a 234 ppm, com exceção de uma única amostra), e bem mais elevados do que nas fácies anteriores. No diagrama $\text{Rb} \times \text{SiO}_2$ (Figura 4.2A), a correlação positiva é evidente, apesar da pequena dispersão observada nas rochas mais evoluídas.

Os granitos pórfiros (amostras 59 e 67c; Tabela Anexo 5.1) apresentam conteúdos de Rb (145 e 126 ppm, respectivamente) similares àqueles da fácies ABMZG+ABQM (Figura 4.2A; Tabela Anexo 5.1).

O Ba tem comportamento incompatível (Figura 4.2B) das rochas monzodioríticas para as quartzo-monzoníticas (amostra 103), que são as que apresentam os maiores conteúdos modais de anfibólio e plagioclásio (Tabela 3.1). Torna-se claramente compatível dos ABMZG+ABQM para os leucomonzo/sienogranitos, resultando uma queda acentuada dos seus teores no sentido das rochas mais evoluídas. Esta mudança clara no sentido da evolução das fácies, é compatível com um processo de cristalização fracionada, comandado por diferentes fases, conforme cresce o teor de SiO₂ do líquido. Os granitos pórfiros possuem concentrações elevadas de Ba (1514 e 1364 ppm; Tabela Anexo 5.1) similares às dos ABMZG (Figura 4.2B).

O Sr apresenta também dois *trends* distintos de evolução (Figura 4.2C). Tende a apresentar pouca variação dos BAMD para os BAQMD, decrescendo de modo acentuado destes para os ABMZG, ABQS e BLMZG/SG, sugerindo maior influência dos feldspatos no fracionamento.

O Granito São Jorge *Jovem* apresenta comportamento geoquímico semelhante àquele das rochas do Granito São Jorge *Antigo* de teores de SiO₂ equivalentes. O Rb enriquece com o aumento da sílica, enquanto Ba e Sr diminuem sistematicamente (Figuras 4.2A, B e C). Entretanto, apresenta conteúdos de Ba e Sr mais elevados e de Rb mais baixo do que as rochas do Granito São Jorge *Antigo* com teores de SiO₂ similares (Tabela Anexo 5.3).

A razão Rb/Sr é um bom indicador de cristalização fracionada em magmas félsicos (Blevin & Chappell 1995). Quando plotada contra SiO₂ (Figura 4.2D), mostra um *trend* de evolução não-linear, bastante evidente no caso do Granito São Jorge *Antigo*, sugestivo de mudanças controladas por cristalização fracionada, envolvendo fracionamento dominado por diferentes fases minerais (ver Dall'Agnol et al. 1999c). Observa-se um pequeno aumento desta razão das rochas monzodioríticas para a fácies ABMZG+ABQM, seguindo-se um crescimento acentuado das últimas para as rochas leucomonzo/sienograníticas do sul do corpo, passando pelas rochas quartzo-sieníticas. Esta tendência prossegue no sentido dos BLMZG/SG do centro do corpo, os quais apresentam os valores mais elevados da razão Rb/Sr (Tabela Anexo 5.2), e se distinguem neste aspecto dos BLMZG/SG do sul do corpo. O caráter geoquímico mais evoluído

dos BLMZG/SG do centro do corpo também é sugerido por seus conteúdos muito baixos de Ba e Sr (Figuras 4.2B e C; Tabela Anexo 5.1).

No Granito São Jorge *Jovem*, a razão Rb/Sr cresce da fácies ABMZG para a fácies BLMZG (Figura 4.2D; Tabela Anexo 5.3), sendo, na primeira, nitidamente inferior a dos ABMZG do Granito São Jorge *antigo*, e na segunda, equivalente a da fácies BLMZG/SG-sul.

O Zr no Granito São Jorge *Antigo* é mais elevado nas amostras 103 (ABQM) e 32 (ABQS) com teores, respectivamente, de 368 e 358 ppm, bem acima da média considerada para as rochas graníticas (180 ppm segundo Taylor 1964 apud Hall 1987). Nas demais rochas situa-se entre 188 e 274 ppm (Tabela Anexo 5.1). No diagrama Zr x SiO₂ (Figura 4.2E) o Zr apresenta, tal como o Ba, Ba. Mostra um comportamento incompatível, com *trend* de correlação positivo com a SiO₂, das rochas monzodioríticas para a fácies ABQM (amostra 103) e ABQS (amostra 32) e outro de correlação negativa, embora com muitas superposições de teores, dos últimos para os ABMZG e BLMZG/SG. Tal como no caso de Ba e Sr, os teores mais baixos de Zr são apresentados pelos BLMZG/SG do centro do corpo (Figura 4.2E). A diminuição acentuada de Zr revela comportamento compatível e está ligada, muito provavelmente, ao fracionamento de zircão, principal mineral concentrador de Zr.

O V nas rochas monzodioríticas varia de 103 a 165 ppm, enquanto nos ABQM a ABMZG apresenta teores dominantes entre 40 e 48 ppm. As rochas quartzo-sieníticas possuem 26 a 44 ppm, enquanto os leucomonzo/sienogranitos apresentam teores abaixo de 20 ppm e, geralmente, abaixo do limite de detecção analítico (10 ppm). No diagrama V x SiO₂ (Figura 4.2F), o V mostra correlação negativa bem definida com a SiO₂, apesar de superposições entre as fácies mais ricas em SiO₂.

Nos granitos pórfiros, os conteúdos de Zr e V são similares aos dos ABMZG (Tabela Anexo 5.1; Figuras 4.2E e F). No Granito São Jorge *Jovem*, Zr e V revelam comportamento compatível e análogo ao observado nas fácies ABMZG e BLMZG/SG do Granito São Jorge *Antigo* (Figuras 4.2E e F). Constata-se, no entanto, que o primeiro possui teores comparativamente mais baixos de Zr.

Os conteúdos de Sc, Th, U, Ta, Cs e Hf nos granitos estudados são muito baixos, situando-se quase sempre abaixo dos limites de detecção analíticos (Tabela Anexo 5.1 e 5.3).

No Granito São Jorge *Antigo* e nos granitos pórfiros associados os conteúdos de Nb são baixos e os de Y e Ga moderados a altos (Tabela Anexo 5.1). Já no Granito São Jorge *Jovem*, os teores de Nb e Y são ambos muito baixos e os de Ga moderados a altos (Tabela Anexo 5.3).

Nos diagramas Sr x Ba e Rb x Sr (Figuras 4.3A e B), são plotados vetores (compilados de Dall'Agnol et al. 1999c) que indicam as modificações na composição do líquido residual em função do fracionamento das fases minerais indicadas (anfíbólio, biotita, plagioclásio e álcali-feldspato). Tais diagramas permitem uma melhor avaliação da influência das fases minerais mencionadas na diferenciação magmática responsável pela evolução do Granito São Jorge *Antigo*. O aumento acentuado dos teores de Ba e Rb, acompanhado pelo decréscimo moderado de Sr, observados dos BAMD+BAQMD para os ABQM pode ser explicado pelo fracionamento simultâneo de anfíbólio e plagioclásio (*trend* 1 das Figuras 4.3A e B). O *trend* 2, individualizado no diagrama Rb-Sr (Figura 4.3B), indica fracionamento dominado por plagioclásio, com influência subordinada de anfíbólio e, possivelmente, álcali-feldspato. Finalmente, tem-se o *trend* 3, onde a influência do fracionamento de feldspato alcalino, ao lado de plagioclásio e, provavelmente em menor medida, biotita, passa a ser determinante na evolução do líquido residual. No diagrama Sr-Ba, os estágios 2 e 3 se confundem, pois apresentam *trends* coincidentes.

O Granito São Jorge *Jovem* mostra um comportamento análogo ao do São Jorge *antigo* em ambos diagramas, porém registra apenas os estágios 2 e 3 da evolução descrita anteriormente. Entretanto, como o número de amostras analisadas é muito pequeno, torna-se difícil ser conclusivo a respeito de sua evolução.

O comportamento geoquímico, em particular os *trends* não-lineares mostrados pelos elementos Rb, Ba e Sr nos diferentes diagramas apresentados, sugerem que mecanismos de cristalização fracionada foram dominantes na evolução do Granito São Jorge *Antigo* (conforme Hanson 1978, 1989; Chappell et al. 1987; Chappell 1996; Dall'Agnol et al. 1999c).

O Granito São Jorge *Jovem* parece ter evoluído de maneira semelhante, embora o menor número de amostras analisadas não permita conclusões definitivas. Entretanto, seus conteúdos mais elevados de Sr e, em menor grau, Ba, assim como os seus baixos conteúdos de Rb, proporcionam razões Sr/Ba e Ba/Rb comparativamente mais altas e Rb/Sr mais baixas do que aquelas do Granito São Jorge *Antigo* (Tabela Anexo 5.1 a 5.4). Tais aspectos constituem-se, juntamente com os teores mais baixos de Y e Nb, em feições geoquímicas distintivas entre esses

dois granitos. Nos diagramas $\text{Sr} \times \text{SiO}_2$, $\text{Rb/Sr} \times \text{SiO}_2$, $\text{Sr} \times \text{Ba}$ e $\text{Zr} \times \text{SiO}_2$ (Figuras 4.2C, D, E e 4.3A), as amostras do Granito São Jorge *Jovem* mostram *trends* de evolução paralelos aos das rochas do Granito São Jorge *Antigo*, evidenciando tratar-se de granitos geoquimicamente distintos, embora petrograficamente semelhantes.

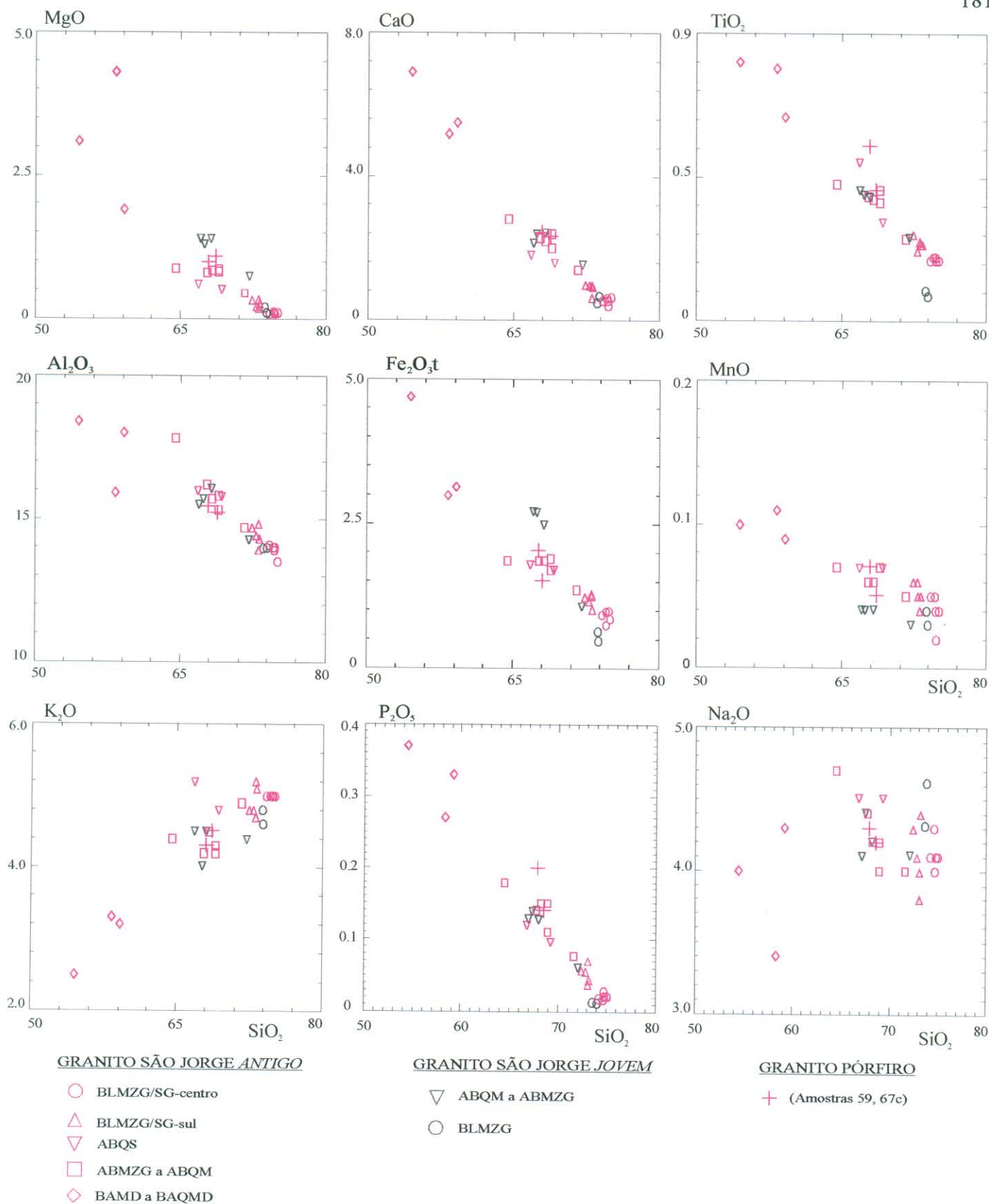


Figura 4.1 - Diagramas de Harker, mostrando o comportamento dos granitos São Jorge *Antigo*, *Jovem* e pórfiros, Província Aurífera do Tapajós.

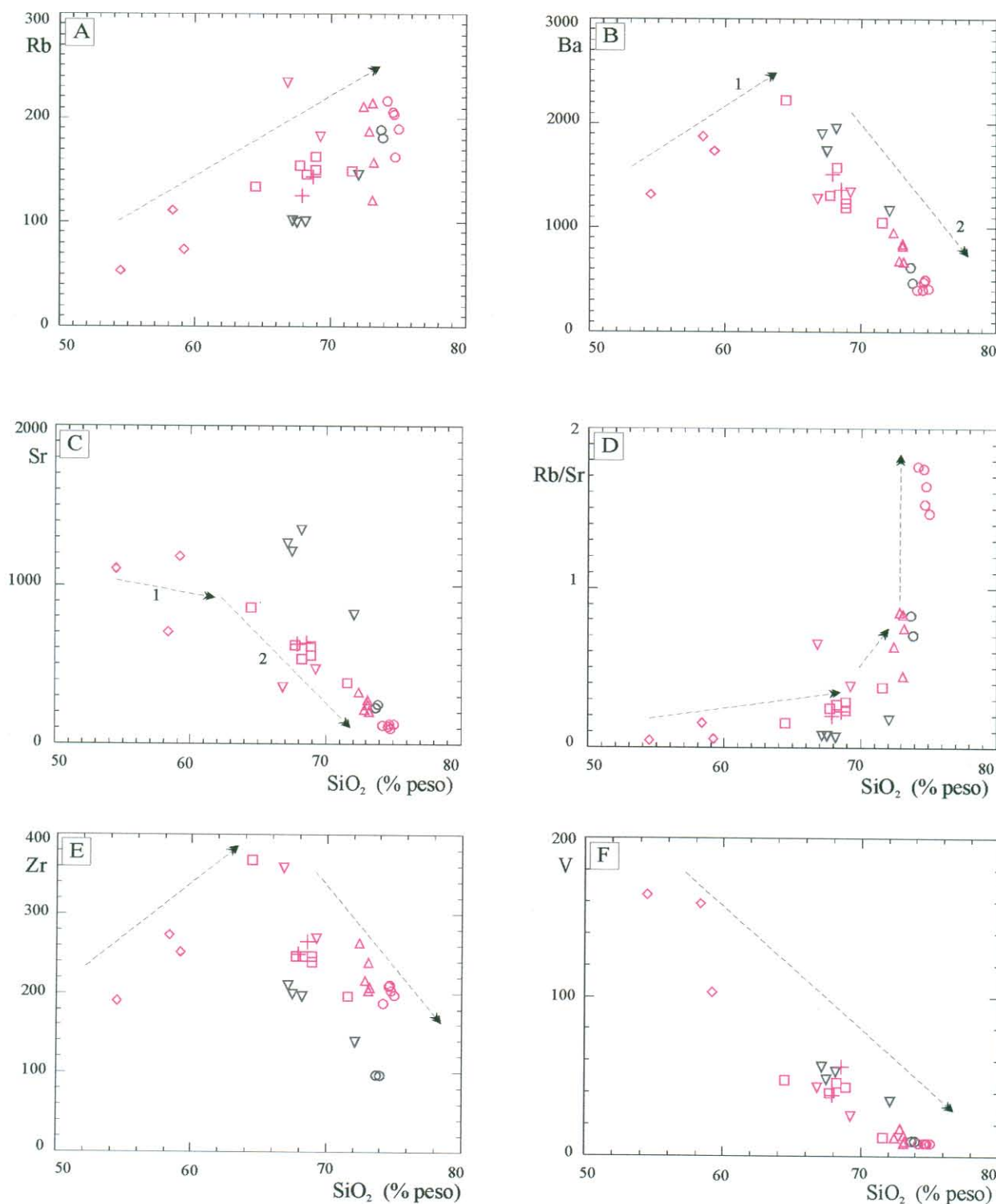


Figura 4.2 - Diagramas de Harker de elementos traço (ppm) dos granitos São Jorge *Antigo*, *Jovem* e pórfiros, Província Aurífera do Tapajós. Legenda de acordo com a Figura 5.1. Setas tracejadas = possíveis *trends* de fracionamento.

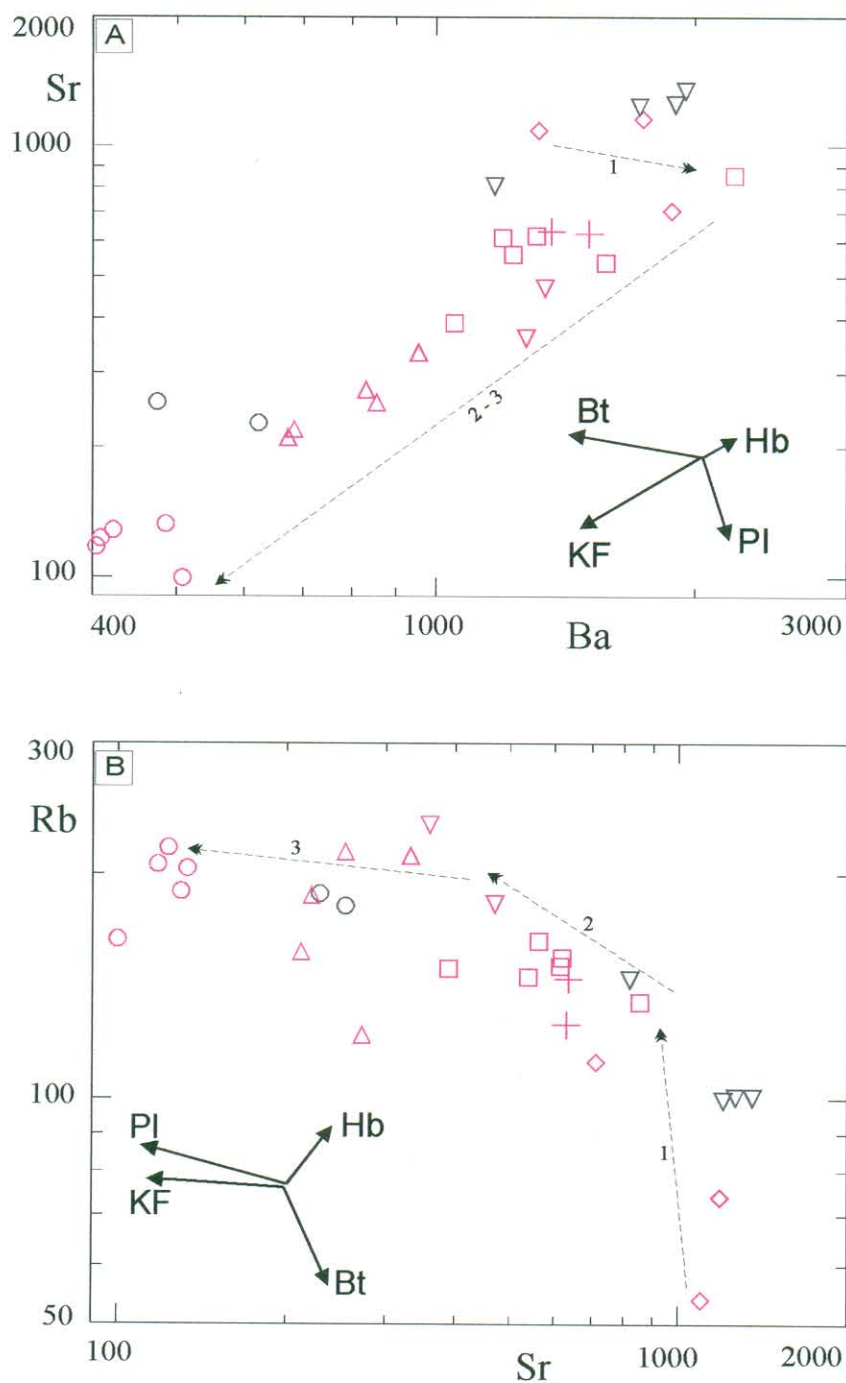


Figura 4.3 - Diagramas de variação de elementos traço (ppm) dos granitos São Jorge *Antigo*, *Jovem* e pórfiros, Província Aurífera do Tapajós. Legenda de acordo com a Figura 5.1. Vetores = tendências de evolução relacionadas com o fracionamento das fases minerais indicadas (compilado de Dall'Agnol et al. 1999b). Pl-Plagioclásio; Bt-Biotita; Hb-Hornblenda; KF-Álcali-feldspato.

CAPÍTULO 5

5 – ESTIMATIVA DAS CONDIÇÕES DE FUGACIDADE DE OXIGÊNIO (fO_2), PRESSÃO (P) E INTERVALO DE TEMPERATURA (T) DE FORMAÇÃO DOS GRANITÓIDES ESTUDADOS

5.1 – ESTIMATIVA DA fO_2 COM BASE NA COMPOSIÇÃO DE ANFIBÓLIOS

Os anfibólios ocorrem como minerais essenciais numa grande variedade de rochas ígneas e metamórficas, sendo especialmente abundantes em rochas plutônicas cálcico-alcalinas. A capacidade desse mineral em acomodar na sua estrutura um grande número de cátions com cargas e raios iônicos diferentes, contribui para o seu amplo intervalo de estabilidade (Blundy & Holland 1990).

Todos os anfibólios analisados possuem $(Ca+Na)_B > 1,0$ e $Na_B < 0,50$, o que permite enquadrá-los no grupo dos anfibólios cálcicos (Leake et al. 1997).

Altas razões $Mg/(Mg+Fe)$, tanto em rocha total, quanto em minerais ferromagnesianos, são indicativas de cristalização a fO_2 elevadas (Frost 1991; Anderson & Smith 1995), geralmente compatíveis com as condições de formação de granitos da série magnetita (Ishihara 1981). As razões $Mg/(Mg+Fe)$ encontradas nos anfibólios dos granitos São Jorge *Antigo* e *Jovem* e no granito pórfiro (amostra 59) associado ao primeiro, sugerem que esses granitóides formaram-se sob condições de fO_2 relativamente oxidantes. Essa hipótese é reforçada pelos dados petrográficos que mostram a ocorrência expressiva nessas rochas de titanita e magnetita magmáticas (Figueiredo 1999), considerados minerais indicadores de ambientes oxidantes (Wones 1989). Outras evidências neste sentido são o fato dessas rochas apresentarem sistematicamente valores relativamente elevados de suscetibilidade magnética ($>1 \times 10^{-3}$ SIv; Figueiredo 1999), bem como as composições de suas biotitas (Tabela Anexo 2). Tal fato é melhor demonstrado no diagrama que relaciona a razão $Fe/(Fe+Mg) \times IVAl$ de anfibólios com campos de fO_2 (Figura 5.1; baseado em Anderson & Smith 1995).

O Granito Jardim do Ouro e o granito pórfiro 18a, associado aos ignimbritos da Formação Moraes Almeida e ao Granito Maloquinha, possuem anfibólios com razões $Mg/(Mg+Fe)$ muito inferiores às encontradas nos anfibólios dos granitos mencionados anteriormente (Figura 3.21A, B) e teriam cristalizado, de acordo com o sugerido por Anderson & Smith (1995), num ambiente menos oxidante, em condições de fO_2 intermediárias (Figura 5.1A). Figueiredo (1999) chegou a

conclusões análogas, a partir do estudo dos minerais óxidos de Fe e Ti e medidas de suscetibilidade magnética no caso do Granito Jardim do Ouro. Este mesmo autor estima, com base nos parâmetros mencionados, que os granitos São Jorge *Antigo* e *Jovem* cristalizaram em condições oxidantes próximas daquelas dos tampões NNO e HITMQ (Wones 1989).

5.2 – GEOBAROMETRIA COM BASE NO CONTEÚDO DE Al_t EM ANFIBÓLIOS

5.2.1 – Revisão da Literatura

Considerando-se que o anfibólio é um mineral comum em rochas granitóides cálcico-alcalinas e de considerável estabilidade em ambientes magmáticos e metamórficos, vários trabalhos teóricos e experimentais foram elaborados com o objetivo de mostrar o seu potencial como indicador das condições de cristalização dessas rochas.

Hammarstron & Zen (1986) estudaram anfibólios de vários plutons cálcico-alcalinos do oeste da América do Norte situados a diferentes níveis crustais e estabeleceram uma correlação empírica entre o conteúdo de Al desses anfibólios e a pressão de cristalização das rochas granitóides. Essa correlação é dada pela fórmula: $P (\pm 3\text{kbar}) = - 3,92 + 5,03 Al_t$, onde P = pressão em kbar e $Al_t = n^\circ$ de cátions Al por fórmula unitária ($^{IV}Al + ^{VI}Al$), baseada em 23 átomos de oxigênio. A condição exigida, segundo os autores, para a utilização desse geobarômetro é a presença da paragênese mineral formada por plagioclásio + hornblenda + biotita + álcali-feldspato + quartzo + titanita + magnetita ou ilmenita±epidoto. As análises químicas devem se limitar apenas às bordas dos cristais de anfibólio, uma vez que somente essas zonas estariam em equilíbrio com todas as fases mencionadas anteriormente mais o líquido magmático. Em função disto e do equilíbrio admitido entre as oito fases, a pressão indicada pelo geobarômetro corresponde em tese àquela reinante próximo do final de cristalização do granitóide em questão. Em outras palavras, a pressão obtida deve fornecer uma aproximação da pressão reinante nos estágios finais de colocação deste mesmo granitóide.

Hollister et al. (1987), utilizando composições adicionais de hornblendas e calibrações mais refinadas, confirmaram as interpretações de Hammarstron & Zen (1986) e estabeleceram uma nova calibração empírica entre o Al na hornblenda e a pressão, dada pela expressão: $P (\pm 1\text{kbar}) = - 4,76 + 5,64 Al_t$.

Rutter et al. (1989) realizaram experimentos a pressão de 10 kbar com anfibólios de tonalitos do batólito de Sierra Nevada. Este estudo forneceu um suporte adicional para os

geobarômetros empíricos e confirmou que os mesmos são aplicáveis somente a rochas com a associação mineral citada acima. Os autores admitiram ainda, que a composição dos anfibólios em rochas ígneas varia com a composição química global, pressão, temperatura e fO_2 , e que seriam necessárias calibrações experimentais adicionais para definir os efeitos destes e de outros parâmetros que podem afetar a composição dos anfibólios.

Johnson & Rutherford (1989), através do estudo de rochas plutônicas e vulcânicas, calibraram experimentalmente um novo geobarômetro com base no conteúdo de Al em hornblendas. A equação obtida foi: $P (\pm 0,5 \text{ kbar}) = - 3,46 + 4,23 Al_t$. Esse novo geobarômetro é baseado na mesma paragénese mineral dos barômetros empíricos acrescida de uma fase fluída mista de $H_2O + CO_2$ e calibrada a temperaturas entre 740 – 780 °C e pressões de 2 – 8 kbar. A fórmula estrutural dos anfibólios foi calculada na base de 23 átomos de oxigênios e a somatória dos cátions = 15.

Thomas & Ernest (1990) realizaram calibrações experimentais a altas pressões (6 – 12 kbar) e a temperatura constante (750 °C) do barômetro do Al na hornblenda. O resultado obtido, $P (\pm 1,0 \text{ kbar}) = - 6,23 + 5,34 Al_t$, é próximo da calibração de Johnson & Rutherford (1989), com boa superposição a altas pressões (6 a 8 kbar), porém difere inteiramente das demais calibrações experimentais (Figura 5.2).

Blundy & Holland (1990) criticaram os geobarômetros anteriores e demonstraram experimentalmente que o conteúdo de Al na hornblenda, ao contrário do que admitiam os pesquisadores precedentes, é fortemente dependente da temperatura. Considerando os dados experimentais e naturais do maciço de Adamello, Alpes Italianos, revisaram o geobarômetro e propuseram a seguinte fórmula para cálculo da pressão: $P (\text{kbar}) = - 3,53 + 5,03 Al_t$ (a 700 °C).

Vyhnal et al. (1991) estudaram as hornblendas do pluton Piedmont, Appalaches, e concluíram que as variações composicionais encontradas são dependentes de substituições sensíveis tanto à temperatura quanto à pressão.

Schmidt (1992), utilizando a mesma paragénese mineral de Johnson & Rutherford (1989), porém a temperaturas de 700–655 °C e pressões de 2,5–13 kbar, determinou experimentalmente uma nova calibração para o geobarômetro do Al na hornblenda, dada pela equação: $P (\pm 0,6 \text{ kbar}) = - 3,01 + 4,76 Al_t$. A composição dos anfibólios neste caso foi normalizada considerando-se a razão $Fe/(Fe+Mg) = 0,30$ e 23 átomos de oxigênios, com a somatória dos cátions $Ca+Na+K=13$. Essa nova calibração experimental se aproxima bastante das calibrações empíricas

(ver figura 5.2) e confirma a relação linear existente entre o conteúdo de Al na hornblenda e a pressão.

Anderson & Smith (1995) consideram que os geobarômetros são sensíveis a variações tanto da temperatura quanto da fO_2 e que esses dois parâmetros necessitam ser avaliados antes da utilização dos geobarômetros, sob pena de obtenção de resultados duvidosos. Em plutons cristalizados a altas temperaturas, as hornblendas teriam, de acordo com esses autores, Al_t elevado apenas em decorrência da temperatura. Por outro lado, granitos com baixa fO_2 e contendo hornblendas ricas em Fe, forneceriam pressões demasiadamente elevadas. Utilizando os dados experimentais de Schmidt (1992) e Johnson & Rutherford (1989) e incorporando os efeitos da temperatura, Anderson & Smith (1995) propuseram para o cálculo da pressão a seguinte expressão:

$$P (\pm 0,6 \text{ kbar}) = 4,76 \text{ Al} - 3,01 - \{ [T^\circ\text{C} - 675] / 85 \} \times \{ 0,530 \text{ Al} + 0,005294 [T^\circ\text{C} - 675] \}$$

As seguintes recomendações são ainda feitas pelos autores:

- 1- A utilização desse geobarômetro não é recomendada para plutons com temperaturas acima de 800 °C, uma vez que tais temperaturas estão fora dos intervalos utilizados na calibração experimental;
- 2- A razão $\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+})$ das hornblendas deve estar em torno de 0,25 (ou 0,20 conforme Schmidt 1992, para hornblendas menos ricas em Fe);
- 3- A razão $\text{Fe}_t/(\text{Fe}_t + \text{Mg})$ das hornblendas deve ficar entre 0,40 e 0,65

Anderson (1996) comenta que todos os geobarômetros são fundamentalmente dependentes da temperatura e afetados, com frequência, por outros parâmetros como a fO_2 . Chama atenção também para a falta de estudos experimentais envolvendo as composições de outras fases minerais.

5.2.2 - Estimativas de Pressões dos Granitóides Estudados

Os trabalhos empíricos de Hammarstron e Zen (1986) e Hollister et al. (1987) e os trabalhos experimentais de Johnson & Rutherford (1989) e Schmidt (1992) sugerem que as modificações no conteúdo de Al nas hornblendas são decorrentes do aumento da pressão e governadas por substituições tschermakíticas ($^{\text{IV}}\text{Si} + ^{\text{VI}}\text{Mg} = ^{\text{IV}}\text{Al} + ^{\text{VI}}\text{Al}$).

Blundy & Holland (1990) mostraram, entretanto, que as variações no conteúdo de Al em hornblendas são dependentes também da temperatura, embora as modificações desta causem

fracas alterações na pressão (figura 6b daquele trabalho). As variações composicionais são controladas neste caso por substituições edeníticas ($\leq_{A-1} + {}^{\text{IV}}\text{Si} = \text{Na}_A + {}^{\text{IV}}\text{Al}$, onde $\leq$ = vacância). Anderson & Smith (1995) e Anderson (1996) enfatizam igualmente que o geobarômetro do Al na hornblenda é dependente da temperatura e da $f\text{O}_2$.

As análises de microsonda realizadas nos anfibólios dos granitos São Jorge *Antigo*, São Jorge *Jovem*, Jardim do Ouro e Pórfiros (Anexo 1) mostram que as variações composicionais observadas envolveram tanto a substituição edenítica (Figuras 5.1B e C), quanto a tschermakítica (Figura 5.1D). O ${}^{\text{IV}}\text{Al}$ mostra uma correlação positiva com $(\text{Na}+\text{K})_A$, mantendo-se próximo da proporção 2 ${}^{\text{IV}}\text{Al}$ para 1 $(\text{Na}+\text{K})_A$ (Figura 5.1B), ao passo que Si mostra uma correlação negativa com ${}^{\text{IV}}\text{Al}+(\text{Na}+\text{K})_A$, na proporção de 2Si para 3 [${}^{\text{IV}}\text{Al}+(\text{Na}+\text{K})_A$] (Figura 5.1C). O diagrama $(\text{Si}+\text{R}^2) \times ({}^{\text{IV}}\text{Al}+{}^{\text{VI}}\text{Al})$ também indica uma correlação negativa e próxima da razão 1:1 (Figura 5.1D). Os anfibólios do BAQMD se afastam ligeiramente do *trend* geral em todos os diagramas mencionados, mas sem fugir da tendência determinada pelas substituições edenítica e tschermakítica. Tais fatos indicam que os anfibólios estudados registraram os efeitos tanto das variações de temperatura, quanto de pressão (conforme Vyhnal et al. 1991; Anderson & Smith 1995).

A forte correlação linear observada no diagrama ${}^{\text{VI}}\text{Al}+{}^{\text{IV}}\text{Si} \times {}^{\text{VI}}\text{Ti}+{}^{\text{IV}}\text{Al}$ (Figura 5.1E) demonstra que ocorreram substituições entre Al e Ti no sítio octaédrico e evidencia a participação, além dos cátions citados acima, do Ti nas substituições que comandaram a evolução do anfibólio dos granitóides estudados.

A Tabela 5.1 mostra os intervalos de pressões sugeridos para os granitóides estudados com base nas diferentes fórmulas propostas para o geobarômetro em discussão. Verifica-se que os resultados empíricos e o experimental de Blundy & Holland (1990) apresentam valores próximos, embora um pouco mais elevados neste último. Quando se comparam os estudos experimentais de Blundy & Holland (1990) e Schmidt (1992), o primeiro apoiado além da pressão, na temperatura como responsável pelas mudanças no Al das hornblendas e o segundo essencialmente na pressão, os valores obtidos são ainda mais próximos, sugerindo a influência de variações de temperatura e pressão nessas modificações (conforme Figura 5.1). O barômetro de Johnson & Rutherford (1989) forneceu pressões sempre inferiores às indicadas pelos demais, provavelmente em decorrência de sua maior temperatura de calibração, o que proporcionaria um aumento no Al_t para uma mesma pressão (conforme Anderson & Smith 1995).

O Granito São Jorge *Antigo* possui anfibólios com diferentes conteúdos de Al_t (Tabela Anexo 1.1) e, conseqüentemente, pressões de cristalização variáveis. A pressão máxima encontrada situa-se entre 5,0 e 7,0 kbar e foi obtida nos anfibólios de composição Mg-hastingsita e tschermakita das rochas monzodioríticas. Como tais composições foram obtidas tanto no núcleo quanto nas bordas dos cristais de anfibólio e as rochas em questão apresentam a paragênese ideal para a aplicação do geobarômetro (conforme Tabela 3.1), seria razoável admitir uma pressão da ordem de 6 ± 1 kbar para a cristalização desta fácies (Tabela 5.1; Figura 5.2). Entretanto, a presença de Mg-hornblenda nas bordas de muitos cristais de anfibólio desta fácies (Tabela Anexo 1.1; Figura 3.21A), sugere um provável final de colocação e cristalização a pressões $< 4,5$ kbar e, possivelmente, similar àquelas dos ABMZG (Tabela 5.1).

Pressões entre 3,2 e 1,2 kbar foram sugeridas pelos anfibólios das fácies ABMZG e ABQM e menores, entre 1,7 e 1,0 kbar, para aqueles da fácies ABQS.

As composições das bordas dos anfibólios do granito pórfiro (59) se superpõem em termos de Al_t às das Mg-hornblenda da fácies ABMZG a ABQM, sugerindo níveis similares de colocação para os mesmos e reforçando a hipótese de sua provável ligação genética.

Os anfibólios de composição Mg-hornblenda do Granito São Jorge *Jovem* (Figura 3.21C) apresentam baixos teores de Al_t (Tabela 5.1; Figura 5.2), indicando pressões de cristalização para este corpo em torno de 1 a 2 kbar. Entretanto, o fato de muitos anfibólios deste granito apresentarem composições actinolíticas sugere a possibilidade de reequilíbrio *subsolidus* expressivo e o valor obtido deve ser tomado com precaução. Por outro lado, valores de pressão de cerca de 1 kbar também foram encontrados por Ronchi et al. (2000) a partir do estudo de inclusões fluídas na zona mineralizada associada a essas rochas.

O Granito Jardim do Ouro possui anfibólios com conteúdos de Al_t comparativamente elevados (Tabela 5.1; Figura 5.2), em torno de 1,5, sugerindo cristalizações a pressões situadas entre 4,5 e 3 kbar, inferiores às das rochas monzodioríticas, porém mais elevadas do que aquelas encontradas nas demais fácies do Granito São Jorge *Antigo*. Como os anfibólios deste granito são muito mais ricos em Fe do que os demais (Figura 5.1A) e formaram-se em menor fO_2 , pode-se especular sobre o possível efeito disto no conteúdo de Al_t no anfibólio, acarretando aumento aparente da pressão (Anderson & Smith 1995). É possível, portanto, que tal pressão esteja superestimada.

O granito pórfiro (18a), localizado no contato entre os ignimbritos da Formação Moraes Almeida e o Granito Maloquinha, também apresenta anfibólio comparativamente enriquecido em Fe. Porém, as pressões sugeridas para o mesmo (2,7 a 1,0 kbar) não destoam muito das demais granitóides. Isto não implica, porém, que elas não possam estar igualmente exageradas. Sua associação com rochas vulcânicas e subvulcânicas aponta neste sentido (Figura 2.1).

A Figura 5.2, inspirada em Anderson & Smith (1995), mostra as variações de Al_t dos anfibólios estudados e as correspondentes variações de pressão, conforme as diferentes formulações dos geobarômetros, permitindo uma melhor visualização dos intervalos de pressões nos quais essas rochas teriam possivelmente cristalizado.

5.3 – TEMPERATURAS DE CRISTALIZAÇÃO

Watson & Harrison (1983) e Harrison & Watson (1984) definiram modelos experimentais para estimar as temperaturas de saturação de, respectivamente, zircão e apatita. O princípio básico desses modelos é que nenhuma dessas fases minerais pode corresponder a cumulo, restito ou xenocrystal. As temperaturas de cristalização destas fases podem ser utilizadas para estimar condições do *liquidus*, quando estas fases são precoces na sequência de cristalização, ou do *solidus*, quando são tardias (Anderson 1996).

O modelo de saturação do zircão é válido para temperaturas entre 1020 e 750 °C e pressões de 6,0 a 1,2 kbar, sendo a temperatura de saturação dada pela fórmula:

$$\ln D_{Zr} (\text{mineral/líquido}) = 3,80 - \{0,85(M-1)\} + 12900/T; (T \text{ } ^\circ K)$$

$$M = (Na + K + 2Ca) \times \text{soma dos cátions} / (Al_x Si)$$

A expressão que define a temperatura de saturação da apatita, válida para temperaturas entre 1500 e 850 °C e conteúdos de SiO_2 entre 45 e 75%, é:

$$\{[8400 + (SiO_2 - 0,5) 26400/T] - \{3,1 + [12,4(SiO_2 - 0,51)]\}; (T \text{ } ^\circ K); SiO_2 (\% \text{ peso}).$$

Como zircão e apatita são precoces na sequência de cristalização nos granitóides estudados (Figuras 3.8, 3.12, 3.14), as temperaturas obtidas utilizando-se esses geotermômetros podem teoricamente ser interpretadas como indicativas de temperaturas próximas do *liquidus* destes granitóides.

Na Tabela 5.2 são fornecidas as temperaturas estimadas para a saturação em zircão e apatita nos diferentes tipos de rochas estudados. Observa-se, entretanto, que grande parte das temperaturas calculadas para a saturação em apatita está muito abaixo do intervalo experimental

recomendado pelos autores (entre 1500 e 850 °C) e, muitas vezes, também das temperaturas do *solidus* (em torno de 700 °C) admitidas para sistemas graníticos afins (Naney 1983; Johannes & Holtz 1991). Por esta razão não serão consideradas nas estimativas de temperatura do *liquidus*. Por outro lado, as temperaturas obtidas para a saturação em zircão se enquadram nos limites experimentais daquele modelo e são coerentes, em linhas gerais, com o esperado a partir da ordem de cristalização obtida através da petrografia para as diferentes fases minerais dos granitos São Jorge *Antigo*, Jardim do Ouro e Maloquinha. Não foram, porém, consideradas as temperaturas de saturação em zircão indicadas para a fácies BAMD a BAQMD em função das evidências geoquímicas (Figura 4.2E) de que a mesma não atingiu a saturação em Zr. Além disso, temperaturas de saturação em zircão semelhantes às do Granito Maloquinha foram obtidas e confirmadas experimentalmente no Granito Jamon (Dall' Agnol et al. 1999d), um pluton do tipo-A oxidado com afinidade com o Granito Maloquinha. Em razão disso, as temperaturas de saturação em zircão são aqui consideradas como próximas daquelas do *liquidus* para as rochas estudadas.

Seguindo este raciocínio, o Granito São Jorge *Antigo* apresenta temperaturas do *liquidus* variando de 845 a 815 °C ($\text{SiO}_2 < 70\%$; Tabela 5.2) e de 830 a 800 °C ($\text{SiO}_2 > 70\%$; Tabela 5.2). Os granitos pórfiros associados (59 e 67c), apesar de apresentarem $\text{SiO}_2 < 70\%$, forneceram temperaturas entre 815 e 800 °C (Tabela 5.2). O Granito São Jorge *Jovem* forneceu temperaturas comparativamente mais baixas para a saturação em zircão, entre 800 e 770 °C para a fácies ABMZG+ABQM e de cerca de 750 °C para a fácies BLMZG (Tabela 5.2).

Os traquitos e riolitos da Formação Vila Riozinho forneceram temperaturas de saturação em zircão que se superpõem e são, de modo geral, um pouco mais elevadas (entre 880 e 820 °C) do que aquelas do Granito São Jorge *Antigo*. Como os dados geoquímicos (Tabela Anexo 5.5) não indicam saturação em zircão para as variedades andesito basáltico e traquiandesito basáltico, as temperaturas de saturação para estas rochas não foram calculadas.

O Granito Maloquinha e os traquitos e riolitos da Formação Moraes Almeida apresentaram temperaturas de saturação em zircão compreendidas, respectivamente, entre 854 e 775 °C e 890 e 825 °C. O granito pórfiro 18a acusou temperatura de 876 °C e o Granito Jardim do Ouro de 795 °C (Tabela 5.2).

O diagrama Temperatura x Zr (Figura 5.3) sintetiza as informações sobre as temperaturas de saturação em zircão para as rochas estudadas.

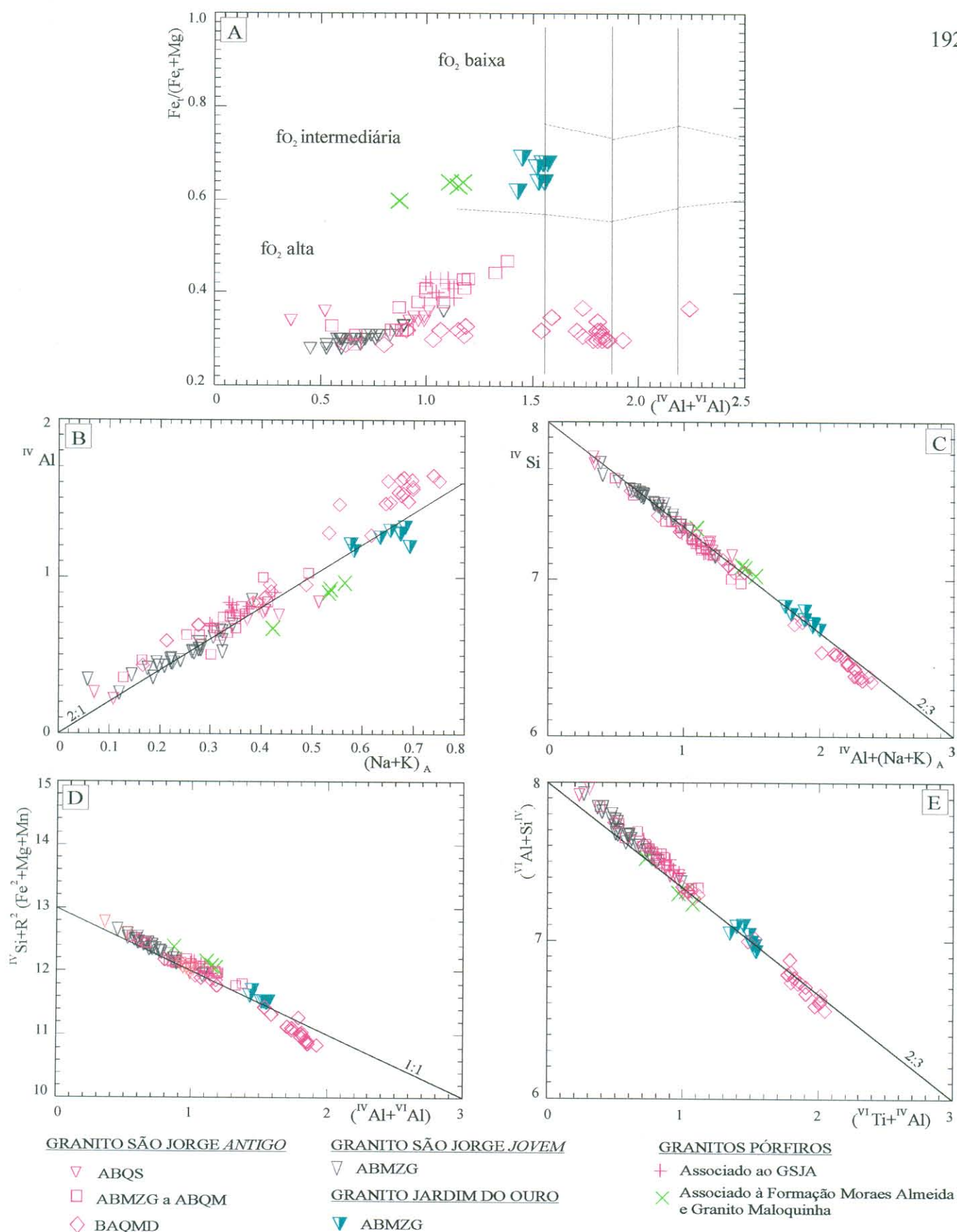
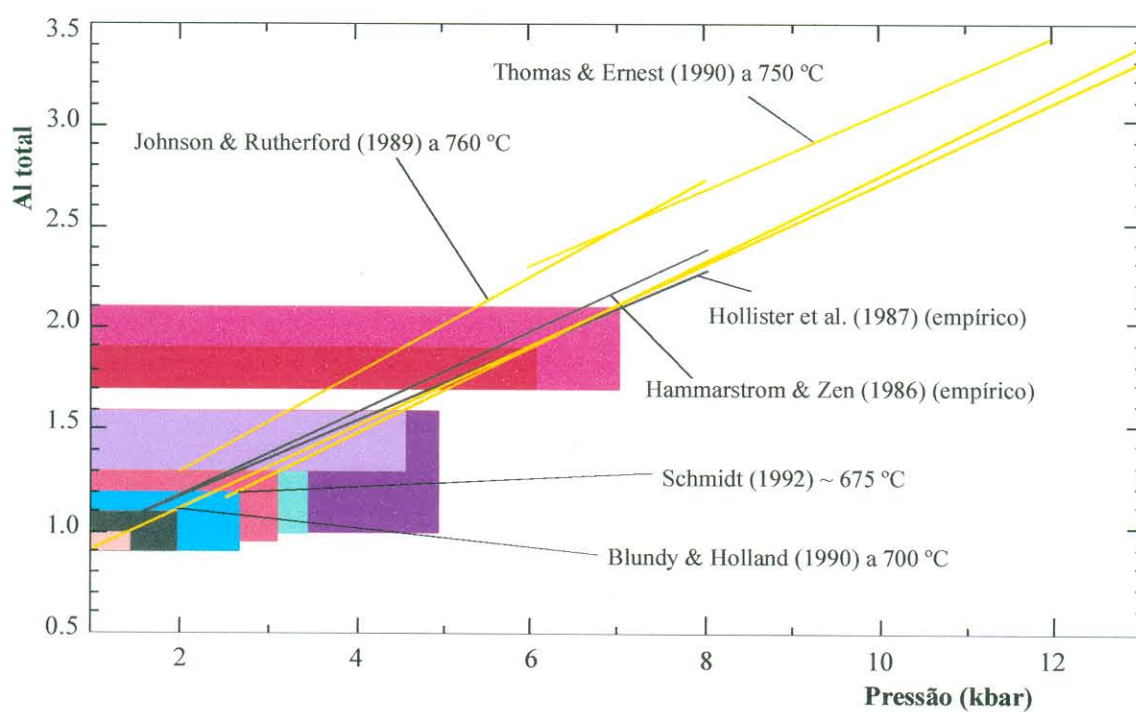


Figura 5.1 - Diagramas de relações catiônicas mostrando a distribuição dos anfibólios dos granitóides estudados (campos de $f\text{O}_2$ conforme Anderson & Smith 1995) (A) e a participação das substituições edenítica (B e C), tschermakítica (D) e envolvendo Ti (E) nos anfibólios dessas rochas. BAQMD=biotita-anfibólio-quartzo-monzodiorito; ABMZG a ABQM=anfibólio - biotita - monzogranito a quartzo-monzonito; ABQS=anfibólio-biotita-quartzo-sienito.



Granitóide	Fácies	Amostra	Anfibólio	Variação Al _t
São Jorge Antigo	BAQMD	58	Mg-Hast	2.1 1.7
			Tsch	1.9 1.7
	ABMZG a ABQM	103, 27, 28	HbMg	1.6 1.0
			HbMg	1.3 0.95
São Jorge Jovem	ABQS	32	HbMg	1.0 0.9
			HbMg	1.1 0.9
Jardim do Ouro	ABMZG	03a	Fe-Hb	1.6
			Fe-Ed	1.3
Granitos Pórfiros		59	HbMg	1.3 1.0
		18a	Fe-Hb	1.2 0.9

Mg-Hast = Hastingsita magnesiânica

Tsch = Tschermakita

HbMg = Hornblenda magnesiânica

Fe-Hb = Ferro-hornblenda

Fe-Ed = Ferro-edenita

BAQMD=Biotita-anfibólio-quartzo-monzodiorito

ABMZG=Anfibólio-biotita-monzogranito

BAQM=Biotita-anfibólio-quartzo-monzonito

ABQS=Anfibólio-biotita-quartzo-sienito

Figura 5.2 - Síntese das calibrações empíricas e experimentais do geobarômetro do Al em anfibólio (Anderson & Smith 1995, modificado), mostrando as variações de Al_t nos anfibólios dos granitóides estudados e os respectivos intervalos de pressão. Al_t calculado com base em 13-CNK.

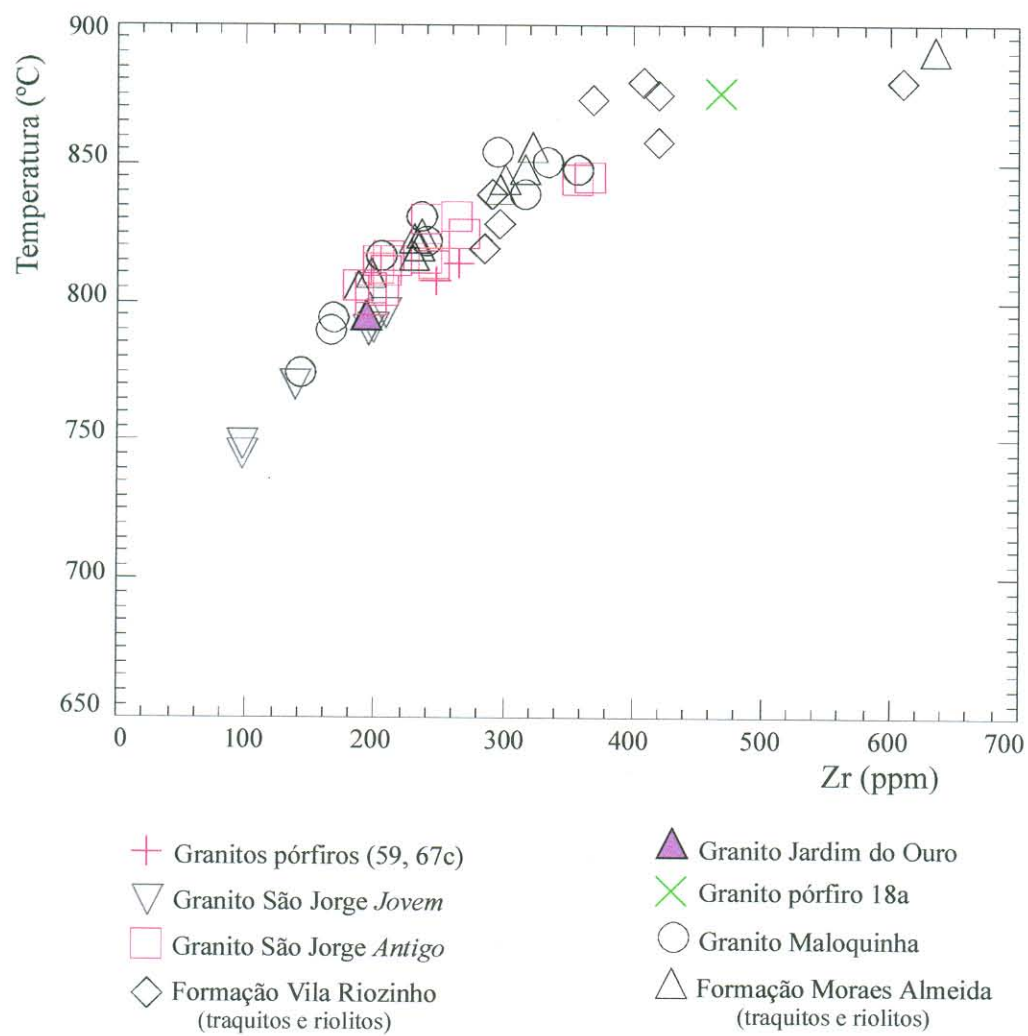


Figura 5.3 - Diagrama Temperatura (°C) x Zr (ppm) para as rochas graníticas e vulcânicas da área estudada. Temperaturas calculadas com base no geotermômetro de saturação em zircão de Watson & Harrison (1983).

Tabela 5.1 - Pressões de cristalização indicadas para os granitóides da região de Vila Riozinho pelas diferentes formulações do geobarômetro Alt em anfibólios.

Granito	Fácies/Amostra	Anfibólio	Al total	Pressões (kbar)				
				a (*)	b (*)	c (#)	d (#)	e (#)
São Jorge Antigo	BAQMD	Mg-hast	2.1 a 1.7	6.6 a 4.6	7.0 a 4.8	5.4 a 3.7	7.0 a 5.0	7.1 a 5.0
		Tsch	1.9 a 1.7	5.6 a 4.6	5.9 a 4.8	4.6 a 3.7	6.0 a 5.0	6.0 a 5.0
	ABMZG a ABQM	HbMg	1.6 a 1.0	4.1 a 1.1	4.3 a 0.9	3.3 a 0.8	4.5 a 1.5	4.6 a 1.7
		HbMg	1.3 a 0.95	2.6 a 0.9	2.6 a 0.6	2.0 a 0.6	3.0 a 1.2	3.2 a 1.5
		HbMg	1.0 a 0.9	1.1 a 0.7	0.9 a 0.5	0.8 a 0.4	1.5 a 1.0	1.7 a 1.3
São Jorge Jovem	ABMZG	HbMg	1.1 a 0.9	1.6 a 0.6	1.4 a 0.3	1.2 a 0.4	2.0 a 1.0	2.3 a 1.3
	Jardim do Ouro	ABMZG	Fe-hb	1.6 a 1.3	4.1 a 2.6	4.3 a 2.6	3.3 a 2.0	4.5 a 3.0
			Fe-ed	1,5	3,6	3,7	2,9	4,0
Pórfiro	59	HbMg	1.3 a 1.0	2.6 a 1.1	2.3 a 0.9	2.0 a 0.8	3.0 a 1.5	3.2 a 1.7
Pórfiro	18a	Fe-hb	1.2 a 0.9	2.1 a 0.6	2.0 a 0.3	1.6 a 0.4	2.5 a 1.0	2.7 a 1.3
Referências:				Abreviaturas:				
a - Hammarstron & Zen (1986): P (± 3 kbar) = 5,03 Alt - 3,92				BAQMD = Biotita-anfibólio-quartzo-monzodiorito				
b - Hollister et al. (1987): P (± 1 kbar) = 5,64 Alt - 4,76				ABQS = Anfibólio-biotita-quartzo-sienito				
c - Johnson & Rutherford (1989): P (± 0,5 kbar) = 4,23 Alt - 3,46				ABMZG = Anfibólio-biotita-monzogranito				
d - Blundy & Holland (1990): P (kbar) = 5,03 Alt - 3,53				Mg-hast = Mg-hastingsita Tsch = Tschermakita				
e - Schmidt (1992): P (± 0,6 kbar) = 4,76 Alt - 3,01				HbMg = Hornblenda magnesiânica				
(*) = Empírico			(#) = Experimental	Fe-ed = Fe-edenita Fe-hb = Fe-hornblenda				

Tabela 5.2 - Temperaturas calculadas de saturação em zircão e apatita para as diferentes rochas estudadas.

Unidade/fácies	Amostra	SiO ₂ (% peso)	Zr T (°C)	Ap T (°C)
GRANITO SÃO JORGE ANTIGO				
BAMD a BAQMD	102	58,40	x	1008
	58	54,50	x	1208
	105a	59,20	x	1017
ABQS	32	66,80	844	768
	104	69,30	825	726
ABMZG a ABQM	103	64,50	845	835
	27a	67,80	814	770
	67b	68,30	813	770
	65b	68,90	814	764
	28	68,90	816	740
	73a	71,60	801	692
BLMZ/SG-sul do corpo	68a	72,50	831	667
	25a	72,90	815	663
	30	73,10	812	675
	69	73,10	830	637
	74	73,20	804	648
BLMZ/SG-centro do corpo	85	74,20	806	596
	Eb-17	74,60	811	589
	LS-12	74,70	817	616
	75	74,80	815	601
	35a	75,10	805	600
GRANITOS PÓRFIROS				
	67c	67,90	808	799
	59	68,60	814	761
GRANITO SÃO JORGE JOVEM				
ABMZG a ABQM	04/29	67,20	796	770
	09/10	67,50	791	773
	07/3	68,20	790	760
	72	72,10	770	673
BLMZG	29a	73,70	749	566
	70	73,90	745	565
FORMAÇÃO VILA RIOZINHO				
Andesito Basáltico	90b	54,80	x	1141
Traquiandesito Basáltico	MV-154	54,40	x	1180
	36c	54,70	x	1520
Traquito	106a	61,20	879	875
	107	64,70	819	837
	92a	68,20	858	723
	62a	68,40	828	725
Riolito	98	69,40	879	720
	93a	69,70	875	711
	101	71,10	873	687
	115	71,80	839	663

Tabela 5.2 (Cont.) - Temperaturas calculadas de saturação em zircão e apatita para as diferentes rochas estudadas.

Unidade/fácies	Amostra	SiO ₂ (% peso)	Zr T (°C)	Ap T (°C)
GRANITO MALOQUINHA				
ABQM	54b	70,80	839	654
ABQS	54a	70,30	848	650
BLMZ/SG	45	72,40	851	621
	80	74,00	854	615
	22a	74,80	822	608
	8	76,10	831	571
	82	76,10	790	563
	21	76,10	775	563
	06a	76,60	817	561
	119	77,20	794	559
GRANITO JARDIM DO OURO				
ABMZG	03a	71,10	795	667
GRANITO PÓRFIRO	18a	67,40	876	761
FORMAÇÃO MORAES ALMEIDA				
Traquito	48	67,60	890	766
Riolitos	52	72,00	856	700
	12c	74,80	848	591
	39a	75,20	825	587
	51	75,80	844	601

BAMD a BAQMD= Biotita-anfibólio-monzodiorito a quartzo-monzodiorito

ABQS= Anfibólio-biotita-quartzo-sienito

ABMZG a ABQM= Anfibólio-biotita-monzogranito

BLMZ/SG= Biotita-leucomonzogranito a sienogranito

CAPÍTULO 6

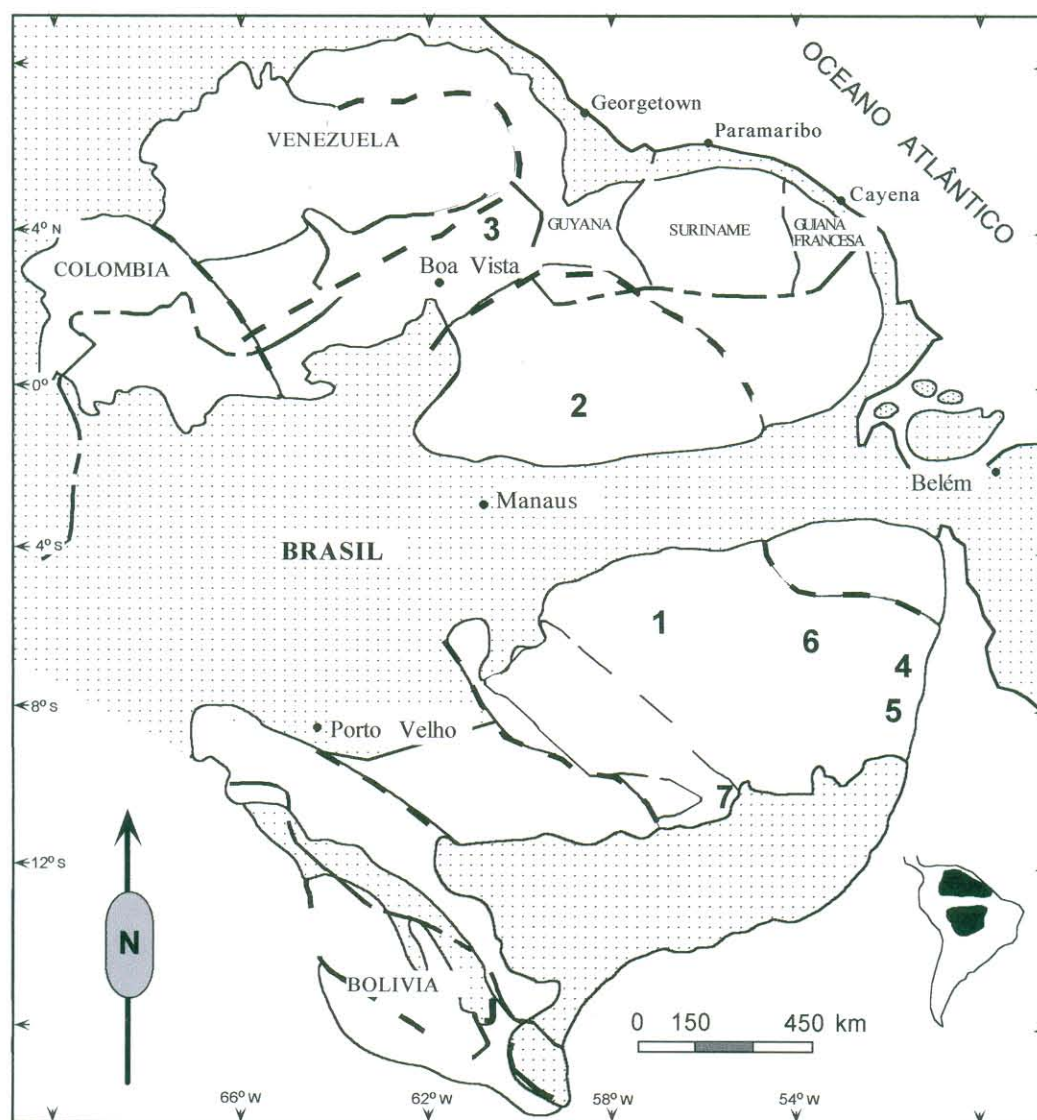
6 – COMPARAÇÕES ENTRE AS ROCHAS MAGMÁTICAS DA REGIÃO DE VILA RIOZINHO COM ROCHAS PLUTÔNICAS E VULCÂNICAS PALEOPROTEROZÓICAS DE OUTRAS REGIÕES DO CRÁTON AMAZÔNICO

É feito inicialmente um estudo comparativo entre os granitóides das suítes representativas do magmatismo cálcico-alcálico pós-ciclo Transamazônico Água Branca e Pedra Pintada, e as vulcânicas do Grupo Surumu, incluídas no Supergrupo Uatumã, todos do Escudo das Guianas, com os granitos São Jorge *Antigo* e São Jorge *Jovem* e as vulcânicas da Formação Vila Riozinho, situados na Província Aurífera do Tapajós. O granito cálcico-alcálico Matupá, do norte do Mato Grosso e mineralizado em ouro, também é utilizado para comparação. Os três primeiros corpos graníticos e as rochas vulcânicas possuem idades entre 2,0 e 1,96 Ga (Schobbenhaus et al. 1994; Costa 1999; Almeida et al. 1997) e os dois últimos de 1,89 (este trabalho) e 1,87 Ga (Moura 1998), respectivamente (Tabela 1, Capítulo 4).

Os dados geoquímicos do Granito Água Branca utilizados para comparação são inéditos e foram cedidos pelo Prof. Roberto Dall'Agnol, tendo sido obtidos em amostras desta suíte ocorrentes nas folhas Jatapu e Mapuera e coletadas durante mapeamento da CPRM-Belém e Manaus nos projetos Jatapu-Uatumã e Mapuera. As análises da Suíte Pedra Pintada e das vulcânicas Surumu foram compiladas, respectivamente, de Fraga et al.(1997) e Reis & Fraga (1996), e as do Granito Matupá de Moura (1998).

Posteriormente, compara-se os granitos Jamon, Musa, Antonio Vicente e Redenção (Gastal 1987; Dall'Agnol et al. 1999c; Teixeira 1999) todos do tipo-A e situados no sudeste do Cráton Amazônico, com o Granito Maloquinha e a Formação Moraes Almeida (este estudo). Os dados do Granito Redenção são inéditos e fazem parte da tese de mestrado de Davis Carvalho de Oliveira, (Oliveira 2001), o qual nos cedeu os dados para comparações.

A Figura 6.1 mostra a localização aproximada no Cráton Amazônico das rochas granitóides e vulcânicas utilizadas para comparação. As composições químicas de rochas representativas das suítes Água Branca e Pedra Pintada e do Granito Matupá, assim como das vulcânicas Surumu são apresentadas no Anexo 6, nas Tabelas Anexo 6.1 a 6.6, e as dos granitos Jamon, Musa, Antonio Vicente e Redenção nas Tabelas Anexo 6.7 e 6.8, também do Anexo 6.



- | | |
|---|-----------------------------|
| 1 = Prov. Aurífera do Tapajós (este estudo) | 4 = Granitos Jamon e Musa |
| 2 = Suíte Água Branca | 5 = Granito Redenção |
| 3 = Suíte Pedra Pintada e Grupo Surumu | 6 = Granito Antonio Vicente |
| | 7 = Granito Matupá |

Figura 6.1 - Esboço do Cráton Amazônico (Dall'Agnol et al. 1999a, modificado), com a localização aproximada das rochas granitóides e vulcânicas utilizadas para comparação.

6.1 – GRANITÓIDES CÁLCICO-ALCALINOS E AFINS E ASSOCIAÇÕES VULCÂNICAS SIMILARES

6.1.1 – Suíte Água Branca

O magmatismo granítico Água Branca (Araujo Neto & Moreira 1976; Veiga Jr. et al. 1979), tem ampla distribuição na porção sul do Escudo das Guianas e abrange uma grande área do sudeste do Estado de Roraima, nordeste do Amazonas e noroeste do Pará (Figura 6.1).

Suas características petrográficas evidenciam tratar-se de uma série expandida formada por rochas dioríticas, monzodioríticas, quartzo-monzodioríticas, granodioríticas e monzograníticas (dominantes), geralmente isentas de deformação (Jorge João et al. 1985; Dall'Agnol et al. 1987; 1992; Oliveira et al. 1996b). Seguem o *trend* cálcico-alcálico granodiorítico de Lameyre & Bowden (1982), de modo semelhante às rochas dos granitos São Jorge *Antigo* e São Jorge *Jovem*.

Mineralogicamente, a suíte Água Branca é formada por proporções variáveis de quartzo, plagioclásio e álcali-feldspato, tendo anfibólio e biotita como principais minerais ferromagnesianos. Acessoriamente ocorrem titanita, opacos, apatita, zircão e, mais raramente, alanita. Os minerais secundários mais comuns são epidoto, clorita, sericita, opacos, biotita, titanita e muscovita. Pequenos agregados de anfibólio, biotita, opacos, titanita, zircão, apatita e enclaves dioríticos microgranulares são comuns nessas rochas.

Geoquimicamente os granitóides Água Branca assemelham-se, em muitos aspectos, aos granitos São Jorge *Antigo* e São Jorge *Jovem* de mesmo teor de SiO_2 . Revelam teores moderados a relativamente elevados de SiO_2 (54 a 72%) e elevados de Al_2O_3 (18 a 13 %). Os teores de K_2O são elevados mesmo nas rochas dioríticas (entre 2 e 3%). MgO , CaO , TiO_2 , Fe_2O_3 e P_2O_5 são próximos a coincidentes aos valores encontrados no Granito São Jorge *Antigo*, resultando campos de distribuição superpostos (Figura 6.2). O Na_2O , o TiO_2 e o MnO são comparativamente um pouco mais elevados na Suíte Água Branca.

Os teores de Rb (50 a 200 ppm) e Zr (500 a 62 ppm) são moderados a altos e os de Sr relativamente elevados (1050 a 200ppm), próximos aos teores encontrados no Granito São Jorge *Antigo*. Os conteúdos de Y e Nb são predominantemente baixos e também similares aos deste último. O Ba não foi analisado.

Com relação aos elementos terras raras (ETR), as amostras analisadas possuem, geralmente, conteúdos moderados de ETR (< 200 ppm) e um ligeiro enriquecimento em ETR

leves (ETRL) em relação aos ETR pesados (ETRP), resultando padrões pouco fracionados (Figura 6.3D). Apresentam razões $(La/Yb)_n$ baixas e pouco variáveis (entre 20 e 6; Figura 6.3H) e anomalias negativas de Eu moderadas ($Eu/Eu^* = 0,8-0,5$). Os ETRP exibem um padrão subhorizontal, denotando fracionamento pouco acentuado destes elementos ($((Gd/Yb)_n = 2,6 - 1,4$; Figura 6.3I) e distinto daquele observado nos granitos São Jorge *Antigo* e São Jorge *Jovem* (Figura 6.3A, B).

6.1.2 – Suíte Pedra Pintada

Ocorre na porção norte do Estado de Roraima (Figura 6.1). É formada por rochas equigranulares de coloração acinzentada, granulação média a grossa, isotrópicas a levemente foliadas. Fraga et al. (1997) individualizaram quatro conjuntos de rochas: (a) hornblenda-biotita-granodioritos com tonalitos, quartzo-monzonitos e quartzo-monzodioritos subordinados; (b) biotita-monzogranitos com variações para granodioritos e tonalitos; (c) biotita-monzogranitos leuco a hololeucocráticos e, (d) sienogranitos leucocráticos.

As rochas desta suíte são constituídas essencialmente por plagioclásio zonado e saussuritizado, álcali-feldspato, quartzo e biotita, estando a hornblenda restrita às rochas granodioríticas. Como acessórios principais ocorrem opacos, titanita, apatita, zircão e, mais raramente, alanita. Os minerais secundários mais freqüentes são sericita, clorita e epidoto. Enclaves máficos subarredondados de composição quartzo-diorítica a quartzo-monzonítica e granulação fina são comuns.

Em termos de elementos maiores e menores (Figura 6.2), a Suíte Pedra Pintada revela algumas diferenças significativas em relação às rochas dos granitos São Jorge *Antigo*, São Jorge *Jovem* e Água Branca. O seu intervalo de variação de SiO_2 (65 a 76%) é mais restrito e, para rochas de mesmos teores de SiO_2 , os conteúdos de MgO, CaO, TiO_2 e Fe_2O_3t tendem a ser mais elevados e os de Na_2O mais baixos que os do Granito São Jorge *Antigo* e Suíte Água Branca. O comportamento de MgO e Fe_2O_3t na Suíte Pedra Pintada é similar ao observado nos granitos São Jorge *Jovem* e Matupá (Figura 6.2C, D). O K_2O mostra comportamento distinto em relação aos demais granitos, com teores muito inferiores nas rochas mais pobres em SiO_2 e acentuado enriquecimento naquelas com $SiO_2 > 70\%$ (Figura 6.2I).

Os teores de Ba (2480 a 560 ppm) e Sr (965 a 278 ppm) são relativamente elevados, enquanto Rb (55 a 326 ppm) e Zr (350 a 130 ppm) são moderados. Y e Nb mostram baixos teores e variam, respectivamente, de 9 a 46 ppm e de 7 a 19 ppm.

Os granitóides Pedra Pintada possuem conteúdos totais de ETR bastante variáveis (entre 52 e 347 ppm), mostram enriquecimento dos ETRL em relação aos ETRP e padrões moderados a pouco fracionados (Figura 6.3E) com razões $(La/Yb)_n$ entre 49 e 7 e anomalias negativas moderadas de Eu ($Eu/Eu^* = 0,85$ a $0,4$). Os padrões da Suíte Pedra Pintada são, no geral, semelhantes aos das rochas da Suíte Água Branca e distintos daqueles dos granitos São Jorge *Antigo* e São Jorge *Jovem*. O contraste é mais acentuado no caso do Granito São Jorge *Jovem* devido ao seu fracionamento muito mais pronunciado de ETRP (Figura 6.3B, H, I).

6.1.3 – Granito Matupá

Corresponde a um pluton com aproximadamente 280 km² localizado a sudeste da cidade de Matupá, nos garimpos Serrinha e Viúva, a oeste da cidade de Peixoto de Azevedo (MT) (Figura 6.1), no extremo sudeste da Província Ventuari-Tapajós (Tassinari & Macambira 1999). É formado predominantemente por monzogranitos e granodioritos, com quartzo-monzodioritos subordinados, intensamente hidrotermalizados e com mineralização de ouro associada (Moura 1998). Para o presente estudo, foram consideradas apenas amostras com alteração hidrotermal pouco intensa.

O Granito Matupá é constituído essencialmente por quartzo anédrico, álcali-feldspato micropertítico, plagioclásio zonado (An 40-20) e biotita verde-amarronada a verde-oliva cloritizada e/ou transformada para epidoto, titanita, muscovita, opacos. O anfibólio, raro, é uma hornblenda euédrica verde-clara a verde-escura. Os acessórios principais são magnetita, ilmenita, titanita, zircão, apatita, alanita e, mais raramente, monazita.

Geoquimicamente possui teores de SiO₂ compreendidos no intervalo entre 64 a 75% e de K₂O entre 4 a 5% (Figura 6.2), razões K₂O/Na₂O >1 e conteúdos de Al₂O₃ e CaO entre 13-14% e 1-2%, respectivamente. É enriquecido em Ba (1302 a 628ppm) e Rb (180 a 250 ppm), possui teores moderados de Zr (249 a 135 ppm), Y (21 a 57 ppm) e Sr (299 a 171 ppm) e baixos de Nb (12 a 30 ppm).

Apresenta concentrações totais de ETR elevadas (400-166 ppm) em relação às dos demais granitóides e vulcânicas selecionados para comparação. Mostra um padrão moderadamente

fracionado ((La/Yb)_n = 56-15) e anomalias negativas de Eu moderadas a acentuadas (Eu/Eu* = 0,6-0,3) (Figura 6.3).

6.1.4 – Grupo Surumu

A porção NNE do Estado de Roraima é caracterizada pela ocorrência de extensos derrames vulcânicos de composição intermediária a ácida, deformados ou não, com idades entre 2,0 e 1,96 Ga (Schobbenhaus et al. 1994; Costa 1999) e enquadrados no Grupo Surumu (Figura 6.1) do Supergrupo Uatumã (Santos 1984). Os principais litotipos que compõem essa unidade são representados por andesitos, dacitos e riolitos de coloração acinzentada a rósea, afaníticos a porfiríticos, com raras rochas piroclásticas (Reis & Fraga 1996; Haddad et al. 1999).

Os vulcanitos Surumu são subalcalinos, apresentam afinidade cálcico-alcalina alto-K a shoshonítica dominante, composição metaluminosa a fracamente peraluminosa e altos teores de K₂O, Cr, Ni, Rb, Ba, Sr e Zr quando comparados a vulcânicas orogênicas (Reis & Fraga 1996).

Possuem conteúdos de Ba, Rb, Sr, Zr, V, Y e Nb muito próximos ou coincidentes com os valores encontrados na Formação Vila Riozinho. Mostram padrões de ETR (Figura 6.3F, H) comparativamente menos fracionados que os da Formação Vila Riozinho e granitos São Jorge *Antigo* e *Jovem* (Figuras 6.3A, B,C), e anomalias negativas moderadas de Eu (Eu/Eu* = 0,8-0,5) (Figura 6.3).

6.1.5 – Comparações entre Granitóides e Associações Vulcânicas

Os granitóides e seqüências vulcânicas situam-se predominantemente no campo subalcalino (Figura 6.4A), porém o Granito São Jorge *Antigo* e a Formação Vila Riozinho adentram o campo alcalino em função de seu caráter cálcico-alcalino alto-K e/ou tendência shoshonítica, discutida anteriormente (ver capítulo 4). A Suíte água Branca mostra um comportamento coincidente com o do Granito São Jorge *Antigo* neste diagrama, sugerindo que apresenta caráter similar ao deste último.

Os parâmetros de Shand (Figura 6.4B) revelam que granitóides e vulcânicas variam de metaluminosos a fracamente peraluminosos. Em termos petrográficos e geoquímicos assemelham-se aos granitos do tipo I (Chappell et al. 1987; Chappell & White 1992), no sentido amplo desta classificação, conforme discutido anteriormente (ver Capítulo 4).

As diferentes associações estudadas definem campos coerentes com os de séries cálcico-alcalinas no diagrama AFM (Figura 6.4C). Esta característica é confirmada no diagrama $\log \text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) \times \text{SiO}_2$ (Brown et al. 1984), onde o Granito São Jorge *Jovem* e a Suíte Pedra Pintada ocupam o campo dos andesitos cálcico-alcalinos de arcos modernos normais, enquanto o Granito São Jorge *Antigo* e a Suíte Água Branca formam *trends* paralelos e parcialmente coincidentes com este campo, sugerindo, porém, uma evolução a partir de arcos normais a comparativamente um pouco mais maduros (Figura 6.4D). As amostras do Granito Matupá mostram uma maior dispersão, sugerindo novamente efeitos de alteração hidrotermal. Neste diagrama, o campo das vulcânicas Surumu e Vila Riozinho são paralelos e bem distintos, sugerindo uma relação com arco imaturo para a primeira e maturo para a segunda.

No diagrama $\text{K}_2\text{O} \times \text{SiO}_2$ (Peccerillo & Taylor 1976; Rickwood 1989), mostram, de modo geral, uma afinidade cálcico-alcalina alto-K a shoshonítica, porém a Suíte Pedra Pintada e as vulcânicas Surumu incidem nos campos médio e alto potássio (Figura 6.2E). Os conteúdos de $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}-2$, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} > 5 \%$, Al_2O_3 entre 14 e 19 %, $\text{TiO}_2 < 1,3 \%$ e Y e Nb baixos, sugerem que alguns desses granitóides e a Formação Vila Riozinho sejam transicionais entre as séries magmáticas cálcico-alcalina alto-K e shoshonítica (Le Maitre et al. 1989; Morrison 1980). Entretanto, esta é uma questão complexa que foi abordada em maior detalhe no Capítulo 4, onde se concluiu que os granitos São Jorge *Antigo* e *Jovem* possuem caráter cálcico-alcalino alto-K e a Formação Vila Riozinho seria de fato transicional entre as duas séries. Quanto aos demais granitóides e às vulcânicas Surumu, haveria a necessidade de trabalhos complementares para esclarecer a questão, embora eles pareçam similares geoquimicamente às rochas estudadas.

Os granitóides plotam predominantemente no campo dos granitos de arco vulcânico (Pearce et al. 1984), com os termos mais evoluídos dos granitos São Jorge *Antigo*, Matupá, Água Branca e Pedra Pintada alcançando o campo dos granitos intra-placas (Figura 6.2F). As vulcânicas Surumu e Vila Riozinho mostram distribuições coincidentes com as dos granitos São Jorge *Antigo*, Água Branca e Pedra Pintada. Algumas amostras dos granitos São Jorge *Jovem* e Matupá atingem, neste diagrama, o campo dos granitos sincolisionais. De acordo com Pearce (1996), poderiam situar-se no domínio dos granitos pós-colisionais, os quais são de difícil classificação, uma vez que podem exibir características geoquímicas tanto de granitos gerados em arcos vulcânicos quanto em ambientes intra-placas.

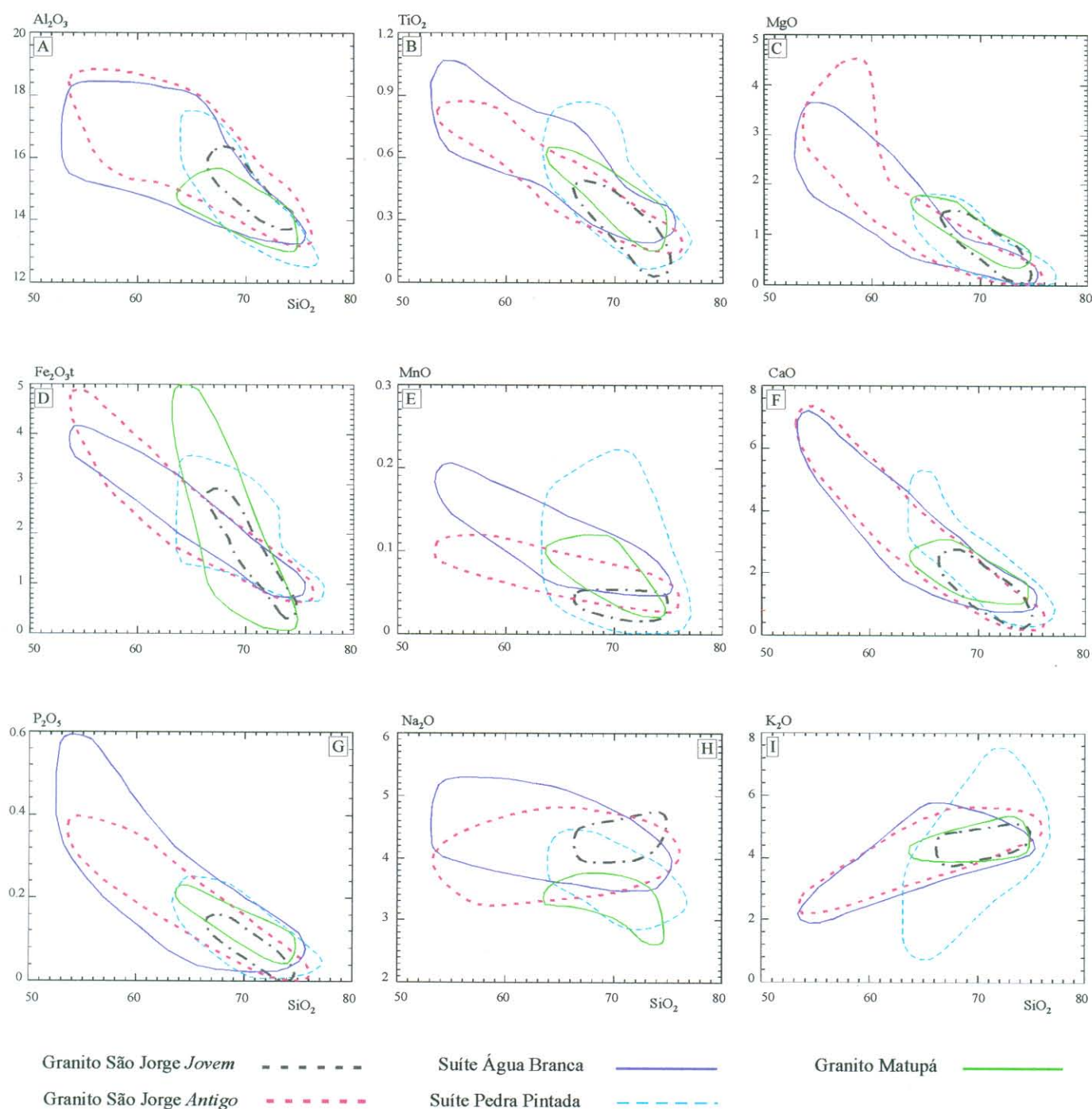


Figura 6.2- Diagramas de Harker, comparando os granitos São Jorge *Antigo*, São Jorge *Jovem*, Matupá e as suítes Água Branca e Pedra Pintada.

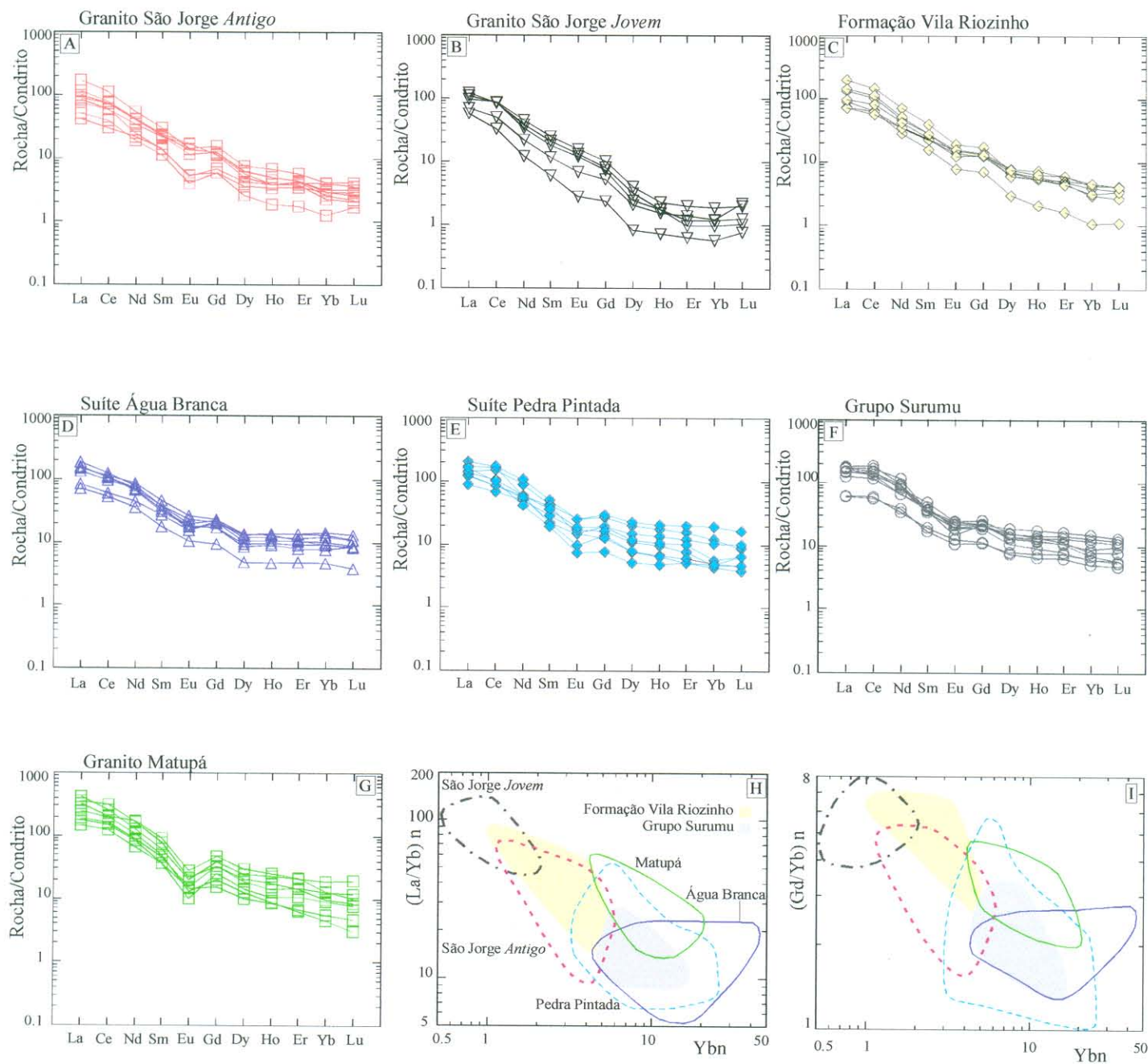


Figura 6.3 - Padrões de ETR dos granitos São Jorge *Antigo*, São Jorge *Jovem*, Matupá, Água Branca, Pedra Pintada e das vulcânicas do Grupo Surumu e da Formação Vila Riozinho. Normalização em relação aos condritos (Evensen et al. 1978).

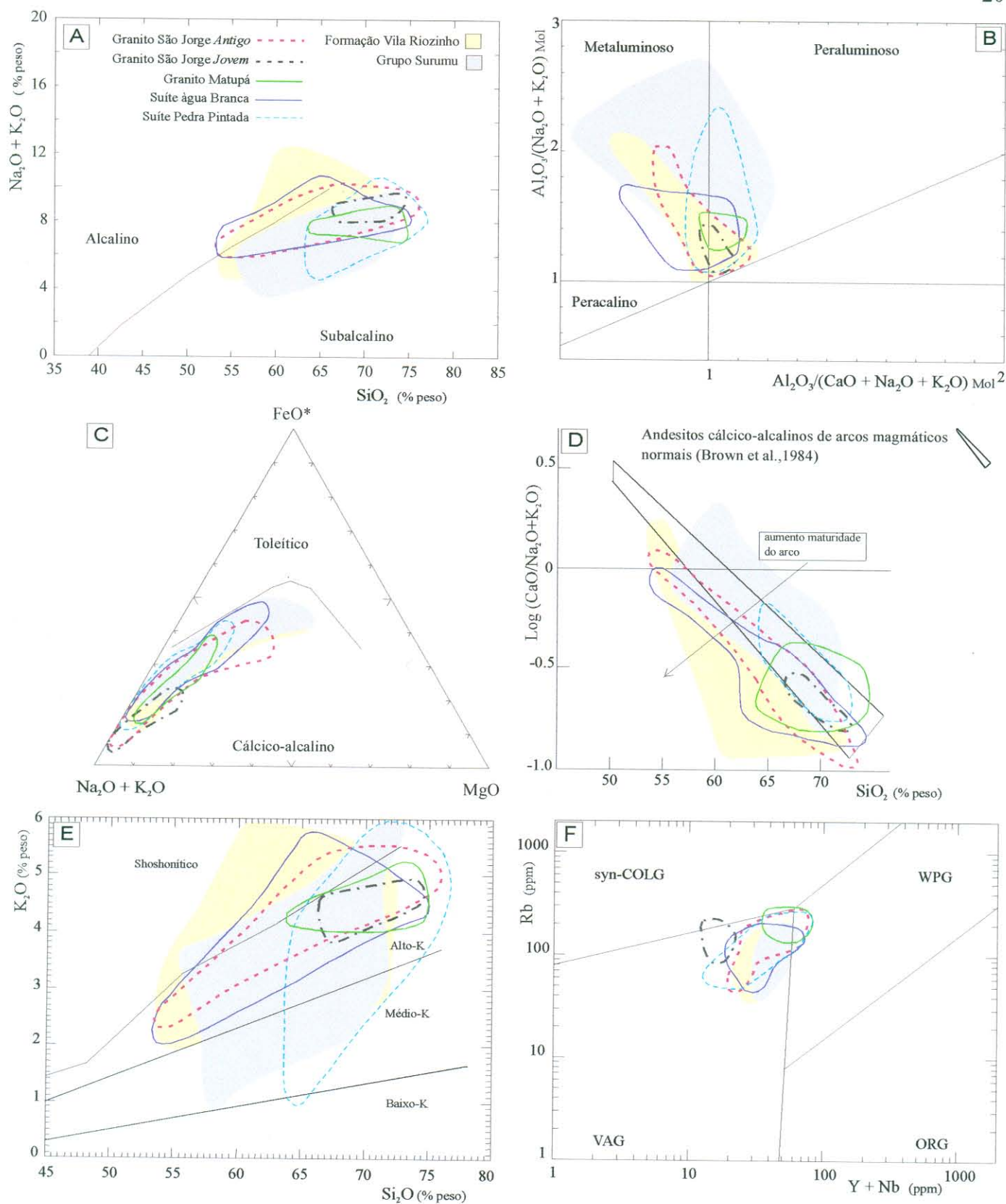


Figura 6.4 - Diagramas (A) $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ x SiO_2 , (B) $(\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})) \times (\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}))_{\text{mol}}$ (campos cf. Maniar & Piccoli 1989); (C) $\text{FeO}^* - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{MgO}$ (AFM; campos cf. Irvine & Baragar 1971); (D) $\text{Log}(\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})) \times \text{SiO}_2$ (Brown et al. 1984) (E) $\text{K}_2\text{O} \times \text{SiO}_2$ (campos cf. Pecerillo & Taylor 1976; Rickwood 1989) e (F) $\text{Rb} \times \text{Y} + \text{Nb}$ (Pearce et al. 1984) para os granitos São Jorge *Antigo*, São Jorge *Jovem*, Matupá, Água Branca, Pedra Pintada e para as rochas vulcânicas do Grupo Surumu e da Formação Vila Riozinho.

6.2 – COMPARAÇÃO ENTRE O GRANITO MALOQUINHA E A FORMAÇÃO MORAES ALMEIDA COM GRANITOS DO TIPO – A PALEOPROTEROZÓICOS

6.2.1 – Granitos Jamon e Musa

Correspondem a dois plutons anorogênicos paleoproterozóicos (1,88 Ga) que afloram em áreas adjacentes e cortam rochas arqueanas do Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria, sudeste do Cráton Amazônico. O primeiro apresenta um zoneamento bem definido, com as fácies menos evoluídas dispostas nas zonas mais externas e as mais evoluídas na porção centro-sul do corpo. No segundo, a distribuição das fácies ocorre de maneira irregular (Dall'Agnol et al. 1999c).

São formados por rochas equigranulares ou seriadas, de granulação grossa a fina e composição bastante uniforme que inclui termos monzograníticos a sienograníticos. São granitos *subsolvus*, constituídos essencialmente de quartzo, álcali-feldspato e plagioclásio, com biotita $\pm$ anfibólio como principais fases máficas. Os minerais acessórios incluem zircão, apatita, magnetita, ilmenita, alanita, titanita e, nas fácies mais evoluídas, fluorita.

Apresentam caráter metaluminoso a fracamente peraluminoso, teores de SiO_2 geralmente entre 70 e 76 %, Al_2O_3 entre 12 e 13 %, total de álcalis entre 7,0 e 8,7 %, razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ entre 1 e 2 e $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t+\text{MgO}) > 0,8$ (Figura 6.5 A, B, C). O Granito Maloquinha difere dos granitos Jamon e Musa nos teores mais elevados de álcalis (entre 8 e 10 % no primeiro), e sobretudo de Na_2O (Figura 6.5C), e pelo seu caráter mais francamente peraluminoso (Figura 6.5A, B).

O Rb comporta-se como elemento incompatível. Seus teores variam de 100 a 260 ppm e são inferiores aos encontrados no Granito Maloquinha (220 a 490 ppm; Figura 6.5D). Ba e Sr são compatíveis e mostram amplos intervalos de variação (1800 a 200 ppm e 270 a 50 ppm, respectivamente), indicando que os processos de cristalização fracionada comandaram a evolução desses corpos (Dall'Agnol et al. 1999c). No Granito Maloquinha, Ba e Sr também variam amplamente, porém com conteúdos comparativamente mais baixos (910 a 70 ppm, Figura 6.5D, e 148 a 20 ppm, respectivamente).

Os teores de Y situam-se entre 80 e 7 ppm, abaixo dos valores do Granito Maloquinha (140 a 32 ppm), e os de Nb entre 28 e 12 ppm, coincidentes com os deste último corpo.

Os conteúdos ETR são moderados a relativamente elevados (113 a 440 ppm) e os seus padrões são enriquecidos em ETRL, com fracionamento moderado a fraco, sendo mais acentuado nos ETRL $\{(La/Sm)_n \text{ entre } 16,2 \text{ e } 2,8\}$ em relação aos ETRP $\{(Gd/Yb \text{ entre } 2,0 \text{ e } 1,1)\}$. As

anomalias negativas de Eu são moderadas ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,8$ a $0,3$) e tendem a crescer no sentido das fácies mais félsicas, sugerindo que as diferentes fácies evoluíram por processos de diferenciação (cf. Dall'Agnol et al. 1999c). Um comportamento algo distinto é observado nas rochas do Granito Maloquinha, que exibem, em geral, fracionamento mais expressivo dos ETRP e anomalias negativas de Eu mais acentuadas (Eu/Eu^* entre $0,35$ e $0,11$) (Figura 6.6A, B, E).

Análises Sm-Nd dos granitos Jamon e Musa forneceram valores negativos de $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ (entre $-9,3$ e $-9,7$) e idades modelo (TDM) arqueanas ($2,60$ a $3,02$ Ga), sugerindo uma fonte ígnea Neoarqueana similar para a origem dos magmas formadores dessas rochas (Dall'Agnol et al. 1999c). O modelamento petrogenético realizado por esses autores indicou a derivação do magma formador do Granito Jamon a partir da fusão parcial de rochas quartzo-dioríticas pobres em sílica e ricas em anfibólio e piroxênio.

6.2.2 – Granito Redenção

É representado por um *stock* subcircular com diâmetro em torno de 20 km^2 aflorante às proximidades da cidade de Redenção, sudeste do Estado do Pará, intrusivo em rochas arqueanas do Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria. É formado predominantemente por rochas monzograníticas e sienograníticas isotrópicas com idade Pb-Pb em rocha total de 1870 ± 68 Ma (Barbosa et al. 1995). Estudos de reconhecimento deste corpo foram realizados por Montalvão et al. (1982), sendo detalhados recentemente por Oliveira (2001), o qual individualizou no corpo nove fácies com base nas variações texturais, mineralógicas e geoquímicas. Dentre essas, foram selecionadas amostras representativas de anfibólio-biotita-monzogranitos (ABMZG), biotita-monzogranitos (BMZG) e leucomonzogranitos para comparação com o Granito Maloquinha.

O Granito Redenção é formado essencialmente por quartzo, álcali-feldspato e plagioclásio, com biotita e anfibólio como principais ferromagnesianos. Acessoriamente ocorrem zircão, apatita, opacos, titanita e alanita e, secundariamente, sericita, clorita, epidoto e argilominerais.

As fácies selecionadas apresentam $\text{SiO}_2 > 70\%$, Al_2O_3 entre 12 e 14% e álcalis entre 8 e 9% . Possuem conteúdos moderados de CaO , MgO , TiO_2 , Fe_2O_3 e P_2O_5 . Apresentam razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ em torno de $1,5$, $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$ entre $0,8$ e $0,9$, K/Rb entre 230 e 100 e Ba/Rb entre 8 e $2,5$ (Oliveira 2001)

Ba (1300 a 600 ppm), Sr (300 a 120 ppm) e Zr (340 a 190 ppm) diminuem sistematicamente dos ABMZG para os LMZG, enquanto o Rb (170 a 420 ppm) aumenta. Nb e Y variam, respectivamente, de 48 a 17 ppm e de 86 a 43 ppm (Oliveira 2001).

Possui conteúdos moderados de ETR (300 a 175 ppm) e um maior enriquecimento em ETRL (280 a 160 ppm) em relação aos ETRP (14 a 8 ppm). Mostra padrão de ETR com fracionamento expressivo, com razões $(La/Yb)_n$ variando de 70 a 17, $(La/Sm)_n$ de 7 a 4 e $(Gd/Yb)_n$ entre 5 e 2. As anomalias negativas de Eu são moderadas (Eu/Eu^* entre 0,6 e 0,4).

Assemelha-se em alguns aspectos geoquímicos ao Granito Maloquinha. Entretanto, o Granito Redenção é mais rico em Ba (Figura 6.5D) e Sr, possui conteúdo de ETR um pouco mais baixo e anomalias negativas de Eu comparativamente menos acentuadas (Figuras 6.6D, E).

6.2.3 – Granito Antonio Vicente

O maciço granítico Antonio Vicente, com idade Pb-Pb em zircão próxima de 1,87 Ga (Teixeira et al. 1998) e mineralizado em estanho, ocupa uma área de aproximadamente 600 km² na extremidade oeste da Serra dos Carajás. Apresenta forma subcircular e é intrusivo em rochas do Complexo Xingu, do Supergrupo Uatumã e no Granito Parauari (Teixeira 1999). Estudos petrográficos, geoquímicos, geocronológicos e mineraloquímicos foram realizados nesse corpo objetivando sua caracterização e evolução magmática (Dall'Agnol 1980, 1982; Dall'Agnol et al. 1984, 1988, 1993; Teixeira & Dall'Agnol 1991; Teixeira et al. 1994, 1998; Teixeira 1999). As fácies petrográficas individualizadas mostraram composições monzograníticas e sienograníticas, sendo constituídas por rochas de caráter predominantemente leucocrático a hololeucocrático. Nas porções centro-sudoeste e sudoeste do maciço predominam as seguintes fácies (Teixeira 1999): (a) Biotita-anfibólio-sienogranitos a monzogranitos (BASMZG), (b) Anfibólio-biotita-sienogranitos (ABSG), (c) Biotita-monzogranitos, (d) Biotita-sienogranitos (BSG) e, (e) Álcali-feldspato-granitos (AFG). Para efeito de comparação com os granitóides anteriores, foram selecionadas amostras representativas das fácies a, c e d.

Predominam quartzo, feldspato potássico e plagioclásio, tendo biotita ± anfibólio como minerais varietais. Os acessórios principais são opacos, apatita, titanita, alanita e zircão. As fases secundárias estão representadas por albita, sericita ± muscovita, clorita, fluorita, epidoto, carbonatos e argilominerais.

Geoquimicamente possuem SiO_2 predominantemente entre 71 e 77%, Al_2O_3 entre 12 e 14%, total de álcalis entre 7 e 9% e baixos conteúdos de TiO_2 , CaO , MgO e Fe_2O_3 . Mostram razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ entre 1 e 2, K/Rb entre 235 e 110 e $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$ geralmente entre 0,5 e 1,0.

Ba e Sr mostram ampla variação, com teores mais elevados nos BAMZG (1830 e 253 ppm, respectivamente) e mais baixos nos BSG (180 e 20 ppm, respectivamente). O Zr apresenta concentrações moderadas a relativamente elevadas (420 a 150 ppm) e o Rb um crescimento gradual no sentido das rochas mais evoluídas (de 128 para 340 ppm), o inverso do observado com os elementos Ba, Sr e Zr.

Nb e Y são baixos a moderados (4 a 34 ppm e 8 a 63 ppm, respectivamente) e o Ga é predominantemente baixo (geralmente < 5 ppm), contrariamente ao geralmente observado em granitos do tipo-A (Whalen et al. 1987).

Apresentam conteúdos elevados de ETR (750 a 270 ppm), fracionamento mais acentuado dos ETRL $\{(\text{La}/\text{Sm})_n = 6,4 \text{ a } 4,0\}$ em relação aos ETRP $\{(\text{Gd}/\text{Y})_n = 1,9 \text{ a } 0,9\}$ e fortes anomalias negativas de Eu ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,5 \text{ a } 0,16$).

Mostra similaridades geoquímicas com o Granito Maloquinha, porém se distingue do mesmo pelo seu caráter menos francamente peraluminoso (Figura 6.5A), razões $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$ mais elevadas (Figura 6.5B), conteúdo mais elevado de Ba (Figura 6.5D) e ETR, teores mais baixos de Ga e, sobretudo, pelo padrão menos fracionado dos ETR e padrão horizontalizado dos ETRP (Figura 6.6C, E).

6.2.4 – Comparações e Conclusões

O Granito Maloquinha assemelha-se em termos de elementos maiores aos demais granitos, sendo porém levemente mais enriquecido em álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ entre 8 e 10% contra 7 e 9%). Apresenta teores de Rb mais elevados do que os granitos Jamon e Musa e similares a levemente superiores aos dos granitos Antonio Vicente e Redenção (Figura 6.5D). É comparativamente mais empobrecido em Ba, o que lhe proporciona baixas razões Ba/Rb.

Todos os granitos são de natureza subalcalina e metaluminosos a peraluminosos em composição (Figura 6.5A). Possuem razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ entre 1 e 2, com o Granito Maloquinha e as vulcânicas de Moraes Almeida mais enriquecidas em Na_2O (Figura 6.5C), e $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$ entre 0,8 e 1,0 (Figura 6.5B).

No diagrama K_2O+Na_2O/CaO x $Zr+Nb+Ce+Y$ (Whalen et al. 1987), o Granito Maloquinha e as vulcânicas de Moraes Almeida diferem consideravelmente dos demais granitos por se situarem na passagem entre os campos dos granitos tipo-I fracionados e dos granitos tipo-A, sugerindo um caráter transicional (Figura 6.7A). Os granitos Jamon, Musa e Redenção mostram comportamento semelhante entre si e plotam no campo dos granitos do tipo-A, porém suas razões K_2O+Na_2O/CaO são inferiores às do Granito Maloquinha e da Formação Moraes Almeida, constituindo-se numa característica distintiva entre essas rochas (Figura 6.7A). As fácies mais evoluídas do Granito Antonio Vicente apresentam razões K_2O+Na_2O/CaO similares às do Granito Maloquinha, porém plotam sempre no campo dos granitos do tipo-A (Figura 6.7A).

Todas as rochas selecionadas para comparação apresentam conteúdos de $Zr+Nb+Ce+Y$ inferiores à composição média dos granitos do tipo-A definida por Whalen et al. (1987). Segundo a classificação de Eby (1992), corresponderiam a granitos do subgrupo A2 originados possivelmente a partir de fontes crustais (Figura 6.7B).

No diagrama Rb x $Y+Nb$ (Pearce et al. 1984), os diferentes granitos plotam predominantemente no campo dos granitos intraplacas (Figura 6.7C). Apenas variedades leucograníticas fortemente fracionadas e empobrecidas em Y e Nb deslocam-se para os campos adjacentes (cf. discussão em Dall'Agnol et al. 1999c).

Os intervalos de temperatura obtidos com base no geotermômetro de saturação em Zr (Watson & Harrison 1983) encontram-se na Figura 6.7D. Os mesmos seriam indicativos das temperaturas próximas do *liquidus* para as diferentes fácies de cada um destes corpos graníticos. Verifica-se que as temperaturas máximas para os diferentes granitóides são muito próximas e situam-se em torno de 855 ± 10 °C, enquanto as temperaturas mínimas variam mais amplamente de 815 a 740 °C. Valores similares foram encontrados experimentalmente para o Granito Jamon (Dall'Agnol et al. 1999d).

Em termos de ETR, os granitos selecionados para comparação apresentam conteúdos e padrões de ETR não inteiramente coincidentes. De modo geral, são enriquecidos relativamente em ETRL, os quais mostram maior fracionamento interno que os ETRP (Figura 6.6). O Granito Antonio Vicente difere um pouco dos demais. É mais enriquecido em ETR e mostra fracionamento mínimo dos ETRP, definindo para estes um padrão subhorizontal característico de granitos estaníferos (Dall'Agnol et al. 1993). Os granitos Jamon e Musa também mostram padrões subhorizontalizados de ETRP (Figura 6.6A, B) e seu fracionamento de ETRP é bem

menos acentuado do que no caso do Granito Maloquinha e Formação Moraes Almeida (Figuras 6.6E, F). As anomalias negativas de Eu são mais acentuadas nos granitos Maloquinha e Antonio Vicente e na Formação Moraes Almeida (Figuras 6.6C, E, F), indicando uma maior participação dos feldspatos entre as fases fracionadas durante a evolução desses magmas.

O estudo comparativo mostrou que o Granito Maloquinha e os riolitos da Formação Moraes Almeida apresentam idade e temperatura de saturação em zircão coincidentes ou similares às dos demais granitos. Em termos geoquímicos, há igualmente semelhanças com os granitos anorogênicos do sudeste do Cráton Amazônico, cuja origem é atribuída à fusão de rochas crustais mais antigas (conforme Dall'Agnol et al. 1994; 1999c). Cabe destacar, entretanto, que não há uma correspondência geoquímica perfeita entre o Granito Maloquinha e os demais, sugerindo possíveis contrastes nas fontes ou nos processos de geração dos magmas dos diferentes granitos. Dados isotópicos de Nd e Pb do Granito Maloquinha são importantes para avançar nesta discussão.

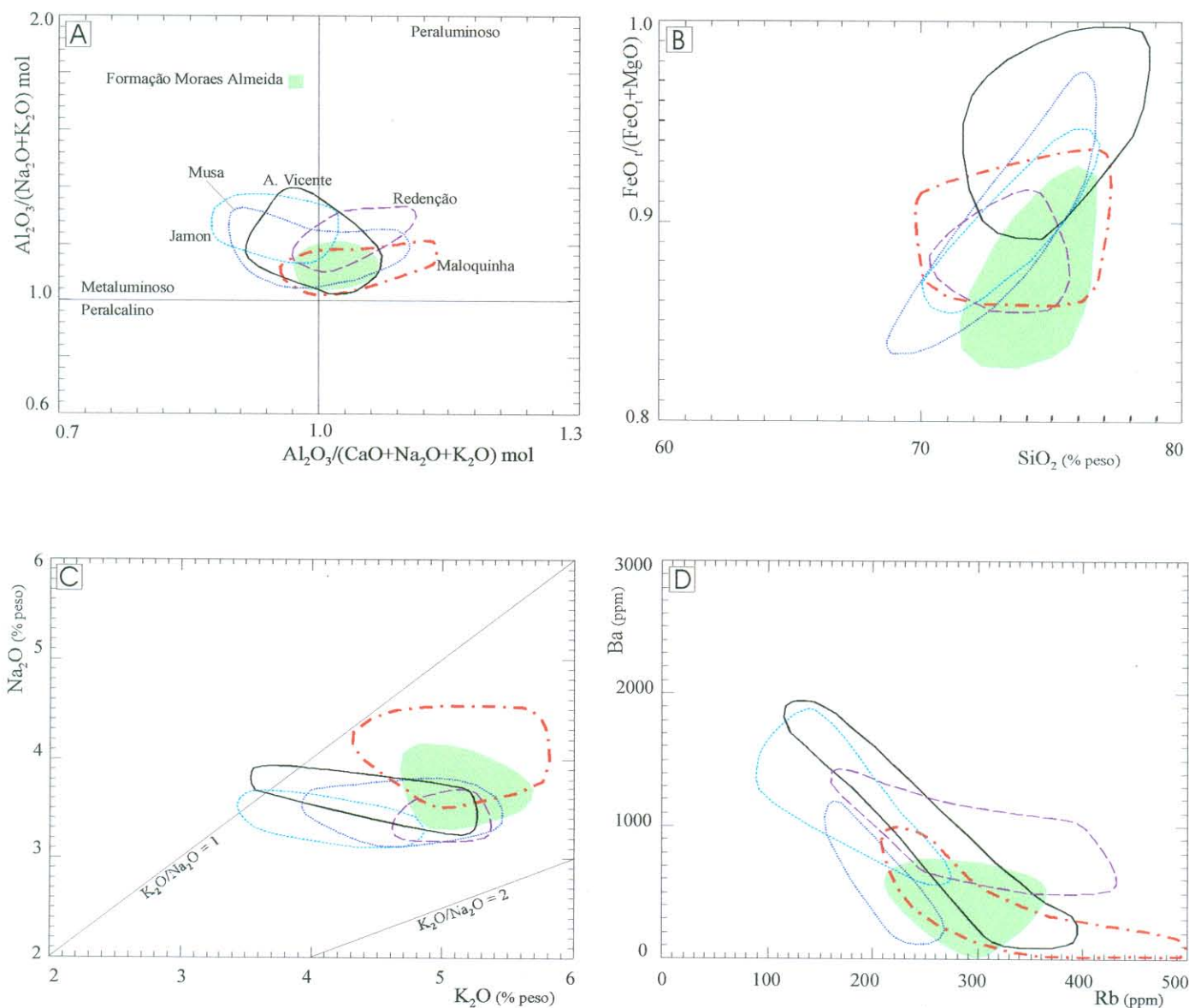


Figura 6.5 - Diagramas geoquímicos comparando os granitos Jamon, Musa, Redenção e Antonio Vicente, sudeste do Crátom Amazônico, com o Granito Maloquinha e Formação Moraes Almeida (ignimbritos e riolitos), Província Aurífera do Tapajós. (A) $Al_2O_3/(Na_2O + K_2O) \times Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O)$; (B) $FeO_t/(FeO_t+MgO) \times SiO_2$; (C) $K_2O \times Na_2O$; (D) Ba $\times$ Rb.

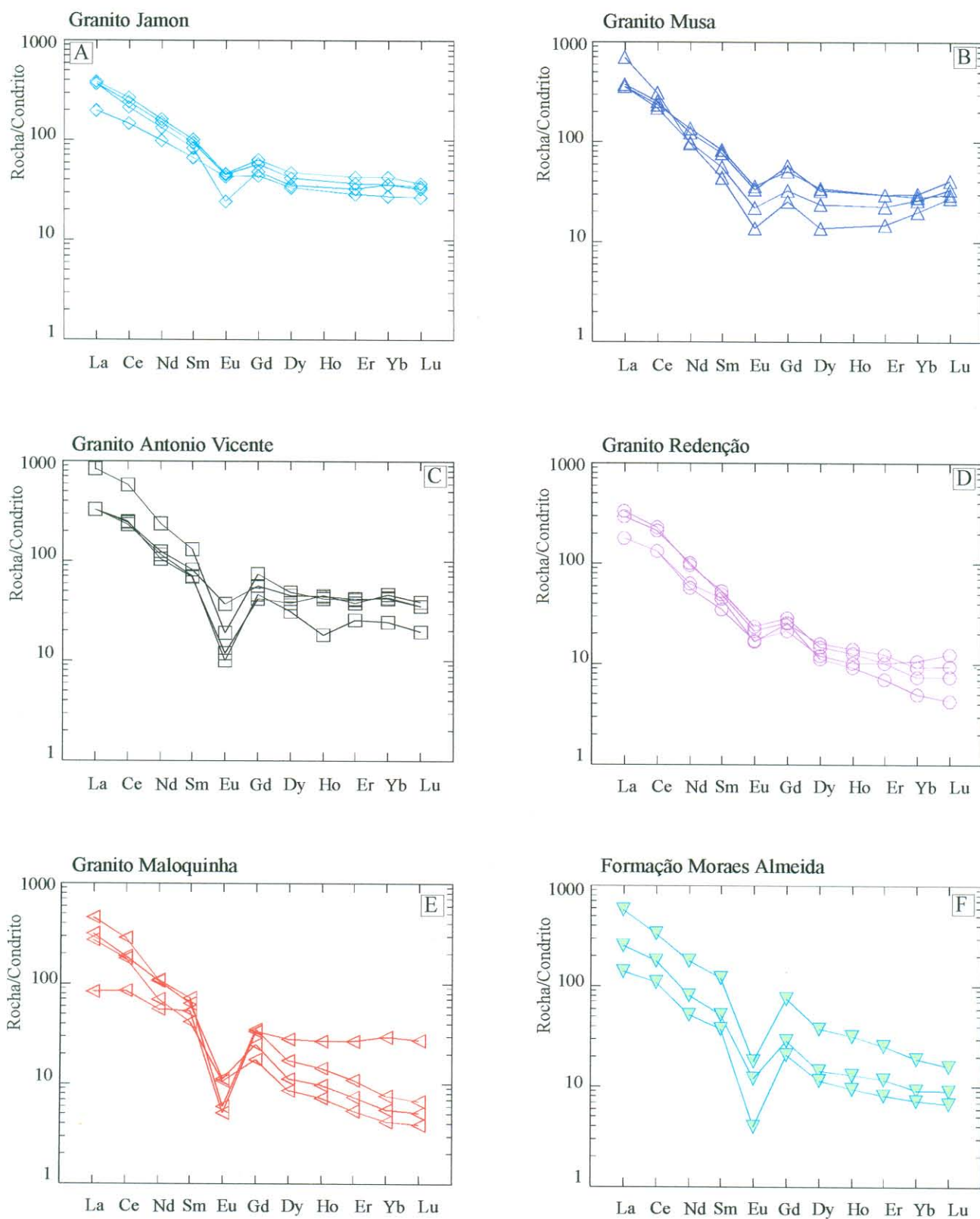


Figura 6.6 - Padrões dos ETR dos granitos Jamon, Musa, Redenção e Antonio Vicente, sudeste do Cráton Amazônico, e do Granito Maloquinha e Formação Moraes Almeida (ignimbritos e riolitos), Província Aurífera do Tapajós. Normalização em relação ao condrito (Evensen et al.1978).

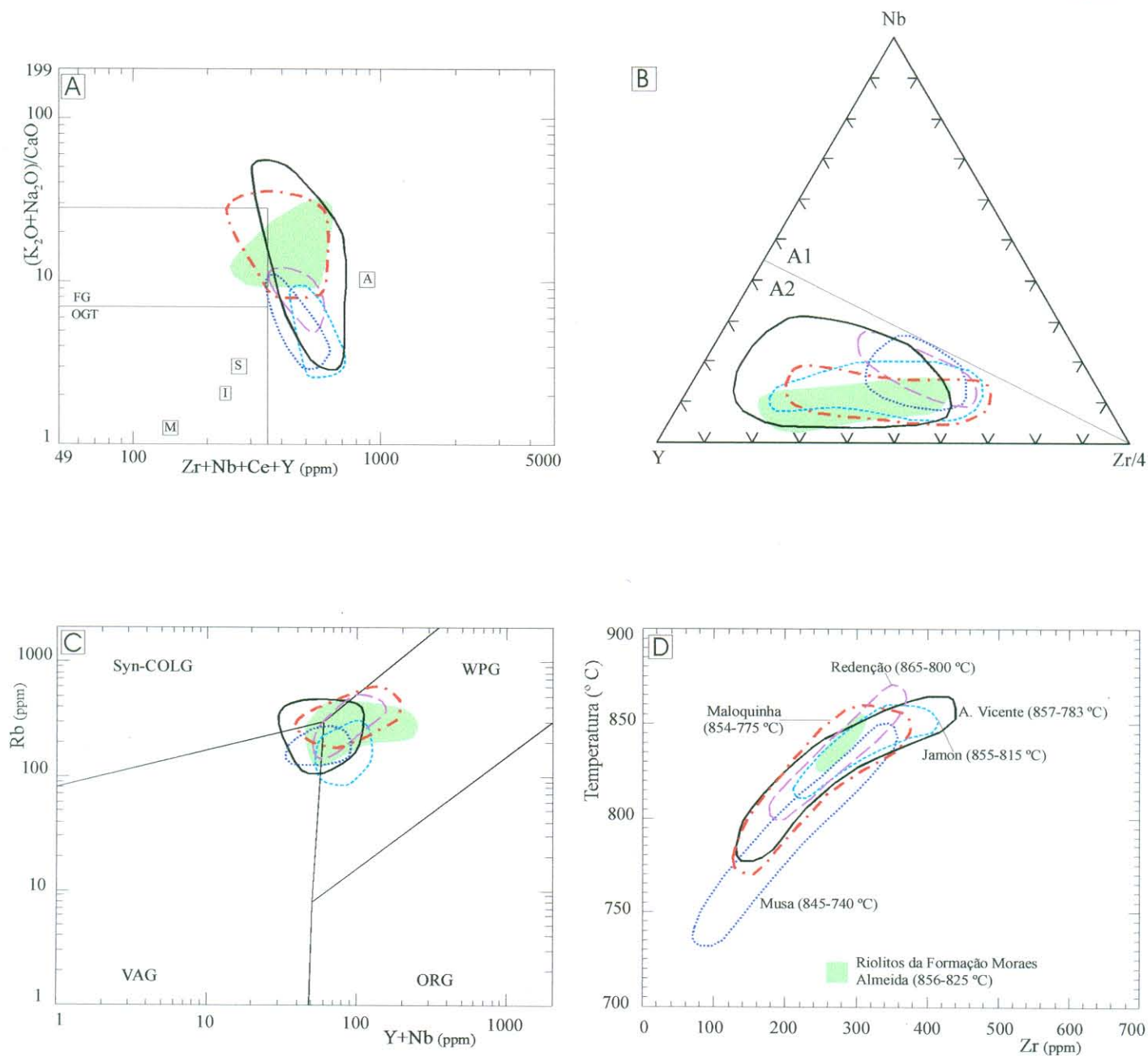


Figura 6.7 - Diagramas (A) K_2O+Na_2O/CaO x $Zr+Nb+Ce+Y$ (Whalen et al. 1987), (B) Nb - Y - Ce (Eby 1992), (C) Rb x $Y+Nb$ (Pearce et al. 1984) e (D) Temperatura ($^{\circ}C$) x Zr (ppm) para os granitos Jamon, Musa, Redenção e Antonio Vicente, sudeste do Cráton Amazônico, e para o Granito Maloquinha e Formação Moraes Almeida (riolitos e ignimbritos, exceto na Figura 6.7D, onde constam apenas os riolitos), Província Aurífera do Tapajós.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região de Vila Riozinho, situada na porção nordeste da Província Aurífera do Tapajós, foi a área escolhida para o estudo das principais unidades geológicas que compõem esta importante província mineral. Através de mapeamento geológico e de estudos petrográficos, geoquímicos, de química mineral e geocronológicos foi possível individualizar e caracterizar diferentes unidades magmáticas paleoproterozóicas, chegando-se às seguintes conclusões:

- A área estudada pode ser dividida nos domínios sul e norte. O domínio sul é constituído pela Formação Vila Riozinho e pelos granitos São Jorge *Antigo* e São Jorge *Jovem*, além de ocorrências localizadas de granitos pórfiros. A Formação Vila Riozinho, formada por andesitos basálticos, traquiandesitos basálticos, traquitos, riolitos, tufos e brechas, é a unidade mais antiga desta região e, provavelmente, a encaixante do Granito São Jorge *Antigo*. Possui idade Pb-Pb em zircão próxima de 2,0 Ga e uma assinatura geoquímica cálcico-alcalina alto-K a shoshonítica. O Granito São Jorge *Antigo* corresponde a um pluton cálcico-alcálico alto-K, composicionalmente zonado, formado por rochas monzodioríticas a quartzo-monzodioríticas, monzograníticas a quartzo-monzoníticas, quartzo-sieníticas e leucomonzograníticas a leucosienograníticas, com idade de cristalização em torno de 1,98 Ga. O Granito São Jorge *Jovem* é o hospedeiro da mineralização aurífera primária. Foi identificado na área do garimpo São Jorge e a sul de Vila Riozinho, ao longo da BR-163. É representado por monzogranitos a quartzo-monzonitos e leucomonzogranitos mineralógica e petrograficamente semelhantes a rochas com igual teor de sílica do Granito São Jorge *Antigo*. Possui afinidade cálcico-alcalina alto-K, porém apresenta feições geoquímicas contrastantes com a deste último, além de idade de cristalização mais jovem (1891 ± 3 Ga).

No domínio norte afloram a Formação Moraes Almeida e os granitos Maloquinha e Jardim do Ouro, além de pequenas ocorrências de granitos pórfiros. A Formação Moraes Almeida é constituída de ignimbritos, riolitos e traquitos, com uma predominância dos primeiros. Os ignimbritos são densamente soldados, ricos em cristais e fragmentos de cristais de quartzo e álcali-feldspato, com plagioclásio subordinado, imersos numa matriz microgranular felsítica contendo *shards* deformadas e recrystalizadas. Correspondem às rochas mais jovens mapeadas,

com idade Pb-Pb em zircão de 1875 ± 4 Ma. Os riolitos são rochas maciças, porfíricas, constituídas por fenocristais de quartzo, álcali-feldspato e, mais raramente, plagioclásio, dispersos numa matriz felsítica fina. Os traquitos ocorrem ao norte de Moraes Almeida e contrastam em feições texturais e composição mineralógica com os ignimbritos e riolitos. Apresentam coloração cinza, textura porfírica e abundantes fenocristais milimétricos de plagioclásio, quartzo, augita, anfibólio e biotita, com raros álcali-feldspatos, numa matriz felsítica fina. Datações Pb-Pb em zircão forneceram idades de 1890 ± 6 Ma para os riolitos e 1881 ± 4 Ma para os traquitos.

O Granito Maloquinha ocorre circundando as rochas vulcânicas da Formação Moraes Almeida. É composto essencialmente por leucosienogranitos, com leucomonzogranitos subordinados, tendo a biotita, geralmente cloritizada, como principal fase máfica. Suas características petrográficas, geoquímicas e idade de cristalização (1880 ± 9 Ma) assemelham-se às dos ignimbritos e riolitos da Formação Moraes Almeida, evidenciando uma forte ligação genética entre essas rochas.

O Granito Jardim do Ouro, estudado apenas parcialmente em sua porção noroeste, é formado por um anfibólio-biotita-monzogranito com idade de cristalização similar a do Granito Maloquinha (1880 ± 3 Ma).

- Os dados de campo, petrográficos, de química mineral e geoquímicos demonstram que existem, pelo menos, dois tipos de granitos pórfiros na região de Vila Riozinho. O primeiro, provavelmente mais velho, ocorre associado ao Granito São Jorge *Antigo* e mostra muitas analogias geoquímicas com os anfibólio-biotita-monzogranitos a quartzo-monzonitos deste corpo, evidenciando uma forte ligação genética entre ambos. O segundo, aflorante no contato entre os ignimbritos da Formação Moraes Almeida e o Granito Maloquinha, ao longo da BR-163, é geoquimicamente distinto dos granitos pórfiros anteriores e mostra muitas afinidades geoquímicas com o Granito Jardim do Ouro e o traquito da Formação Moraes Almeida.

- Todos os granitóides estudados, tanto no domínio norte quanto no sul, possuem conteúdos modais significativos de magnetita, apresentam valores moderados a elevados de suscetibilidade magnética e foram formados em condições relativamente oxidantes, próximo dos tampões NNO e HITMQ (Figueiredo 1999), podendo ser definidos como granitos da série a magnetita (Ishihara

1981). Entretanto, as análises de microsonda realizadas em anfibólios e biotitas demonstram que o Granito Jardim do Ouro e o granito pórfiro situado no contato entre os ignimbritos e o Granito Maloquinha (amostra 18a) formaram-se em condições comparativamente menos oxidantes que os granitos São Jorge *Antigo*, São Jorge *Jovem* e o granito pórfiro associado ao Granito São Jorge *Antigo*.

- Os estudos realizados nas rochas vulcânicas dos domínios norte e sul da região de Vila Riozinho permitiram a identificação e caracterização de duas seqüências vulcânicas com feições petrográficas, geoquímicas e geocronológicas contrastantes, as quais evidenciam eventos magmáticos distintos. Essas seqüências foram denominadas de Formação Vila Riozinho e Formação Moraes Almeida. A Formação Vila Riozinho ocorre associada ao Granito São Jorge *Antigo* e apresenta idade em torno de 2,0 Ga. A Formação Moraes Almeida associa-se ao Granito Maloquinha, possui idade entre 1890 e 1875 Ma e apresenta características geoquímicas similares às de granitos aluminosos do tipo-A. Os teores elevados de K_2O , Na_2O , Ba e Zr das rochas vulcânicas da Formação Vila Riozinho, somados aos padrões de ETR comparativamente similares aos de granitóides cálcico-alcalinos do Nordeste brasileiro e a de basaltos shoshoníticos da Associação Lavras do Sul, sugerem tratar-se de uma formação com características geoquímicas transicionais entre as séries cálcico-alcalina alto-K e shoshonítica ou, alternativamente, que esta formação não é geoquimicamente homogênea e necessita de estudos adicionais para conclusões definitivas quanto à sua filiação geoquímica.

Os traquitos da Formação Moraes Almeida, apesar de possuírem idade semelhante, são mineralógica e composicionalmente distintos dos ignimbritos e riolitos associados. Mostram uma assinatura geoquímica similar, em muitos aspectos, à dos traquitos da Formação Vila Riozinho, diferindo deles, entretanto, por seu maior enriquecimento em terras raras pesadas. Tais dados sugerem a presença de um terceiro evento vulcânico na região de Vila Riozinho. Entretanto, os poucos dados disponíveis não permitem avançar nesta direção e mostram que são necessários estudos adicionais para se chegar a resultados mais conclusivos acerca do vulcanismo Uatumã. Contudo, a identificação na região de Vila Riozinho de duas seqüências vulcânicas paleoproterozóicas composicional e temporalmente distintas não deixa dúvidas de que o Supergrupo Uatumã precisa ser redefinido.

- A Formação Vila Riozinho e o Granito São Jorge *Antigo* são metaluminosos a levemente peraluminosos, plotam no campo dos granitos de arco-vulcânico, mostram razões $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t+\text{MgO})$ variando de 0,6 a 0,9; Ba/Rb entre 1,9 e 25,0; Rb/Sr entre 0,05 e 1,8 e Rb/Zr entre 0,28 a 1,15. O Granito São Jorge *Jovem* e o Granito Jardim do Ouro plotam no limite entre os campos metaluminoso e peraluminoso, possuem razões $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t+\text{MgO})$ similares às das rochas do Granito São Jorge *Antigo* com igual teor de sílica, porém o Granito São Jorge *Jovem* é comparativamente mais rico em Mg. Apresentam razões Ba/Rb variando de 2,6 a 19,4; Rb/Sr entre 0,07 a 1,26 e Rb/Zr entre 0,5 e 1,9. No diagrama Rb x Y+Nb, o Granito Jardim do Ouro se aproxima do campo dos granitos intra-placas, enquanto o Granito São Jorge *Jovem* plota numa área distinta no campo dos granitos de arco vulcânico, com suas rochas mais evoluídas aproximando-se do campo dos granitos sin-colisionais. Os ignimbritos+riolitos da Formação Moraes Almeida e o Granito Maloquinha são predominantemente peraluminosos, ocupam, em sua maioria, o campo dos granitos intra-placas, possuem razões $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t+\text{MgO})$ acima de 0,8; Ba/Rb variando de 0,17 a 4,20; Rb/Sr entre 1,7 e 26,0 e Rb/Zr entre 0,7 e 3,5.

- As pressões de cristalização estimadas para os granitóides da região de Vila Riozinho estudados foram calculadas com base no geobarômetro do Al na hornblenda. A pressão máxima encontrada foi de 6 ± 1 kbar, obtida nas Mg-hastingsitas e tchermakitas das rochas dioríticas do Granito São Jorge *Antigo*. Pressões variando de 3,2 a 1,2 kbar e 1,7 a 1,0 kbar foram registradas, respectivamente, nas hornblenda magnesianas das fácies ABMZG a ABQM e ABQS deste mesmo granito. O granito pórfiro (59) associado a este corpo possui anfibólios com conteúdos de Al_t que se superpõem ao dos ABMZG a ABQM, sugerindo níveis similares de colocação e reforçando a hipótese de uma provável ligação genética entre ambos. O Granito São Jorge *Jovem* apresentou pressões em hornblenda magnesiana entre 2 e 1 kbar. Entretanto, a ocorrência considerável neste granito de anfibólios com composição actinolítica sugere a possibilidade de reequilíbrio *subsolidus* e tal valor deve ser tomado com cautela. O Granito Jardim do Ouro e o granito pórfiro (18a) associado aos ignimbritos e ao Granito Maloquinha teriam cristalizado a pressões, respectivamente, de 4,5 a 3,0 kbar e 2,7 a 1,0 kbar. Porém, como os anfibólios desses granitos são muito mais ricos em Fe do que os demais e formaram-se em $f\text{O}_2$ mais baixa, é possível que seus conteúdos de Al_t tenham sido afetados, acarretando um aumento aparente da pressão.

- Com base no geotermômetro de saturação do zircão foram estimadas as temperaturas do *liquidus* para as diferentes rochas estudadas. O Granito São Jorge *Antigo* apresentou temperaturas de saturação em zircão entre 845 e 800 °C e os granitos pórfiros associados (59 e 67c) entre 815 e 800 °C. O Granito São Jorge *Jovem* acusou intervalos de temperaturas comparativamente mais baixos para o *liquidus*, entre 800 e 750 °C. Traquitos e riolitos da Formação Vila Riozinho forneceram temperaturas de saturação em zircão um pouco mais elevadas e coincidentes com aquelas do Granito São Jorge *Antigo*, variando de 880 a 820 °C. O Granito Maloquinha e os riolitos da Formação Moraes Almeida apresentaram, por sua vez, temperaturas compreendidas, respectivamente, entre 854 e 775 °C e 856 e 825 °C. O Granito pórfiro 18a acusou temperatura de saturação em zircão de 876 °C e o Granito Jardim do Ouro de 795 °C.

- As idades obtidas nas diferentes unidades magmáticas da região de Vila Riozinho definem dois importantes períodos de intensa atividade magmática. O primeiro, representado pela Formação Vila Riozinho e pelo Granito São Jorge *Antigo*, situa-se no intervalo de tempo entre 2,01 e 1,97 Ga. O segundo, formado pelos granitos São Jorge *Jovem*, Maloquinha, Jardim do Ouro e pela Formação Moraes Almeida, está compreendido entre 1,90 e 1,87 Ga. Tais períodos são observados também em rochas vulcânicas e plutônicas de outras regiões da Província Aurífera do Tapajós. Magmas cálcico-alcalinos alto-K geralmente estão associados com processos de subducção ou, alternativamente, podem derivar da fusão parcial na crosta de rochas máficas a intermediárias cálcico-alcalinas ou cálcico-alcalinas alto-K, em ambiente intracontinental. As idades modelo Sm-Nd paleoproterozóicas e a grande ocorrência de depósitos de ouro na Província Aurífera do Tapajós, geralmente associados com seqüências cálcico-alcalinas, apontam para um ambiente de subducção para, pelo menos, parte desta província. Admitindo-se um ambiente tectônico relacionado à subducção para os dois grandes eventos magmáticos mencionados acima, seria necessário admitir um *gap* de aproximadamente 70 Ma sem atividade magmática significativa. Outra questão importante refere-se às diferentes séries magmáticas geradas a 1,88 Ga na região de Vila Riozinho, implicando processos ou fontes diferentes para a gênese desses magmas.

A região de Vila Riozinho pode, numa segunda hipótese, representar uma zona limite entre os domínios orogênico e intracontinental. Neste contexto, um modelo para explicar a sua evolução envolveria um magmatismo cálcico-alcalino relacionado à subducção no período de

2,01 a 1,97 Ga, seguido por um período de magmatismo intracontinental relacionado a um grande evento magmático que se deu em 1,88 Ga, muito bem registrado em todo o Cráton Amazônico. O magmatismo cálcico-alcálico alto-K mais novo, do tipo Granito São Jorge *Jovem*, poderia estar associado aos processos tardios de subducção ou, alternativamente, fazer parte de uma evolução tectônica intracontinental. Neste modelo, o Granito Maloquinha e a Formação Moraes Almeida corresponderiam a magmas derivados da fusão parcial de rochas crustais antigas. Análises Sm-Nd das unidades estudadas na região de Vila Riozinho, atualmente em andamento, se fazem necessárias para confirmar ou não as hipóteses sugeridas acima e permitir aprofundar o entendimento da evolução desta região e do Cráton Amazônico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-RAHMAN, A. M. 1994. Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas. *J. Petrol.*, **35** (2): 525-541.
- ALMEIDA, C. A. S.; COLLYER, T. A.; PEREIRA, J. L.; SEABRA, A. S.; SERFATY, S. 1980. *Projeto Santarém-Cachimbo*. Pesquisa Mineral. Relatório final de semi-detálhe. Belém. IDESP/SUDAM. v.1. 464 p.
- ALMEIDA, M. E.; FERREIRA, A. L.; BRITO, M. F. L.; MONTEIRO, M. A. S. 1999. Proposta de evolução tectono-estrutural para a região do alto-médio curso do rio Tapajós (estados do Pará e Amazonas). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, Manaus (AM). *Boletim de resumos expandidos*. SBG, p. 297-300.
- ALMEIDA, M. E.; FRAGA, L. M. B.; MACAMBIRA, M. J. B. 1997. New geochronological data of calc-alkaline granitoids of Roraima State, Brazil. In: SOUTH-AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, Campos do Jordão-SP. *Extended Abstracts*. p. 34-37.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. 1981. Brazilian Structural Provinces: an introduction. *Earth Sci. Rev.*, **17**: 1-29.
- ALMEIDA, F. F. M.; NEVES, B. B.; CARNEIRO, C. D. R. 2000. The origin and evolution of the South American Platform. *Earth-Science Reviews*, **50**, 77-111.
- AMARAL, G. 1974. *Geologia Pré-Cambriana da região Amazônica*. São Paulo: Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 212 p. (Tese de livre docência).
- ANDERSON, J. L. 1996. Status of thermobarometry in granitic batholiths. *Transactions of the Royal Society of Edinburg: Earth Sciences*. **87**: 125-138.
- ANDERSON, J. L. & BENDER, E. E. 1989. Nature and origin of Proterozoic A-Type granitic magmatism in the southwestern United States of America. In: R. Gorbatshev (ed), *Proterozoic Geochemistry. Lithos*, **23** (1/2): 19-52.
- ANDERSON, J. L. & SMITH, D. R. 1995. The effects of temperature and CO₂ on the Al-in-hornblende barometer. *Am. Mineral.*, **80**: 549-559.
- ANDRADE, A. F.; MOREIRA, H. L.; OLIVEIRA, J. R.; LOPES, R. C.; NEVES, S. A. V. 1978. *Projeto Tapajós-Sucunduri*. In: Brasil. Ministério das Minas e Energia. DNPM/CPRM. 3v (Relatório de integração geológica).

- ARAUJO NETO, H. & MOREIRA, H. L. – 1976. *Projeto Estanho do Abonari*. Manaus, DNPM/CPRM. 2v. (Relatório final).
- BARBARIN, B. 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos*, **46**: 605-626.
- BARBARIN, B. & DIDIER, J. 1991. Macroscopic features of mafic microgranular enclaves. In: J. Didier and B. Barbarin (eds.). *Enclaves and Granite Petrology*, Amsterdam, Elsevier, p. 253-262.
- BARBOSA, A. A.; LAFON, J. M.; NEVES, A. P.; VALE, A. G. 1995. Geocronologia Rb-Sr e Pb-Pb do Granito Redenção, SE do Pará: Implicações para a evolução do magmatismo proterozóico da região de Redenção. *Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi*, sér. Ciências da Terra **7**, 147-164.
- BARKER, D. S. 1970. Compositions of granophyre, myrmekite, and graphyc granite. *Geological Society of America Bulletin*. **81**: 3339-3350.
- BARRIÈRE, M. & COTTEN, J. 1979. Biotites and Associated Minerals as Markers of Magmatic Fractionation and Deuteric Equilibration in Granites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **70**: 183-192.
- BIZINELLA, G. A.; SANTIAGO, A. F.; MELO, A. F. F.; SANTOS, A.; BORGES, F. R.; GODOY, H. K.; YAMAGUTI H, S.; OLIVEIRA, J. R.; CARMONA, J. R. M.; D'ANTONA, R. J. G.; OLIVEIRA, R. L. 1980. *Projeto Tapajós-Sucundurí*. Manaus. DNPM/CPRM. 8v. (Relatório final).
- BLEVIN, P.L. & CHAPPELL, B.W. 1995. Chemistry, origin, and evolution of mineralized granites in the Lachlan Fold Belt, Australia: the metallogeny of I- and S-type granites. *Economic Geol.*, **90**: 1604-1619.
- BLUNDY, J. D. & HOLLAND, T. J. B. 1990. Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. *Contr. Mineral. Petrol.*, **104**: 208-224.
- BONIN, B. 1990. From orogenic to anorogenic settings: evolution of granitoid suites after a major orogenesis. *Geological J.*, **25**: 261-270.
- BOSMA, W.; KROONENBERG, S. B.; MASS, K.; De ROEVER, E. W. F. 1983. Igneous and metamorphic complexes of the Guiana Shield in Surinam. *Geol. Mijnbouw*, **62**: 241-254.

- BRITO M. F.; ALMEIDA, M. E.; MACAMBIRA, M. J. B. 1999. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age of Calc-Alkaline Rapakivi Granite in Tapajós Gold Province, Amazon Craton-Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 2nd., p. 40-43.
- BRITO NEVES, B. B. 1999. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. *Rev. Bras. Geoc.*, **29**: 379-392
- BROWN, W. L. & PARSONS, I. 1994. Feldspar in Igneous Rocks. In: PARSONS, I. (Ed). *Feldspars and their reactions*, Kluwer Academic Publ. p. 449-499.
- BROWN, G. C.; THORPE, R. S.; WEBB, P. C. 1984. The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and comments on magma sources. *J. Geol. Soc. London*. **141**, 413-426.
- CAS, R. A. F. & WRIGHT, J. V. 1987. *Volcanic sucessions: modern and ancient. A geological approach to processes, products and sucessions*. London: Allen e Unwin. 528 p.
- CHAPPELL, B. W. 1996. Magma mixing and the production of compositional variation within granite suites: evidence from the granites of southeastern Australia. *Journal of Petrology*, **37**: 449-470.
- CHAPPEL, B. & WHITE, A. J. R. 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geol.*, **8**: 173-174.
- CHAPPELL, B. W. & WHITE, A. J. R. 1992. I and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. *Trans. Royal Soc. Edinburgh: Earth Sci.*, **83**: 1-26.
- CHAPPELL, B. W.; WHITE, A. J. R.; WILLIAMS, I. S.; WYBORN, D.; WYBORN, L. A. I. 2000. Lachlan Fold Belt granites revisited: high-and low-temperature granites and their implications. *Australian J. of Earth Sci.*, **47**: 123-138.
- CHAPPELL, B. W.; WHITE, A. J. R.; WYBORN, D. 1987. The importance of residual source material (restite) in granite petrogenesis. *J. Petrol.*, **28**: 1111-1138.
- CHAYES, F. 1956. *Petrografic modal analysis: an elementary statistical appraisal*. New York, John Wiley e Sons. 113 p.

- CHIVAS, A. R. 1981. Geochemical Evidence for Magmatic Fluids in Porphyry Copper Mineralization. Part I. Mafic Silicates from Koloula Igneous Complex. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **78**: 389-403.
- CLEMENS, J. D. 1999. Origins of High-K Granitic Magmas: constraints from experimental petrology. In: HUTTON SYMPOSIUM, 4th, France, p. 49.
- CORDANI, U. G. & BRITO NEVES, B. B. 1982. The geologic evolution of South America during the Archean and early Proterozoic. *Rev. Bras. Geoc.*, **12**: 78-88.
- CORDANI, U.G. & SATO, K. 1999. Crustal evolution of the South American Platform, based on Nd isotopic systematics on granitoid rocks. *Episodes*, **22**: 67-173.
- COSCA, M. A.; ESSENE, E. J.; BOWMAN, J. R. 1991. Complete chemical analysis of metamorphic hornblendes: implications for normalizations, calculated H₂O activities, and thermobarometry. *Contr. Mineral. Petrol.*, **8**: 472-484.
- COSTA J. A. V. 1999. *Tectônica da região nordeste do Estado de Roraima*. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 315 p. (Tese de Doutorado).
- COSTA, J. B. S. & HASUI, Y. 1997. Evolução Geológica da Amazônia. In: COSTA, M. L.; ANGÉLICA, R. S. 1997. *Contribuições à Geologia da Amazônia*. Belém: FINEP/SBG-Núcleo Norte. p. 15-90.
- COSTI, H. T.; DALL'AGNOL, R.; MOURA, C. A. V. 2000. Geology and Pb-Pb geochronology of Paleoproterozoic volcanic and granitic rocks of Pitinga Province, Amazonian Craton, northern Brazil. *Int. Geol. Rev.*, **42**: 832-849.
- COUTINHO, M. G. N.; LIVERTON, T.; SOUZA, E. C. 1997. Granitic magmatism and related gold mineralization in Tapajós Mineral Province, Amazonian area, Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS, ISGAM-2. Salvador. *Extended abstracts and Program*. p. 176-179.
- COUTINHO, M. G. N.; SANTOS, J. O. S.; FALLICK, A. E.; LAFON, J. M. 2000. Orogenic gold deposits in Tapajós Mineral Province, Amazon, Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31 st, Rio de Janeiro (RJ). *Abstracts volume*. CD-ROM.

- CURRIE K. L. 1997. A revised computer program for amphibole classification. *Canadian Mineral.*, **35**: 1351-1352.
- DALL'AGNOL, R. 1980. *Etudes sur des granites du type "Rondonian" en Amazonie Orientale et leurs transformations tardi-magmatiques*. Universidade Paul Sabatier, Tolouse, França. 348 p. (Tese de Doutorado).
- DALL'AGNOL, R. 1982. Maciço Jamon: evolução petrológica de um granito da Amazônia Oriental. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1, Belém. *Anais...* Belém: SBG. v.2, p.139-161.
- DALL'AGNOL, R.; BETTENCOURT, J. S.; JORGE JOÃO, X. S.; MEDEIROS, H.; COSTI, H. T.; MACAMBIRA, M. J. B. 1987. Granitogenesis in the Northern Brazilian Region: A review. *Rev. Bras. Geoc.*, **17**: 382-403.
- DALL'AGNOL, R.; COSTI, H. T.; LEITE, A. A. S.; MAGALHÃES, M. S.; TEIXEIRA, N. P. 1999. Rapakivi Granites from Brazil and Adjacent Areas. *Precambrian Res.*, **95**:9-39.
- DALL'AGNOL, R.; JORGE JOÃO, X. S.; COSTI H, T. 1992. Novos dados Geoquímicos sobre os granitóide cálcico-alcálinos Água Branca: implicações em termos da evolução do Cráton Amazônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBG. p. 340-341.
- DALL'AGNOL, R.; LAFON, J. M.; FRAGA, L. M.; SCANDOLARA, J. E.; BARROS, C. E. M. 2000. The Precambrian Evolution of the Amazonian Craton. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31 st, Rio de Janeiro. *Abstracts volume*. CD-ROM.
- DALL'AGNOL, R.; LAFON, J. M.; MACAMBIRA, M. J. B. 1994. Proterozoic anorogenic magmatism in the Central Amazonian Province, Amazonian Craton: geochronological, petrological and geochemical aspects. *Mineral. Petrol.*, **50** (1/3): 113-138.
- DALL'AGNOL, R.; PICHAVANT, M.; CHAMPENOIS, M. 1997. Iron-titanium oxides minerals of the Jamon granite, eastern Amazonian region, Brazil: implications for the oxygen fugacity in Proterozoic A-Type Granites. *An. Acad. Bras. Ciênc.* **69** (3): 325-347.

- DALL'AGNOL, R.; RAMO, O. T.; MAGALHÃES, M. S.; MACAMBIRA, M. J. B. 1999. Petrology of the anorogenic, oxidised Jamon and Musa granites, Amazonian Craton: implications for the genesis of Proterozoic A-type granites. *Lithos*, 46: 431-462.
- DALL'AGNOL, R.; SCHUKMANN, W. K.; BASEI, M. A. S.; SCHELLER, T. 1984. Novos dados geocronológicos e estudo de elementos traços de maciços graníticos anorogênicos da Amazônia Oriental, estado do Pará (Brasil). In: SIMP. AMAZ ,2º, Manaus. *Atas*. Manaus. MMc-DNPM, p. 59-74.
- DALL'AGNOL, R.; SAUCK, W. A.; GONÇALES, M. G. B. 1988. Suscetibilidade magnética em granitóides da Amazônia: um estudo preliminar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém. *Anais*. Belém. SBG. p. 1164-1173
- DALL'AGNOL, R.; SCAILLET, B.; PICHAVANT, M. 1999. An Experimental study of a lower Proterozoic A-type granite from the eastern Amazonian Craton, Brazil. *Journal of Petrology*, 40 (11): 1673-1698
- DALL'AGNOL, R. & SILVA, C. M. G. 1991. Os Riолitos com fayalita e clynopiroxênio da região do Baixo Rio Jamanxim: dados preliminares. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3. Belém. *Anais*. Belém. SBG. p. 603.
- DALL'AGNOL, R.; SILVA, C. M. G.; SCHELLER, T. 1999. Fayalite-hedembergite rhyolites of the Iriri Formation, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton: Implications for the Uatumã volcanism. In: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 1, Gramado, *Boletim de resumos*. Gramado. p. 31.
- DALL'AGNOL, R.; TEIXEIRA, N. P.; BETTENCOURT, J. S.; RAMO, O. T.; MOURA, C. A. V.; MACAMBIRA, M. M. J. B. 2001. The Paleoproterozoic, anorogenic, A-type granites of the Archean Carajás Province: Tectonic setting, petrogenesis and implications for the Amazonian Craton evolution. In: *Geology of the SW Amazonian Craton: State-of-the-Art*. Workshop. São Paulo (SP). v.1, p. 92-95.
- DALL'AGNOL, R., TEIXEIRA, N. P.; MAGALHÃES, M. S. 1993. Diagnostic features of the Tin-specialized anorogenic granites of the Eastern Amazonian Region. In: *Anais Acad. Bras. Cienc.*, v. 65 (1), p.33-50.

- DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. 1992. *Rock-forming minerals*. London, 2^a Ed. Longmans (eds.). 696 p.
- DELOR, C.; FARACO, M.T.; FRAGA, L.M.; LAFON, J-M.; DE ROEVER, E.; ROSSI, Ph.; VIDAL, M. 2000. Synthesis of the North Amazonian Precambrian Shield (SYNAPS) and trans-atlantic correlations: A geological framework for the analysis of Precambrian crustal growth. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, Rio de Janeiro. *Abstracts volume*. Rio de Janeiro: CPRM; SBG. CD-ROM.
- DIDIER, J. 1987. Contribution of enclaves studies to the understanding of origin and evolution of granitic magmas. *Geol. Rundschau*, **76/1**: 41-50.
- DIDIER, J. & BARBARIN, B. 1991. *Enclaves and Granite Petrology*. New York. Elsevier Sci. Publ. 624 p.
- DREHER, A. M.; VLACH, S. R. F.; MARTINI, E. S. L. 1998. Adularia associated with epithermal gold veins in the Tapajós Mineral Province, Pará state, northern Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, **28**: 397-404.
- DYMEK, R. F. 1983. Titanium, aluminium and interlayer cation substitutions in biotite from high-grade gnaisses, West Greenland. *Amer. Mineral.*, **68**: 880-899.
- EBY, G. N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications. *Geology*, **20**:641-644.
- EVENSEN, N. M.; HAMILTON, P. J.; O'NIONS, R. K. 1978. Rare-earth abundances in chondritic meteorites. *Geoch. et Cosmoch. Acta.*, **42**: 1199-1212.
- FARACO, M. T. L.; CARVALHO, J. M.; KLEIN, E. L. 1996. *Carta Metalogenética da Província Aurífera do Tapajós*. Belém. CPRM. 13 p. (Nota explicativa).
- FARACO, M. T. L.; CARVALHO, J. M. A.; KLEIN, E. L. 1997. Carta Metalogenética da Província Aurífera do Tapajós. In: COSTA, M. L.; ANGÉLICA, R. S. (eds). *Contribuições à Geologia da Amazônia*. Belém: FINEP, SBG-NO. p. 423-437.
- FIGUEIREDO, M. A. B. M. 1999. *Minerais óxidos de Fe e Ti e Suscetibilidade Magnética em vulcânicas e granitóides Proterozóicos de Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós*. Belém (PA). Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 171p.(Tese de Mestrado).

- FOSTER, M. D. 1960. Interpretation of the composition of trioctahedral micas. *U. S. Geol. Surv.*, Prof. Paper, **354-B**, 1-49.
- FRAGA, L. M. B. & HADDAD, R. C. 1999. Granitos tipo-A na porção norte de Roraima- Aspectos petrográficos e Geoquímicos da Suíte Intrusiva Saracura. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, Manaus. *Boletim de resumo expandidos*. Manaus: SBG. p. 527-530.
- FRAGA, L. M. B.; HADDAD, R. C.; REIS, N. J. 1997. Aspectos geoquímicos das rochas granitóides da Suíte Intrusiva Pedra Pintada, norte do Estado de Roraima. *Rev. Bras. Geoc.*, **27** (1): 3-12.
- FRAGA, L. M. B.; REIS, N. J.; ARAUJO, R. V.; HADDAD, R. C. 1996. Suíte Intrusiva Pedra Pintada – Um registro do magmatismo pós-colisional no Estado de Roraima. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5, Belém. *Boletim de resumos expandidos*. Belém: SBG, p. 76-78.
- FROST, R. B. 1991. Introduction to oxygen fugacity and its petrologic importance. In: LINDSLEY, D. H. (ed.). *Oxide minerals: petrologic and magnetic significance*. p. 1-9.
- FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M.; MACHADO, N.; DAOUD, W. E. 1993. Idade U/Pb do Granito Madeira. Pitinga (AM). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, Brasília. *Anais...* Brasília: SBG. p. 246-248.
- GASTAL, M. C. P. 1987. *Maciço Granítico Musa: Mapeamento, Petrologia e Petroquímica, Rio Maria, SE do Pará*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 306 p. (Tese de Mestrado).
- GAUDETTE, H. E.; LAFON, J. M.; MACAMBIRA, M. J. B.; MOURA, C. A. V.; SCHELLER, T. 1998. Comparison of single filament Pb evaporation/ionization zircon ages with conventional U-Pb results: examples from the Precambrian of Brazil. *J. South. Amer. Earth Sci.*, **11**: 351-363.

- GAUDETTE, H. E.; LAFON, J. M.; MOURA, C. A. V.; SCHELLER, T. 1993. Datação de monocristais de zircão por evaporação de Pb no Laboratório de Geologia Isotópica-UFPA; metodologia e primeiros resultados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, Brasília. *Anais...*Brasília: SBG. p. 236-237.
- GEOMITEC. Geologia e Mineração, Trabalhos Técnicos Ltda. 1977. *Projeto Tapajós-Maués: geologia básica, prospecção geoquímica e por concentrado de batéia na região Tapajós-Maués*. Belém. SUDAM. 1v.
- GIBBS, A. K. & BARRON, C. N. 1983. The Guiana Shield reviewed. *Episodes*, 2: 7-14.
- GROVES, D. I.; GOLDFAR, R. J.; GEBRE-MARIAM, M.; HEGEMANN, S. G.; ROBERT, F. 1998. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geol. Rev.*, **13**: 7-27.
- GRUAU, G.; MARTIN, H.; LEVEQUE, B.; CAPODEVILLA, R. 1985. Rb-Sr and Sm-Nd geochronology of Lower Proterozoic granite-greenstone terrains in French Guyana, South America. *Precambrian Res.* **30**:63-80.
- HADDAD, R. C.; REIS, N. J.; FARIA, M. S.; FRAGA, L. M.B. 1999. Caracterização faciológica preliminar dos granitóides e rochas vulcânicas da porção nor-nordeste de Roraima. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, Manaus. *Boletim de resumos expandidos*. Manaus: SBG, p. 523-526.
- HALL, A. 1987. *Igneous Petrology*. Longman, London. p. 160-161.
- HAMMARSTRON, J. M. & ZEN, E. A. 1986. Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer. *Am. Mineral.*, **71**: 1297-1313.
- HANSON, G. N. 1978. The application of trace elements to the petrogenesis of igneous rocks of granitic composition. *Earth and Plan. Sci. Lett.*, **38**: 26-43.
- HANSON, G. N. 1989. An approach to trace element modeling using a simple igneous system as an example. In: Lipin, B. R., McKay, G. A. (eds.), *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements. Reviews in Mineralogy*, **21**: 79-97.
- HARRISON, T. M. & WATSON, E. B. 1984. The behaviour of apatite during crustal anatexis: Equilibrium and kinetic considerations. *Geochim. Cosmochim. Acta*. **48**: 1467-1477.

- HASUI, Y. & ALMEIDA, F. F. M. 1985. The Central Brazil Shield Reviewd. *Episodes*, **8**:29-37
- HASUI, Y.; HARALYI, N. L. E.; COSTA, J. B. S. 1993. Megaestruturação Pré-Cambriana do território brasileiro baseada em dados geofísicos e geológicos. *Geociências*, **12** (1): 7-31.
- HASUI, Y.; HARALYI, N. L. E.; SCHOBENHAUS, C. 1984. Elementos Geofísicos e Geológicos da Região Amazônica: subsídios para o modelo geodinâmico. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, Belém. *Anais...*Belém: DNPM. p.129-147.
- HEINRICH, E. W. 1965. *Microscopic Identification of Minerals*. McGraw-Hill Book Co., New York, 414 p.
- HIBBARD, M. J. 1995. *Petrography to Petrogenesis*. Prentice-Hall. Inc. New Jersey, USA. 587 p.
- HOLLISTER, L. S.; GRISSON, G. C.; PETERS, E. K.; STOWELL, H. H.; SISSON, V. B. 1987. Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. *Am. Mineral.*, **72**: 231-239.
- HORBE, M. A.; HORBE, A. C.; COSTI, H. T.; TEIXEIRA, J. T. 1991. Geochemical characteristics of cryolite-tin bearing granites from the Pitinga Mine, northwestern Brazil: a review. In: A. W. Rose and P. M. Taufer (Eds), Geochemical Exploration, 1989. *J. Geochm. Explor.*, **40**: 227-249.
- HUPPERT, H. E. & SPARKS, R. S. J. 1988. The Generation of Granitic Magmas by Intrusion of Basalt into Continental Crust. *Journal of Petrology*, **29**: 599-624.
- HUTCHISON, C. S. 1974. *Laboratory handbook of petrography techniques*. London. John Wiley e Sons. 527 p.
- IRVINE, T.N. & BARAGAR, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, **8**: 523-546.
- ISHIHARA, S. 1981. The granitoid series and mineralization. *Econ. Geol.*, 75th Anniv. Vol., p. 458-484
- JACOBI, P. 1999. The discovery of epithermal Au-Cu-Mo Proterozoic deposits in the Tapajós Province, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, **29**:277-279.

- JOHANNES, W. & HOLTZ, F. 1996. *Petrogenesis and Experimental Petrology of Granitic Rocks*. Springer. Berlim. 335 p.
- JOHNSON, M. C. & RUTHERFORD, M. J. 1989. Experimental calibration of the aluminium-in-hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera (California) volcanic rocks. *Geology*, **17**:837-841.
- JORGE JOÃO, X. S.; SANTOS, C. A. R.; PROVOST, A. 1985. Magmatismo Adamelítico Água Branca. (Folha Rio Mapuera. NW do Estado do Pará). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, Belém. *Anais...Belém*: SBG. v.2, p. 73-92
- JULIANI, P.; NUNES, C. M. D.; BETTENCOURT, J. S.; SILVA, R. M. C.; MONTEIRO, L. V. S. M.; NEUMANN, R.; ALCOVER NETO, A.; RYE, E. O. 2000. Early Proterozoic volcanic-hosted quartz-allunitite epithermal deposit in the Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil. In: *GSA Annual Meeting*, Reno, Nevada, A-49.
- KERR, P. 1959. *Optical Mineralogy*. McGraw-Hill Book Co., New York, 3^a ed., 492 p.
- KING, P.L.; WHITE, A.J.R.; CHAPPELL, B.W.; ALLEN, C.M. 1997. Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia. *Journal of Petrol.*, **38**: 371-391.
- KLEIN, E. L.; SANTOS R. A.; FUZIKAWA, K.; ANGÉLICA, R. S. 2001. Hydrothermal fluid evolution and structural control of the Guarim mineralization, Tapajós Province, Amazonian Craton, Brazil. *Miner. Depos.*(no prelo).
- KLEIN, E. L. & VASQUEZ, M. L. 2000. *Projeto especial Província Mineral do Tapajós. Geologia e recursos minerais da Folha Vila Riozinho (SB.21-Z-A,. Estado do Pará. Escala 1:250.000. CPRM. (Nota explicativa, em CD-Rom).*
- KLEIN, E. L.; VASQUEZ, M. L.; SANTOS R. A.; COSTA L. T. R. 1999. Geologia e controle estrutural das mineralizações auríferas na Folha Vila Riozinho e NW da Folha Rio Novo, Província Tapajós. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, Manaus. *Boletim de resumo expandidos*, Manaus: SBG. p. 128-131.

- KLEIN, E. L.; VASQUEZ, M. L.; SANTOS, A.; MARTINS, R. C. 1997. Structural elements of the Maloquinha Intrusive Suite in the Tapajós Mineral Province, northern Brazil, and the emplacement of the plutons. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS, 2, Salvador. *Extended abstracts*. Salvador. p. 313-314.
- KOBER, B. 1986. Whole-grain evaporation for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -age-investigations on single zircons using a double-filament thermal ion source. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **93**: 482-490.
- KOBER, B. 1987. Single grain evaporation combined with Pb^+ emitter bedding for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ investigations using thermal ion mass spectrometry, and implications for zirconology. *Contrib. Min. Petrol.*, **96**: 63-71.
- LAFON, J.M.; AVELAR, V.G.; ROSSI, P.; DELOR, C.; GUERROT, C.; PIDGEON, R.T. 2000. Geochronological evidence for reworked Neoproterozoic crust during Transamazonian Orogeny (2.1 Ga) in the southeastern Guiana Shield. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, Rio de Janeiro. *Abstracts volume*. Rio de Janeiro. CD-ROM.
- LAFON, J. M.; ROSSI, P.; DELOR, C.; AVELAR, V. G.; FARACO, M. T. L. 1998. Novas testemunhas de relíquias arqueanas na crosta continental paleoproterozóica da província Maroni-Itacaiunas (sudeste do Escudo das Guianas). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 60, Belo Horizonte. *Anais...Belo Horizonte*: SBG. p. 64.
- LAMARÃO, C. N. L.; DALL'AGNOL, R.; LAFON, J. M.; LIMA, E. F. 1999. Associações vulcânicas e plutônicas de Vila Riozinho e Moraes Almeida, Província Aurífera do Tapajós, SW do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 1, Gramado. *Boletim de resumos expandidos*. Gramado. p. 93.
- LAMEYRE, J. & BOWDEN, P. 1982. Plutonic rock types series discrimination of various granitoid series and related rocks. *Journ. Volcanol. Geoth. Reser.*, **14**: 169-186.

- LEAKE, B. E.; WOOLLEY, A. R.; ARPS, C. E. S.; BIRCH, W. D.; GILBERT, M. C.; GRICE, J. D.; HAWTHORNE, F. C.; KATO, A.; KISCH, H. J.; KRIVOVICHEV, V. G.; LINTHOUT, K.; LAIRD, J.; MANDARINO, J. A.; MARESCH, W. V.; NICKEL, E. H.; SCHUMACHER, J.; SMITH, J. C.; STEPHENSON, N. C. N.; UNGARETTI, L.; WHITTAKER, E. J. W.; YOUZHI, G. 1997. Nomenclature of Amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. *Mineral. Mag.*, **61**: 295-321.
- LEDRU, P. & MILESI, J.P. 1999. The geology and metallogeny of French Guiana and the links with West Africa. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, Manaus. *Boletim de resumo expandidos*. Manaus: SBG. p. 50-57.
- LE MAITRE, R. W.; BATEMMAN, P.; DUDEX, A.; KELLER, J.; LAMEYRE, J.; LE BASSABINE, P. A.; SCHMID, R.; SORENSEN, H.; STRECKEISEN, A.; WOOLWY, R. A.; ZANNETIN, B. 1989. *Recommendation of the IUGS, Subcomission of the Systematics of Igneous Rocks*. Black Well Scientif. Publications, Oxford. 193 p.
- LIMA, M. I. C. 1984. Províncias geológicas do Cráton Amazônico em território brasileiro. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, Manaus. *Anais...*Manaus: DNPM. p. 9-23.
- LIMA, E. F. & NARDI, L.V. S. 1998. The Lavras do Sul shoshonitic association: Implications for the origin and evolution of Neoproterozoic shoshonitic magmatism in southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **11**(1): 67-77.
- LOISELLE, M. C.; WONES D. R. 1979. Characteristics and origin of anorogenic granites. *Geol. Soc. Am. Abstr. Prog.*, **11**, p. 468.
- LOWELL, G.R. 1991. The butler Hill caldera: a mid-proterozoic ignimbrite-granite complex. In: I. Haapala and K.C. Condie (eds), *Precambrian Granitoid-Petrogenesis, Geochemistry and Metallogeny*. *Precambrian Res.*, **51**: 245-263.
- MACAMBIRA, E. M. B.; JORGE JOÃO, X. S.; LAFON, J. M. 1992. Aspectos geológicos e geomorfológicos do Granito Parauari no domínio da Folha São Félix do Xingu (SB.22-Y-B)-sul do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo. *Boletim de resumos rpxandidos*: São Paulo: SBG, v.2, p. 171-173.

- MACAMBIRA, M. J. B.; MOURA, C. A. V.; LAFON, J. M.; SCHELLER, T. 1994. O método Pb-Pb por evaporação em zircão: avaliação dos dados obtidos no Laboratório de Geologia Isotópica da UFPA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Camboriu. *Boletim de resumos expandidos*. Camboriu: SBG. v.2, p. 404-406.
- MACHADO, N.; LINDENMAYER, Z.; KROGH, T. E.; LINDENMAYER, D. 1991. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil. *Precambrian Res.*, **49**: 329-354.
- MAGALHÃES, M. S. 1991. *Minerais opacos e suscetibilidade magnética de granitos da Amazônia Oriental: Implicações Petroológicas*. Belém (PA). Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 274 p. (Tese de Mestrado).
- MARIANO, G. & SIAL, A. N. 1993. High K-Calc-Alkalic vs. Shoshonitic Granitic Magmatism in Northeast Brazil., *An. Acad. Bras. Ci.*, **65**: 119-129.
- MARIANO, G. & SOBREIRA, M. N. M. 1999. O batólito cálcico-alcálico de alto-K da Serra da Lagoinha, Estados do Ceará e Paraíba: coexistência e mistura de magmas dioríticos com magmas quartzo-monzoníticos a graníticos. *Ver. Bras. Geoc.*, **29**(3):319-326.
- MARTINS, L. 2001. *Condições de cristalização de granitos sin e tardi-orogênicos da porção central do batólito Agudos Grandes, SP, com base em geoquímica de minerais e rochas*. São Paulo. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 132 p. (Tese de Mestrado).
- MCPHIE, J., DOYLE, M.; ALLEN, R. 1993. *Volcanic Textures. A Guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*. University of Tasmania, Australia. 198 p.
- MEEN, J. K. 1987. Formation of shoshonites from calcalkaline basalt magmas: geochemical and experimental constraints from the type locality. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **97**: 333-351.
- MONTALVÃO, R. M. G. & BEZERRA, P. E. L. 1980. Geologia e Tectônica da Plataforma (Cráton) Amazônica (parte da Amazônia Legal brasileira). *Rev. Bras. Geoc.*, **10**: 1-27.
- MONTALVÃO, R. M. G.; BEZERRA, P. E. L.; ISSLER, R. S.; DALL'AGNOL, R.; LIMA, M. I. C.; FERNANDES, C. A. C.; SILVA, C. G. 1975. Geologia da Folha NA.20-Boa Vista e parte das Folhas NA.21-Tumucumaque, NB.20-Roraima e NB.21. In: *Projeto RADAM/BRASIL*, DNPM. Rio de Janeiro (Levantamento de Recursos Naturais).

- MONTALVÃO, R. M. G.; BEZERRA, P. E. L.; PRADO, P.; FERNANDES, C. A. C.; SILVA, G. H. BRIM, R. J. P. 1982. Características petrográficas e geoquímicas do Granito Redenção e suas possibilidades metalogenéticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador. *Anais...* Salvador: SBG. v.2, p. 520-548.
- MORRINSON, G. W. 1980. Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association. *Lithos*, **13**: 97-108
- MOURA, M. A. 1998. *O maciço granítico Matupá e o depósito de ouro de Serrinha (MT): petrologia, alteração hidrotermal e metalogenia*. Brasília. Universidade de Brasília. Instituto de Geociências. 238 p. (Tese de Doutorado).
- MOURA, C. A. V.; GAUDETTE, H. E.; MACAMBIRA, M. J. B.; LAFON, J. M.; SCHELLER, T. 1996. Datação de monocristais de zircão por evaporação de Pb em filamento simples: comparação com resultados U-Pb. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador. *Anais...* Salvador: SBG. v.2, p. 481-489.
- MOURA, C. A. V.; GORAYEB, P. S. S.; MATSUDA, N. S. 1999. Geocronologia Pb-Pb em zircão do Riolo Vila Raiol, Formação Iriri-sudoeste do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, Manaus. *Boletim de resumos expandidos*. Manaus: SBG p. 475-477.
- NACHIT, H.; RAZAFIMAHEFA, N.; STUSSI, J. M.; CARRON, J. P. 1985. Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitoides. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **301**, Serie II: 813-818.
- NANEY, M. T. 1983. Phase equilibria of rock-forming ferromagnesian silicates in granitic systems. *Am. Jour. Sci.*, **283**: 993-1033.
- NARDI, L. V. S., 1986. As rochas granitóides da série shoshonítica. *Rev. Bras. Geoc.*, **16**: 3-10.
- NARDI, L. V. S. & LIMA, E. F., 1985. A Associação shoshonítica de Lavras do Sul, RS. *Rev. Bras. Geoc.*, **15** (2): 139-146.

- NEVES, S. P. & MARIANO, G. 1997. High-K Calc-Alkalic Plutons in Northeast Brazil: Origin of the Biotite Diorite/Quartz Monzonite to Granite Association and Implications for the Evolution of the Borborema Province. *Intern. Geol. Ver.*, **39**: 621-638.
- NUNES, C. M. D. 2001. *Caracterização de um sistema epitermal high sulfidation paleoproterozóico na Província Aurífera do Tapajós, Pará*. M. Sc. Universidade de São Paulo. (Tese de Mestrado).
- NUNES, C. M. D.; JULIANI, C.; SILVA, R. H. C.; BETTENCOURT, J. S.; JACOBI, P. 2000. Paleoproterozoic quartz-allunite epithermal gold mineralizations from Tapajós (Brazil). In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, Rio de Janeiro. *Abstracts volume*. Rio de Janeiro. CD-ROM.
- OLIVEIRA, D. C. 2001. *Geologia, Geoquímica e Petrologia Magnética do Granito Paleoproteróico Redenção, SE do Cráton Amazônico*. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 207 p. (Tese de Mestrado).
- OLIVEIRA, M. J. R.; ALMEIDA, M. E.; LUZARDO, R.; FARIA, M. S. G. 1996. Litogeoquímica da Suíte Intrusiva Água Branca – SE de Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador. *Anais...* Salvador: SBG. v.2, p. 213-216.
- OLIVEIRA, A. S.; FERNANDES, C. A. S.; ISSLER, R. S.; ABREU, A. S., MONTALVÃO, R. M. G.; TEIXEIRA, R. S. 1975. Geologia da Folha NA.21-Tumucumaque e parte da Folha NB.21. In: *Projeto RADAMBRASIL*. DNPM. Rio de Janeiro (Levantamento de Recursos Naturais, 9).
- OLIVEIRA, M. J. R.; LUZARDO, R.; FARIA, M. S. G.; PINHEIRO, S. S. 1996. A Suíte Intrusiva Água Branca no sudeste do Estado de Roraima. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5, Belém. *Boletim de resumos expandidos*. Belém: SBG., p. 86-89.
- PEARCE, J. 1996. Source and settings of granitic rocks. *Episodes*, **19** (4): 120-125.
- PEARCE, J. A.; HARRIS, N. B. W.; TINDLE, A. B. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, **25**: 956-983.

- PECCERILLO, A. & TAYLOR, S. R. 1976. Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **58**: 63-81.
- PESSOA, M. R.; SANTIAGO, A. F.; ANDRADE, A. F.; NASCIMENTO, J. O.; SANTOS, J. O. S.; OLIVEIRA, J. R.; LOPES, R. C.; PRAZERES, W. V. 1977. *Projeto Jamanxim*. Manaus, CPRM-DNPM. 9v. (Relatório final).
- PINHO, M. A. S. B.; CHEMALE, F.; PINHO, F. E. C. 2000. Au-Sulfide mineralizations in the Moreru area, Southeastern Amazonian Craton. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, Rio de Janeiro. *Abstracts volume*. Rio de Janeiro. CD-Rom.
- PITCHER, W. S. 1983. Granite type and tectonic environment. In: Hsu, K., (ed.), *Mountain Building Processes*, London. Academic Press., 19-40.
- PITCHER, W. S. 1987. Granites and yet more granites forty years on. *Geologische Rundschau*, **76** (1): 51-79.
- QUADROS, M. L. E. S.; BAHIA, R. B. C.; KLEIN, E. L.; VASQUEZ, M. L.; ALMEIDA, M. E.; RICCI, P. S. F.; MONTEIRO, M. A. S. 1999. As intrusões básicas da Província Mineral do Tapajós (PMT) e possibilidades de mineralizações associadas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, Manaus. *Boletim de resumo expandidos*. Manaus: SBG. p. 566-569.
- RAJESH, H. M. 2000. Characterization and origin of a compositionally zoned aluminous A-type granite from South India. *Geol. Mag.*, **137** (3): 291-318.
- RAMGRAB, G. E.; OLIVEIRA, J. F. de; BONFIM, L. F. C.; MANDETTA, P.; KUYUMJIAN, R. M. 1971. *Projeto Roraima. Mapeamento geológico da área Divisor*. DNPM/CPRM. Manaus. Anexo-1, 28 p. (Relatório Progressivo).
- REIS, N. J. & FRAGA, L. M. B. 1996. Vulcanismo Surumu-Estado de Roraima: Caracterização de seu comportamento químico à luz de novos dados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador. *Anais...* Salvador: SBG. v.2, p. 88-91.
- REIS, N. J., FARIA, M. S. G., FRAGA, L. M. B., HADDAD, R. C. 2000. Orosirian calc-alkaline volcanism and the Orocaina event in the northern Amazonian craton, eastern Roraima state, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, **30**, 380-383.

- RICCI, P. S. F.; VASQUEZ, M. L.; SANTOS, A.; KLEIN, E. L.; JORGE JOÃO, X. S.; MARTINS, R. C. 1999. Suíte Intrusiva Creporizão-Província Tapajós: proposta e critérios de definição. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, Manaus. *Boletim de resumos expandidos*. Manaus: SBG. p. 519-522.
- RICHARD, L. R. 1995. *Minpet Software. Mineralogical and Petrological data processing system*. Versão 2.02. Copyright (1988-1995).
- RICKWOOD, P. 1989. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos.*, **22**: 247-263.
- ROBERTS, M. P. & CLEMENS, J. D. 1993. Origin of high-potassium, calc-alkaline, I-type granitoids., *Geology.*, **21**: 825-828.
- ROBINSON, P.; SPEAR, F. S.; SCHUMACHER, J. C.; LAIRD, J.; KLEIN, C.; EVANS, B. W.; DOOLAN, B. L. 1982. Phase relations of metamorphic amphiboles: Natural occurrences and theory. In: Amphiboles and other Hydrous Pyriboles. *Reviews in Mineralogy*, **9B**: 1-27.
- RODRIGUES, E.; LAFON, J. M.; SCHELLER, T. 1992. Geocronologia Pb-Pb da Província Mineral de Carajás: Primeiros resultados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, São Paulo. *Anais...*São Paulo: SBG. v.1, p. 183-184.
- ROGERS, J. J. W. 1996. A history of the continents in the past three billion years. *Journal of Geology*, **104**: 91-107.
- RONCHI, L. R.; DALL' AGNOL, R.; LAMARÃO, C. N.; BORGES, R. M. K. 2000. Fluid inclusions in the gold deposit of the São Jorge Granite, Tapajós, Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31st, Rio de Janeiro. *Abstracts volume*. Rio de Janeiro. CD-ROM.
- RUTTER, M. J.; VAN DER LAAN, S. R.; WYLLIE, P. J. 1989. Experimental data for proposed empirical igneous geobarometer: aluminum in hornblende at 1-10 kbar pressure. *Geology*, **17**: 897-900.
- SANTOS, J. O. S. 1982. Granitos Proterozóicos da Plataforma Amazônica, Brasil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 5, Buenos Aires. *Actas*, SGN. v.2, p. 97-112.

- SANTOS, J. O. S. 1984. Classificação das rochas vulcânicas Uatumã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG. p. 4535-4538
- SANTOS, D. B. dos; FERNANDES, P. E. C. A.; DREHER, A. M.; CUNHA, F. M. B. da; BASEI, M. A. S.; TEIXEIRA, J. B. G. 1975. Geologia da Folha SB.21-Tapajós. In: *Projeto RADAMBRASIL*. DNPM. Rio de Janeiro, 7, p.13-99 (Levantamento de Recursos Naturais).
- SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E. 1997. Reconnaissance U/Pb in zircon, Pb/Pb in sulfides and review of Rb/Sr geochronology in the Tapajos Gold Province, Pará/Amazonas States, Brazil. In: SOUTH-AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, Campos do Jordão. *Extended abstracts*. p. 280-282.
- SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E.; GROVES, D. I.; McNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R. 2000. A new understanding of the Provinces of the Amazon Craton based on integration of field and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gond. Res.*, 3:453-488.
- SANTOS, J. O. S. & LOGUERCIO, S. O. C. 1984. A parte meridional do Cráton Amazônico (Escudo Brasil Central) e as bacias do Alto Tapajós e Parecis-Alto Xingu. In: Schobbenhaus C. et al. (eds), *Geologia do Brasil. Texto explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais*. DNPM, Brasília. p. 93-127.
- SATO, K. & TASSINARI, C. C. G. 1997. Principais eventos de acreção continental no Cráton Amazônico baseados em idade-modelo Sm-Nd, calculada em evoluções de estágio único e estágio duplo. In: COSTA, M. L. C.; ANGÉLICA R. S. (Eds), *Contribuições à Geologia da Amazônia*. Belém: FINEP/SBG-Núcleo Norte. p. 91-142.
- SCHMIDT, M. W. 1992. Amphibole composition in tonalites as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 110: 304-310.
- SCHOBHENHAUS, C.; HOPPE, A.; LORK A.; BAUMANN, A. 1994. Idade U/Pb do magmatismo Uatumã no norte do Cráton Amazônico, Escudo das Guianas (Brasil): primeiros resultados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Camboriu (SC). *Boletim de Resumos Expandidos*. SBG/DNPM/CPMR, v..2, p. 395-397.

- SCHUMACHER, J. C. 1997. The estimation of ferric iron in electron microprobe analysis of amphiboles. In: Leake et al., 1997, Nomenclature of Amphiboles: Report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. *Mineral. Mag.*, **61**: 295-321.
- SIAL, A.N. 1986. Granites-types in Northeast Brazil: current knowledge. *Rev. Bras. Geoc.* **16**: 54-72.
- SIAL, A. N. 1990. Epidote-bearing calc-alkalic granitoids in northeast Brazil. *Rev. Bras. Geoc.* **20** (1-4): 88-100
- SIAL, A. N. & FERREIRA, V. P. 1990. Granitoids in northeastern Brazil: Oxygen and sulfur isotope compositions and depth of emplacement. *Jour. South. Amer. Earth Sci.*, **3**: 103-112.
- SIAL, A. N.; DALL'AGNOL, R.; FERREIRA, V. P.; NARDI, L. V. S.; PIMENTEL, M. M.; WIEDMANN, C. M. 1999. Precambrian granitic magmatism in Brazil. *Episodes*, **22**: 191-198.
- SIDER, G. B. & MENDOZA, S. V. 1991. Geology of the Venezuelan Guyana Shield and its relation to the entire Guyana Shield. *U. S. Geol. Surv.* Open-file report, p. 1- 59.
- SILVA, G. G.; LIMA, M. I. C.; ANDRADE, A. R. F.; ISSLER, R. S.; GUIMARÃES, G. 1974. Folha SB. 22. Araguaia e parte da Folha SC. 22. Tocantins. DNPM. *Projeto RADAMBRASIL*, Rio de Janeiro, vol. 4, p. 1-143.
- SMITH, J. V. 1974. *Feldspar Minerals: chemical and textural properties*. New York. Springer Verlag. v.2, 690 p.
- SMITH, J. V. & BROWN, W. L. 1988. *Feldspar minerals*. I. Cristal structures, physical, chemical and microtextural properties, 2nd edn. Springer, Berlin Heidelberg New York, 828 p.
- SMITH, R. K. & LOFGREN, G.E. 1983. An analytical and experimental study of zoning in plagioclase. *Lithos*. **16**: 153-168.
- STACEY, J.S. & KRAMERS, J.D. 1975. Approximation of terrestrial lead isotopic evolution by a two stage model. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **26**: 207-221.
- STRECKEISEN, A. L. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Ver.*, **12**: 1-33.

- SWANSON, S. E. & FENN, P. M. 1986. Quartz crystallization in igneous rocks. *Am. Mineral.* **71**: 331-342.
- TASSINARI, C. C. G. 1996. *O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: Revisão dos dados Isotópicos*, São Paulo. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências 139 p. (Tese de Livre Docência).
- TASSINARI, C. C. G. & MACAMBIRA, M. J. B. 1999. Geochronological Provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, **22**:174-182.
- TASSINARI, C. C. G.; MELLITO, K. M.; LEAL, L. R. B. 1996. Gold mineralizations and crustal evolution of the Amazonian Craton. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador. *Anais....*Salvador: SBG, v.7, p. 267-269.
- TEIXEIRA, N. P. 1999. *Contribuição ao estudo das rochas granitóides e mineralizações associadas da Suíte Intrusiva Velho Guilherme, Província Estanífera do sul do Pará*. São Paulo. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 508 p. (Tese de Doutorado).
- TEIXEIRA, N. P.; BETTENCOURT, J. S.; MOURA, C. A. V.; DALL'AGNOL, R. 1998. Pb-Pb and Sm-Nd constraints of the Velho Guilherme Intrusive Suite and volcanic rocks of the Uatumã Group, south-southeastern Pará, Brazil. In: INTERNATIONAL FIELD CONFERENCE: Proterozoic granite systems of the Penokean Terrane in Wisconsin, *field guide and proceedings volume*. Madison, Wisc. Geol. Natural History Surv., Open File Report., v.10, p. 178-180.
- TEIXEIRA, N. P. & DALL'AGNOL, R. 1991. Geologia e petrografia do maciço granítico Antonio Vicente, Região de São Félix de Xingu-PA. *Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi*, série Ciências da Terra, CNPq., **4**, 3-33.,
- TEIXEIRA, N. P.; DALL'AGNOL, R.; MAGALHÃES, M. S. 1994. Complexo granítico Antonio Vicente: feições características de um granito especializado a estanho. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4, Belém, *Boletim de resumos expandidos*. Belém: SBG p. 391-393.
- TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C. C. G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. 1989. A review of the geochronology of the Amazonian Craton: tectonic implications. *Precambrian Res.*, **42**: 213-227.

- THOMAS, W. M. & ERNST, W. G. 1990. The aluminum content of hornblende in calc-alkaline granitic rocks: A mineralogic barometer calibrated experimentally to 12 kbars. In: R. J. SPENCER and I-M. CHOU, (eds.). *Fluid-mineral interactions: A tribute to H. P. Eugster*. Geochemical Society Special Publication. 2: 59-63.
- TUTTLE, O. F. & BOWEN, N. L. 1958. Origin of granite in the light of experimental studies in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - KAlSi_3O_8 - SiO_2 - H_2O . *Geol. Soc. Memoir.*, **74**. 1-153 p.
- VANCE, J. A. 1965. Zoning in igneous plagioclase: "Patchy Zoning". *J. Geol.* **73** (4): 636-651.
- VANCE, J. A. 1969. "On Synneusis". *Contrib. Mineral. Petrol.*, **24**: 7-29.
- VANDERHAEGHE, O.; LEDRU, P.; THIÉBLEMONT, D., EGAL, E.; COCHERIE, A.; TEGYEY, M.; MILÉSI J, J. 1998. Contrasting mechanism of crustal growth geodynamic evolution of the Paleoproterozoic granite-greenstone belts of French Guyana. *Precambrian Res.*, **42**: 165-193.
- VASQUEZ, M. L.; KLEIN, E. L.; MACAMBIRA, M. J. B.; SANTOS, A.; BAHIA, R. B. C.; RICCI, P. S.; QUADROS, M. L. E. S. 2000. Geochronology of granitoids, mafic intrusions and mineralizations of the Tapajós Gold Province – Amazonian Craton - Brazil In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, Rio de Janeiro. *Abstracts volume*. Rio de Janeiro. CD-ROM.
- VASQUEZ, M. L.; KLEIN, E. L.; QUADROS, M. L. E.; BAHIA, R. B. C.; SANTOS, A.; RICCI, P.; SACHETT, C. R.; SILVA, C. M. G.; MACAMBIRA, M. J. B. 1999. Magmatismo Uatumã na Província Tapajós – Novos dados geocronológicos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, Manaus. *Boletim de resumos expandidos*. Manaus: SBG. p. 471-474.
- VASQUEZ, M. L.; SANTOS, R. A.; KLEIN, E. L.; FRAGA, L. M.; MAIA, R. G. N.; MARTINS, R. C. 1996. Reconhecimento Geológico da região do Médio Tapajós. Serviço Geológico do Brasil. SUREG-Belém. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5, Belém. *Anais...* Belém: SBG. v.1, p. 117-118.

- VEIGA Jr., J. P.; NUNES, A. C. B.; SOUZA, E. C.; SANTOS, J. O. S.; AMARAL, J. E.; PESSOA, M. R.; SOUZA, S. A. S. 1979. *Projeto Sulfetos do Uatumã*. Manaus, DNPM/CPRM v. 1A, 207p; v.1B, 519p. (Relatório final).
- VYHNAL, C. R.; McSWEEN Jr., H. Y.; SPEER, J. A. 1991. Hornblende chemistry in southern Appalachian granitoids: Implications for aluminum hornblende thermobarometry and magmatic epidote stability. *American Mineral.*, **76**: 176-188.
- WATSON, E. B. & HARRISON, T. M. 1983. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **64**: 295-304.
- WHALEN, J. W.; CURRIE, K. L.; CHAPPELL, B. W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral. Petrol.* **95**, 407-419.
- WONES, D. R. 1989. Significance of the assemblage titanite+magnetite+quartz in granitic rocks. *Am Mineral.*, **74**: 744-749.
- WOOD, D. A.; JORON, J. L.; TREUIL, M. 1979a. A Re-appraisal of the use of trace elements to classify na discriminate between magma series erupted in different tectonic settings. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **45**: 326-336.

ANEXOS

ANEXO 1 – ANÁLISES QUÍMICAS DE ANFIBÓLIOS

Tabela Anexo 1.1 - Análises de microsonda de anfibólios das amostras do Granito São Jorge *Antigo*, Província Aurífera do Tapajós

BAQMD (amostra 58)																			
Análise	S1P8	S1P10	S1P9	S1P3	S1P7	S1P6	S1P5	S1P4	S3P17	S3P19	S3P18	S3P16	S3P15	S3P14	S3P13	S3P11	S3P12	S8P21	S8P20
Local	centro	centro	centro	borda	borda	borda	borda	borda	centro	centro	centro	borda	borda	borda	borda	borda	borda	centro	borda
Cristal	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14
Tipo	MgHst	MgHst	Tsch	Tsch	MgHst	Tsch	MgHst	Tsch	MgHst	MgHst	MgHst	MgHst	MgHst	MgHst	Tsch	Tsch	MgHst	MgHst	Tsch
SiO ₂	43,0733	43,3006	43,3153	43,0792	43,1635	43,4229	43,8464	44,2103	43,1546	43,7553	44,3274	43,3504	43,4609	43,5855	43,7598	43,9260	44,4574	43,2548	43,8375
TiO ₂	3,2795	2,6820	3,3573	3,6744	3,4552	3,5823	2,9204	2,9497	3,2967	3,2430	3,1282	3,6181	3,7057	3,3511	2,8958	2,7217	2,8517	3,7150	3,0124
Al ₂ O ₃	11,0796	10,8502	10,8582	10,6127	11,1210	10,6405	10,5085	10,0031	10,8883	10,5615	10,1524	10,7055	10,7464	10,4997	10,2936	9,9245	9,8808	11,0506	10,5363
MgO	14,3085	14,3564	14,1723	14,1870	14,2347	14,2118	14,0728	14,2485	14,3158	14,2145	14,2152	14,5047	14,5710	14,2880	12,8986	14,3504	14,1912	14,2655	
CaO	11,4985	11,5500	11,5520	11,2837	11,3224	11,5434	11,6330	11,2642	11,5749	11,5291	11,6807	11,3900	11,4072	11,5544	11,4524	11,4065	11,5630	11,6169	11,5342
MnO	0,1841	0,1929	0,2292	0,1791	0,1675	0,1967	0,2481	0,2559	0,1739	0,1827	0,2622	0,2143	0,2268	0,2559	0,2319	0,3954	0,2799	0,1349	0,1513
FeO	11,0385	10,7985	10,6260	10,8139	10,7439	11,3081	11,4938	11,1641	10,9185	11,1002	11,3548	10,8641	11,0383	11,1729	11,4283	13,5979	11,8554	10,7620	11,1044
Na ₂ O	2,0622	2,0802	1,8048	1,8507	1,8724	1,8017	1,7936	1,8669	1,8727	1,9378	1,9575	2,0189	2,1585	2,0770	1,8040	1,7142	1,8959	1,9415	1,7874
K ₂ O	0,9354	0,9711	0,9071	0,9161	0,9306	1,0267	0,9612	0,9465	1,0200	1,0150	0,9774	1,0526	1,0223	1,0490	0,9314	0,9506	0,9416	0,9078	0,9861
F	0,4285	0,0004	0,1418	0,0000	0,7084	0,0004	0,5668	0,3333	0,3805	0,0004	0,3334	0,1429	0,5230	0,0004	0,1903	0,3271	0,4761	0,1427	0,5237
Cl	0,0343	0,0245	0,0179	0,0228	0,0375	0,0033	0,0179	0,0245	0,0001	0,0001	0,0261	0,0245	0,0001	0,0196	0,0229	0,0228	0,0049	0,0001	0,0163
Total	97,9224	96,8068	96,9819	96,6196	97,8671	97,7378	98,0625	97,2670	97,7058	97,6409	98,4146	97,5965	98,7939	98,1365	97,2984	97,8853	98,5571	97,7175	97,7551
Fórmula estrutural na base de 23 átomos de oxigênio																			
Si	6,2700	6,3470	6,3390	6,3150	6,2900	6,3100	6,3890	6,4570	6,2860	6,3620	6,4350	6,3220	6,2810	6,3130	6,3840	6,4450	6,4370	6,2950	6,3890
AlIV	1,7300	1,6530	1,6610	1,6850	1,7100	1,6900	1,6110	1,5430	1,7140	1,6380	1,5650	1,6780	1,7190	1,6870	1,6160	1,5550	1,5630	1,7050	1,6110
Soma T	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Sítios M1, M2 e M3																			
AlVI	0,1690	0,2200	0,2100	0,1470	0,1990	0,1310	0,1920	0,1780	0,1540	0,1700	0,1710	0,1610	0,1100	0,1040	0,1520	0,1600	0,1220	0,1880	0,1980
Fe3	0,5000	0,4420	0,4090	0,4870	0,4850	0,4830	0,4620	0,4860	0,5050	0,4320	0,3440	0,3970	0,4770	0,4900	0,5650	0,5410	0,5260	0,3650	0,4610
Ti	0,3590	0,2960	0,3700	0,4050	0,3790	0,3920	0,3200	0,3240	0,3610	0,3550	0,3420	0,3970	0,4030	0,3650	0,3180	0,3000	0,3110	0,4070	0,3300
Mg	3,1050	3,1370	3,0920	3,1000	3,0920	3,0790	3,0570	3,1030	3,1330	3,1030	3,0760	3,0910	3,1250	3,1460	3,1070	2,8210	3,0980	3,0790	3,1000
Fe2	0,8440	0,8820	0,8920	0,8390	0,8250	0,8910	0,9390	0,8780	0,8250	0,9180	1,0340	0,9280	0,8570	0,8640	0,8290	1,1270	0,9100	0,9450	0,8920
Mn	0,0230	0,0240	0,0280	0,0220	0,0210	0,0240	0,0310	0,0320	0,0210	0,0220	0,0320	0,0260	0,0280	0,0310	0,0290	0,0490	0,0340	0,0170	0,0190
Soma C	5,0000	5,0010	5,0010	5,0000	5,0010	5,0000	5,0010	5,0010	4,9990	5,0000	4,9990	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	4,9980	5,0010	5,0010	5,0000
Sítio M4																			
Ca	1,7930	1,8140	1,8110	1,7720	1,7680	1,7970	1,8160	1,7630	1,8070	1,7960	1,8170	1,7800	1,7660	1,7930	1,7900	1,7930	1,7940	1,8110	1,8010
Na	0,2070	0,1860	0,1890	0,2280	0,2320	0,2030	0,1840	0,2370	0,1930	0,2040	0,1830	0,2200	0,2340	0,2070	0,2100	0,2070	0,2060	0,1890	0,1990
Soma B	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
Sítio A																			
Na	0,3750	0,4050	0,3230	0,2980	0,3280	0,3050	0,3230	0,2920	0,3360	0,3420	0,3680	0,3510	0,3710	0,3760	0,3000	0,2810	0,3260	0,3590	0,3060
K	0,1740	0,1820	0,1690	0,1710	0,1730	0,1900	0,1790	0,1760	0,1900	0,1880	0,1810	0,1960	0,1880	0,1940	0,1730	0,1780	0,1740	0,1690	0,1830
Soma A	0,5490	0,5870	0,4920	0,4690	0,5010	0,4950	0,5020	0,4680	0,5260	0,5300	0,5490	0,5470	0,5590	0,5700	0,4730	0,4590	0,5000	0,5280	0,4890
Soma Cat	15,5490	15,5880	15,4930	15,4690	15,5020	15,4950	15,5030	15,4690	15,5250	15,5300	15,5480	15,5470	15,5590	15,5700	15,4730	15,4570	15,5010	15,5290	15,4890
Cl	0,0080	0,0060	0,0040	0,0060	0,0090	0,0010	0,0040	0,0060	0,0000	0,0000	0,0060	0,0060	0,0000	0,0050	0,0060	0,0060	0,0010	0,0000	0,0040
F	0,1970	0,0000	0,0660	0,0000	0,3260	0,0000	0,2610	0,1540	0,1750	0,0000	0,1530	0,0660	0,2390	0,0000	0,0880	0,1520	0,2180	0,0660	0,2410
Fet/Fet+Mg	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,31	0,30	0,30	0,30	0,31	0,37	0,32	0,30	0,30
Al total	1,90	1,87	1,87	1,83	1,91	1,82	1,80	1,72	1,87	1,81	1,74	1,84	1,83	1,79	1,77	1,72	1,69	1,89	1,81
Mg/Mg+Fe2	0,79	0,78	0,78	0,79	0,79	0,78	0,77	0,78	0,79	0,77	0,75	0,77	0,78	0,78	0,79	0,71	0,77	0,77	0,78
Fe3/Fe3+Fe2	0,37	0,33	0,31	0,37	0,37	0,35	0,33	0,36	0,38	0,32	0,25	0,30	0,36	0,36	0,41	0,32	0,37	0,28	0,34
P (Kbar) 1	4,57	4,46	4,45	4,29	4,62	4,24	4,17	3,82	4,44	4,19	3,88	4,32	4,28	4,12	4,02	3,79	3,67	4,55	4,19
P (Kbar) 2	6,02	5,89	5,88	5,68	6,07	5,63	5,54	5,13	5,87	5,56	5,20	5,72	5,67	5,48	5,36	5,10	4,95	5,99	5,57
P (Kbar) 3	6,03	5,91	5,90	5,71	6,08	5,66	5,57	5,18	5,88	5,60	5,25	5,74	5,70	5,52	5,41	5,15	5,01	6,00	5,60

BAQMD = Biotita-anfibólio-quartzo-monzodiorito

Tsch = Tschermakita

MgHst = Hastingsita magnesiana

1 = Johnson & Rutherford (1989): Al total = ou > 1.1

2 = Blundy & Holland (1990): Al total = ou > 0.9

3 = Schmidt (1992): Al total = ou > 0.9

Tabela Anexo 1.1 (cont.) - Análises de microsonda de anfíbólios das amostras do Granito São Jorge *Antigo*, Província Aurífera do Tapajós

BAQMD (amostra 58)																			
Análise	S8P26	S8P23	S8P25	S8P24	S9P34	S9P31	S9P32	S9P33	S9P29	S9P30	S9P27	S9P28	S10P41	S10P40	S10P39	S10P35	S10P36	S10P37	S10P38
Local	b-c	borda	borda	borda	centro	centro	centro	centro	borda	borda	borda	borda	centro	b-c	borda	borda	borda	borda	borda
Cristal	15	15	15	15	16	16	16	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17
Tipo	MgHst	HbMg	HbMg	HbMg	MgHst	MgHst	MgHst	Tsch	MgHst	Tsch	HbMg	HbMg	Tsch	Tsch	Tsch	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg
SiO ₂	43,2355	48,2074	49,1932	51,3235	42,3173	42,5915	42,6451	43,8005	43,7897	44,0080	45,2571	45,8968	43,7237	43,7997	44,1978	46,7056	47,6288	48,5194	49,1198
TiO ₂	3,3269	1,1626	1,4842	1,0851	3,4261	3,4051	3,9620	3,0754	3,1200	2,8189	2,1656	1,9029	3,0833	3,4169	2,9229	1,4265	1,4387	1,3466	1,4030
Al ₂ O ₃	10,5199	6,8392	6,2494	4,7107	12,2153	11,8246	11,6345	10,5027	10,5726	10,4460	9,1107	8,8941	10,3956	10,4640	10,3741	7,6080	6,8367	6,6540	5,9769
MgO	14,1514	15,1610	14,9260	15,6025	13,5886	13,7811	13,8419	13,7989	14,5112	13,5837	13,3335	14,5342	13,9640	14,2802	13,7362	13,6859	14,1181	14,8363	15,1521
CaO	11,3570	11,6738	11,9041	12,0892	11,2848	11,1072	11,1420	11,4248	11,3266	11,4588	11,4507	11,4521	11,2533	11,5315	11,3141	11,3930	11,7130	11,5771	11,9511
MnO	0,2485	0,4410	0,4397	0,4243	0,1775	0,1614	0,1599	0,1563	0,2458	0,3334	0,5167	0,4118	0,2093	0,2485	0,3089	0,4527	0,3855	0,4666	0,3804
FeO	10,8886	12,0136	12,3828	11,2386	11,8396	11,1269	11,5986	11,3509	10,8575	12,3406	12,9309	12,0582	11,3597	10,8335	11,4512	13,5929	12,6883	12,2388	11,8304
Na ₂ O	1,9236	1,2438	1,1201	0,6364	2,0777	2,1931	2,0165	1,6050	1,9876	1,8467	1,3700	1,6431	1,8528	1,7185	1,4818	0,9349	1,0466	1,1461	1,0319
K ₂ O	1,0164	0,7334	0,6445	0,4499	0,9880	0,9402	1,1947	0,9538	1,0118	1,0190	0,8035	0,8670	1,0217	0,9424	0,9589	0,7466	0,6733	0,6394	0,5844
F	0,0000	0,6556	0,0004	0,6631	0,1888	0,7549	0,0000	0,0004	0,8963	0,0000	0,6102	0,0000	0,5255	0,0960	0,2390	0,1882	0,2368	0,6111	0,0004
Cl	0,0082	0,0492	0,0508	0,0526	0,0228	0,0310	0,0375	0,0686	0,0180	0,0245	0,0212	0,0098	0,0212	0,0294	0,0114	0,0196	0,0180	0,0065	0,0245
Total	96,6760	98,1806	98,3952	98,2759	98,1265	97,9170	98,2327	96,7373	98,3371	97,8796	97,5701	97,6700	97,4101	97,3606	96,9963	96,7539	96,7838	98,0419	97,4549
Fórmula estrutural na base de 23 átomos de oxigênio																			
Si	6,3480	6,9510	7,0550	7,3560	6,1410	6,2170	6,1740	6,4210	6,3600	6,4080	6,6300	6,6370	6,4020	6,3800	6,4610	6,8300	6,9770	6,9990	7,0940
AlIV	1,6520	1,0490	0,9450	0,6440	1,8590	1,7830	1,8260	1,5790	1,6400	1,5920	1,3700	1,3630	1,5980	1,6200	1,5390	1,1700	1,0230	1,0010	0,9060
Soma T	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Sítios M1, M2 e M3																			
AlVI	0,1670	0,1120	0,1100	0,1510	0,2280	0,2490	0,1580	0,2340	0,1680	0,1990	0,2010	0,1510	0,1950	0,1750	0,2480	0,1410	0,1560	0,1300	0,1100
Fe ₃	0,4390	0,5950	0,4270	0,2880	0,6070	0,5170	0,5630	0,4430	0,5180	0,4900	0,5580	0,6290	0,4750	0,4370	0,5060	0,7400	0,4500	0,5620	0,3960
Ti	0,3670	0,1260	0,1600	0,1170	0,3740	0,3740	0,4310	0,3390	0,3410	0,3090	0,2390	0,2070	0,3400	0,3740	0,3210	0,1570	0,1590	0,1460	0,1520
Mg	3,0980	3,2590	3,1910	3,3340	2,9390	2,9990	2,9870	3,0160	3,1420	2,9490	2,9120	3,1330	3,0480	3,1010	2,9930	2,9840	3,0830	3,1910	3,2620
Fe ₂	0,8980	0,8540	1,0580	1,0600	0,8300	0,8420	0,8410	0,9490	0,8010	1,0130	1,0260	0,8290	0,9160	0,8820	0,8940	0,9220	1,1040	0,9150	1,0320
Mn	0,0310	0,0540	0,0530	0,0520	0,0220	0,0200	0,0200	0,0190	0,0300	0,0410	0,0640	0,0500	0,0260	0,0310	0,0380	0,0560	0,0480	0,0570	0,0470
Soma C	5,0000	5,0000	4,9990	5,0020	5,0000	5,0010	5,0000	5,0000	5,0000	5,0010	5,0000	4,9990	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0010	4,9990
Sítio M4																			
Ca	1,7870	1,8030	1,8290	1,8560	1,7540	1,7370	1,7280	1,7940	1,7630	1,7880	1,7970	1,7740	1,7660	1,8000	1,7720	1,7850	1,8380	1,7890	1,8490
Na	0,2130	0,1970	0,1710	0,1440	0,2460	0,2630	0,2720	0,2060	0,2370	0,2120	0,2030	0,2260	0,2340	0,2000	0,2280	0,2150	0,1620	0,2110	0,1510
Soma B	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
Sítio A																			
Na	0,3340	0,1510	0,1410	0,0330	0,3390	0,3580	0,2940	0,2510	0,3220	0,3090	0,1860	0,2350	0,2920	0,2850	0,1920	0,0500	0,1360	0,1100	0,1380
K	0,1900	0,1350	0,1180	0,0820	0,1830	0,1750	0,2210	0,1780	0,1870	0,1890	0,1500	0,1600	0,1910	0,1750	0,1790	0,1390	0,1260	0,1180	0,1080
Soma A	0,5240	0,2860	0,2590	0,1150	0,5220	0,5330	0,5150	0,4290	0,5090	0,4980	0,3360	0,3950	0,4830	0,4600	0,3710	0,1890	0,2620	0,2280	0,2460
Soma Cat	15,5240	15,2860	15,2580	15,1170	15,5220	15,5340	15,5150	15,4290	15,5090	15,4990	15,3360	15,3940	15,4830	15,4600	15,3710	15,1890	15,2620	15,2290	15,2450
Cl	0,0020	0,0120	0,0120	0,0130	0,0060	0,0080	0,0090	0,0170	0,0040	0,0060	0,0050	0,0020	0,0050	0,0070	0,0030	0,0050	0,0040	0,0020	0,0060
F	0,0000	0,2990	0,0000	0,3010	0,0870	0,3480	0,0000	0,0000	0,4120	0,0000	0,2830	0,0000	0,2430	0,0440	0,1100	0,0870	0,1100	0,2790	0,0000
Fet/Fet+Mg	0,30	0,31	0,32	0,29	0,33	0,31	0,32	0,32	0,30	0,34	0,35	0,32	0,31	0,30	0,32	0,36	0,34	0,32	0,30
Al total	1,82	1,16	1,06	0,80	2,09	2,03	1,98	1,81	1,81	1,79	1,57	1,51	1,79	1,80	1,79	1,31	1,18	1,13	1,02
Mg/Mg+Fe ₂	0,78	0,79	0,75	0,76	0,78	0,78	0,78	0,76	0,8	0,74	0,74	0,79	0,77	0,78	0,77	0,76	0,74	0,78	0,76
Fe ₃ /Fe ₃ +Fe ₂	0,33	0,41	0,29	0,21	0,42	0,38	0,40	0,32	0,39	0,33	0,35	0,43	0,34	0,33	0,36	0,45	0,29	0,38	0,28
P (Kbar) 1	4,23	1,45	x	x	5,37	5,14	4,93	4,21	4,19	4,12	3,19	2,94	4,12	4,13	4,10	2,09	1,53	1,32	x
P (Kbar) 2	5,62	2,31	1,78	x	6,97	6,69	6,45	5,59	5,56	5,48	4,37	4,09	5,49	5,50	5,46	3,06	2,40	2,16	1,58
P (Kbar) 3	5,65	2,52	2,01	x	6,92	6,66	6,43	5,62	5,60	5,52	4,47	4,20	5,52	5,53	5,50	3,23	2,60	2,37	1,83

HbMg = Hornblenda magnesina

Tsch = Tschermakita

MgHst = Hastingsita magnesiana

1 = Johnson & Rutherford (1989): Al total = ou > 1.1

2 = Blundy & Holland (1990): Al total = ou > 0.9

3 = Schmidt (1992): Al total = ou > 0.9

Tabela Anexo 1.1 (cont.) - Análises de microsonda de anfibólios das amostras do Granito São Jorge *Antigo*, Província Aurífera do Tapajós

	BAQM (amostra 103)										ABMZG (amostra 27)					ABMZG (amostra 28)									
Análise	S9P162	S9P160	S9P161	S9P158	S9P159	S4P167	S4P164	S4P163	S4P165	S4P166	S7P78	S7P80	S7P77	S7P79	S7P81	S2P119	S2P117	S2P118	S2P115	S2P114	S2P113	S2P116	S2P112		
Local	centro	centro	borda	borda	borda	centro	centro	borda	borda	borda	centro	borda	borda	borda	borda	centro	b-c	centro	borda	borda	borda	borda	borda		
Cristal	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11		
Tipo	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	Act	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg		
SiO2	50,2025	50,2180	50,2976	50,5182	51,9496	50,4546	50,6062	50,0708	50,8526	52,0443	46,9269	49,0730	50,3917	50,4214	52,9171	48,5044	48,9412	49,3065	46,5064	47,9458	48,0754	48,3212	49,1527		
TiO2	0,7617	0,9945	1,1213	0,9402	0,6103	0,8077	0,8334	0,9512	1,1126	0,5378	0,9837	0,3029	0,1957	0,5882	0,2057	0,8008	0,7030	0,2049	0,3456	0,2845	0,2311	0,2048	0,7034		
Al2O3	5,1596	5,0502	5,1422	5,0305	3,8948	4,9269	4,8007	5,1651	4,8900	3,9314	7,5367	6,1871	5,5573	5,0332	3,3131	5,9686	5,7263	6,1208	7,7908	6,6875	6,8532	6,7236	5,7398		
MgO	15,0030	14,8761	14,8181	14,7508	16,0038	14,0670	14,5313	14,5676	14,8093	15,2930	11,5802	13,0754	13,0876	13,6928	14,7453	12,1053	12,5206	12,3866	11,1314	11,8141	12,0240	12,3734	12,8049		
CaO	11,5762	11,5467	11,3901	11,3919	11,3625	11,5952	11,6177	11,5325	11,3684	11,6681	11,5374	11,9854	12,0274	11,7847	12,0909	11,4464	11,7834	11,8029	11,7168	11,8234	11,4235	11,7986	11,7257		
MnO	0,9169	0,8525	0,9764	0,9115	0,9840	1,1976	1,1503	1,0903	0,8919	1,0305	1,1048	1,0428	1,0977	1,0042	1,1643	1,1801	1,0584	1,1143	1,1234	1,0109	1,0236	1,0301	1,1130		
FeO	12,5203	12,3228	12,1807	12,3365	11,5067	12,9957	12,4910	12,0761	12,2630	12,2658	16,4305	14,5413	14,7238	14,3300	12,9742	15,9466	15,5693	15,4995	17,4466	16,3299	16,1608	15,2669	15,1955		
Na2O	1,0668	1,2943	0,9822	1,1693	1,0769	0,8219	0,9163	1,1063	1,2010	0,3536	0,7565	0,8193	0,5794	0,6789	0,3477	0,7674	0,7372	0,7324	0,9080	0,8586	0,8302	0,7474	0,7460		
K2O	0,5707	0,4963	0,5547	0,5335	0,4043	0,5411	0,5919	0,6543	0,5474	0,4430	0,6935	0,4753	0,3947	0,4732	0,2738	0,6071	0,5676	0,5064	0,6779	0,6387	0,6517	0,5434	0,5161		
F	0,4234	0,6113	1,2212	0,5182	0,8929	0,3294	0,0004	0,5174	0,1883	0,0004	0,0924	0,1400	0,0000	0,0000	0,3767	0,0004	0,0931	0,1854	0,2738	0,0000	0,0000	0,5559	0,0000		
Cl	0,0329	0,0148	0,0297	0,0263	0,0346	0,0429	0,0115	0,0511	0,0115	0,0839	0,0440	0,0016	0,0082	0,0066	0,0148	0,0474	0,0262	0,0098	0,0065	0,0000	0,0000	0,0065	0,0213		
Total	98,2340	98,2775	98,7142	98,1269	98,7204	97,7800	97,5507	97,7827	98,1360	97,6518	97,6866	97,6441	98,0635	98,0132	98,4236	97,3745	97,7263	97,8695	97,9272	97,3934	97,2735	97,5718	97,7184		
Fórmula estrutural na base de 23 átomos de oxigênio																									
Si	7,2140	7,2440	7,2410	7,2790	7,3960	7,3110	7,3120	7,2640	7,3020	7,4340	6,8950	7,1580	7,2920	7,2800	7,5770	7,1240	7,1650	7,1990	6,8640	7,0700	7,0520	7,1000	7,1650		
AlIV	0,7860	0,7560	0,7590	0,7210	0,6040	0,6890	0,6880	0,7360	0,6980	0,5660	1,1050	0,8420	0,7080	0,7200	0,4230	0,8760	0,8350	0,8010	1,1360	0,9300	0,9480	0,9000	0,8350		
Soma T	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000		
Sítios M1, M2 e M3																									
AlVI	0,0880	0,1020	0,1130	0,1320	0,0490	0,1520	0,1290	0,1460	0,1290	0,0960	0,1990	0,2210	0,2390	0,1360	0,1360	0,1570	0,1520	0,2510	0,2180	0,2310	0,2360	0,2630	0,1500		
Fe3	0,5670	0,4150	0,5140	0,4440	0,5870	0,4300	0,4150	0,3640	0,3960	0,6040	0,7120	0,4880	0,4610	0,5330	0,3870	0,6090	0,5160	0,5110	0,7470	0,5340	0,7130	0,5630	0,5610		
Ti	0,0820	0,1080	0,1210	0,1020	0,0650	0,0880	0,0910	0,1040	0,1200	0,0580	0,1090	0,0330	0,0210	0,0640	0,0220	0,0880	0,0770	0,0230	0,0380	0,0320	0,0250	0,0230	0,0770		
Mg	3,2140	3,1990	3,1800	3,1680	3,3970	3,0390	3,1300	3,1510	3,1700	3,2570	2,5360	2,8430	2,8230	2,9470	3,1470	2,6500	2,7330	2,6960	2,4490	2,5970	2,6290	2,7100	2,7830		
Fe2	0,9370	1,0710	0,9530	1,0430	0,7830	1,1440	1,0950	1,1010	1,0760	0,8610	1,3070	1,2860	1,3200	1,1970	1,1670	1,3490	1,3910	1,3820	1,4060	1,4800	1,2700	1,3130	1,2920		
Mn	0,1120	0,1040	0,1190	0,1110	0,1190	0,1470	0,1410	0,1340	0,1080	0,1250	0,1370	0,1290	0,1350	0,1230	0,1410	0,1470	0,1310	0,1380	0,1400	0,1260	0,1270	0,1280	0,1370		
Soma C	5,0000	4,9990	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0010	5,0000	4,9990	5,0010	5,0000	5,0000	4,9990	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0010	4,9980	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000		
Sítio M4																									
Ca	1,7820	1,7850	1,7570	1,7590	1,7330	1,8000	1,7990	1,7930	1,7490	1,7860	1,8160	1,8730	1,8650	1,8230	1,8550	1,8010	1,8480	1,8460	1,8530	1,8680	1,7950	1,8570	1,8310		
Na	0,2180	0,2150	0,2430	0,2410	0,2670	0,2000	0,2010	0,2070	0,2510	0,0980	0,1840	0,1270	0,1350	0,1770	0,0970	0,1990	0,1520	0,1540	0,1470	0,1320	0,2050	0,1430	0,1690		
Soma B	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	1,8840	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	1,9520	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000		
Sítio A																									
Na	0,0800	0,1470	0,0310	0,0850	0,0310	0,0310	0,0550	0,1040	0,0830	0,0000	0,0320	0,1050	0,0270	0,0130	0,0000	0,0200	0,0580	0,0540	0,1130	0,1130	0,0310	0,0700	0,0420		
K	0,1050	0,0910	0,1020	0,0980	0,0730	0,1000	0,1090	0,1210	0,1000	0,0810	0,1300	0,0880	0,0730	0,0870	0,0500	0,1140	0,1060	0,0940	0,1280	0,1200	0,1220	0,1020	0,0960		
Soma A	0,1850	0,2380	0,1330	0,1830	0,1040	0,1310	0,1640	0,2250	0,1830	0,0810	0,1620	0,1930	0,1000	0,1000	0,0500	0,1340	0,1640	0,1480	0,2410	0,2330	0,1530	0,1720	0,1380		
Soma Cat	15,1850	15,2370	15,1330	15,1830	15,1040	15,1310	15,1650	15,2250	15,1820	14,9660	15,1620	15,1930	15,0990	15,1000	15,0020	15,1340	15,1640	15,1490	15,2390	15,2330	15,1530	15,1720	15,1380		
Cl	0,0080	0,0040	0,0070	0,0060	0,0080	0,0110	0,0030	0,0130	0,0030	0,0200	0,0110	0,0000	0,0020	0,0020	0,0040	0,0120	0,0070	0,0020	0,0020	0,0000	0,0000	0,0020	0,0050		
F	0,1920	0,2790	0,5560	0,2360	0,4020	0,1510	0,0000	0,2370	0,0860	0,0000	0,0430	0,0650	0,0000	0,0000	0,1710	0,0000	0,0430	0,0860	0,1280	0,0000	0,0000	0,2580	0,0000		
Fet/Fet+Mg	0,32	0,32	0,32	0,32	0,29	0,34	0,33	0,32	0,32	0,31	0,44	0,38	0,39	0,37	0,33	0,42	0,41	0,41	0,47	0,44	0,43	0,41	0,40		
Al total	0,87	0,86	0,87	0,85	0,65	0,84	0,82	0,88	0,83	0,66	1,30	1,06	0,95	0,86	0,56	1,03	0,99	1,05	1,35	1,16	1,18	1,16	0,99		
Mg/Mg+Fe2	0,77	0,75	0,77	0,75	0,81	0,73	0,74	0,74	0,75	0,79	0,66	0,69	0,68	0,71	0,73	0,66	0,66	0,66	0,64	0,64	0,67	0,67	0,68		
Fe3/Fe3+Fe2	0,38	0,28	0,35	0,30	0,43	0,27	0,27	0,25	0,27	0,41	0,35	0,28	0,26	0,31	0,25	0,31	0,27	0,27	0,35	0,27	0,36	0,30	0,30		
P (Kbar) 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,06	x	x	x	x	x	x	x	2,27	1,45	1,55	1,46	x		
P (Kbar) 2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,03	1,82	1,23	0,78	x	1,67	1,43	1,76	3,28	2,31	2,43	2,32	1,42		
P (Kbar) 3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,20	2,05	1,50	x	x	1,91	1,69	2,00	3,44	2,52	2,63	2,53	1,66		

Tabela Anexo 1.1 (cont.) - Análises de microsonda de anfibólios das amostras do Granito São Jorge *Antigo* e do granito pórfiro associado, Província Aurífera do Tapajós.

ABQS (amostra 32)												Granito Pórfiro (amostra 59)													
Análise	S1P105	S1P107	S1P106	S1P103	S1P101	S1P104	S1P102	S2P111	S2P109	S2P108	S2P110	S4P253	S4P252	S4P251	S4P248	S4P246	S4P250	S4P245	S4P249	S4P247	S5P258	S5P259	S5P256	S5P255	S5P254
Local	centro	centro	c-b	borda	borda	borda	borda	centro	borda	borda	borda	centro	centro	centro	borda	borda	borda	borda	borda	borda	centro	centro	borda	borda	borda
Cristal	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	18	18	18	18	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19
Tipo	HbMg	HbMg	Act	HbMg	HbMg	HbMg	Act	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg
SiO2	49,0280	49,1963	52,3637	48,3740	48,6151	49,0460	53,3657	49,0274	48,3472	48,6369	49,2263	47,2346	47,8118	48,7920	48,1565	48,3685	48,3992	48,5782	48,8706	49,3871	48,8073	49,0191	48,7300	48,9970	49,0821
TiO2	1,1519	0,9289	0,2681	1,3123	1,3734	1,2320	0,0982	1,1877	1,3927	1,5902	1,2244	1,2490	1,0172	1,0795	1,2401	0,8746	0,3126	1,1669	0,1696	0,4731	0,2501	0,9936	0,8392	1,1421	1,0262
Al2O3	5,5347	5,2408	2,9832	5,7472	5,4665	5,3811	2,0781	5,5664	5,6480	5,6789	5,2750	7,2632	6,7203	6,2842	6,5280	6,3125	6,2772	6,3586	6,0911	5,7316	6,6023	6,1290	6,4802	6,1084	6,0873
MgO	13,3586	12,9346	13,7128	13,7370	14,0381	13,9735	14,5454	14,2414	14,4373	13,7096	14,1068	11,1837	12,1800	12,5591	13,0262	12,1432	11,7571	12,5580	12,1207	12,3584	11,9096	13,2679	12,2060	12,9324	12,7139
CaO	10,9626	11,4518	11,1423	11,1857	10,8479	11,1553	11,7633	10,9065	10,6084	10,8219	11,0732	11,6974	11,5584	11,6635	11,6709	12,0548	11,9504	11,5899	11,8889	11,8658	12,0781	11,8448	11,5631	11,6937	11,7203
MnO	0,8591	0,8592	1,0755	0,8792	0,7827	0,8715	1,1592	0,8605	0,8704	0,9180	0,9772	0,6873	0,7712	0,7250	0,6128	0,5776	0,6733	0,7037	0,6658	0,6533	0,6684	0,6410	0,6872	0,6182	0,7260
FeO	13,4975	13,6494	13,7378	13,5225	12,9662	13,2920	13,6836	12,4972	13,0763	12,9645	13,0527	16,1513	16,1593	15,3892	14,9927	15,9525	16,5367	15,5636	16,6767	15,9983	16,6147	14,2943	15,6067	14,8629	15,1110
Na2O	1,3636	0,8019	0,3894	1,0139	1,2943	1,4331	0,4022	1,2559	1,6756	1,4576	1,1505	0,9182	1,0211	0,9560	1,0061	0,6534	0,6421	0,7590	0,7286	0,6756	0,5473	0,9402	1,0746	1,0585	0,9189
K2O	0,7794	0,6434	0,3586	0,8077	0,7430	0,6844	0,2105	0,6855	0,7422	0,7517	0,6812	0,8330	0,7391	0,7364	0,7861	0,6996	0,6479	0,6805	0,5322	0,5149	0,5936	0,6879	0,6974	0,6574	0,6404
F	0,2826	0,5648	0,3787	0,5177	1,2595	1,0693	0,2822	0,4238	0,5648	0,2371	0,6161	0,0004	0,6001	0,4151	0,0462	0,5540	0,2772	0,4158	0,2307	0,4612	0,2773	0,6514	0,6004	0,0004	0,0924
Cl	0,0704	0,0229	0,0362	0,0377	0,0327	0,0607	0,0230	0,0541	0,0803	0,0312	0,0771	0,0410	0,0622	0,0361	0,0147	0,0508	0,0001	0,0409	0,0246	0,0246	0,0082	0,0000	0,0164	0,0345	0,0459
Total	96,8884	96,2940	96,4463	97,1349	97,4194	98,1989	97,6114	96,7064	97,4432	96,7976	97,4605	97,2591	98,6407	98,6361	98,0803	98,2415	97,4738	98,4151	97,9995	98,1439	98,3569	98,4692	98,5012	98,1055	98,1644
Fórmula estrutural na base de 23 átomos de oxigênio																									
Si	7,2150	7,3100	7,6550	7,0930	7,1400	7,1640	7,7090	7,1700	7,0430	7,1380	7,1800	7,0190	6,9980	7,1100	7,0140	7,1140	7,1540	7,0740	7,1580	7,2260	7,1300	7,1390	7,1320	7,1340	7,1510
AlIV	0,7850	0,6900	0,3450	0,9070	0,8600	0,8360	0,2910	0,8300	0,9570	0,8620	0,8200	0,9810	1,0020	0,8900	0,9860	0,8860	0,8460	0,9260	0,8420	0,7740	0,8700	0,8610	0,8680	0,8660	0,8490
Soma T	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Sítios M1, M2 e M3																									
AlVI	0,1740	0,2270	0,1690	0,0850	0,0850	0,0900	0,0620	0,1290	0,0120	0,1200	0,0860	0,2900	0,1570	0,1880	0,1340	0,2070	0,2460	0,1640	0,2090	0,2140	0,2660	0,1900	0,2490	0,1820	0,1960
Fe3	0,1770	0,2560	0,4490	0,5790	0,5500	0,4500	0,4150	0,5370	0,7180	0,4320	0,5530	0,2660	0,5680	0,4160	0,5070	0,3690	0,4390	0,5500	0,5570	0,4480	0,5020	0,3630	0,3730	0,3640	0,3910
Ti	0,1280	0,1040	0,0290	0,1450	0,1520	0,1350	0,0110	0,1310	0,1530	0,1760	0,1340	0,1400	0,1120	0,1180	0,1360	0,0970	0,0350	0,1280	0,0190	0,0520	0,0270	0,1090	0,0920	0,1250	0,1120
Mg	2,9310	2,8650	2,9890	3,0030	3,0730	3,0430	3,1320	3,1050	3,1350	3,0000	3,0670	2,4770	2,6580	2,7280	2,8280	2,6620	2,5910	2,7260	2,6470	2,6960	2,5940	2,8810	2,6630	2,8070	2,7610
Fe2	1,4850	1,4400	1,2310	1,0800	1,0420	1,1740	1,2380	0,9920	0,8750	1,1590	1,0390	1,7410	1,4100	1,4600	1,3190	1,5930	1,6050	1,3460	1,4860	1,5100	1,5280	1,3780	1,5380	1,4450	1,4500
Mn	0,1070	0,1080	0,1330	0,1090	0,0970	0,1080	0,1420	0,1070	0,1070	0,1140	0,1210	0,0870	0,0960	0,0890	0,0760	0,0720	0,0840	0,0870	0,0830	0,0810	0,0830	0,0790	0,0850	0,0760	0,0900
Soma C	5,0020	5,0000	5,0000	5,0010	4,9990	5,0000	5,0000	5,0010	5,0000	5,0010	5,0000	5,0010	5,0010	4,9990	5,0000	5,0000	5,0000	5,0010	5,0010	5,0010	5,0000	5,0000	5,0000	4,9990	5,0000
Sítio M4																									
Ca	1,7280	1,8230	1,7450	1,7570	1,7070	1,7460	1,8210	1,7090	1,6560	1,7020	1,7300	1,8620	1,8130	1,8210	1,8210	1,9000	1,8920	1,8080	1,8660	1,8600	1,8910	1,8480	1,8130	1,8240	1,8300
Na	0,2720	0,1770	0,1100	0,2430	0,2930	0,2540	0,1130	0,2910	0,3440	0,2980	0,2700	0,1380	0,1870	0,1790	0,1790	0,1000	0,1080	0,1920	0,1340	0,1400	0,1090	0,1520	0,1870	0,1760	0,1700
Soma B	2,0000	2,0000	1,8550	2,0000	2,0000	2,0000	1,9340	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
Sítio A																									
Na	0,1170	0,0540	0,0000	0,0460	0,0750	0,1520	0,0000	0,0650	0,1290	0,1160	0,0560	0,1270	0,1020	0,0910	0,1050	0,0860	0,0770	0,0220	0,0730	0,0520	0,0460	0,1140	0,1180	0,1230	0,0890
K	0,3340	0,1220	0,0670	0,1510	0,1390	0,1280	0,0390	0,1280	0,1380	0,1410	0,1270	0,1580	0,1380	0,1370	0,1460	0,1310	0,1220	0,1260	0,0990	0,0960	0,1110	0,1280	0,1300	0,1220	0,1190
Soma A	0,4510	0,1760	0,0670	0,1970	0,2140	0,2800	0,0390	0,1930	0,2670	0,2570	0,1830	0,2850	0,2400	0,2280	0,2510	0,2170	0,1990	0,1480	0,1720	0,1480	0,1570	0,2420	0,2480	0,2450	0,2080
Soma Cat	15,4530	15,1760	14,9220	15,1980	15,2130	15,2800	14,9730	15,1940	15,2670	15,2580	15,1830	15,2860	15,2410	15,2270	15,2510	15,2170	15,1990	15,1490	15,1730	15,1490	15,1570	15,2420	15,2480	15,2440	15,2080
Cl	0,0180	0,0060	0,0090	0,0090	0,0080	0,0150	0,0060	0,0130	0,0200	0,0080	0,0190	0,0100	0,0150	0,0090	0,0040	0,0130	0,0000	0,0100	0,0060	0,0060	0,0020	0,0000	0,0040	0,0090	0,0110
F	0,1320	0,2650	0,1750	0,2400	0,5850	0,4940	0,1290	0,1960	0,2600	0,1100	0,2840	0,0000	0,2780	0,1910	0,0210	0,2580	0,1300	0,1910	0,1070	0,2130	0,1280	0,3000	0,2780	0,0000	0,0430
Fet/Fet+Mg	0,36	0,37	0,36	0,36	0,34	0,35	0,35	0,33	0,34	0,35	0,34	0,45	0,43	0,41	0,39	0,42	0,44	0,41	0,44	0,42	0,44	0,38	0,42	0,39	0,40
Al total	0,96	0,92	0,51	0,99	0,95	0,93	0,35	0,96	0,97	0,98	0,91	1,27	1,16	1,08	1,12	1,09	1,09	1,09	1,05	0,99	1,14	1,05	1,12	1,05	1,05
Mg/Mg+Fe2	0,66	0,67	0,71	0,74	0,75	0,72	0,72	0,76	0,78	0,72	0,75	0,59	0,65	0,65	0,68	0,63	0,62	0,67	0,64	0,64	0,63	0,68	0,63	0,66	0,66
Fe3/Fe3+Fe2	0,11	0,15	0,27	0,35	0,35	0,28	0,25	0,35	0,45	0,27	0,35	0,13	0,29	0,22	0,28	0,19	0,21	0,29	0,27	0,23	0,25	0,21	0,20	0,20	0,21
P (Kbar) 1	x	x	x																						

Tabela Anexo 1.2 - Análises de microsonda de anfibólios das amostras do Granito São Jorge *Jovem*, Província Aurífera do Tapajós

Furo 4/29

Análise Local Cristal	S2P129 centro	S2P130 centro	S2P131 centro	S2P128 centro	S2P127 centro	S2P121 borda	S2P125 borda	S2P120 borda	S2P123 borda	S2P126 borda	S2P122 borda	S2P119 borda	S2P124 borda	S4P135 centro	S4P133 borda	S4P132 borda	S4P134 borda	S4P136 borda	S4P138 borda	S4P137 borda
Tipo	HbMg	HbMg	HbMg	Act	Act	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	Act	Act	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg
SiO ₂	52,1626	52,3181	52,4227	52,7763	52,9806	51,4144	51,4536	52,2392	52,3016	52,3253	52,8132	53,3247	54,0565	50,8071	50,4380	50,9038	51,6422	51,7641	51,3520	52,2582
TiO ₂	0,4366	0,6467	0,4541	0,4107	0,4540	0,5763	0,5850	0,4982	0,4279	0,3933	0,5506	0,1837	0,1399	0,8031	0,6200	0,6292	0,6554	0,3933	0,7341	0,5239
Al ₂ O ₃	3,7151	3,8806	3,7211	3,3027	3,3786	4,4750	4,3353	3,8205	3,9112	3,4593	3,5024	3,1314	2,6556	4,7091	4,7980	4,5715	4,1445	4,1262	4,5217	3,5512
MgO	15,8555	15,7863	16,1212	16,2842	16,2555	15,6072	15,3062	15,7112	15,6970	15,9139	16,1142	16,2274	16,2596	14,3450	15,2461	15,2625	15,3089	15,5986	15,7000	16,1494
CaO	11,5756	11,7027	11,7153	11,9426	11,5779	11,6895	11,5289	11,2943	11,7536	12,1559	11,9620	11,8600	11,8147	11,6127	11,5610	11,6075	11,8203	11,4522	11,5874	11,6469
MnO	0,4693	0,4234	0,5401	0,4781	0,5265	0,4206	0,4839	0,4969	0,5632	0,6037	0,4758	0,5714	0,4720	0,4364	0,4329	0,5013	0,4184	0,3965	0,4222	0,5144
FeO	11,8690	11,7295	11,5570	11,4944	11,5121	12,0622	12,4619	11,6882	11,8829	12,1080	11,6934	11,5427	11,4875	13,3843	12,2253	12,4338	12,3402	12,0292	12,2013	12,0360
Na ₂ O	0,8198	0,7550	0,6804	0,6413	0,7353	0,8824	0,9116	0,8030	0,5959	0,5828	0,7183	0,5745	0,5681	0,8749	0,8787	1,0072	0,8938	0,7402	0,8575	0,6766
K ₂ O	0,3738	0,3504	0,3751	0,3154	0,3576	0,4138	0,4486	0,3683	0,3938	0,3366	0,3067	0,3171	0,2294	0,4847	0,4574	0,4687	0,4151	0,3715	0,4028	0,3838
F	0,3492	0,0004	0,1498	0,0004	0,8973	0,5985	0,0000	0,2995	0,0004	1,0462	0,3031	0,6481	0,2495	0,0004	0,0004	0,0004	0,4489	0,1996	0,0004	0,3991
Cl	0,0001	0,0193	0,0001	0,0032	0,0241	0,0193	0,0321	0,0193	0,0370	0,0306	0,0113	0,0000	0,0001	0,0241	0,0001	0,0097	0,0001	0,0080	0,0097	0,0001
Total	97,6266	97,6124	97,7369	98,0479	97,8026	98,4580	98,1456	96,9391	97,8636	97,9098	99,1941	98,0360	98,3315	97,7309	96,6579	97,3956	98,0878	97,0794	97,7891	98,1396
Fórmula estrutural na base de 23 átomos de oxigênio																				
Si	7,4660	7,4680	7,4640	7,5170	7,5180	7,3590	7,3790	7,4850	7,4680	7,4700	7,4990	7,5780	7,6770	7,3470	7,2960	7,3250	7,4170	7,4300	7,3200	7,4320
AlIV	0,5340	0,5320	0,5360	0,4830	0,4820	0,6410	0,6210	0,5150	0,5320	0,5300	0,5010	0,4220	0,3230	0,6530	0,7040	0,6750	0,5830	0,5700	0,6800	0,5680
Soma T	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Sítios M1, M2 e M3																				
AlVI	0,0920	0,1210	0,0880	0,0710	0,0830	0,1140	0,1120	0,1300	0,1270	0,0520	0,0850	0,1020	0,1210	0,1490	0,1130	0,1000	0,1180	0,1280	0,0790	0,0270
Fe3	0,5020	0,4210	0,5200	0,4440	0,5140	0,4980	0,5050	0,5200	0,4810	0,4520	0,4060	0,4530	0,3780	0,3980	0,5420	0,4920	0,3600	0,5610	0,5940	0,6240
Ti	0,0470	0,0690	0,0490	0,0440	0,0480	0,0620	0,0630	0,0540	0,0460	0,0420	0,0590	0,0200	0,0150	0,0870	0,0670	0,0680	0,0710	0,0420	0,0790	0,0560
Mg	3,3830	3,3590	3,4220	3,4580	3,4390	3,3300	3,2720	3,3560	3,3410	3,3870	3,4110	3,4380	3,4430	3,0920	3,2880	3,2740	3,2780	3,3380	3,3360	3,4240
Fe2	0,9190	0,9790	0,8560	0,9250	0,8530	0,9450	0,9890	0,8800	0,9370	0,9940	0,9820	0,9180	0,9860	1,2210	0,9370	1,0050	1,1220	0,8830	0,8610	0,8080
Mn	0,0570	0,0510	0,0650	0,0580	0,0630	0,0510	0,0590	0,0600	0,0680	0,0730	0,0570	0,0690	0,0570	0,0530	0,0530	0,0610	0,0510	0,0480	0,0510	0,0620
Soma C	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0010
Sítio M4																				
Ca	1,7750	1,7900	1,7870	1,8230	1,7600	1,7930	1,7710	1,7340	1,7980	1,8590	1,8200	1,8060	1,7980	1,7990	1,7920	1,7900	1,8190	1,7610	1,7700	1,7750
Na	0,2250	0,2090	0,1880	0,1770	0,2020	0,2070	0,2290	0,2230	0,1650	0,1410	0,1800	0,1580	0,1560	0,2010	0,2080	0,2100	0,1810	0,2060	0,2300	0,1870
Soma B	2,0000	1,9990	1,9750	2,0000	1,9620	2,0000	2,0000	1,9570	1,9630	2,0000	2,0000	1,9640	1,9540	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	1,9670	2,0000	1,9620
Sítio A																				
Na	0,0030	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0370	0,0250	0,0000	0,0000	0,0210	0,0180	0,0000	0,0000	0,0440	0,0380	0,0710	0,0680	0,0000	0,0070	0,0000
K	0,0680	0,0640	0,0680	0,0570	0,0650	0,0760	0,0820	0,0670	0,0720	0,0610	0,0560	0,0570	0,0420	0,0890	0,0840	0,0860	0,0760	0,0680	0,0730	0,0700
Soma A	0,0710	0,0640	0,0680	0,0570	0,0650	0,1130	0,1070	0,0670	0,0720	0,0820	0,0740	0,0570	0,0420	0,1330	0,1220	0,1570	0,1440	0,0680	0,0800	0,0700
Soma Cat	15,0710	15,0630	15,0430	15,0570	15,0270	15,1130	15,1070	15,0240	15,0350	15,0820	15,0740	15,0210	14,9960	15,1330	15,1220	15,1570	15,1440	15,0350	15,0800	15,0330
Cl	0,0000	0,0050	0,0000	0,0010	0,0060	0,0050	0,0080	0,0050	0,0090	0,0070	0,0030	0,0000	0,0000	0,0060	0,0000	0,0020	0,0000	0,0020	0,0020	0,0000
F	0,1580	0,0000	0,0670	0,1800	0,0000	0,4060	0,2710	0,0000	0,1350	0,0000	0,4700	0,1360	0,2910	0,1140	0,0000	0,0000	0,2040	0,0910	0,0000	0,1790
Fet/Fet+Mg	0,30	0,29	0,29	0,28	0,28	0,30	0,31	0,29	0,30	0,30	0,29	0,29	0,28	0,34	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,29
Al total	0,63	0,65	0,62	0,55	0,57	0,76	0,73	0,65	0,66	0,58	0,59	0,52	0,44	0,80	0,82	0,78	0,70	0,70	0,76	0,60
Mg/Mg+Fe2	0,79	0,77	0,8	0,79	0,8	0,78	0,77	0,79	0,78	0,77	0,78	0,79	0,78	0,72	0,78	0,77	0,75	0,79	0,79	0,81
Fe3/Fe3+Fe2	0,35	0,30	0,38	0,32	0,38	0,35	0,34	0,37	0,34	0,31	0,29	0,33	0,28	0,25	0,37	0,33	0,24	0,39	0,41	0,44
P (Kbar) 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P (Kbar) 2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P (Kbar) 3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

HbMg = Hornblenda magnesiânica
1 = Johnson & Rutherford (1989): Al total = ou > 1.1

Act = Actinolita
2 = Blundy & Holland (1990): Al total = ou > 0.9

3 = Schmidt (1992): Al total = ou > 0.9

Tabela Anexo 1.2 (Cont.) - Análises de microsonda de anfibólios das amostras do Granito São Jorge *Jovem*, Província Aurífera do Tapajós

Furo 9/10

Análise	S1P61	S1P62	S1P56	S1P55	S1P52	S1P53	S1P59	S1P54	S1P57	S1P58	S2P67	S2P68	S2P65	S2P63	S2P64	S2P66
Local	b-c	centro	borda	borda	borda	borda	borda	borda	borda	borda	centro	centro	borda	borda	borda	borda
Cristal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Tipo	HbMg	Act	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	Act	HbMg	HbMg	HbMg	HbMg	Act	Act
SiO ₂	52,2055	52,4188	50,0105	50,1258	50,5632	51,3291	51,3912	52,2943	52,3923	53,2821	51,3286	51,9776	48,3481	51,8289	52,8321	52,9109
TiO ₂	0,7082	0,3769	0,9484	0,6275	0,8143	0,6544	0,4752	0,6013	0,5289	0,3772	0,9051	0,4297	1,2754	0,7261	0,3949	0,4751
Al ₂ O ₃	3,7082	3,4598	5,1651	5,1279	4,9913	4,0915	3,8609	3,5147	3,7643	3,1062	4,3251	3,7268	6,1692	4,0633	3,3941	3,6255
MgO	15,9431	16,1350	14,7148	14,6125	14,9353	15,6981	15,8649	16,1283	15,7673	16,3341	15,5257	15,1631	13,5999	15,6199	15,6355	15,7670
CaO	11,6979	11,5580	11,8103	11,8452	11,9290	11,6945	11,6211	11,8665	12,3170	11,8963	11,5955	11,7467	11,6706	11,9439	11,8669	11,9006
MnO	0,4420	0,5978	0,4639	0,4848	0,4601	0,4458	0,5000	0,4638	0,4810	0,4551	0,5013	0,5588	0,5734	0,5517	0,5182	0,5239
FeO	11,6942	11,3492	12,7176	12,7493	12,7041	11,8885	11,9763	11,3673	11,8867	11,1231	11,9835	12,7815	13,6921	11,5646	11,7752	12,1159
Na ₂ O	0,9819	0,8399	0,9958	0,8944	0,8659	0,8580	1,0293	0,7307	0,6282	0,7358	0,9202	0,5006	0,9153	0,9746	0,5294	0,5873
K ₂ O	0,3313	0,3280	0,5521	0,5210	0,5472	0,4342	0,3822	0,3625	0,3560	0,3405	0,3995	0,3609	0,7518	0,3747	0,3230	0,3351
F	0,0474	0,3324	0,0000	0,1895	0,0000	0,2369	0,8992	0,2378	0,2369	0,5205	0,0000	0,0473	0,8386	0,5209	0,0000	0,0000
Cl	0,0001	0,0000	0,0459	0,0312	0,0197	0,0214	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0197	0,0736	0,0001	0,0132	0,0016
Total	97,7598	97,3958	97,4244	97,2091	97,8301	97,3524	98,0004	97,5672	98,3587	98,1709	97,4845	97,3127	97,9080	98,1687	97,2825	98,2429
Fórmula estrutural na base de 23 átomos de oxigênio																
Si	7,4560	7,5030	7,2420	7,2810	7,2770	7,3850	7,3910	7,4850	7,4780	7,5900	7,3570	7,4700	7,0790	7,4380	7,5710	7,5080
AlIV	0,5440	0,4970	0,7580	0,7190	0,7230	0,6150	0,6090	0,5150	0,5220	0,4100	0,6430	0,5300	0,9210	0,5620	0,4290	0,4920
Soma T	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Sítios M1, M2 e M3																
AlVI	0,0790	0,0860	0,1230	0,1590	0,1230	0,0780	0,0460	0,0780	0,1110	0,1110	0,0870	0,1010	0,1430	0,1250	0,1430	0,1130
Fe ³⁺	0,4020	0,4930	0,3820	0,3870	0,4040	0,4720	0,5210	0,4000	0,2910	0,3220	0,4700	0,5130	0,4350	0,2680	0,3510	0,4370
Ti	0,0760	0,0410	0,1030	0,0690	0,0880	0,0710	0,0510	0,0650	0,0570	0,0400	0,0980	0,0460	0,1400	0,0780	0,0430	0,0510
Mg	3,3940	3,4430	3,1770	3,1640	3,2040	3,3670	3,4020	3,4410	3,3550	3,4690	3,3180	3,2490	2,9690	3,3420	3,3400	3,3350
Fe ²⁺	0,9960	0,8660	1,1580	1,1620	1,1250	0,9580	0,9190	0,9600	1,1280	1,0030	0,9670	1,0230	1,2420	1,1200	1,0600	1,0010
Mn	0,0530	0,0720	0,0570	0,0600	0,0560	0,0540	0,0610	0,0560	0,0580	0,0550	0,0610	0,0680	0,0710	0,0670	0,0630	0,0630
Soma C	5,0000	5,0010	5,0000	5,0010	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0010	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
Sítio M4																
Ca	1,7900	1,7720	1,8320	1,8440	1,8390	1,8030	1,7910	1,8200	1,8840	1,8160	1,7810	1,8090	1,8310	1,8370	1,8220	1,8090
Na	0,2100	0,2280	0,1680	0,1560	0,1610	0,1970	0,2090	0,1800	0,1160	0,1840	0,2190	0,1390	0,1690	0,1630	0,1470	0,1620
Soma B	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	1,9480	2,0000	2,0000	1,9690	1,9710
Sítio A																
Na	0,0620	0,0060	0,1120	0,0950	0,0810	0,0420	0,0780	0,0230	0,0580	0,0190	0,0370	0,0000	0,0910	0,1080	0,0000	0,0000
K	0,0600	0,0600	0,1020	0,0970	0,1000	0,0800	0,0700	0,0660	0,0650	0,0620	0,0730	0,0660	0,1400	0,0690	0,0590	0,0610
Soma A	0,1220	0,0660	0,2140	0,1920	0,1810	0,1220	0,1480	0,0890	0,1230	0,0810	0,1100	0,0660	0,2310	0,1770	0,0590	0,0610
Soma Cat	15,1220	15,0670	15,2140	15,1930	15,1810	15,1220	15,1480	15,0890	15,1230	15,0810	15,1110	15,0140	15,2310	15,1770	15,0280	15,0320
Cl	0,0000	0,0000	0,0110	0,0080	0,0050	0,0050	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0180	0,0000	0,0030	0,0000
F	0,0210	0,1500	0,0000	0,0870	0,0000	0,1080	0,4090	0,1080	0,1070	0,2340	0,0000	0,0210	0,3880	0,2360	0,0000	0,0000
Fet/Fet+Mg	0,29	0,28	0,33	0,33	0,32	0,30	0,30	0,28	0,30	0,28	0,30	0,32	0,36	0,29	0,30	0,30
Al total	0,62	0,58	0,88	0,88	0,85	0,69	0,66	0,59	0,63	0,52	0,73	0,63	1,06	0,69	0,57	0,61
Mg/Mg+Fe ²⁺	0,77	0,8	0,73	0,73	0,74	0,78	0,79	0,78	0,75	0,78	0,77	0,76	0,71	0,75	0,76	0,77
Fe ³⁺ /Fe ³⁺ +Fe ²⁺	0,29	0,36	0,25	0,25	0,26	0,33	0,36	0,29	0,21	0,24	0,33	0,33	0,26	0,19	0,25	0,30
P (Kbar) 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P (Kbar) 2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,82	x	x	x
P (Kbar) 3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,05	x	x	x

HbMg = Hornblenda magnesiana

Act = Actinolita

1 = Johnson & Rutherford (1989): Al total = ou > 1.1

2 = Blundy & Holland (1990): Al total = ou > 0.9

3 = Schmidt (1992): Al total = ou > 0.9

Tabela Anexo 1.3 - Análises de microsonda de anfibólios das amostras dos granitos Jardim do Ouro, Pórfiro (18a) e do traquito da Formação Moraes Almeida.

Análise	Granito Jardim do Ouro (amostra 03a)												Granito Pórfiro (amostra 18a)				Traquito (48)	
	S1P171	S1P170	S1P169	S1P172	S1P168	S3P174	S3P175	S3P173	S3P177	S3P178	S3P176		S4P262	S4P260	S4P261	S2P263	S4P228	S5P227
	Local	centro	b-c	borda	borda	centro	borda	borda	centro	borda	borda		centro	borda	borda	centro	borda	borda
	22	22	22	22	22	23	23	23	24	24	24		20	20	20	21	25	25
Tipo	Fe-Edn	Fe-Hb	Fe-Hb	Fe-Hb	Fe-Hb	Fe-Hb	Fe-Hb	Fe-Hb	Fe-Hb	Fe-Hb	Fe-Edn		Fe-Hb	Fe-Hb	Fe-Hb	Fe-Hb	Fe-Hb	Fe-Hb
SiO ₂	43,2229	43,3744	44,2010	42,4623	43,0344	45,1738	43,3408	43,7772	43,0652	43,0490	43,3107		47,9173	45,6593	45,9450	45,5066	44,9119	45,8832
TiO ₂	1,9022	1,9171	1,9634	1,8557	2,0480	0,9375	1,2906	2,0332	1,1682	2,0048	2,1184		0,4738	0,7982	0,5082	0,8847	1,7133	1,3894
Al ₂ O ₃	8,5188	8,5345	7,8545	8,4892	8,4863	7,3180	7,8639	8,3781	7,7266	8,3935	8,3115		4,8152	6,3178	6,1242	6,4439	6,9140	6,3372
MgO	6,5573	6,4624	7,1336	5,8632	6,7719	7,2353	5,6978	6,7995	5,9426	5,7004	5,9914		7,9624	7,3693	7,2422	7,0338	8,8941	9,1589
CaO	10,7390	10,3519	10,6193	10,5849	10,5577	10,7464	10,7148	10,2807	10,6052	10,4749	10,5088		10,8774	10,6421	11,0821	10,9618	10,4842	10,3931
MnO	0,7070	0,6505	0,6003	0,9191	0,6653	0,7670	0,9458	0,6276	0,8654	0,9787	0,9849		1,1308	0,9646	1,0920	0,9769	0,7070	0,7834
FeO	23,2996	23,9478	22,6042	24,4349	22,9712	23,7441	25,1620	22,8535	25,2666	23,9211	24,0869		23,1045	23,6145	24,2072	24,3229	21,7288	21,4996
Na ₂ O	1,7108	1,8411	1,5159	1,5536	1,6214	1,6378	1,5442	1,5476	1,4903	1,6777	1,8054		1,1237	1,2643	1,1393	1,2563	1,6018	1,6846
K ₂ O	1,1979	1,2000	1,2003	1,1999	1,2255	0,6162	1,2716	1,4880	1,2498	1,2099	1,2453		0,7203	0,9112	0,9050	0,9234	1,2543	1,1506
F	0,4411	0,9224	0,3529	0,5714	0,4835	0,0440	0,0000	0,0441	0,6037	0,2200	0,2200		1,0060	0,3504	0,5635	0,8665	1,1312	1,0028
Cl	0,1099	0,1485	0,1002	0,1742	0,1323	0,1485	0,1610	0,1390	0,1482	0,1630	0,1533		0,1362	0,2027	0,2381	0,1879	0,4002	0,3376
Total	98,4065	99,3506	98,1456	98,1084	97,9975	98,3686	97,9925	97,9685	98,1318	97,7930	98,7366		99,2676	98,0944	99,0468	99,3647	99,7408	99,6204
Fórmula estrutural na base de 23 átomos de oxigênio																		
Si	6,6460	6,6280	6,7620	6,5860	6,6250	6,8450	6,7150	6,6990	6,6830	6,6800	6,6550		7,2350	6,9630	6,9850	6,9260	6,7600	6,8810
Al ^{IV}	1,3540	1,3720	1,2380	1,4140	1,3750	1,1550	1,2850	1,3010	1,3170	1,3200	1,3450		0,7650	1,0370	1,0150	1,0740	1,2260	1,1190
Soma T	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000		8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	7,9860	8,0000
Sítios M1, M2 e M3																		
Al ^{VI}	0,1890	0,1630	0,1770	0,1370	0,1650	0,1520	0,1490	0,2090	0,0960	0,2140	0,1590		0,0920	0,0970	0,0820	0,0810	0,0000	0,0000
Fe ³	0,4420	0,6000	0,4430	0,6200	0,5280	0,7000	0,5640	0,5030	0,7250	0,4100	0,4540		0,5780	0,7290	0,6950	0,6650	0,7630	0,7560
Ti	0,2200	0,2200	0,2260	0,2170	0,2370	0,1070	0,1500	0,2340	0,1360	0,2340	0,2450		0,0540	0,0920	0,0580	0,1010	0,1940	0,1570
Mg	1,5030	1,4720	1,6270	1,3560	1,5540	1,6340	1,3160	1,5510	1,3750	1,3190	1,3720		1,7920	1,6750	1,6410	1,5960	1,9960	2,0480
Fe ²	2,5540	2,4600	2,4490	2,5490	2,4290	2,3090	2,6970	2,4220	2,5540	2,6950	2,6420		2,3390	2,2830	2,3830	2,4310	1,9580	1,9400
Mn	0,0920	0,0840	0,0780	0,1210	0,0870	0,0980	0,1240	0,0810	0,1140	0,1290	0,1280		0,1450	0,1250	0,1410	0,1260	0,0900	0,1000
Soma C	5,0000	4,9990	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0010	5,0000		5,0000	5,0010	5,0000	5,0000	5,0010	5,0010
Sítio M4																		
Ca	1,7690	1,6950	1,7410	1,7590	1,7420	1,7450	1,7790	1,6860	1,7630	1,7420	1,7300		1,7600	1,7390	1,8050	1,7880	1,6910	1,6700
Na	0,2310	0,3050	0,2590	0,2410	0,2580	0,2550	0,2210	0,3140	0,2370	0,2580	0,2700		0,2400	0,2610	0,1950	0,2120	0,3090	0,3300
Soma B	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000		2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
Sítio A																		
Na	0,2790	0,2400	0,1900	0,2260	0,2260	0,2260	0,2420	0,1450	0,2120	0,2460	0,2680		0,0890	0,1130	0,1410	0,1580	0,1580	0,1600
K	0,2350	0,2340	0,2340	0,2370	0,2410	0,1190	0,2510	0,2900	0,2470	0,2400	0,2440		0,1390	0,1770	0,1760	0,1790	0,2410	0,2200
Soma A	0,5140	0,4740	0,4240	0,4630	0,4670	0,3450	0,4930	0,4350	0,4590	0,4860	0,5120		0,2280	0,2900	0,3170	0,3370	0,3990	0,3800
Soma Cat	15,5140	15,4730	15,4240	15,4630	15,4670	15,3450	15,4930	15,4350	15,4590	15,4870	15,5120		15,2280	15,2910	15,3170	15,3370	15,3860	15,3810
Cl	0,0290	0,0380	0,0260	0,0460	0,0350	0,0380	0,0420	0,0360	0,0390	0,0430	0,0400		0,0350	0,0520	0,0610	0,0480	0,1020	0,0860
F	0,2140	0,4460	0,1710	0,2800	0,2350	0,0210	0,0000	0,0210	0,2960	0,1080	0,1070		0,4800	0,1690	0,2710	0,4170	0,5380	0,4760
Fet/Fet+Mg	0,67	0,68	0,64	0,70	0,66	0,65	0,71	0,65	0,70	0,70	0,69		0,62	0,64	0,65	0,66	0,58	0,57
Al total	1,54	1,54	1,42	1,55	1,54	1,31	1,43	1,51	1,41	1,53	1,50		0,86	1,13	1,10	1,16	1,23	1,12
Mg/Mg+Fe ²	0,37	0,37	0,4	0,35	0,39	0,41	0,33	0,39	0,35	0,33	0,34		0,43	0,42	0,41	0,4	0,5	0,51
Fe ³ /Fe ³ +Fe ²	0,15	0,20	0,15	0,20	0,18	0,23	0,17	0,17	0,22	0,13	0,15		0,20	0,24	0,23	0,21	0,28	0,28
P (Kbar) 1	3,07	3,03	2,53	3,10	3,05	2,07	2,61	2,93	2,52	3,03	2,90		x	1,34	1,18	1,43	1,73	1,27
P (Kbar) 2	4,23	4,19	3,59	4,27	4,22	3,04	3,68	4,07	3,58	4,19	4,04		x	2,17	1,99	2,28	2,64	2,10
P (Kbar) 3	4,33	4,30	3,73	4,37	4,32	3,21	3,82	4,18	3,72	4,29	4,15		x	2,39	2,21	2,49	2,83	2,32

Fe-Edn = Ferro-edenita
1 = Johnson & Rutherford (1989): Al total = ou > 1.1

Fe-Hb = Ferro-hornblenda

2 = Blundy & Holland (1990): Al total = ou > 0.9

3 = Schmidt (1992): Al total = ou > 0.9

ANEXO 2 – ANÁLISES QUÍMICAS DE BIOTITAS

Tabela Anexo 2.1 - Análises de microsonda das biotitas primárias (Bt1) do Granito São Jorge *Antigo*, Granito Pórfiro e Granito Jardim do Ouro

GRANITO SÃO JORGE ANTIGO																			
BAQM (amostra 103)					ABMZG (amostra 27)										ABMZG (amostra 28)				
Análise	S6P183	S6P180	S6P181	S6P179	S7P84	S6P87	S6P91	S6P88	S7P83	S7P82	S6P90	S7P85	S6P89	S7P86	S7P127	S8P129	S7P126	S8P128	S7P125
SiO ₂	36,6808	36,6971	37,1208	37,6428	37,2662	37,3969	37,5766	37,8358	37,8422	37,8512	37,8538	37,9130	38,0203	38,0965	36,3573	36,4759	36,6801	37,5338	38,1147
TiO ₂	3,5094	3,5329	2,8848	3,4080	1,8660	1,6391	1,4997	1,4222	1,6709	1,5016	1,6233	1,5463	1,5188	1,5639	2,3214	2,1991	2,2683	1,8014	2,0657
Al ₂ O ₃	13,8279	13,9754	14,0768	14,0054	14,9400	15,6245	16,3718	15,8329	15,4452	15,9268	15,9117	16,0627	15,7613	15,5992	14,4303	13,8978	14,5340	13,8196	13,5373
MgO	11,6516	11,5848	11,9119	12,0964	12,5177	12,2534	12,1534	12,6614	12,9965	13,4025	12,4353	12,5297	12,5017	12,8057	12,1578	12,3361	12,4617	12,5774	13,7349
CaO	0,0036	0,0590	0,0362	0,0495	0,0217	0,0326	0,0000	0,0000	0,0847	0,1257	0,0326	0,0000	0,0000	0,0000	0,0338	0,0494	0,0495	0,0459	0,0302
MnO	0,7600	0,7283	0,6126	0,6255	0,7427	0,7421	0,7289	0,7384	0,7941	0,7723	0,8051	0,8115	0,7380	0,6949	0,8609	0,8056	0,7689	0,7628	0,7747
FeO	18,1936	18,1738	17,7703	17,1192	18,1009	17,8715	17,4504	16,9014	16,3544	16,5682	17,3296	16,5766	16,9412	16,6161	18,2440	18,6793	17,0691	18,2288	17,0706
Na ₂ O	0,0003	0,0501	0,0115	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0225	0,0000	0,0000	0,0000	0,0150	0,0003	0,0462	0,0229	0,0003	0,0458
K ₂ O	9,7924	9,5633	9,5745	9,7569	10,0974	10,1450	10,2088	10,4083	10,2763	9,8016	10,3361	9,9848	10,5974	10,1497	9,4740	9,4261	9,7212	9,7273	9,9714
F	0,7205	0,1819	0,9003	0,5002	0,2230	0,4888	0,0000	0,5358	0,3159	0,5797	0,2233	0,2704	0,6679	0,6706	0,6307	0,4037	0,5899	0,5447	0,4507
Cl	0,1637	0,1440	0,1200	0,1070	0,0243	0,0243	0,0032	0,0211	0,0373	0,0146	0,0081	0,0049	0,0000	0,0374	0,0081	0,0016	0,0308	0,0001	0,0065
TOTAL	95,3038	94,6906	95,0197	95,3109	95,7999	96,2182	95,9928	96,3573	95,8175	96,5667	96,5589	95,6999	96,7466	96,2490	94,5186	94,3208	94,1964	95,0421	95,8025
O=F	0,3034	0,0766	0,3791	0,2106	0,0939	0,2058	0,0000	0,2256	0,1330	0,2441	0,0940	0,1139	0,2813	0,2824	0,2656	0,1700	0,2484	0,2294	0,1898
O=Cl	0,0369	0,0325	0,0271	0,0241	0,0055	0,0055	0,0007	0,0048	0,0084	0,0033	0,0018	0,0011	0,0000	0,0084	0,0018	0,0004	0,0069	0,0000	0,0015
TOTAL	94,9635	94,5815	94,6135	95,0761	95,7005	96,0069	95,9921	96,1269	95,6761	96,3193	96,4630	95,5849	96,4653	95,9582	94,2512	94,1504	93,9410	94,8127	95,6112
Fórmula estrutural na base de 22 oxigénios																			
Sítio Tetraédrico																			
Si	5,6587	5,6554	5,7186	5,7361	5,6663	5,6633	5,6530	5,6965	5,7053	5,6622	5,6781	5,7053	5,7124	5,7313	5,6347	5,6640	5,6711	5,7684	5,7763
AlIV	2,3413	2,3446	2,2814	2,2639	2,3337	2,3367	2,3470	2,3035	2,2947	2,3378	2,3219	2,2947	2,2876	2,2687	2,3653	2,3360	2,3289	2,2316	2,2237
Soma T	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Sítio Octaédrico																			
AlVI	0,1732	0,1941	0,2748	0,2518	0,3439	0,4523	0,5561	0,5063	0,4501	0,4706	0,4914	0,5545	0,5037	0,4976	0,2708	0,2077	0,3199	0,2718	0,1946
Fe	2,3469	2,3420	2,2891	2,1813	2,3014	2,2631	2,1952	2,1278	2,0618	2,0725	2,1736	2,0859	2,1284	2,0903	2,3643	2,4254	2,2068	2,3426	2,1633
Mg	2,6864	2,6682	2,7426	2,7548	2,8445	2,7733	2,7325	2,8490	2,9284	2,9964	2,7877	2,8180	2,8072	2,8792	2,8160	2,8628	2,8795	2,8888	3,1109
Mn	0,0993	0,0951	0,0799	0,0807	0,0956	0,0952	0,0929	0,0942	0,1014	0,0978	0,1023	0,1034	0,0939	0,0885	0,1130	0,1059	0,1007	0,0993	0,0994
Ti	0,4071	0,4094	0,3342	0,3905	0,2133	0,1866	0,1696	0,1610	0,1894	0,1689	0,1831	0,1750	0,1716	0,1769	0,2705	0,2568	0,2637	0,2082	0,2354
Soma O	5,7129	5,7087	5,7207	5,6592	5,7988	5,7704	5,7463	5,7382	5,7311	5,8061	5,7381	5,7368	5,7048	5,7326	5,8346	5,8587	5,7705	5,8107	5,8037
Sítio A																			
Ca	0,0006	0,0097	0,0060	0,0081	0,0035	0,0053	0,0000	0,0000	0,0137	0,0201	0,0052	0,0000	0,0000	0,0000	0,0056	0,0082	0,0082	0,0076	0,0049
Na	0,0001	0,0150	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0065	0,0000	0,0000	0,0000	0,0044	0,0001	0,0139	0,0069	0,0001	0,0135
K	1,9270	1,8800	1,8815	1,8965	1,9584	1,9597	1,9590	1,9989	1,9763	1,8703	1,9777	1,9166	2,0310	1,9478	1,8729	1,8671	1,9172	1,9069	1,9276
Soma A	1,9277	1,9047	1,8909	1,9046	1,9619	1,9650	1,9590	1,9989	1,9900	1,8970	1,9829	1,9166	2,0310	1,9521	1,8786	1,8892	1,9323	1,9146	1,9460
F	0,3515	0,0886	0,4386	0,2410	0,1072	0,2341	0,0000	0,2551	0,1506	0,2742	0,1059	0,1287	0,3173	0,3190	0,3091	0,1982	0,2884	0,2647	0,2160
Cl	0,0428	0,0376	0,0313	0,0276	0,0063	0,0062	0,0008	0,0054	0,0095	0,0037	0,0021	0,0012	0,0000	0,0095	0,0021	0,0004	0,0081	0,0000	0,0017
Fe/(Fe+Mg)	0,47	0,47	0,45	0,44	0,45	0,45	0,45	0,43	0,41	0,41	0,44	0,43	0,43	0,42	0,46	0,46	0,43	0,45	0,41
Mg/(Mg+Fe)	0,53	0,53	0,55	0,56	0,55	0,55	0,55	0,57	0,59	0,59	0,56	0,57	0,57	0,58	0,54	0,54	0,57	0,55	0,59
Al total	2,51	2,54	2,56	2,52	2,68	2,79	2,90	2,81	2,74	2,81	2,81	2,85	2,79	2,77	2,64	2,54	2,65	2,50	2,42

BAQM = Biotita-anfóbio-quartzo-monzonito

ABMZG = Anfóbio-biotita-monzogranito

Tabela Anexo 2.1 (cont.) - Análises de microsonda das biotitas primárias (Bt1) do Granito São Jorge Antigo, Granito Pórfiro e Granito Jardim do Ouro

Análise	ABQS (amostra 32)					GRANITO SÃO JORGE ANTIGO										GRANITO PÓRFIRO			GRANITO JARDIM DO OURO				
						BLMZG - sul do corpo (amostra 69)										(amostra 67c)			ABMZG (amostra 03a)				
	S6P120	S6P122	S6P124	S6P123	S6P121	S5P145	S1P139	S5P146	S1P137	S5P144	S1P140	S1P141	S1P143	S1P142	S2P264	S2P265	S2P266	S8P196	S5P193	S8P195	S1P192	S5P194	
SiO2	37,561	38,1296	38,2076	38,3811	38,3924	38,9769	39,2360	39,2479	39,2869	39,2908	39,3233	39,3255	39,4174	39,4350	36,1207	37,2889	37,2900	35,4074	35,4494	35,7513	36,1280	36,1930	
TiO2	3,0246	2,7394	1,8511	2,8501	3,0836	2,1109	1,7207	2,0498	1,8208	1,9643	1,8086	1,6057	1,6503	1,6587	1,7653	1,8176	1,5543	4,5510	3,9655	4,3913	4,1755	4,4504	
Al2O3	13,151	13,1417	13,9209	13,1622	13,2371	12,9973	13,3278	12,5930	13,4745	13,0517	13,6951	13,3878	13,7162	13,4798	16,1207	15,9893	16,1727	13,0813	12,8718	12,9319	12,7722	12,5146	
MgO	11,899	12,0538	12,1213	12,2241	11,7447	13,1667	13,6308	13,3874	13,4109	13,5127	13,5494	13,5164	13,4734	13,4357	9,6327	9,7969	9,7885	6,4147	6,2202	6,4587	6,7947	6,0183	
CaO	0,0362	0,0060	0,0205	0,0748	0,0518	0,0704	0,0061	0,0471	0,0000	0,0593	0,0000	0,0085	0,0002	0,0000	0,0734	0,0036	0,0072	0,0284	0,1907	0,0937	0,0000	0,1389	
MnO	0,4760	0,4553	0,6028	0,6137	0,4504	1,4290	1,5226	1,5105	1,5293	1,5076	1,5660	1,6292	1,5230	1,5024	0,4993	0,5436	0,5012	0,4337	0,4723	0,4315	0,4149	0,5296	
FeO	17,556	18,2246	18,0380	17,1261	17,7079	15,4628	14,2788	15,7905	14,9705	15,4270	14,3776	14,5325	14,7125	14,1848	21,1769	21,1966	21,4827	27,4822	27,5525	27,1843	26,2465	26,3977	
Na2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0763	0,0000	0,0003	0,0187	0,0000	0,0150	0,0000	0,0000	0,0003	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
K2O	9,7237	10,1308	9,9260	9,7173	10,0592	9,8108	10,2687	9,8189	9,9244	9,7441	10,1427	9,9903	10,0441	10,2981	9,4107	10,0240	10,2773	9,2574	8,2682	9,3627	9,7439	9,2321	
F	0,6809	1,1985	0,7579	1,1254	1,6861	0,4612	1,0593	1,6679	1,6289	0,8228	1,0561	1,2890	0,6915	1,3760	0,5255	0,3479	0,0000	0,4647	0,0000	0,2125	0,8062	0,3016	
Cl	0,1084	0,0485	0,0081	0,0762	0,0954	0,0146	0,0228	0,0325	0,0341	0,0358	0,0391	0,026	0,0001	0,0342	0,0243	0,0113	0,0016	0,1374	0,1345	0,1391	0,1680	0,1791	
TOTAL	94,2161	96,1282	95,4542	95,4273	96,5086	94,5009	95,0923	96,1455	96,0953	95,4161	95,5579	95,3112	95,2362	95,4047	95,3495	97,0197	97,0755	97,2582	95,1251	96,9570	97,2499	95,9553	
O=F	0,2867	0,5047	0,3192	0,4739	0,7100	0,1942	0,4461	0,7024	0,6859	0,3465	0,4447	0,5428	0,2912	0,5794	0,2213	0,1465	0,0000	0,1957	0,0000	0,0895	0,3395	0,1270	
O=Cl	0,0245	0,0109	0,0018	0,0172	0,0215	0,0033	0,0051	0,0073	0,0077	0,0081	0,0088	0,0059	0,0000	0,0077	0,0055	0,0025	0,0004	0,0310	0,0303	0,0314	0,0379	0,0404	
TOTAL	93,9049	95,6126	95,1332	94,9362	95,7771	94,3034	94,6411	95,4358	95,4017	95,0615	95,1044	94,7625	94,9450	94,8175	95,1227	96,8706	97,0751	97,0315	95,0948	96,8361	96,8725	95,7879	
Fórmula estrutural na base de 22 oxigênios																							
Sítio Tetraédrico																							
Si	5,8181	5,8366	5,8424	5,8727	5,8639	5,9441	5,9613	5,9693	5,9470	5,9506	5,9397	5,9728	5,9514	5,9841	5,5959	5,6652	5,6542	5,5777	5,6582	5,6264	5,6860	5,7383	
AlIV	2,1819	2,1634	2,1576	2,1273	2,1361	2,0559	2,0387	2,0307	2,0530	2,0494	2,0603	2,0272	2,0486	2,0159	2,4041	2,3348	2,3458	2,4223	2,3418	2,3736	2,3140	2,2617	
Soma T	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	
Sítio Octaédrico																							
AlVI	0,2192	0,2078	0,3515	0,2466	0,2471	0,2805	0,3482	0,2270	0,3512	0,2806	0,3781	0,3696	0,3925	0,3952	0,5397	0,5286	0,5447	0,0067	0,0799	0,0253	0,0554	0,0771	
Fe	2,2739	2,3327	2,3064	2,1912	2,2616	1,9718	1,8141	2,0082	1,8949	1,9537	1,8160	1,8456	1,8575	1,7999	2,7433	2,6928	2,7238	3,6200	3,6773	3,5773	3,4541	3,4997	
Mg	2,7546	2,7576	2,7701	2,7954	2,6809	3,0009	3,0951	3,0431	3,0340	3,0586	3,0587	3,0681	3,0403	3,0471	2,2303	2,2245	2,2182	1,5102	1,4838	1,5191	1,5982	1,4261	
Mn	0,0624	0,0590	0,0781	0,0795	0,0583	0,1846	0,1959	0,1946	0,1961	0,1934	0,2003	0,2096	0,1947	0,1931	0,0655	0,0699	0,0644	0,0579	0,0638	0,0575	0,0553	0,0711	
Ti	0,3523	0,3153	0,2128	0,3279	0,3541	0,2421	0,1966	0,2344	0,2072	0,2237	0,2054	0,1834	0,1874	0,1893	0,2056	0,2076	0,1772	0,5391	0,4759	0,5197	0,4941	0,5306	
Soma O	5,6624	5,6724	5,7188	5,6406	5,6020	5,6799	5,6499	5,7073	5,6833	5,7099	5,6585	5,6763	5,6723	5,6244	5,7845	5,7235	5,7283	5,7339	5,7807	5,6989	5,6571	5,6046	
Sítio A																							
Ca	0,0060	0,0010	0,0034	0,0123	0,0085	0,0115	0,0010	0,0077	0,0000	0,0096	0,0000	0,0014	0,0000	0,0000	0,0122	0,0006	0,0012	0,0048	0,0326	0,0158	0,0000	0,0236	
Na	0,0000	0,0000	0,0000	0,0226	0,0000	0,0001	0,0055	0,0000	0,0044	0,0000	0,0000	0,0001	0,0022	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
K	1,9213	1,9781	1,9361	1,8966	1,9598	1,9085	1,9901	1,9049	1,9163	1,8824	1,9542	1,9355	1,9344	1,9933	1,8597	1,9426	1,9878	1,8602	1,6834	1,8795	1,9561	1,8671	
Soma A	1,9273	1,9791	1,9394	1,9315	1,9683	1,9201	1,9966	1,9126	1,9207	1,8921	1,9542	1,9370	1,9367	1,9933	1,8719	1,9432	1,9889	1,8650	1,7160	1,8953	1,9561	1,8907	
F	0,3335	0,5801	0,3665	0,5445	0,8143	0,2224	0,5089	0,8022	0,7797	0,3940	0,5044	0,6191	0,3301	0,6603	0,2574	0,1671	0,0000	0,2315	0,0000	0,1057	0,4012	0,1512	
Cl	0,0285	0,0126	0,0021	0,0198	0,0247	0,0038	0,0059	0,0084	0,0087	0,0092	0,0100	0,0067	0,0000	0,0088	0,0064	0,0029	0,0004	0,0367	0,0364	0,0371	0,0448	0,0481	
Fe/(Fe+Mg)	0,45	0,46	0,45	0,44	0,46	0,40	0,37	0,40	0,38	0,39	0,37	0,38	0,38	0,37	0,55	0,55	0,55	0,71	0,71	0,70	0,68	0,71	
Mg/(Mg+Fe)	0,55	0,54	0,55	0,56	0,54	0,60	0,63	0,60	0,62	0,61	0,63	0,62	0,62	0,63	0,45	0,45	0,45	0,29	0,29	0,30	0,32	0,29	
Al total	2,40	2,37	2,51	2,37	2,38	2,34	2,39	2,26	2,40	2,33	2,44	2,40	2,44	2,41	2,94	2,86	2,89	2,43	2,42	2,40	2,37	2,34	

ABQS = Anfibólio-biotita-quartzo-sienito

BLMZG = Biotita-leucomonzogranito

ABMZG = Anfibólio-biotita-monzogranito

Tabela Anexo 2.2 - Análises de microsonda das biotitas primárias (Bt1) do Granito São Jorge *Jovem*, Província Aurífera do TapajósGRANITO SÃO JORGE *JOVEM*

Análise	ABMZG (Furo-2/5)											ABMZG (Furo-4/29)					ABMZG (Furo-9/10)				
	S3P7	S2P1	S2P3	S3P18	S2P5	S2P46	S2P4	S3P6	S3P20	S3P19	S2P2	S3P112	S1P115	S3P113	S1P116	S3P114	S5P72	S5P70	S5P73	S5P69	S5P71
SiO ₂	37,5726	37,8516	37,8904	38,0261	38,0284	38,1263	38,1312	38,1520	38,1971	38,3583	38,3775	38,1428	37,7002	37,8919	37,8967	38,2006	37,3126	37,6982	37,7260	37,8726	38,0153
TiO ₂	3,0052	2,6010	3,0342	2,4826	3,0520	2,5101	2,6447	2,3613	2,9138	2,6183	2,6441	2,6628	3,1578	3,1128	2,8008	3,1433	3,5655	2,5809	2,4739	2,7285	2,6697
Al ₂ O ₃	13,9427	14,4844	14,3085	15,1032	14,5701	14,6398	14,4342	14,4092	15,0887	14,0665	14,7736	14,4133	14,5171	14,3974	14,2819	14,2215	14,2818	14,0458	14,6104	14,2160	14,2086
MgO	13,8918	14,1636	13,8673	13,8084	13,6298	13,5033	14,2243	14,0930	13,1050	14,4843	13,4619	13,8007	13,5005	13,3351	13,5709	13,2276	12,4404	12,9192	13,2978	13,1056	13,1323
CaO	0,0060	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0133	0,0000	0,0000	0,0109	0,0000	0,0000	0,0656	0,0194	0,0449	0,0085	0,0401	0,0000	0,0000	0,0205	0,0000	0,0290
MnO	0,2271	0,1879	0,2272	0,2011	0,1676	0,1748	0,2505	0,2083	0,2822	0,2034	0,2047	0,3867	0,3393	0,3620	0,4170	0,3939	0,3949	0,3477	0,4075	0,3049	0,3552
FeO	17,0106	15,9874	16,2709	15,8938	15,3187	16,1600	15,8031	16,0195	15,6688	16,3468	15,6626	15,7351	16,2897	16,2891	15,9837	16,0968	16,7004	16,2763	16,3549	16,6192	15,9302
Na ₂ O	0,0000	0,0150	0,0375	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0262	0,0637	0,0000	0,0188	0,0003	0,1246	0,0263	0,0751	0,0000	0,0226	0,0000	0,0829	0,0000
K ₂ O	10,0291	9,7062	10,2210	10,0975	9,9400	10,1502	9,9992	10,2362	9,7878	10,2580	9,9964	10,2814	9,8018	9,9694	9,7932	10,1340	10,2874	10,2867	10,4348	10,0965	10,1442
F	0,5706	0,3367	0,4783	1,2319	0,7737	0,0000	0,7646	0,4787	0,0000	0,3808	1,0040	0,3390	0,7239	0,3861	0,6776	0,2905	0,4096	0,2284	0,8969	0,7640	0,9049
Cl	0,0363	0,0332	0,0426	0,0316	0,0253	0,0190	0,0506	0,0095	0,0269	0,0522	0,0395	0,0174	0,0206	0,0127	0,0206	0,0253	0,0146	0,0211	0,0130	0,0113	0,0292
Total	96,2920	95,3670	96,3779	96,8762	95,5056	95,2968	96,3024	95,9677	95,1074	96,8323	96,1643	95,8636	96,0706	95,9260	95,4772	95,8487	95,4072	94,4269	96,2357	95,8015	95,4186
O=F	0,2403	0,1418	0,2014	0,5188	0,3258	0,0000	0,3220	0,2016	0,0000	0,1604	0,4228	0,1428	0,3048	0,1626	0,2853	0,1223	0,1725	0,0962	0,3777	0,3217	0,3811
O=Cl	0,0082	0,0075	0,0096	0,0071	0,0057	0,0043	0,0114	0,0021	0,0061	0,0118	0,0089	0,0039	0,0046	0,0029	0,0046	0,0057	0,0033	0,0048	0,0029	0,0025	0,0066
TOTAL	96,0435	95,2177	96,1669	96,3503	95,1741	95,2925	95,9690	95,7640	95,1013	96,6602	95,7326	95,7169	95,7611	95,7605	95,1872	95,7207	95,2314	94,3260	95,8551	95,4772	95,0310
Fórmula estrutural na base de 22 oxigênios																					
Sítio Tetraédrico																					
Si	5,6656	5,6988	5,6815	5,6899	5,7276	5,7356	5,7136	5,7295	5,7298	5,7167	5,7586	5,7267	5,6740	5,6978	5,7286	5,7399	5,6733	5,7632	5,7013	5,7365	5,7712
AlIV	2,3344	2,3012	2,3185	2,3101	2,2724	2,2644	2,2864	2,2705	2,2702	2,2833	2,2414	2,2733	2,3260	2,3022	2,2714	2,2601	2,3267	2,2368	2,2987	2,2635	2,2288
Soma T	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Sítio Octaédrico																					
AlVI	0,1438	0,2693	0,2104	0,3538	0,3143	0,3315	0,2630	0,2802	0,3977	0,1877	0,3715	0,2775	0,2494	0,2497	0,2733	0,2588	0,2329	0,2942	0,3039	0,2746	0,3137
Fe	2,1449	2,0127	2,0401	1,9886	1,9293	2,0328	1,9800	2,0117	1,9654	2,0371	1,9652	1,9755	2,0501	2,0482	2,0203	2,0225	2,1233	2,0806	2,0667	2,1049	2,0222
Mg	3,1307	3,1869	3,1076	3,0880	3,0680	3,0359	3,1854	3,1631	2,9380	3,2262	3,0189	3,0967	3,0367	2,9968	3,0659	2,9704	2,8269	2,9517	3,0034	2,9668	2,9795
Mn	0,0290	0,0240	0,0289	0,0255	0,0214	0,0223	0,0318	0,0265	0,0359	0,0257	0,0260	0,0492	0,0432	0,0461	0,0534	0,0501	0,0509	0,0450	0,0522	0,0391	0,0457
Ti	0,3407	0,2945	0,3421	0,2793	0,3456	0,2839	0,2980	0,2666	0,3287	0,2934	0,2983	0,3006	0,3574	0,3520	0,3184	0,3551	0,4076	0,2967	0,2811	0,3108	0,3048
Soma O	5,7891	5,7873	5,7290	5,7352	5,6786	5,7065	5,7582	5,7481	5,6656	5,7701	5,6800	5,6995	5,7368	5,6928	5,7313	5,6569	5,6416	5,6683	5,7072	5,6961	5,6659
Sítio A																					
Ca	0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0021	0,0000	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0106	0,0031	0,0072	0,0014	0,0065	0,0000	0,0000	0,0033	0,0000	0,0047
Na	0,0000	0,0044	0,0109	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0076	0,0184	0,0000	0,0055	0,0001	0,0363	0,0077	0,0219	0,0000	0,0067	0,0000	0,0243	0,0000
K	1,9291	1,8640	1,9549	1,9273	1,9097	1,9478	1,9112	1,9609	1,8728	1,9501	1,9133	1,9690	1,8818	1,9122	1,8883	1,9423	1,9952	2,0060	2,0115	1,9507	1,9644
Soma A	1,9300	1,8684	1,9658	1,9273	1,9097	1,9499	1,9112	1,9609	1,8822	1,9685	1,9133	1,9851	1,8850	1,9558	1,8974	1,9707	1,9952	2,0127	2,0148	1,9751	1,9691
F	0,2721	0,1603	0,2268	0,5829	0,3685	0,0000	0,3623	0,2273	0,0000	0,1795	0,4764	0,1609	0,3445	0,1836	0,3239	0,1380	0,1969	0,1104	0,4286	0,3659	0,4344
Cl	0,0093	0,0085	0,0108	0,0080	0,0065	0,0048	0,0128	0,0024	0,0068	0,0132	0,0100	0,0044	0,0053	0,0032	0,0053	0,0064	0,0038	0,0055	0,0033	0,0029	0,0075
Fe/(Fe+Mg)	0,41	0,39	0,40	0,39	0,39	0,40	0,38	0,39	0,40	0,39	0,39	0,39	0,40	0,41	0,40	0,41	0,43	0,41	0,41	0,42	0,40
Mg/(Mg+Fe)	0,59	0,61	0,60	0,61	0,61	0,60	0,62	0,61	0,60	0,61	0,61	0,61	0,60	0,59	0,60	0,59	0,57	0,59	0,59	0,59	0,60
Al total	2,48	2,57	2,53	2,66	2,59	2,60	2,55	2,55	2,67	2,47	2,61	2,55	2,58	2,55	2,54	2,52	2,56	2,53	2,60	2,54	2,54

ABMZG = Anfíbólio-biotita-monzogranito

ANEXO 3 – ANÁLISES QUÍMICAS DE PLAGIOCLÁSIOS

Tabela Anexo 3.1 - Análises de microsonda de plagioclásio do Granito São Jorge *Antigo*, Província Aurífera do TapajósGRANITO SÃO JORGE *ANTIGO*

Fácies	BAQMD (amostra 58)			ABMZG (amostra 27)					ABQS (amostra 32)							BLMZG - sul do corpo (amostra 69)										
Análise	S5P48	S5P49	S5P50	S1P95	S1P96	S1P97	S1P98	S1P99	S4P130	S4P131	S4P132	S4P133	S4P134	S4P135	S4P136	S2P147	S2P148	S2P149	S2P150	S4P151	S4P152	S4P153	S4P154	S4P155	S4P156	
Localização	borda	borda	Int.	borda	borda	Int.	centro	Int.	borda	borda	Int.	centro	Int.	borda	Int.	borda	borda	borda	borda	borda	borda	Int.	centro	Int.	borda	
SiO2	60,29	59,09	58,83	64,94	62,78	63,91	64,82	64,04	64,62	64,45	65,76	66,01	65,58	65,95	65,59	69,19	67,89	66,75	66,44	67,12	66,16	67,22	67,32	67,62	65,89	
Al2O3	26,02	26,03	26,51	22,90	24,15	23,62	23,70	23,50	23,06	23,00	22,37	22,58	22,15	22,51	22,31	19,71	20,83	21,52	21,34	21,76	21,41	21,67	21,38	21,45	21,09	
MgO	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
CaO	7,48	7,94	8,57	3,85	5,29	4,79	4,64	4,70	4,05	4,32	3,44	3,70	3,57	3,37	3,47	0,42	1,53	2,52	2,42	2,69	2,56	2,32	2,07	2,34	1,79	
FeO	0,20	0,36	0,39	0,15	0,23	0,09	0,18	0,14	0,18	0,18	0,24	0,16	0,19	0,20	0,30	0,08	0,00	0,20	0,18	0,11	0,17	0,08	0,09	0,11	0,07	
Na2O	6,32	6,39	6,05	8,75	7,13	7,83	7,89	8,28	8,63	7,93	8,62	8,32	8,39	8,56	8,48	9,90	9,61	8,89	9,27	8,79	9,11	9,38	9,27	9,16	9,05	
K2O	0,22	0,50	0,38	0,17	0,28	0,13	0,11	0,13	0,12	0,13	0,12	0,39	0,19	0,11	0,14	0,11	0,14	0,12	0,18	0,18	0,06	0,11	0,09	0,07	0,09	
Total	100,53	100,31	100,74	100,78	99,86	100,37	101,34	100,79	100,68	100,02	100,55	101,16	100,07	100,70	100,29	99,41	100,02	100,00	99,83	100,65	99,47	100,78	100,22	100,75	97,99	
Si	2,6645	2,6332	2,6125	2,8352	2,7715	2,8021	2,8124	2,8012	2,8251	2,8307	2,8685	2,8644	2,8738	2,8699	2,8686	3,0179	2,9600	2,9159	2,9230	2,9133	2,9090	2,9151	2,9306	2,9290	2,9297	
Al	1,3550	1,3673	1,3873	1,1784	1,2566	1,2203	1,2120	1,2117	1,1885	1,1908	1,1503	1,1548	1,1439	1,1544	1,1502	1,0134	1,0700	1,1078	1,1029	1,1129	1,1098	1,1077	1,0967	1,0952	1,1054	
Mg	0,0000	0,0001	0,0010	0,0011	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0011	0,0006	0,0003	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0014	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	
Ca	0,3541	0,3789	0,4078	0,1803	0,2503	0,2251	0,2156	0,2203	0,1900	0,2035	0,1608	0,1722	0,1676	0,1570	0,1625	0,0195	0,0715	0,1182	0,1140	0,1253	0,1209	0,1079	0,0966	0,1089	0,0855	
Fe2	0,0074	0,0134	0,0144	0,0054	0,0087	0,0036	0,0067	0,0050	0,0067	0,0068	0,0086	0,0057	0,0071	0,0071	0,0111	0,0030	0,0000	0,0075	0,0066	0,0041	0,0064	0,0030	0,0033	0,0040	0,0028	
Na	0,5417	0,5521	0,5206	0,7404	0,6103	0,6658	0,6635	0,7019	0,7316	0,6752	0,7290	0,7004	0,7134	0,7223	0,7194	0,8372	0,8116	0,7533	0,7881	0,7395	0,7766	0,7884	0,7828	0,7690	0,7805	
K	0,0124	0,0282	0,0213	0,0098	0,0156	0,0073	0,0064	0,0075	0,0067	0,0074	0,0065	0,0219	0,0105	0,0061	0,0081	0,0059	0,0079	0,0068	0,0100	0,0099	0,0036	0,0064	0,0048	0,0039	0,0057	
Cations	4,9350	4,9730	4,9650	4,9510	4,9130	4,9240	4,9170	4,9480	4,9500	4,9150	4,9240	4,9190	4,9160	4,9170	4,9200	4,8970	4,9220	4,9100	4,9450	4,9050	4,9260	4,9290	4,9150	4,9100	4,9110	
Ab	59,60	57,60	54,80	79,60	69,70	74,10	74,90	75,50	78,80	76,20	81,30	78,30	80,00	81,60	80,80	97,10	91,10	85,80	86,40	84,50	86,20	87,30	88,50	87,20	89,50	
An	39,00	39,50	42,90	19,40	28,60	25,10	24,30	23,70	20,50	23,00	17,90	19,30	18,80	17,70	18,30	2,30	8,00	13,50	12,50	14,30	13,40	12,00	10,90	12,30	9,80	
Or	1,40	2,90	2,20	1,10	1,80	0,80	0,70	0,80	0,70	0,80	0,70	2,40	1,20	0,70	0,90	0,70	0,90	0,80	1,10	1,10	0,40	0,70	0,50	0,40	0,70	

Int. = (Intermediária entre borda e centro)

BAQMD=Biotita-anfibólio-quartzo-monzodiorito

ABMZG=Anfibólio-biotita-monzogranito

ABQS=Anfibólio-biotita-quartzo-sienito

BLMZG=Biotita-leucomonzogranito

Tabela Anexo 3.2 - Análises de microsonda de plagioclásio do Granito São Jorge *Jovem*, Província Aurífera do Tapajós.

GRANITO SÃO JORGE *JOVEM*

Fácies	ABMZG (Furo 4/29)											ABMZG (Furo 2/5)					
Análise	S8P144	S8P145	S8P146	S8P147	S8P148	S8P149	S8P150	S8P151	S8P152	S8P153	S8P143	S9P21	S9P22	S9P23	S9P24	S9P25	S9P26
Localização	centro 0	centro 1	centro 2	centro 2	centro 3	centro 4	centro 5	centro 6	centro 7	centro 8	centro 1	centro 1	centro 2	centro 3	borda 1	borda 2	borda 2
SiO ₂	64,42	61,94	64,34	64,14	64,46	64,49	66,42	65,70	65,55	68,55	64,65	64,13	64,16	65,16	64,01	64,40	64,47
Al ₂ O ₃	24,02	24,91	24,09	23,64	23,99	23,76	22,87	22,98	23,23	21,96	23,93	23,73	23,79	23,16	23,74	23,70	23,57
MgO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	5,01	6,04	5,00	4,57	4,69	4,62	3,44	3,57	3,75	2,32	4,59	4,75	4,85	4,18	4,67	4,56	4,74
FeO	0,16	0,22	0,27	0,19	0,21	0,28	0,16	0,16	0,22	0,21	0,20	0,23	0,15	0,20	0,14	0,16	0,16
Na ₂ O	7,73	7,21	6,84	7,41	7,28	7,65	8,32	8,39	8,12	8,73	7,83	7,59	7,46	7,69	7,71	7,71	7,83
K ₂ O	0,16	0,16	0,18	0,23	0,28	0,14	0,25	0,29	0,13	0,20	0,19	0,11	0,24	0,23	0,18	0,15	0,15
Total	101,50	100,49	100,72	100,18	100,91	100,94	101,46	101,09	101,00	101,97	101,39	100,54	100,65	100,62	100,45	100,68	100,92
Si	2,7945	2,7274	2,8032	2,8120	2,8062	2,8089	2,8674	2,8520	2,8449	2,9298	2,8045	2,8045	2,8034	2,8405	2,8027	2,8105	2,8104
Al	1,2280	1,2926	1,2374	1,2214	1,2309	1,2196	1,1636	1,1755	1,1883	1,1063	1,2238	1,2234	1,2251	1,1898	1,2251	1,2194	1,2112
Mg	0,0000	0,0011	0,0000	0,0006	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ca	0,2332	0,2850	0,2335	0,2147	0,2188	0,2158	0,1590	0,1659	0,1743	0,1065	0,2133	0,2226	0,2272	0,1954	0,2193	0,2134	0,2215
Fe ₂	0,0060	0,0083	0,0098	0,0071	0,0075	0,0102	0,0059	0,0060	0,0082	0,0074	0,0074	0,0085	0,0053	0,0074	0,0051	0,0060	0,0057
Na	0,6507	0,6152	0,5782	0,6302	0,6142	0,6457	0,6959	0,7058	0,6833	0,7231	0,6586	0,6437	0,6319	0,6499	0,6548	0,6524	0,6622
K	0,0090	0,0088	0,0103	0,0129	0,0156	0,0076	0,0140	0,0160	0,0073	0,0110	0,0106	0,0060	0,0136	0,0133	0,0102	0,0085	0,0082
Cations	4,9210	4,9380	4,8720	4,8990	4,8930	4,9080	4,9060	4,9210	4,9060	4,8840	4,9180	4,9090	4,9070	4,8960	4,9170	4,9100	4,9190
Ab	72,90	67,70	70,30	73,50	72,40	74,30	80,10	79,50	79,00	86,00	74,60	73,80	72,40	75,70	74,00	74,60	74,20
An	26,10	31,40	28,40	25,00	25,80	24,80	18,30	18,70	20,20	12,70	24,20	25,50	26,00	22,80	24,80	24,40	24,80
Or	1,00	1,00	1,30	1,50	1,80	0,90	1,60	1,80	0,80	1,30	1,20	0,70	1,60	1,50	1,20	1,00	0,90

ABMZG=Anfibólio-biotita-monzogranito

Tabela Anexo 3.3 - Análises de microsonda de plagioclásio dos granitos Jardim do Ouro, Pórfiro e Maloquinha, Província Aurífera do Tapajós

GRANITO JARDIM DO OURO							Gr. PÓRFIRO		GRANITO MALOQUINHA						FORMAÇÃO MORAES ALMEIDA									
Fácies							ABMZG (18a)		BQS (amostra 54a)						Traquito (amostra 48)									
ABMZG (amostra 03a)							ABMZG (18a)		BQS (amostra 54a)						BLSZG (amostra 22)									
Análise	S7P201	S7P202	S7P203	S7P204	S7P205	S7P206	S5P272	S5P273	S1P237	S1P238	S1P239	S1P240	S1P241	S3P242	S3P243	S3P244	S1P229	S1P230	S1P231	S1P232	S1P233	S1P234	S1P235	S1P236
Localização	borda	borda	Int.	centro	centro	Int.	borda	centro	borda	Int.	Int.	centro	borda	borda	Int.	centro	borda	borda	Int.	centro	Int.	borda	borda	borda
SiO ₂	65,77	64,38	64,55	64,54	62,57	64,40	63,66	58,73	65,61	64,10	65,18	65,25	64,76	70,03	70,22	68,63	67,80	62,03	60,59	60,79	61,22	56,94	62,52	66,33
Al ₂ O ₃	22,73	23,49	23,59	23,75	24,83	23,54	23,50	26,80	22,57	23,49	23,12	23,04	22,82	21,09	20,87	21,37	22,06	24,31	25,31	24,95	25,41	27,60	24,95	22,52
MgO	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	4,14	5,06	4,99	4,80	6,34	5,03	5,07	8,93	3,77	4,85	4,04	4,20	4,30	1,83	1,39	2,07	3,16	5,97	7,38	7,28	7,22	10,04	5,92	3,79
FeO	0,16	0,10	0,22	0,15	0,14	0,19	0,22	0,18	0,16	0,09	0,07	0,04	0,11	0,16	0,16	0,08	0,21	0,35	0,30	0,35	0,31	0,35	0,26	0,23
Na ₂ O	8,17	7,36	7,46	7,71	7,14	7,62	7,75	5,44	8,05	7,52	8,29	7,81	8,06	8,50	8,83	8,62	8,52	6,70	6,02	6,14	6,04	4,61	7,00	8,22
K ₂ O	0,59	0,61	0,61	0,32	0,39	0,48	0,49	0,39	0,65	0,44	0,41	0,50	0,43	0,64	0,18	0,78	0,52	0,84	0,82	0,99	0,87	0,49	0,42	0,41
Total	101,57	101,01	101,43	101,27	101,41	101,26	100,70	100,47	100,81	100,49	101,11	100,84	100,48	102,25	101,65	101,55	102,27	100,20	100,43	100,51	101,07	100,03	101,07	101,50
Si	2,8501	2,8096	2,8069	2,8059	2,7336	2,8051	2,7932	2,6089	2,8602	2,8088	2,8352	2,8421	2,8363	2,9785	2,9939	2,9488	2,9044	2,7454	2,6861	2,6960	2,6944	2,5520	2,7366	2,8688
Al	1,1610	1,2080	1,2091	1,2168	1,2785	1,2086	1,2153	1,4034	1,1594	1,2131	1,1852	1,1831	1,1778	1,0570	1,0485	1,0822	1,1135	1,2680	1,3222	1,3042	1,3180	1,4576	1,2870	1,1482
Mg	0,0005	0,0004	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0006	0,0002	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0009	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ca	0,1924	0,2366	0,2327	0,2235	0,2968	0,2347	0,2383	0,4251	0,1761	0,2277	0,1882	0,1959	0,2016	0,0834	0,0635	0,0954	0,1452	0,2834	0,3504	0,3460	0,3403	0,4822	0,2776	0,1755
Fe ₂	0,0057	0,0037	0,0079	0,0056	0,0052	0,0069	0,0079	0,0066	0,0057	0,0035	0,0026	0,0014	0,0039	0,0059	0,0059	0,0028	0,0076	0,0128	0,0111	0,0130	0,0116	0,0133	0,0096	0,0084
Na	0,6864	0,6226	0,6291	0,6496	0,6045	0,6436	0,6594	0,4685	0,6808	0,6386	0,6996	0,6597	0,6849	0,7009	0,7301	0,7185	0,7077	0,5746	0,5179	0,5280	0,5156	0,4002	0,5944	0,6898
K	0,0329	0,0338	0,0337	0,0181	0,0219	0,0270	0,0278	0,0222	0,0361	0,0245	0,0226	0,0278	0,0240	0,0350	0,0100	0,0424	0,0287	0,0473	0,0462	0,0565	0,0491	0,0282	0,0237	0,0227
Cations	4,9290	4,9150	4,9200	4,9200	4,9410	4,9260	4,9430	4,9350	4,9180	4,9160	4,9340	4,9100	4,9290	4,8610	4,8520	4,8900	4,9070	4,9320	4,9350	4,9440	4,9290	4,9340	4,9290	4,9130
Ab	75,30	69,70	70,30	72,90	65,50	71,10	71,20	51,20	76,20	71,70	76,80	74,70	75,20	85,50	90,90	83,90	80,30	63,50	56,60	56,70	57,00	43,90	66,40	77,70
An	21,10	26,50	26,00	25,10	32,10	25,90	25,70	46,40	19,70	25,60	20,70	22,20	22,10	10,20	7,90	11,10	16,50	31,30	38,30	37,20	37,60	53,00	31,00	19,80
Or	3,60	3,80	3,80	2,00	2,40	3,00	3,00	2,40	4,00	2,80	2,50	3,10	2,60	4,30	1,20	5,00	3,30	5,20	5,10	6,10	5,40	3,10	2,60	2,60

Int. = Intermediária (entre borda e centro)

ABMZG=Anfibólio-biotita-monzogranito

BQS=Biotita-quartzo-sienito

BLSZG=Biotita-leucomonzogranito

ANEXO 4 – ANÁLISES QUÍMICAS DE PIROXÊNIO

Tabela Anexo 4.1 - Análises de microsonda de clinopiroxênio do traquito da Formação Moraes Almeida, Província Aurífera do Tapajós.

Análise Mineral	Traquito (amostra 48)			
	P223 Augita	P224 Augita	P225 Augita	P226 Augita
SiO ₂	53,0821	52,9335	52,7935	51,9207
TiO ₂	0,4784	0,4042	0,7973	0,7986
Al ₂ O ₃	1,4086	1,3788	2,2901	3,1799
FeO	12,5776	14,7099	10,6877	10,2753
Fe ₂ O ₃	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
MnO	0,7593	0,9289	0,5282	0,4892
MgO	13,3351	12,2648	14,4767	13,3046
CaO	18,9123	18,5812	18,8196	19,8819
Na ₂ O	0,3425	0,2496	0,4063	0,5496
K ₂ O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total	100,9000	101,4500	100,8000	100,4000
Proporções atômicas na base de 6 oxigênios				
SiIV	1,9830	1,9860	1,9550	1,9320
AlIV	0,0170	0,0140	0,0450	0,0680
TFe ₃	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Soma T	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
AlVI	0,0450	0,0470	0,0550	0,0720
Ti	0,0130	0,0110	0,0220	0,0220
Fe ₃ ⁺	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fe ₂ ⁺	0,1990	0,2560	0,1240	0,1680
Mg	0,7430	0,6860	0,7990	0,7380
Soma M1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Fe ₂ ⁺	0,1940	0,2050	0,2080	0,1520
Mn	0,0240	0,0300	0,0170	0,0150
Ca	0,7570	0,7470	0,7470	0,7930
Na	0,0250	0,0180	0,0290	0,0400
K	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Soma M2	1,0000	1,0000	1,0010	1,0000
Proporções moleculares				
WO	39,4960	38,8220	39,4360	42,4820
EN	38,7480	35,6550	42,2080	39,5550
FS	21,7560	25,5230	18,3560	17,9640

**ANEXO 5 – ANÁLISES QUÍMICAS DE ELEMENTOS MAIORES,
MENORES E TRAÇOS DAS ROCHAS ESTUDADAS**

Tabela Anexo 5.1 - Composições químicas das diferentes fácies do Granito São Jorge *Antigo* e dos granitos pórfiros associados, Província Aurífera do Tapajós

GRANITO SÃO JORGE ANTIGO																							Gr. PÓRFIROS	
Fácies	BAMD a BAQMD			ABQS		ABMZG a ABQM					BLMZG/SG-sul do corpo					BLMZG/SG-centro do corpo								
Amostra	102	58	105a	32	104	103	27a	67b	65b	28	73a	68a	25a	30	69	74	85	Eb-17	LS-12	75	35a	67c	59	
Óxidos (% peso)																								
SiO2	58,40	54,50	59,20	66,80	69,30	64,50	67,80	68,30	68,90	68,90	71,60	72,50	72,90	73,10	73,10	73,20	74,20	74,60	74,70	74,80	75,10	67,90	68,60	
TiO2	0,79	0,81	0,64	0,50	0,31	0,43	0,39	0,38	0,41	0,37	0,26	0,27	0,22	0,25	0,24	0,24	0,19	0,20	0,20	0,19	0,19	0,55	0,41	
Al2O3	15,90	18,40	18,00	16,00	15,80	17,80	16,20	15,70	15,80	15,30	14,70	14,70	14,40	13,90	14,80	14,30	14,10	14,00	13,90	14,00	13,50	15,40	15,20	
Fe2O3	3,00	4,70	3,14	1,80	1,71	1,87	1,86	1,87	1,91	1,71	1,37	1,23	1,16	1,26	1,29	1,03	0,94	0,76	0,98	0,99	1,00	1,97	1,59	
FeO	3,42	2,34	1,94	0,90	0,53	1,20	0,94	1,02	0,89	0,98	0,39	0,42	0,22	0,49	0,10	0,33	0,14	0,22	0,11	0,10	0,12	1,20	1,18	
MnO	0,11	0,10	0,09	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,02	0,04	0,07	0,05	
MgO	4,30	3,10	1,90	0,62	0,53	0,88	0,81	0,84	0,86	0,83	0,46	0,33	0,22	0,34	0,19	0,28	0,09	0,12	0,11	0,09	0,11	0,96	1,10	
CaO	5,20	6,90	5,50	1,80	1,60	2,80	2,30	2,20	2,40	2,00	1,40	0,99	0,95	0,94	0,60	0,91	0,54	0,62	0,54	0,41	0,65	2,40	2,30	
Na2O	3,40	4,00	4,30	4,50	4,50	4,70	4,40	4,20	4,20	4,00	4,00	4,30	4,10	3,80	4,00	4,40	4,10	4,30	4,00	4,10	4,10	4,30	4,20	
K2O	3,30	2,50	3,20	5,20	4,80	4,40	4,20	4,50	4,20	4,30	4,90	4,80	4,80	4,70	5,20	5,10	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,30	4,50	
P2O5	0,27	0,37	0,33	0,12	0,10	0,18	0,14	0,15	0,15	0,11	0,08	0,06	0,06	0,07	0,04	0,05	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,20	0,14	
P.F	1,34	1,51	1,35	0,50	0,30	0,64	0,61	0,46	0,45	0,80	0,39	0,51	0,69	0,55	0,59	0,21	0,45	0,18	0,33	0,30	0,38	0,67	0,71	
Total	99,43	99,23	99,59	98,81	99,55	99,47	99,71	99,68	100,24	99,37	99,60	100,17	99,78	99,44	100,20	100,10	99,82	100,07	99,94	100,02	100,21	99,92	99,98	
Traços (ppm)																								
Ba	1881	1319	1742	1278	1342	2230	1312	1579	1198	1236	1053	959	686	832	856	675	409	405	487	510	423	1514	1364	
Rb	112	54	74	234	183	135	155	146	151	163	150	212	188	122	215	158	217	206	204	164	190	126	145	
Sr	711	1101	1185	360	471	859	622	540	617	563	390	333	221	273	255	212	123	118	133	100	129	631	636	
Zr	274	191	252	358	269	368	246	247	247	240	197	264	216	204	240	208	188	209	211	203	198	249	265	
Nb	9	4	6	12	15	15	7	15	11	11	5	17	13	13	11	13	12	15	14	17	21	11	11	
Y	25	19	20	55	30	25	35	30	51	40	25	39	47	21	50	27	46	30	29	12	29	29	30	
Ga	24	24	25	25	23	25	24	23	24	25	20	24	20	24	21	22	20	26	22	21	20	23	21	
Sc	15	25	11	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	19	
Th	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	
U	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
V	159	165	103	44	26	48	40	47	44	44	12	12	18	14	<10	10	<10	<10	<10	<10	<10	39	57	
Ta	<10	<10	<10	<10	<10	<10	11	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
Cs	7	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	
Hf	<10	<10	<10	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
TR (ppm)																								
La	22,32	18,45	23,95	58,46	27,07	24,69	28,13	25,98	46,38	42,54	25,54	25,84	32,37	20,37	21,32	20,38	31,86	15,51	10,40	5,04	12,36	24,86	34,91	
Ce	46,68	37,06	47,52	122,20	53,40	51,36	49,89	51,73	48,92	71,37	49,70	49,75	62,60	39,11	32,99	43,26	63,45	30,99	19,43	8,86	24,87	48,03	57,55	
Nd	19,07	16,18	19,94	42,40	16,08	19,19	20,18	19,82	30,11	25,94	16,75	17,70	22,25	11,71	20,44	15,71	22,01	10,90	10,39	3,26	9,02	17,41	21,51	
Sm	3,55	3,33	3,74	7,27	2,82	3,23	3,46	3,64	5,42	4,58	2,96	3,07	4,10	2,09	3,76	2,87	3,97	2,11	2,16	0,57	1,71	3,04	3,65	
Eu	0,79	0,96	0,99	1,20	0,51	0,79	0,67	0,69	0,98	0,81	0,52	0,49	0,63	0,32	0,57	0,42	0,49	0,27	0,31	0,13	0,24	0,66	0,65	
Gd	2,51	2,38	2,30	4,97	1,63	2,18	2,57	2,68	4,09	3,19	1,98	2,16	3,17	1,23	2,73	2,06	2,62	1,36	1,39	0,50	1,22	2,10	2,43	
Dy	1,57	1,47	1,31	3,21	0,96	1,30	1,62	1,79	2,79	1,92	1,46	1,28	2,29	0,67	2,07	1,38	1,65	1,03	1,11	0,39	0,94	1,21	1,31	
Ho	0,29	0,22	0,22	0,64	0,14	0,26	0,29	0,37	0,58	0,39	0,26	0,20	0,43	0,11	0,37	0,25	0,26	0,17	0,22	0,08	0,20	0,20	0,21	
Er	0,74	0,72	0,65	1,66	0,40	0,73	0,75	0,98	1,53	0,95	0,80	0,55	1,20	0,30	1,01	0,70	0,73	0,54	0,70	0,20	0,58	0,50	0,55	
Yb	0,50	0,43	0,38	1,35	0,37	0,57	0,53	0,72	1,05	0,69	0,66	0,46	0,90	0,21	0,77	0,59	0,54	0,52	0,66	0,21	0,49	0,35	0,35	
Lu	0,07	0,06	0,05	0,20	0,08	0,13	0,08	0,12	0,16	0,11	0,10	0,09	0,13	0,04	0,13	0,11	0,08	0,09	0,09	0,04	0,08	0,05	0,05	

BAMD a BAQMD=Biotita-anfibólio-monzodiorito a quartzo-monzodiorito
 ABQS=Anfibólio-biotita-quartz-sienito

ABMZG a ABQM=Anfibólio-biotita-monzogranito a quartzo-monzonito
 BLMZG/SG=Biotita-leuco-monzogranito a sienogranito

TR=Terras Raras (ppm)

Tabela Anexo 5.2 - Razões e índices das diferentes fácies do Granito São Jorge *Antigo* e dos granitos pórfiros associados, Província Aurífera do Tapajós

GRANITO SÃO JORGE ANTIGO																								Gr. PÓRFIROS	
Fácies	BAMD	a	BAQMD	ABQS		ABMZG			a	ABQM	BLMZG/SG-sul do corpo					BLMZG/SG-centro do corpo									
Amostra	102	58	105a	32	104	103	27a	67b	65b	28	73a	68a	25a	30	69	74	85	Eb-17	LS-12	75	35a	67c	59		
K2O/Na2O	0,97	0,63	0,74	1,16	1,07	0,94	0,95	1,07	1,00	1,08	1,23	1,12	1,17	1,24	1,30	1,16	1,22	1,16	1,25	1,22	1,22	1,00	1,07		
Fe/Mg	0,57	0,67	0,71	0,80	0,79	0,76	0,76	0,76	0,75	0,74	0,77	0,82	0,85	0,82	0,87	0,81	0,92	0,88	0,90	0,92	0,90	0,75	0,69		
K/Rb	245	385	359	185	217	270	225	256	231	219	271	188	212	320	201	268	191	201	203	253	218	283	257		
Rb/Sr	0,16	0,05	0,06	0,65	0,39	0,16	0,25	0,27	0,24	0,29	0,38	0,64	0,85	0,45	0,84	0,75	1,76	1,75	1,53	1,64	1,47	0,20	0,23		
Ba/Rb	16,79	24,43	23,54	5,46	7,33	16,52	8,46	10,82	7,93	7,58	7,02	4,52	3,65	6,82	3,98	4,27	1,88	1,97	2,39	3,11	2,23	12,02	9,41		
Rb/Zr	0,41	0,28	0,29	0,65	0,68	0,37	0,63	0,59	0,61	0,68	0,76	0,80	0,87	0,60	0,90	0,76	1,15	0,99	0,97	0,81	0,96	0,51	0,55		
Zr/Nb	30,44	47,75	42,00	29,83	17,93	24,53	35,14	16,47	22,45	21,82	39,40	15,53	16,62	15,69	21,82	16,00	15,67	13,93	15,07	11,94	9,43	22,64	24,09		
Y/Nb	2,78	4,75	3,33	4,58	2,00	1,67	5,00	2,00	4,64	3,64	5,00	2,29	3,62	1,62	4,55	2,08	3,83	2,00	2,07	0,71	1,38	2,64	2,73		
Nb/Rb	0,08	0,07	0,08	0,05	0,08	0,11	0,05	0,10	0,07	0,07	0,03	0,08	0,07	0,11	0,05	0,08	0,06	0,07	0,07	0,10	0,11	0,09	0,08		
Ga/Al	2,85	2,46	2,62	2,95	2,75	2,65	2,8	2,77	2,87	3,09	2,57	3,08	2,62	3,26	2,68	2,91	2,68	3,51	2,99	2,84	2,8	2,82	2,61		
Sr/Ba	0,38	0,83	0,68	0,28	0,35	0,39	0,47	0,34	0,52	0,46	0,37	0,35	0,32	0,33	0,30	0,31	0,30	0,29	0,27	0,20	0,30	0,42	0,47		
mg*	0,40	0,31	0,27	0,19	0,19	0,22	0,22	0,23	0,23	0,24	0,21	0,17	0,14	0,16	0,12	0,17	0,08	0,11	0,09	0,08	0,09	0,23	0,28		
mg#	40,11	30,57	27,22	18,67	19,13	22,28	22,44	22,52	23,50	23,58	20,72	16,67	13,75	16,27	12,03	17,07	7,69	10,91	9,17	7,63	8,94	23,24	28,42		
log (C/N+K)	-0,11	0,03	-0,13	-0,73	-0,76	-0,51	-0,57	-0,60	-0,54	-0,62	-0,80	-0,96	-0,97	-0,96	-1,19	-1,02	-1,23	-1,18	-1,22	-1,35	-1,15	-0,55	-0,58		
ETR Total	98,08	81,25	101,05	243,55	103,46	104,43	108,17	108,52	142,02	152,50	100,73	101,59	130,05	76,16	86,16	87,74	127,66	63,49	46,86	19,26	51,70	98,41	123,17		
ETR Leves	91,62	75,02	95,15	230,33	99,37	98,47	101,66	101,17	130,83	144,43	94,95	96,36	121,32	73,28	78,51	82,22	121,29	59,51	42,38	17,73	47,96	93,34	117,62		
ETR Pesados	5,68	5,28	4,91	12,03	3,58	5,17	5,84	6,67	10,21	7,26	5,26	4,74	8,11	2,56	7,07	5,10	5,88	3,71	4,17	1,41	3,50	4,41	4,90		
(La/Sm)n	3,96	3,49	4,04	5,06	6,05	4,81	5,12	4,50	5,39	5,84	5,44	5,30	4,98	6,13	3,57	4,47	5,05	4,63	3,04	5,56	4,55	5,15	6,02		
(Gd/Yb)n	4,04	4,47	4,90	2,98	3,56	3,12	3,92	3,03	3,15	3,72	2,42	3,78	2,87	4,74	2,88	2,83	3,95	2,11	1,71	1,94	2,03	4,80	5,64		
(La/Yb)n	30,01	28,89	42,54	29,27	49,25	29,44	35,82	24,53	29,76	41,37	26,00	37,75	24,41	65,47	18,76	23,32	39,97	20,06	10,64	16,51	17,06	47,40	67,71		
Eun/Eu*	0,77	0,99	0,96	0,58	0,67	0,86	0,65	0,64	0,61	0,62	0,63	0,55	0,52	0,56	0,52	0,50	0,43	0,46	0,51	0,71	0,48	0,76	0,53		

BAMD a BAQMD=Biotita-anfibólio-monozodiorito a quartzo-monozodiorito

ABMZG a ABQM=Anfibólio-biotita-monzogranito a quartzo-monzonito

ABQS=Anfibólio-biotita-quartzo-sienito

BLMZG/SG=Biotita-leuco-monzogranito a sienogranito

 $\text{Fe/Mg} = (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 * 0.8998) / (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 * 0.8998 + \text{MgO})$ $\text{mg\#} = 100 * \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$

TR=Terras Raras (ppm)

 $\text{mg*} = \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ $\log (\text{C/N+K}) = \log (\text{CaO} / \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$

Tabela Anexo 5.3 - Composições químicas de amostras menos transformadas do Granito São Jorge Jovem, Província Aurífera do Tapajós.

GRANITO SÃO JORGE JOVEM						
Fácies	ABMZG a ABQM				BLMZG	
Amostra	furo 04/29	furo 09/10	furo 07/3	72	29a	70
Óxidos (% peso)						
SiO ₂	67,20	67,50	68,20	72,10	73,70	73,90
TiO ₂	0,42	0,40	0,39	0,26	0,09	0,08
Al ₂ O ₃	15,60	15,80	16,10	14,30	14,00	14,00
Fe ₂ O ₃	2,70	2,70	2,50	1,10	0,64	0,49
FeO	1,11	0,99	1,20	0,63	0,11	0,20
MnO	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03
MgO	1,30	1,20	1,30	0,75	0,18	0,12
CaO	2,20	2,40	2,40	1,50	0,51	0,61
Na ₂ O	4,10	4,40	4,20	4,10	4,30	4,60
K ₂ O	4,50	4,00	4,50	4,40	4,80	4,60
P ₂ O ₅	0,13	0,14	0,13	0,06	0,01	0,01
P.F	0,72	0,57	0,62	0,43	0,77	0,32
Total	100,02	100,14	101,58	99,66	99,15	98,96
Traços (ppm)						
Ba	1906	1730	1958	1174	622	477
Rb	101	100	101	145	189	182
Sr	1264	1215	1350	817	229	255
Zr	209	199	196	139	98	97
Nb	4	6	4	6	4	4
Y	13	11	11	14	11	10
Ga	29	27	27	28	25	24
Sc	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Th	<5	<5	<5	<5	6	7
U	<10	<10	<10	<10	<10	<10
V	57	49	54	35	<10	<10
Ta	0,0	0,0	0,0	<10	<10	<10
Cs	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hf	0,0	0,0	0,0	<10	<10	<10
TR (ppm)						
La	23,38	26,78	29,50	16,69		13,64
Ce	55,10	53,70	53,25	31,27		20,88
Nd	21,36	18,34	15,93	10,45		5,63
Sm	3,82	3,22	2,77	1,77		0,92
Eu	0,92	0,77	0,70	0,40		0,17
Gd	2,05	1,64	1,50	1,08		0,49
Dy	1,01	0,82	0,62	0,53		0,21
Ho	0,13	0,10	0,10	0,09		0,04
Er	0,34	0,20	0,16	0,23		0,11
Yb	0,31	0,20	0,16	0,20		0,10
Lu	0,05	0,03	0,03	0,06		0,02

ABMZG a ABQM=Anfibólio-biotita-monzogranito a quartzo-monzonito
BLMZG/SG=Biotita-leuco-monzogranito a sienogranito

Tabela Anexo 5.4 - Razões e índices de rochas menos transformadas do Granito São Jorge *Jovem*,
Provincia Aurífera do Tapajós

Fácies Amostra	GRANITO SÃO JORGE <i>JOVEM</i>					
	ABMZG a ABQM				BLMZG	
	04/29	09/10	07/3	72	29a	70
K ₂ O/Na ₂ O	1,10	0,91	1,07	1,07	1,12	1,00
Fe/Mg	0,73	0,73	0,72	0,67	0,79	0,84
K/Rb	370	332	370	252	210	210
Rb/Sr	0,08	0,08	0,07	0,18	0,83	0,71
Ba/Rb	18,87	17,30	19,39	8,10	3,29	2,62
Rb/Zr	0,48	0,50	0,52	1,04	1,93	1,88
Zr/Nb	52,25	33,17	49,00	23,17	24,50	24,25
Y/Nb	3,25	1,83	2,75	2,33	2,75	2,50
Nb/Rb	0,04	0,06	0,04	0,04	0,02	0,02
Ga/Al	3,51	3,23	3,17	3,7	3,37	3,24
Sr/Ba	0,66	0,70	0,69	0,70	0,37	0,53
mg*	0,25	0,25	0,26	0,30	0,19	0,15
mg#	25,44	24,54	26,00	30,24	19,35	14,81
log (C/N+K)	-0,59	-0,54	-0,56	-0,75	-1,25	-1,18
ETR Total	108,47	105,79	104,72	62,76		42,19
ETR Leves	103,66	102,04	101,45	60,18		41,06
ETR Pesados	3,89	2,98	2,57	2,18		0,97
(La/Sm)n	3,85	5,24	6,71	5,93		9,38
(Gd/Yb)n	5,32	6,75	7,43	4,27		4,21
(La/Yb)n	50,58	92,22	122,16	55,22		96,88
Eun/Eu*	0,91	0,92	0,95	0,81		0,68

ABMZG a ABQM=Anfibólio-biotita-monzogranito a quartzo-monzonito

BLMZG/SG=Biotita-leuco-monzogranito a sienogranito

TR=Terras Raras (ppm)

log (C/N+K)=log (CaO/Na₂O+K₂O)

Fe/Mg = (FeO+Fe₂O₃ * 0.8998)/(FeO+Fe₂O₃ * 0.8998+MgO)

mg* = MgO/(MgO+FeO+Fe₂O₃) mg# = 100*MgO/(MgO+FeO+Fe₂O₃)

Tabela Anexo 5.5 - Composições químicas de rochas da Formação Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós

Rocha	FORMAÇÃO VILA RIOZINHO										
	And. Basáltico	Traquiand. Basáltico		Traquitos				Riolitos			
Amostra	90b	MV-154	36c	106a	107	92a	62a	98	93a	101	115
Óxidos (% peso)											
SiO ₂	54,80	54,40	54,70	61,20	64,70	68,20	68,40	69,40	69,70	71,10	71,80
TiO ₂	0,89	1,00	1,60	0,41	0,54	0,36	0,44	0,37	0,33	0,37	0,35
Al ₂ O ₃	14,60	16,10	15,90	18,80	16,50	15,60	15,70	16,30	16,00	15,60	14,70
Fe ₂ O ₃	2,54	3,43	4,50	1,93	2,63	1,56	1,80	1,66	1,66	1,38	1,78
FeO	5,72	4,83	4,86	1,05	1,41	0,49	0,72	0,58	0,31	0,11	0,11
MnO	0,16	0,13	0,14	0,10	0,14	0,05	0,05	0,06	0,08	0,02	0,05
MgO	5,80	5,50	3,60	0,95	1,20	0,59	0,57	0,37	0,44	0,52	0,25
CaO	7,80	7,30	6,40	1,60	2,90	0,86	2,30	1,20	0,90	0,68	1,20
Na ₂ O	2,90	3,20	3,10	6,20	4,10	5,30	4,40	4,30	4,80	5,60	4,20
K ₂ O	2,10	2,50	3,10	5,80	4,40	5,50	4,30	4,80	5,00	2,90	4,80
P ₂ O ₅	0,29	0,32	1,20	0,16	0,19	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,05
P.F	1,81	1,02	0,80	1,55	0,97	0,49	0,68	0,79	0,76	1,28	0,64
Total	99,41	99,73	99,90	99,75	99,68	99,08	99,45	99,92	100,06	99,63	99,93
Traços (ppm)											
Ba	912	1260	1154	2864	1338	1481	1352	2275	1592	1349	1410
Rb	41	67	151	140	120	176	176	161	163	120	195
Sr	723	688	496	431	633	388	433	462	333	508	275
Zr	173	192	281	610	286	420	297	408	421	370	292
Nb	6	5	12	10	10	20	6	12	12	15	15
Y	23	19	32	20	27	28	38	29	35	21	41
Ga	23	23	28	20	26	18	22	21	19	17	21
Sc	26	17	<10	<10	14	<10	14	<10	<10	12	<10
Th	<5	<5	<5	<5	<5	12	<5	<5	9	11	<5
U	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
V	206	195	198	61	67	14	32	24	22	23	17
Ta	<10	<10	<10	<10	<10	<10	11	<10	<10	<10	<10
Cs	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hf	<10	<10	<10	11	<10	<10	<10	12	<10	<10	<10
Terras Raras (ppm)											
La	17,95	17,27	43,16		22,26	48,48	23,36	34,94		32,46	27,05
Ce	39,31	35,85	87,26		40,59	93,68	51,98	71,55		64,53	53,22
Nd	16,50	16,53	36,09		13,42	33,36	19,83	24,48		22,19	16,91
Sm	3,44	3,52	6,36		2,41	6,05	3,62	4,20		4,28	3,27
Eu	0,81	0,92	1,52		0,45	1,10	0,72	0,88		0,79	0,49
Gd	2,58	2,77	4,02		1,43	3,50	2,64	2,74		2,72	2,20
Dy	1,59	2,00	2,07		0,76	1,83	1,92	1,54		1,72	1,40
Ho	0,31	0,42	0,40		0,12	0,33	0,37	0,30		0,31	0,24
Er	0,78	1,01	0,92		0,27	0,82	0,99	0,74		0,85	0,65
Yb	0,50	0,71	0,51		0,18	0,66	0,75	0,54		0,77	0,47
Lu	0,07	0,11	0,07		0,03	0,09	0,10	0,09		0,11	0,08

And.= Andesito

Traquiand.=Traquiandesito

Tabela Anexo 5.6 - Razões e índices de rochas da Formação Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós

Rocha Amostra	FORMAÇÃO VILA RIOZINHO										
	And. Basáltico 90b	Traquiand. Basáltico		Traquitos				Riolitos			
		MV-154	36c	106a	107	92a	62a	98	93a	101	115
K ₂ O/Na ₂ O	0,72	0,78	1,00	0,94	1,07	1,04	0,98	1,12	1,04	0,52	1,14
Fe/Mg	0,56	0,57	0,70	0,74	0,75	0,76	0,80	0,84	0,80	0,72	0,87
K/Rb	424	310	170	344	304	259	203	247	255	200	204
Rb/Sr	0,06	0,10	0,30	0,32	0,19	0,45	0,41	0,35	0,49	0,24	0,71
Ba/Rb	22,24	18,81	7,64	20,46	11,15	8,41	7,68	14,13	9,77	11,24	7,23
Rb/Zr	0,24	0,35	0,54	0,23	0,42	0,42	0,59	0,39	0,39	0,32	0,67
Zr/Nb	28,83	38,40	23,42	61,00	28,60	21,00	49,50	34,00	35,08	24,67	19,47
Y/Nb	3,83	3,80	2,67	2,00	2,70	1,40	6,33	2,42	2,92	1,40	2,73
Nb/Rb	0,15	0,07	0,08	0,07	0,08	0,11	0,03	0,07	0,07	0,13	0,08
Ga/Al	2,97	2,7	3,33	2,01	2,98	2,18	2,65	2,44	2,24	2,06	2,7
Sr/Ba	0,79	0,55	0,43	0,15	0,47	0,26	0,32	0,20	0,21	0,38	0,20
mg*	0,41	0,40	0,28	0,24	0,23	0,22	0,18	0,14	0,18	0,26	0,12
mg#	41,25	39,97	27,78	24,17	22,90	22,35	18,45	14,18	18,26	25,87	11,68
log (CaO/Na ₂ O+K ₂ O)	0,19	0,11	0,01	-0,88	-0,47	-1,10	-0,58	-0,88	-1,04	-1,10	-0,88
ETR Total	83,83	81,10	182,39		81,92	189,89	106,27	142,00		130,72	105,98
ETR Leves	77,20	73,17	172,87		78,68	181,57	98,79	135,17		123,46	100,45
ETR Pesados	5,82	7,01	8,00		2,79	7,22	6,76	5,95		6,48	5,04
(La/Sm)n	3,29	3,09	4,28		5,82	5,05	4,07	5,23		4,78	5,21
(Gd/Yb)n	4,18	3,15	6,34		6,43	4,33	2,84	4,13		2,87	3,81
(La/Yb)n	24,28	16,42	56,79		83,47	49,96	20,97	43,84		28,60	39,01
Eun/Eu*	0,80	0,87	0,86		0,69	0,67	0,69	0,75		0,66	0,53

And.= Andesito

Traquiand.=Traquiandesito

$$\text{Fe/Mg} = (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 * 0.8998) / (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 * 0.8998 + \text{MgO})$$

$$\log (\text{C/N+K}) = \log (\text{CaO/Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$$

$$\text{mg}^* = \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{mg}^* = 100 * \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3))$$

Tabela Anexo 5.7 - Composições químicas dos granitos Maloquinha, Jardim do Ouro e granito pórfiro associado à Formação Moraes Almeida, Província Aurífera do Tapajós.

GRANITOS			MALOQUINHA								J. OURO	PÓRFIRO
Fácies	ABQM	BQS	BLMZG/SG								ABMZG	
Amostra	54b	54a	45	80	22a	8	82	21	06a	119	03a	18a
Óxidos(% peso)												
SiO ₂	70,80	70,30	72,40	74,00	74,80	76,10	76,10	76,10	76,60	77,20	71,10	67,40
TiO ₂	0,23	0,26	0,32	0,26	0,21	0,14	0,07	0,07	0,11	0,10	0,28	0,48
Al ₂ O ₃	14,60	14,80	13,80	13,60	13,50	12,10	12,30	13,00	12,50	12,50	14,60	15,80
Fe ₂ O ₃	1,04	0,84	1,57	1,34	1,14	0,99	0,53	0,77	1,18	0,65	1,29	1,54
FeO	1,22	1,40	0,30	0,50	0,32	0,46	0,42	0,21	0,20	0,16	1,00	1,40
MnO	0,08	0,08	0,08	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,03	0,06
MgO	0,34	0,21	0,25	0,22	0,14	0,22	0,12	0,09	0,09	0,15	0,57	0,33
CaO	1,10	1,10	0,59	0,27	0,40	0,27	0,44	0,50	0,33	0,32	1,70	1,60
Na ₂ O	4,10	4,40	3,90	3,70	4,20	3,40	4,20	4,40	3,60	3,70	3,90	4,40
K ₂ O	5,70	5,60	5,70	5,10	5,30	4,90	4,40	4,60	4,90	5,20	4,90	5,10
P ₂ O ₅	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,12
PF	0,68	0,47	0,62	0,92	0,53	0,60	0,77	0,74	0,61	0,64	0,55	0,72
Total	99,93	99,50	99,56	99,99	100,61	99,24	99,41	100,54	100,15	100,65	99,97	98,95
Traços (ppm)												
Ba	912	834	458	504	446	245	90	82	73	70	765	1667
Rb	217	246	234	282	251	329	469	492	387	355	236	140
Sr	131	148	44	50	49	42	18	21	19	31	187	247
Zr	317	358	335	295	241	237	166	142	206	168	194	470
Nb	13	16	11	14	14	21	23	25	26	19	14	13
Y	52	60	52	32	54	83	96	94	139	73	38	55
Ga	20	24	21	22	22	26	25	24	24	22	22	26
Sc	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Th	18	19	19	19	10	32	52	44	35	22	15	<5
U	<10	<10	<10	<10	<10	<10	18	13	<10	<10	<10	<10
V	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20	<10
Ta	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10
Cs	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hf	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	13
Terras Raras (ppm)												
La		66,74			77,98			20,56	114,60		30,39	39,98
Ce		116,40			120,50			54,90	186,60		61,60	71,90
Nd		33,46			50,58			26,68	52,36		23,61	24,97
Sm		6,45			9,95			8,39	11,23		5,08	4,28
Eu		0,62			0,66			0,30	0,35		0,72	0,72
Gd		3,63			5,17			6,80	7,29		3,83	2,87
Dy		2,18			2,87			7,14	4,44		2,61	1,69
Ho		0,41			0,55			1,52	0,82		0,48	0,30
Er		0,89			1,23			4,44	1,83		1,32	0,75
Yb		0,70			0,91			4,89	1,26		1,06	0,45
Lu		0,10			0,13			0,69	0,17		0,16	0,06

ABQM=Anfibólio-biotita-quartzo-monzonito
BQS=Biotita-quartzo-sienito

BLMZG/SG=Biotita-leuco-monzogranito a sienogranito
HBMZG=Anfibólio-biotita-monzogranito

Tabela Anexo 5.8 - Razões e índices das amostras dos granitos Maloquinha e Jardim do Ouro e do granito pórfiro associado à Formação Moraes Almeida, Província Aurífera do Tapajós.

GRANITO			MALOQUINHA								J. OURO	PÓRFIRO
Fácies	ABQM	BQS	BLMZG/SG								HBMZG	
Amostra	54b	54a	45	80	22a	8	82	21	06a	119	03a	18a
K2O/Na2O	1,39	1,27	1,46	1,38	1,26	1,44	1,05	1,05	1,36	1,41	1,26	1,16
Fe/Mg	0,86	0,91	0,87	0,88	0,90	0,86	0,88	0,91	0,93	0,83	0,78	0,89
K/Rb	218	189	202	150	175	124	78	78	105	122	172	302
Rb/Sr	1,66	1,66	5,32	5,64	5,12	7,83	26,06	23,43	20,37	11,45	1,26	0,57
Ba/Rb	4,20	3,39	1,96	1,79	1,78	0,74	0,19	0,17	0,19	0,20	3,24	11,91
Rb/Zr	0,68	0,69	0,70	0,96	1,04	1,39	2,83	3,46	1,88	2,11	1,22	0,30
Zr/Nb	24,38	22,38	30,45	21,07	17,21	11,29	7,22	5,68	7,92	8,84	13,86	36,15
Y/Nb	4,00	3,75	4,73	2,29	3,86	3,95	4,17	3,76	5,35	3,84	2,71	4,23
Nb/Rb	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,09
Ga/Al	2,59	3,07	2,88	3,06	3,08	4,06	3,84	3,49	3,63	3,32	2,85	3,11
Sr/Ba	0,14	0,18	0,10	0,10	0,11	0,17	0,20	0,26	0,26	0,44	0,24	0,15
mg*	0,13	0,09	0,12	0,11	0,09	0,13	0,11	0,08	0,06	0,16	0,20	0,10
mg#	13,08	8,57	11,79	10,68	8,75	13,17	11,21	8,41	6,12	15,63	19,93	10,09
ETR Total		231,58			270,52			136,32	380,94		130,86	147,97
ETR Leves		223,05			259,01			110,53	364,79		120,68	141,13
ETR Pesados		7,91			10,85			25,49	15,80		9,46	6,12
(La/Sm)n		6,51			4,93			1,54	6,42		3,76	5,88
(Gd/Yb)n		4,18			4,60			1,12	4,67		2,91	5,17
(La/Yb)n		64,26			57,90			2,84	61,39		19,32	60,24
Eun/Eu*		0,36			0,25			0,12	0,11		0,48	0,60

ABQM=Anfibólio-biotita-quartzo-monzonito

BLMZG/SG=Biotita-leuco-monzogranito a sienogranito

BQS=Biotita-quartzo-sienito

HBMZG=Anfibólio-biotita-monzogranito

$\log (C/N+K)=\log (CaO/Na_2O+K_2O)$

$FeO/MgO = (FeO+Fe_2O_3 * 0.8998)/(FeO+Fe_2O_3 * 0.8998+MgO)$

$mg^* = MgO/(MgO+FeO+Fe_2O_3)$

$mg\# = 100*MgO/(MgO+FeO+Fe_2O_3)$

Tabela Anexo 5.9 - Composições químicas das rochas da Formação Moraes Almeida, Província Aurífera do Tapajós

Rocha	FORMAÇÃO MORAES ALMEIDA										
	IGNIMBRITOS						TRAQUITO	RIOLITOS			
Amostra	15a	111	46	14	38	17	48	52	12c	39a	51
Óxidos (% peso)											
SiO ₂ (%peso)	72,70	73,60	75,20	75,40	75,90	76,10	67,60	72,00	74,80	75,20	75,80
TiO ₂	0,17	0,14	0,11	0,15	0,15	0,15	0,54	0,37	0,24	0,18	0,24
Al ₂ O ₃	13,70	13,80	13,00	12,60	12,70	12,80	16,00	13,80	13,00	12,60	12,80
Fe ₂ O ₃	0,91	1,88	1,28	1,58	1,38	1,48	1,11	1,10	0,87	1,06	0,89
FeO	0,80	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	1,70	0,99	0,39	0,22	0,28
MnO	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,08	0,10	0,06	0,05	0,07
MgO	0,28	0,24	0,21	0,18	0,22	0,14	0,61	0,40	0,24	0,25	0,25
CaO	0,89	0,91	0,31	0,79	0,80	0,70	2,00	0,70	0,54	0,40	0,45
Na ₂ O	3,70	3,60	4,00	3,40	3,70	3,60	5,10	2,70	3,80	3,70	3,80
K ₂ O	5,40	5,60	4,80	4,90	4,90	4,80	5,10	6,50	5,40	5,00	5,30
P ₂ O ₅	0,04	0,04	0,02	0,03	0,01	0,02	0,13	0,09	0,02	0,02	0,02
PF	0,92	0,65	0,53	0,96	0,51	0,52	0,07	1,05	0,73	0,47	0,62
Total	99,54	100,61	99,60	100,13	100,41	100,46	100,04	99,80	100,09	99,15	100,52
Traços (ppm)											
Ba (ppm)	500	667	214	439	327	354	2641	471	267	56	241
Rb	220	252	309	248	285	240	143	358	262	298	282
Sr	82	122	56	88	82	69	293	42	36	20	39
Zr	231	298	187	231	234	198	636	322	317	236	301
Nb	11	14	20	14	16	11	16	18	17	21	18
Y	42	204	167	53	103	58	39	52	56	61	49
Ga	20	22	21	19	24	21	22	23	19	20	22
Sc	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10	< 10	< 10	< 10
Th	22	21	35	25	20	21	< 5	16	25	24	18
U	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10	< 10	< 10	< 10
V	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ta	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cs	< 5	7	7	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hf	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	11	< 10	< 10	< 10	< 10
Terras Raras (ppm)											
La	61,85		142,10				42,71			34,69	
Ce	114,70		215,20				83,85			70,37	
Nd	38,54		86,19				35,59			25,16	
Sm	8,06		18,76				7,51			5,88	
Eu	0,71		1,06				2,05			0,23	
Gd	5,89		15,40				6,01			4,35	
Dy	3,72		9,75				4,75			2,93	
Ho	0,75		1,84				0,93			0,54	
Er	1,98		4,29				2,54			1,36	
Yb	1,55		3,12				2,36			1,20	
Lu	0,23		0,41				0,33			0,17	

Tabela Anexo 5.10 - Razões e índices das rochas da Formação Moraes Almeida, Província Aurífera do Tapajós

FORMAÇÃO MORAES ALMEIDA											
Rocha	IGNIMBRITOS						TRAQUITO	RIOLITOS			
Amostra	15a	111	46	14	38	17	48	52	12c	39a	51
K2O/Na2O	1,46	1,56	1,20	1,44	1,32	1,33	1,00	2,41	1,42	1,35	1,39
Fe/Mg	0,85	0,88	0,86	0,89	0,86	0,91	0,81	0,82	0,83	0,82	0,81
K/Rb	204	185	129	164	143	166	296	151	171	139	156
Rb/Sr	2,68	2,07	5,52	2,82	3,48	3,48	0,49	8,52	7,28	14,90	7,23
Ba/Rb	2,27	2,65	0,69	1,77	1,15	1,48	18,47	1,32	1,02	0,19	0,85
Rb/Zr	0,95	0,85	1,65	1,07	1,22	1,21	0,22	1,11	0,83	1,26	0,94
Zr/Nb	21,00	21,29	9,35	16,50	14,63	18,00	39,75	17,89	18,65	11,24	16,72
Y/Nb	3,82	14,57	8,35	3,79	6,44	5,27	2,44	2,89	3,29	2,90	2,72
Nb/Rb	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,11	0,05	0,06	0,07	0,06
Ga/Al	2,76	3,01	3,05	2,85	3,57	3,1	2,6	3,15	2,76	3,00	3,25
Sr/Ba	0,16	0,18	0,26	0,20	0,25	0,19	0,11	0,09	0,13	0,36	0,16
mg*	0,14	0,11	0,13	0,10	0,13	0,08	0,18	0,16	0,16	0,16	0,18
mg#	14,07	10,76	13,13	9,63	12,87	8,09	17,84	16,06	16,00	16,34	17,61
ETR Total	237,98		498,12				188,62			146,87	
ETR Leves	223,15		462,25				169,66			136,10	
ETR Pesados	14,13		34,81				16,91			10,54	
(La/Sm)n	4,83		4,77				3,58			3,72	
(Gd/Yb)n	3,06		3,99				2,06			2,93	
(La/Yb)n	26,86		30,73				12,23			19,51	
Eun/Eu*	0,30		0,19				0,91			0,14	

$$\text{FeOt/MgO} = (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 * 0.8998) / (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 * 0.8998 + \text{MgO})$$

$$\text{mg\#} = 100 * \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{mg*} = \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\log (\text{C/N+K}) = \log (\text{CaO/Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$$

**ANEXO 6 – COMPOSIÇÕES QUÍMICAS DAS ROCHAS
PLUTÔNICAS E VULCÂNICAS PALEOPROTEROZÓICAS DE
OUTRAS REGIÕES DO CRÁTON AMAZÔNICO UTILIZADAS
PARA COMPARAÇÕES**

Tabela Anexo 6.1 - Análises químicas representativas de rochas da Suíte Água Branca (Dall'Agnol inédito) e do Granito Matupá (Moura 1998).

SUÍTE ÁGUA BRANCA					GRANITO MATUPÁ						
Fácies	QMZD	MZG		QZS	ABQMZD	BMZG					
Amostra	AB98B	AB73B	AB72A	HC53A	SEIIC2	SEIID	SEIIIA	SEL 4.6	SEPE1	SEPX12	SEVVA
Óxidos (% peso)											
SiO ₂	64,58	63,61	65,94	65,60	64,4	73,07	71	73,58	74,09	69,4	67,35
TiO ₂	0,48	0,73	0,55	0,72	0,62	0,2	0,36	0,19	0,34	0,42	0,57
Al ₂ O ₃	17,77	15,55	16,67	16,45	14,77	14,31	14,36	14,2	13,23	14,3	15,47
Fe ₂ O ₃	2,30	2,92	2,11	2,15	5,98	0,9	1,3	0,87	0,33	1,8	1,21
FeO	1,65	1,22	2,01	1,22	0,1	0,68	1,39	0,61	1,61	1,23	2,19
MnO	0,13	0,13	0,12	0,07	0,1	0,03	0,06	0,03	0,03	0,11	0,07
MgO	1,24	0,82	1,07	0,63	1,6	0,48	0,89	0,6	0,57	1	1,54
CaO	3,10	1,94	2,81	2,19	2,5	1,63	2,08	1,28	1,55	1,44	2,89
Na ₂ O	4,45	4,91	4,24	4,87	3,36	3,41	3,62	3,15	2,73	3,5	3,65
K ₂ O	3,59	5,03	4,16	5,47	4,24	5,15	4,16	4,92	4,3	4,76	4,09
P ₂ O ₅	0,08	0,18	0,10	0,19	0,21	0,08	0,13	0,06	0,1	0,15	0,17
LOI					1,27	0,63	0,77	0,69	0,53	1,65	0,98
Total	99,37	97,04	99,78	99,56 #	99,2	100,6	100,1	100,2	99,4	99,8	100,2
Traços (ppm)											
Ba					1018	889	718	628	813	908	1302
Rb	150	161	143	158	225	248	176	258	184	180	148
Sr	501	338	470	423	299	263	184	176	171	235	277
Zr	178	286	165	399	278	189	148	161	135	249	225
Nb	13	16	11	13	30	17	12	18	16	18	20
Y	52	28	24	28	44	21	39	26	23	57	36
ETR (ppm)											
La	20,56	37,04	37,24	67,87	86,49	44,20	103,80	61,96	35,70	80,15	47,30
Ce	38,55	66,48	68,87	194,6	203,60	97,16	161,80	128,10	79,80	131,10	104,90
Nd	20,96	33,99	31,69	62,67	78,67	39,34	61,10	52,61	31,60	82,45	42,20
Sm	4,16	5,92	4,88	10,5	11,97	5,75	9,50	7,68	5,60	14,40	7,10
Eu	0,9	1,13	1,03	1,77	1,28	0,85	1,20	0,77	0,60	1,66	0,90
Gd	4,16	4,57	3,49	6,97	6,83	3,22	8,00	4,13	5,20	9,67	6,90
Dy	3,37	3,1	2,39	5,5	5,31	2,61	6,30	3,27	3,70	7,57	4,90
Ho	0,81	0,71	0,55	1,18	1,00	0,49	1,30	0,51	0,60	1,45	0,80
Er	2,24	1,91	1,51	3,2	2,41	1,13	3,50	1,07	1,80	3,57	2,50
Yb	2,41	2,02	1,57	2,8	1,65	0,94	3,10	0,75	1,50	2,20	2,10
Lu	0,34	0,28	0,21	0,44	0,22	0,12	0,50	0,08	0,20	0,26	0,30

QMZD=Quartzo-monzodiorito

MZG=Monzogranito

QZS=Quartzo-sienito

ABQMZD=Anfibólio-biotita-quartzo-monzodiorito

BMZG=Biotita-monzogranito

Tabela Anexo 6.2 - Razões e índices das rochas da Suíte Água Branca e do Granito Matupá.

SUÍTE ÁGUA BRANCA				GRANITO MATUPÁ							
Fácies	QMZD	MZG		QZS	ABQMZD			BMZG			
Amostra	AB98B	AB73B	AB72A	HC53A	SEIIC2	SEIID	SEIIIA	SEL 4.6	SEPE1	SEPX12	SEVVA
Lan	84,1	151,4	152,2	277,5 #	353,6	180,7	424,4	253,3	146,0	327,7	193,4
Lun	13,4	11,0	8,3	17,3 #	8,7	4,7	19,7	3,2	7,9	10,2	11,8
Smn	27,0	38,4	31,7	68,2 #	77,7	37,3	61,7	49,9	36,4	93,5	46,1
Ybn	14,6	12,2	9,5	17,0 #	10,0	5,7	18,8	4,5	9,1	13,3	12,7
Gdn	20,4	22,4	17,1	34,1 #	33,4	15,8	39,2	20,2	25,5	47,3	33,8
Eun	15,5	19,5	17,8	30,5 #	22,1	14,7	20,7	13,3	10,3	28,6	15,5
ETR total	98,5	157,2	153,4	357,5 #	399,4	195,8	360,1	260,9	166,3	334,5	219,9
ETRL	84,2	143,4	142,7	335,6 #	380,7	186,5	336,2	250,4	152,7	308,1	201,5
ETRP	13,3	12,6	9,7	20,1 #	17,4	8,5	22,7	9,8	13,0	24,7	17,5
(La/Sm)n	3,1	3,9	4,8	4,1 #	4,5	4,8	6,9	5,1	4,0	3,5	4,2
(Gd/Yb)n	1,4	1,8	1,8	2,0 #	3,3	2,8	2,1	4,5	2,8	3,6	2,7
(La/Yb)n	5,8	12,4	16,0	16,4 #	35,4	31,7	22,6	55,8	16,1	24,6	15,2
(La/Lu)n	6,3	13,7	18,4	16,0	40,8	38,2	21,5	80,4	18,5	32,0	16,4
Eu/Eu*	0,7	0,6	0,7	0,6 #	0,4	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
K2O/Na2O	0,81	1,02	0,98	1,12 #	1,3	1,5	1,1	1,6	1,6	1,4	1,1
Na2O+K2O	8,04	9,94	8,40	10,34 #	7,6	8,6	7,8	8,1	7,0	8,3	7,7
Fe/Mg	0,76	0,83	0,79	0,84 #	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7
FeOt	3,72	3,85	3,91	3,15 #	5,5	1,5	2,6	1,4	1,9	2,8	3,3
K/Rb	199	259	241	287 #	156	172	196	158	194	220	229
Rb/Sr	0,30	0,48	0,30	0,37 #	0,8	0,9	1,0	1,5	1,1	0,8	0,5
Rb/Zr	0,84	0,56	0,87	0,40 #	0,8	1,3	1,2	1,6	1,4	0,7	0,7
log C/N+K	-0,41	-0,71	-0,48	-0,67 #	-0,5	-0,7	-0,6	-0,8	-0,7	-0,8	-0,4

$\log C/N+K = \log CaO/(Na_2O+K_2O)$

Lan = ETR normalizado

QMZD=Quartzo-monzodiorito

$Fe/Mg = (Fe_2O_3+FeO)/(Fe_2O_3+FeO)+(MgO)$

BMZG=Biotita-monzogranito

MZG=Monzogranito

$FeOt = Fe_2O_3 \times 0,8998 + FeO$

ABQMZD=Anfibólio-biotita-quartzo-monzodiorito

QZS=Quartzo-sienito

Tabela Anexo 6.3 - Análises químicas de rochas da Suíte Pedra Pintada, norte do Estado de Roraima (compilado de Fraga et al. 1997)

SUÍTE PEDRA PINTADA

Fácies	GND						BMZG						BLMZG		SNG		
Amostra	25c	06c	32c	48	41	36	11	59A	29A	144	116	37	51B	202D	203C	12A	40
Óxidos (% peso)																	
SiO2	64,70	64,80	64,90	65,40	68,10	68,30	64,80	68,40	70,00	70,10	71,60	72,00	73,40	69,70	73,10	71,70	76,00
TiO2	0,57	0,50	0,50	0,47	0,33	0,32	0,80	0,78	0,44	0,53	0,35	0,34	0,38	0,25	0,13	0,34	0,21
Al2O3	16,60	17,30	16,90	16,40	15,80	16,50	15,90	14,00	15,00	13,80	14,30	13,50	14,00	15,30	14,10	14,60	12,80
Fe2O3	1,60	3,40	3,10	2,60	2,70	2,60	2,20	3,10	2,60	1,90	1,60	2,50	1,30	1,40	0,98	1,30	0,88
FeO	3,60	1,40	0,99	1,70	0,85	0,71	2,30	1,30	0,14	2,10	1,10	0,14	0,28	1,70	1,30	0,42	0,42
MnO	0,17	0,05	0,08	0,08	0,11	0,10	0,14	0,10	0,04	0,21	0,05	0,06	0,02	0,09	0,10	0,01	0,02
MgO	1,60	1,40	1,30	1,60	1,10	0,86	1,20	1,50	0,66	0,70	0,59	0,70	0,46	0,41	0,24	0,37	0,16
CaO	3,30	5,00	3,90	4,10	2,90	3,10	3,10	2,20	1,70	2,10	1,80	2,30	1,30	1,90	1,50	1,10	0,75
Na2O	4,10	3,90	3,70	4,30	3,50	4,30	3,80	3,60	3,60	3,30	3,90	3,40	3,70	3,70	3,90	3,00	3,30
K2O	2,40	1,10	3,50	2,40	3,60	2,30	4,10	3,90	5,10	4,40	4,00	4,10	3,50	4,80	3,90	7,20	4,90
P2O5	0,18	0,23	0,19	0,21	0,14	0,16	0,15	0,21	0,12	0,06	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,02	0,05
LOI	0,48	0,56	0,65	0,43	0,46	0,40	0,92	0,67	0,53	0,26	0,29	0,68	1,32	0,34	0,32	0,68	0,56
Total	99,3	99,64	99,71	99,69	99,59	99,65	99,41	99,76	99,93	99,46	99,67	99,8	99,74	99,66	99,63	100,74	100,05
Traços (ppm)																	
Ba	841	580	1580	1000	2488	1112	1491	560	1700	1213	1380	1040	728	1425	907	1600	720
Rb	114	55	163	100	89	62	114	208	212	157	181	226	196	173	84	208	326
Sr	787				804	965	401			305			278	414	490		
Zr	251	190	210		152	170	287	240	350	307	300	130	213	205	150	200	170
Nb	14				10	7	19			19			15	14	10		
Y	12	24	35		9	18	34	73	39	44	46	76	27	36	13	13	10
Th		3	3				25	14	10	14	13	19	26			10	25
ETR (ppm)																	
La	61,40	21,72	33,71	20,61	30,91	35,82	35,18	85,52	41,96	49,73	13,77	49,10	53,61	67,89	29,39	12,89	40,07
Ce	165,40	44,39	68,07	46,07	56,16	71,91	97,75	142,40	106,30	109,50	57,33	103,50	116,70	122,60	54,79	25,32	64,98
Nd	61,30	24,01	29,07	17,76	26,51	34,69	42,67	74,38	29,07	51,24	15,83	41,37	47,89	53,30	28,19	9,08	19,68
Sm	6,95	4,52	5,65	3,00	3,50	4,35	6,77	13,83	6,46	7,83	3,78	6,83	6,24	7,97	3,49	1,31	3,00
Eu	1,21	1,01	1,09	0,67	0,87	1,07	1,48	2,31	0,88	1,50	0,67	0,85	1,02	1,54	0,57	0,50	0,44
Gd	4,46	3,41	3,97	2,11	2,59	3,50	5,57	9,27	4,04	6,09	3,00	5,02	5,07	6,19	2,86	1,02	1,62
Dy	2,55	2,88	3,10	1,70	2,03	2,80	5,24	9,50	3,89	5,91	3,17	5,64	4,83	3,59	1,97	0,85	1,33
Ho	0,48	0,55	0,62	0,31	0,39	0,56	1,02	1,79	0,77	1,21	0,64	1,35	1,03	0,64	0,37	0,17	0,28
Er	1,19	1,31	1,70	0,76	1,02	1,51	2,64	4,29	2,03	3,40	1,78	4,25	3,11	1,39	0,86	0,47	0,88
Yb	0,97	0,81	0,97	0,60	0,85	1,27	2,06	3,50	1,73	3,30	1,31	3,85	3,32	0,94	0,73	0,60	0,81
Lu	0,15	0,12	0,17	0,09	0,12	0,18	0,23	0,45	0,26	0,43	0,21	0,52	0,45	0,13	0,10	0,12	0,17

GDN=Granodiorito+Qz-monzonito+Qz-monzodiorito
 BMZG=Biotita-monzogranitos+granodiorito+tonalito

BLMZG=Biotita-leucomonzogranito
 SNG=Sienogranito

Tabela Anexo 6.4 - Razões e índices de rochas da Suíte Pedra Pintada, norte do Estado de Roraima.

SUÍTE PEDRA PINTADA

Fácies	GND						BMZG						BLMZG		SNG		
Amostra	25c	06c	32c	48	41	36	11	59A	29A	144	116	37	51B	202D	203C	12A	40
Lan	251,02	88,80	137,82	84,26	126,37	146,44	143,83	349,63	171,55	203,31	56,30	200,74	219,17	277,56	120,16	52,70	163,82
Lun	5,91	4,73	6,70	3,54	4,73	7,09	9,06	17,72	10,24	16,94	8,27	20,48	17,72	5,12	3,94	4,73	6,70
Smn	45,13	29,35	36,69	19,48	22,73	28,25	43,96	89,81	41,95	50,84	24,55	44,35	40,52	51,75	22,66	8,51	19,48
Ybn	5,88	4,91	5,88	3,63	5,15	7,69	12,48	21,20	10,48	19,99	7,93	23,32	20,11	5,69	4,42	3,63	4,91
Gdn	21,83	16,69	19,43	10,33	12,68	17,13	27,26	45,37	19,77	29,81	14,68	24,57	24,82	30,30	14,00	4,99	7,93
Eun	20,85	17,41	18,79	11,55	14,99	18,44	25,51	39,81	15,17	25,85	11,55	14,65	17,58	26,54	9,82	8,62	7,58
ETR total	306,06	104,73	148,12	93,68	124,95	157,66	200,61	347,24	197,39	240,14	101,49	222,28	243,27	266,18	123,32	52,33	133,26
ETRL	295,05	94,64	136,50	87,44	117,08	146,77	182,37	316,13	183,79	218,30	90,71	200,80	224,44	251,76	115,86	48,60	127,73
ETRP	9,80	9,08	10,53	5,57	7,00	9,82	16,76	28,80	12,72	20,34	10,11	20,63	17,81	12,88	6,89	3,23	5,09
(La/Sm)n	5,56	3,03	3,76	4,33	5,56	5,18	3,27	3,89	4,09	4,00	2,29	4,53	5,41	5,36	5,30	6,20	8,41
(Gd/Yb)n	3,72	3,40	3,31	2,84	2,46	2,23	2,19	2,14	1,89	1,49	1,85	1,05	1,23	5,32	3,17	1,37	1,62
(La/Yb)n	42,73	18,10	23,46	23,19	24,55	19,04	11,53	16,49	16,37	10,17	7,10	8,61	10,90	48,75	27,17	14,50	33,39
(La/Lu)n	42,49	18,79	20,58	23,77	26,74	20,66	15,88	19,73	16,75	12,00	6,81	9,80	12,37	54,21	30,51	11,15	24,47
Eu/Eu*	0,62	0,76	0,67	0,77	0,85	0,81	0,72	0,59	0,49	0,64	0,59	0,43	0,54	0,65	0,54	1,28	0,55
K2O/Na2O	0,59	0,28	0,95	0,56	1,03	0,53	1,08	1,08	1,42	1,33	1,03	1,21	0,95	1,30	1,00	2,40	1,48
Na2O+K2O	6,50	5,00	7,20	6,70	7,10	6,60	7,90	7,50	8,70	7,70	7,90	7,50	7,20	8,50	7,80	10,20	8,20
Fe/Mg	0,76	0,77	0,76	0,73	0,76	0,79	0,79	0,75	0,81	0,85	0,82	0,79	0,77	0,88	0,90	0,82	0,89
FeOt	5,04	4,46	3,78	4,04	3,28	3,05	4,28	4,09	2,48	3,81	2,54	2,39	1,45	2,96	2,18	1,59	1,21
K/Rb	175	166	178	199	336	308	299	156	200	233	183	151	148	230	385	287	125
Rb/Sr	0,14				0,11	0,06	0,28			0,51			0,71	0,42	0,17		
Rb/Zr	0,45	0,29	0,78		0,59	0,36	0,40	0,87	0,61	0,51	0,60	1,74	0,92	0,84	0,56	1,04	1,92
log C/NK	-0,29	0,00	-0,27	-0,21	-0,39	-0,33	-0,41	-0,53	-0,71	-0,56	-0,64	-0,51	-0,74	-0,65	-0,72	-0,97	-1,04

$\log C/N+K = \log CaO/(Na_2O+K_2O)$

GDN=Granodiorito+Qz-monzonito+Qz-monzodiorito

$Fe/Mg = (Fe_2O_3+FeO)/(Fe_2O_3+FeO)+(MgO)$

BMZG=Biotita-monzogranitos+granodiorito+tonalito

$FeOt = Fe_2O_3 \times 0,8998 + FeO$

BLMZG=Bioita-leucomonzogranito

Lan = ETR normalizado

SNG=Sienogranito

Tabela Anexo 6.5 - Análises químicas de rochas vulcânicas do Grupo Surumu no norte do Estado de Roraima (compilado de Reis & Fraga 1996).

GRUPO SURUMU

Tipos	ANDESITOS				DACITOS			TRAQUITOS		RIOLITOS			
Amostra	171	163	204	205	164A	174	172A	178A	35	138	110A	206B	37A
Óxidos													
SiO ₂	56,20	58,40	58,80	60,20	64,40	68,90	69,60	66,40	67,70	70,30	70,40	71,40	72,50
TiO ₂	0,86	0,55	0,78	0,56	0,46	0,57	0,49	0,56	0,57	0,44	0,26	0,33	0,33
Al ₂ O ₃	16,30	15,60	15,00	12,40	15,90	15,00	15,40	16,30	16,20	14,60	15,50	14,70	13,80
Fe ₂ O ₃	3,30	4,10	3,10	3,10	2,80	3,00	3,00	1,90	0,88	1,50	0,91	1,90	0,56
FeO	5,00	3,20	4,00	2,60	2,40	1,80	0,84	2,00	2,40	2,00	1,60	0,57	1,90
MnO	0,42	0,18	0,22	0,24	0,15	0,15	0,17	0,16	0,22	0,25	0,14	0,14	0,18
MgO	2,60	5,00	3,80	3,00	1,40	1,30	0,73	0,89	0,56	0,40	0,21	0,71	0,46
CaO	4,60	5,60	6,40	9,10	3,70	2,00	3,20	2,70	2,00	1,20	2,30	2,50	0,37
Na ₂ O	2,40	2,90	3,80	2,40	2,90	3,90	2,90	3,30	4,10	4,30	3,40	3,20	3,10
K ₂ O	3,60	0,99	2,10	1,70	3,10	2,30	2,60	4,80	4,60	4,10	4,70	3,30	6,20
P ₂ O ₅	0,33	0,17	0,20	0,12	0,12	0,13	0,17	0,16	0,33	0,10	0,08	0,08	0,10
Total	95,61	96,69	98,20	95,42	97,33	99,05	99,10	99,17	99,56	99,19	99,50	98,83	99,50
Traços (ppm)													
Ba	1469	587	535	623	902	991	1344	1329	1401	1619	924	1031	879
Rb	81	34	43	33	114	70	77	115	121	94	175	94	168
Sr	671	766	616	588	486	402	723	522	358	334	381	309	131
Zr	203	133	239	110	199	361	460	289	337	361	231	224	330
Nb			10	10				13	15	15	16	20	18
Y	17	8	24	7	18	36	49	21	33	34	25	28	41
V	159	107	146	117	56	67	47	43	22	35	16	23	5
ETR (ppm)													
La	30,80	15,30	23,80	14,90	37,70	38,70	40,50	40,50	43,20	42,80	45,20	36,40	35,10
Ce	73,50	38,10	64,60	35,90	83,70	90,40	98,10	85,30	118,00	108,00	96,60	95,30	88,10
Nd	31,90	16,10	35,30	18,90	31,50	34,20	38,60	41,70	45,90	56,10	48,60	43,30	41,60
Sm	5,92	3,00	4,84	2,66	6,57	8,17	7,61	5,31	5,93	5,68	6,75	5,73	5,54
Eu	1,39	0,74	1,15	0,64	1,16	1,43	1,45	1,13	1,25	1,31	1,10	0,87	0,78
Gd	4,65	2,34	3,96	2,27	3,95	5,11	5,29	4,30	4,55	4,39	4,41	4,39	4,41
Dy	3,65	1,90	3,24	2,03	2,72	4,57	4,07	3,55	3,42	4,88	3,59	4,01	3,98
Ho	0,71	0,38	0,63	0,43	0,52	0,93	0,78	0,75	0,68	1,00	0,77	0,84	0,83
Er	1,83	1,07	1,63	1,25	1,32	2,60	1,95	2,22	1,81	2,80	2,38	2,44	2,46
Yb	1,17	0,84	1,25	1,01	1,01	2,32	1,34	2,00	1,48	2,51	1,70	2,22	2,38
Lu	0,15	0,12	0,16	0,15	0,14	0,34	0,20	0,28	0,25	0,34	0,25	0,30	0,30

Tabela Anexo 6.6 - Razões e índices de rochas vulcânicas do Grupo Surumu, norte do Estado de Roraima (compilado de Reis & Fraga 1996).

GRUPO SURUMU

Tipos	ANDESITOS				DACITOS			TRAQUITOS		RIOLITOS			
Amostra	171	163	204	205	164A	174	172A	178A	35	138	110A	206B	37A
Lan	125,9	62,6	97,3	60,9	154,1	158,2	165,6	165,6	176,6	175,0	184,8	148,8	143,5
Lun	5,9	4,7	6,3	5,9	5,5	13,4	7,9	11,0	9,8	13,4	9,8	11,8	11,8
Smn	38,4	19,5	31,4	17,3	42,7	53,1	49,4	34,5	38,5	36,9	43,8	37,2	36,0
Ybn	7,1	5,1	7,6	6,1	6,1	14,1	8,1	12,1	9,0	15,2	10,3	13,4	14,4
Gdn	22,8	11,5	19,4	11,1	19,3	25,0	25,9	21,0	22,3	21,5	21,6	21,5	21,6
Eun	24,0	12,8	19,8	11,0	20,0	24,6	25,0	19,5	21,5	22,6	19,0	15,0	13,4
ETR total	155,7	79,9	140,6	80,1	170,3	188,8	199,9	187,0	226,5	229,8	211,4	195,8	185,5
ETRL	142,1	72,5	128,5	72,4	159,5	171,5	184,8	172,8	213,0	212,6	197,2	180,7	170,3
ETRP	12,2	6,7	10,9	7,1	9,7	15,9	13,6	13,1	12,2	15,9	13,1	14,2	14,4
(La/Sm)n	3,3	3,2	3,1	3,5	3,6	3,0	3,4	4,8	4,6	4,7	4,2	4,0	4,0
(Gd/Yb)n	3,2	2,3	2,6	1,8	3,2	1,8	3,2	1,7	2,5	1,4	2,1	1,6	1,5
(La/Yb)n	17,8	12,3	12,9	10,0	25,2	11,3	20,4	13,7	19,7	11,5	17,9	11,1	10,0
(La/Lu)n	21,3	13,2	15,4	10,3	28,0	11,8	21,0	15,0	17,9	13,1	18,8	12,6	12,1
Eu/Eu*	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,5	0,5
K ₂ O/Na ₂ O	1,5	0,3	0,6	0,7	1,1	0,6	0,9	1,5	1,1	1,0	1,4	1,0	2,0
Na ₂ O+K ₂ O	6,0	3,9	5,9	4,1	6,0	6,2	5,5	8,1	8,7	8,4	8,1	6,5	9,3
Fe/Mg	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
FeOt	8,0	6,9	6,8	5,4	4,9	4,5	3,5	3,7	3,2	3,3	2,4	2,3	2,4
K/Rb	369	242	405	428	226	273	280	346	316	362	223	291	306
Rb/Sr	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,5	0,3	1,3
Rb/Zr	0,4	0,3	0,2	0,3	0,6	0,2	0,2	0,4	0,4	0,3	0,8	0,4	0,5
logC/NK	-0,1	0,2	0,0	0,3	-0,2	-0,5	-0,2	-0,5	-0,6	-0,8	-0,5	-0,4	-1,4

$$\log C/N+K = \log CaO/(Na_2O+K_2O)$$

$$FeOt = Fe_2O_3 \times 0,8998 + FeO$$

$$Fe/Mg = (Fe_2O_3 + FeO) / (Fe_2O_3 + FeO) + (MgO)$$

$$Lan = ETR \text{ normalizado}$$

Tabela Anexo 6.7 - Análises químicas representativas de rochas dos granitos Jamon, Musa, Antonio Vicente e Redenção, sudeste do Pará.

Amostra	JAMON								MUSA						ANTONIO VICENTE						REDENÇÃO					
	ABMZG				BMZG				ABMZG		BMZG	LMZG	LSG	BAMZG		BMZG		BSG		ABMZG	BMZG		LMZG			
	78A	752	391	393	374	375	371	377	144B	77A	72	37A	37B	140E	01GFe	IE-02	GR-01	CS-54	3ADT	7ADT	9	60	111	8	117	56A
Oxidos																										
SiO2	70,62	71,09	71,12	71,20	73,02	73,71	74,02	74,60	69,18	70,82	71,65	72,62	74,97	76,20	64,74	71,73	73,68	76,96	72,91	77,11	70,70	73,10	74,20	75,20	74,50	75,20
TiO2	0,68	0,61	0,72	0,80	0,67	0,35	0,43	0,30	0,64	0,59	0,48	0,38	0,20	0,08	1,16	0,70	0,26	0,13	0,17	0,13	0,44	0,47	0,26	0,24	0,20	0,12
Al2O3	12,92	12,53	12,42	12,63	12,74	12,36	13,06	13,00	13,21	12,98	12,71	12,66	12,35	12,28	13,90	12,63	12,79	12,05	12,32	12,30	14,20	13,60	13,10	12,70	13,00	13,10
Fe2O3	4,44	4,40	4,52	2,68	2,17	2,79	0,87	1,14	4,69	3,97	3,30	2,86	1,95	1,18	2,76	1,75	1,70	0,73	0,31	0,52	1,24	1,85	1,05	1,02	1,05	0,62
FeO	0,00	0,00	0,00	2,00	1,72	0,00	1,74	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,10	3,16	1,22	1,30	1,50	1,15	2,03	0,94	0,85	0,70	0,31	0,31
MnO	0,07	0,08	0,07	0,09	0,08	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,02	0,00	0,06	0,05	0,02	0,01	0,03	0,02	0,06	0,06	0,04	0,04	0,09	0,06
MgO	0,69	0,72	0,68	0,62	0,46	0,32	0,33	0,22	0,88	0,53	0,55	0,36	0,20	0,04	1,38	0,58	0,31	0,11	0,17	0,08	0,46	0,44	0,18	0,26	0,22	0,13
CaO	2,47	2,04	2,40	2,23	1,31	1,21	1,60	1,01	2,37	2,12	1,81	1,53	0,85	0,60	2,29	1,52	0,49	0,18	0,92	0,84	1,06	1,50	1,10	1,10	0,88	0,80
Na2O	3,54	3,29	3,37	3,42	3,38	3,27	3,22	3,55	3,59	3,25	3,37	3,41	3,47	3,44	3,81	3,67	3,40	3,61	3,65	3,35	3,50	3,30	3,30	3,30	3,30	3,60
K2O	3,52	4,27	3,70	4,21	4,33	4,75	4,41	4,98	4,01	4,57	4,39	4,62	5,05	5,30	3,63	4,42	5,17	5,12	4,62	5,13	4,80	4,70	5,00	5,10	5,30	5,20
P2O5	0,30	0,27	0,32	0,28	0,20	0,20	0,11	0,07	0,32	0,32	0,30	0,22	0,13	0,13	0,37	0,25	0,04	0,02	0,05	0,01	0,14	0,14	0,07	0,06	0,04	0,02
LOI	0,34	0,32	0,30	0,87	0,88	0,70	0,95	0,76	0,53	0,46	0,56	0,68	0,60	0,59	1,22	0,56	0,38	0,89	1,28	0,70	0,35	0,53	0,28	0,36	0,61	0,55
Total	99,59	99,62	99,62	101,03	100,96	99,70	100,80	100,49	99,48	99,66	99,17	99,41	99,79	99,84	99,42	101,02	99,46	101,11	97,93	101,34	98,98	100,63	99,43	100,08	99,50	99,71
Traços (ppm)																										
Ba	1399	1261	1320	1806	1050	718	1020	635	1056	1094	988	698	216	282	1830	1454	572	231	386	188	1310	1358	709	795	962	591
Rb	108	142	100	141	182	230	220	261	172	165	172	210	179	259	128	192	313	380	339	323	193	170	255	247	389	422
Sr	268	211	246	214	178	118	161	101	232	197	176	142	66	50	253	168	61	20	51	34	271	302	163	169	171	119
Zr	387	388	397	400	345	283	298	225	299	310	343	212	126	90	423	397	264	147	163	175	353	343	263	274	266	194
Nb	14	14	19	18	26	21	27	28	16	19	19	20	19	12	4	16	27	20	34	28	20	17	20	21	48	36
Y	49	50	65	90	37	79	56	76	47	44	56	46	22	7	48	70	8	30	63	59	43	43	45	51	86	62
Ga	24	19	26			31			19	19	27	23	23	14		5					25	23	25	22	28	30
Sc	12	12	13			7			9,3	9,6	8,8	5,4	3,7	1,7	15	10	6	2,5	3,6	2,6	15					
Th	6	5	9			25			23	20	34	35	75	39												
U	2,6	2,7	3,7																							
V	18	22	23			9			44	35	25	16	5	5	77	39	8		6	5	14	12	10	9	9	9
ACNK	1,36	1,31	1,31	1,28	1,41	1,34	1,41	1,36	1,32	1,31	1,33	1,32	1,32	1,31	1,43	1,31	1,41	1,35	1,34	1,32	1,52	1,43	1,39	1,34	1,37	1,36
ANK	1,83	1,66	1,76	1,66	1,65	1,54	1,71	1,52	1,74	1,66	1,64	1,58	1,45	1,41	1,87	1,56	1,49	1,38	1,49	1,45	1,71	1,70	1,58	1,51	1,51	1,49
ETR (ppm)																										
La	49,27	41,90	89,75	94,70	52,80	101,00	69,80	90,60	88,13	73,86	93,07	87,91	173,60	33,61	80,00	81,00	203,00	72,00	80,90	102,90	81,96	71,83	73,94	44,50	58,40	44,57
Ce	95,23	82,07	154,60	172,50	105,10	178,00	121,60	135,80	152,30	130,30	165,00	140,10	198,50	54,72	148,60	153,80	367,10	130,00	157,80	198,00	146,70	135,90	129,50	85,80	111,60	86,70
Nd	47,24	41,51	71,77	77,50	44,10	67,40	48,90	63,90	65,87	50,31	58,82	47,20	46,15	14,30	55,00	59,40	113,20	41,70	49,40	59,90	46,59	48,68	40,64	30,30	33,50	27,30
Sm	10,36	9,32	14,53	15,60	8,80	12,80	9,20	12,80	12,99	9,96	12,02	8,76	6,75	2,85	11,00	12,60	20,10	8,20	10,70	12,20	8,40	7,67	6,26	6,90	6,00	5,50
Eu	2,53	2,01	2,65	2,70	1,60	1,60	1,40	1,40	2,12	1,68	1,97	1,28	0,81	0,52	0,58	2,15	1,10	0,40	0,70	0,60	1,39	1,25	0,72	0,97	0,99	1,00
Gd	8,94	8,30	11,88	13,10	6,90	10,50	7,30	10,00	10,43	9,65	11,83	6,79	5,21	3,22	9,40	11,70	15,30	6,30	8,70	9,70	5,97	5,33	4,40	5,30	4,27	4,40
Dy	8,50	8,26	10,71	12,20	6,30	10,20	6,70	9,10	8,77	6,47	8,44	5,98	3,48	1,44	8,00	11,50	12,40	6,60	9,80	9,80	3,80	2,88	2,32	4,10	2,08	3,10
Ho															1,04	2,51	2,38	0,47	2,60	2,00	0,72	0,53	0,43	0,80	0,37	0,58
Er	4,82	4,76	6,14	7,20	3,60	6,50	4,30	5,40	4,89	3,87	5,00	3,76	2,48	1,15	4,30	6,90	6,80	3,80	6,30	6,10	1,72	1,18	0,96	2,07	0,84	1,70
Yb	4,57	4,54	5,98	7,20	3,90	7,50	4,40	6,00	4,71	3,73	5,00	4,31	3,33	1,49	4,00	7,00	7,20	4,10	7,60	7,00	1,22	0,82	0,71	1,54	0,62	1,77
Lu	0,68	0,66	0,87	0,94	0,56	1,00	0,65	0,84	0,76	0,69	1,04	0,86	0,71	0,34	0,50	0,90	0,90	0,50	1,00	0,90	0,19	0,11	0,11	0,24	0,11	0,32

ABMZG = Anfíblio-biotita-monzogranito

BMZG = Biotita-monzogranito

LMZG = Leucomonzogranito

LSG = Leucosienogranito

BSG = Biotita-sienogranito

Tabela Anexo 6.8 - Razões e índices das rochas dos granitos Jamon, Musa, Antonio Vicente e Redenção, sudeste do Pará.

Amostra	JAMON								MUSA						ANTONIO VICENTE						REDENÇÃO					
	ABMZG				BMZG				ABMZG		BMZG	LMZG	LSG	BAMZG		BMZG		BSG		ABMZG	BMZG		LMZG			
	78A	752	391	393	374	375	371	377	144B	77A	72	37A	37B	140E	01GFe	IE-02	GR-01	CS-54	3ADT	7ADT	9	60	111	8	117	56A
Lan	201,43	171,30	366,93	387,16	215,86	412,92	285,36	370,40	360,30	301,96	380,50	359,40	709,73	137,41	327,06	331,15	829,93	294,36	330,74	420,69	335,08	293,66	302,29	181,93	238,76	182,22
Lun	26,78	25,99	34,27	37,02	22,06	39,39	25,60	33,08	29,93	27,18	40,96	33,87	27,96	13,39	19,69	35,45	35,45	19,69	39,39	35,45	7,48	4,33	4,33	9,45	4,33	12,60
Smn	67,27	60,52	94,35	101,30	57,14	83,12	59,74	83,12	84,35	64,68	78,05	56,88	43,83	18,51	71,43	81,82	130,52	53,25	69,48	79,22	54,55	49,81	40,65	44,81	38,96	35,71
Ybn	27,68	27,50	36,22	43,61	23,62	45,43	26,65	36,34	28,53	22,59	30,28	26,11	20,17	9,02	24,23	42,40	43,61	24,83	46,03	42,40	7,39	4,97	4,30	9,33	3,76	10,72
Gdn	43,76	40,63	58,15	64,12	33,77	51,40	35,73	48,95	51,05	47,23	57,91	33,24	25,50	15,76	46,01	57,27	74,89	30,84	42,58	47,48	29,22	26,09	21,54	25,94	20,90	21,54
Eun	43,61	34,64	45,67	46,54	27,58	27,58	24,13	24,13	36,54	28,96	33,95	22,06	13,96	8,96	10,00	37,06	18,96	6,89	12,06	10,34	23,96	21,54	12,41	16,72	17,06	17,24
ETR total	232,14	203,33	368,88	403,64	233,66	396,50	274,25	335,84	350,97	290,52	362,19	306,95	441,02	113,64	322,42	349,46	749,48	274,07	335,50	409,10	298,66	276,18	259,99	182,52	218,78	176,94
ETRL	202,10	174,80	330,65	360,30	210,80	359,20	249,50	303,10	319,29	264,43	328,91	283,97	425,00	105,48	294,60	306,80	703,40	251,90	298,80	373,00	283,65	264,08	250,34	167,50	209,50	164,07
ETRP	27,51	26,52	35,58	40,64	21,26	35,70	23,35	31,34	29,56	24,41	31,31	21,70	15,21	7,64	27,24	40,51	44,98	21,77	36,00	35,50	13,62	10,85	8,93	14,05	8,29	11,87
(La/Sm)n	2,99	2,83	3,89	3,82	3,78	4,97	4,78	4,46	4,27	4,67	4,88	6,32	16,19	7,42	4,58	4,05	6,36	5,53	4,76	5,31	6,14	5,90	7,44	4,06	6,13	5,10
(Gd/Yb)n	1,58	1,48	1,61	1,47	1,43	1,13	1,34	1,35	1,79	2,09	1,91	1,27	1,26	1,75	1,90	1,35	1,72	1,24	0,93	1,12	3,95	5,25	5,01	2,78	5,56	2,01
(La/Yb)n	7,28	6,23	10,13	8,88	9,14	9,09	10,71	10,19	12,63	13,37	12,57	13,76	35,19	15,23	13,50	7,81	19,03	11,86	7,19	9,92	45,34	59,09	70,30	19,50	63,50	17,00
(La/Lu)n	7,52	6,59	10,71	10,46	9,79	10,48	11,15	11,20	12,04	11,11	9,29	10,61	25,38	10,26	16,61	9,34	23,41	14,95	8,40	11,87	44,80	67,82	69,81	19,25	55,14	14,46
(Eu/Eu*)	0,79	0,68	0,60	0,56	0,61	0,41	0,51	0,37	0,54	0,52	0,50	0,49	0,40	0,52	0,17	0,53	0,18	0,16	0,22	0,16	0,57	0,57	0,40	0,47	0,57	0,60
K2O/Na2O	0,99	1,30	1,10	1,23	1,28	1,45	1,37	1,40	1,12	1,41	1,30	1,35	1,46	1,54	0,95	1,20	1,52	1,42	1,27	1,53	1,37	1,42	1,52	1,55	1,61	1,44
Na2O+K2O	7,06	7,56	7,07	7,63	7,71	8,02	7,63	8,53	7,60	7,82	7,76	8,03	8,52	8,74	7,44	8,09	8,57	8,73	8,27	8,48	8,30	8,00	8,30	8,40	8,60	8,80
Fe/Mg	0,87	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,89	0,90	0,84	0,88	0,86	0,89	0,91	0,97	0,83	0,89	0,90	0,95	0,91	0,95	0,88	0,86	0,91	0,87	0,86	0,88
FeOt	4,44	4,40	4,52	4,68	3,89	2,79	2,61	1,96	4,69	3,97	3,30	2,86	1,95	1,18	6,86	4,91	2,92	2,03	1,81	1,67	3,27	2,79	1,90	1,72	1,36	0,93
K/Rb	271	250	307	248	198	171	166	158	194	230	212	183	234	170	235	191	137	112	113	132	206	230	163	171	113	102
Rb/Sr	0,40	0,67	0,41	0,66	1,02	1,95	1,37	2,58	0,74	0,84	0,98	1,48	2,71	5,18	0,51	1,14	5,13	19,00	6,65	9,50	0,71	0,56	1,56	1,46	2,27	3,55
Rb/Zr	0,28	0,37	0,25	0,35	0,53	0,81	0,74	1,16	0,58	0,53	0,50	0,99	1,42	2,88	0,30	0,48	1,19	2,59	2,08	1,85	0,55	0,50	0,97	0,90	1,46	2,18
Ba/Rb	12,95	8,88	13,20	12,81	5,77	3,12	4,64	2,43	6,14	6,63	5,74	3,32	1,21	1,09	14,30	7,57	1,83	0,61	1,14	0,58	6,79	7,99	2,78	3,22	2,47	1,40
Sr/Ba	0,19	0,17	0,19	0,12	0,17	0,16	0,16	0,16	0,22	0,18	0,18	0,20	0,31	0,18	0,14	0,12	0,11	0,09	0,13	0,18	0,21	0,22	0,23	0,21	0,18	0,20
Ga/Al	3,51	2,87	3,96		4,74				2,72	2,77	4,01	3,43	3,52	2,15		0,75					3,33	3,19	3,61	3,27	4,07	4,33

ABMZG = Anfíbólio-biotita-monzogranito

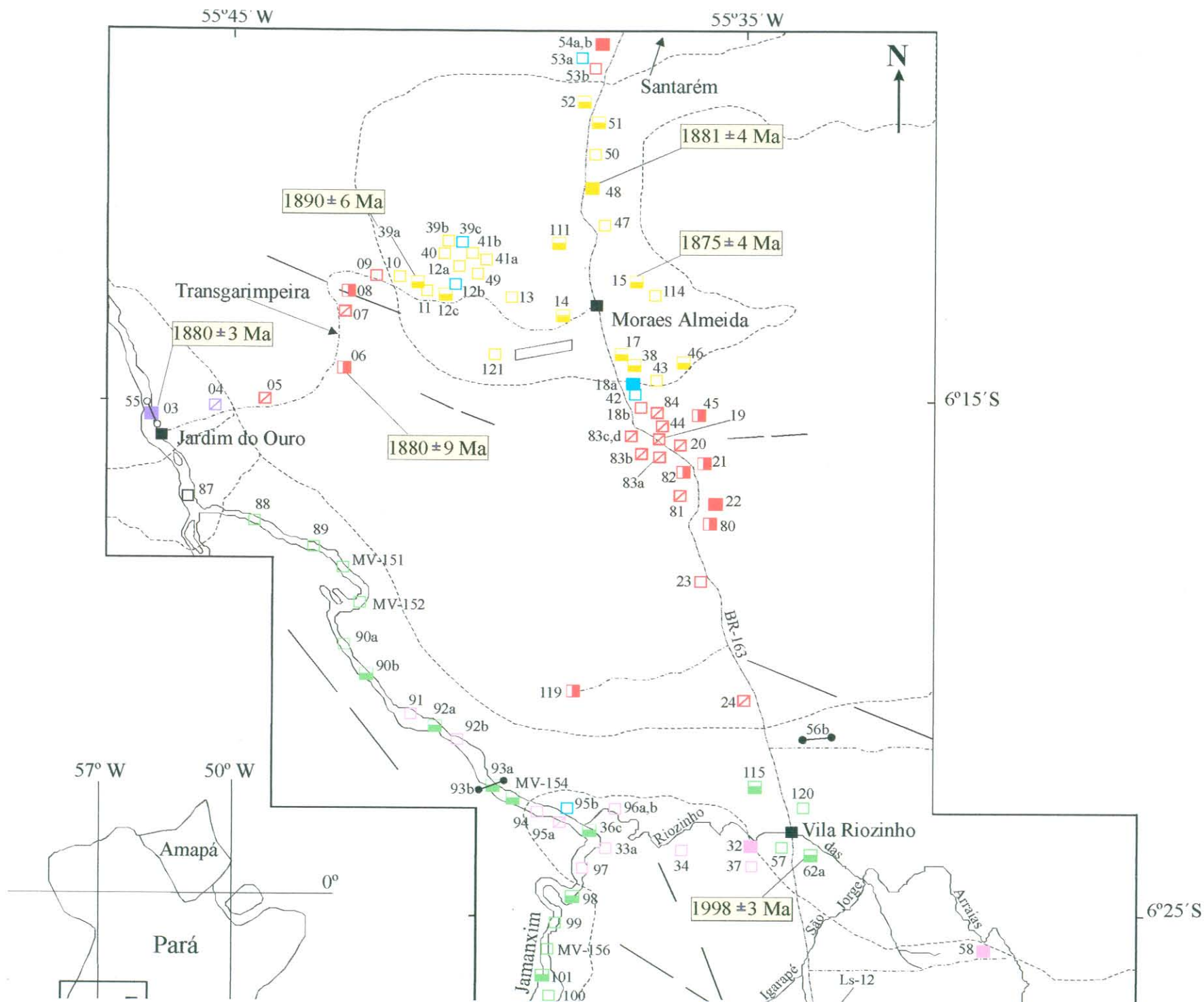
BMZG = Biotita-monzogranito

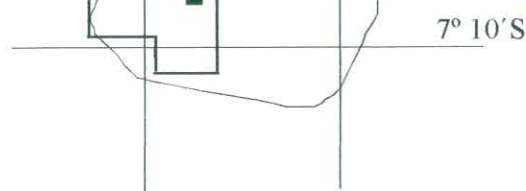
LMZG = Leucomonzogranito

LSG = Leucosienogranito

BSG = Biotita-sienogranito

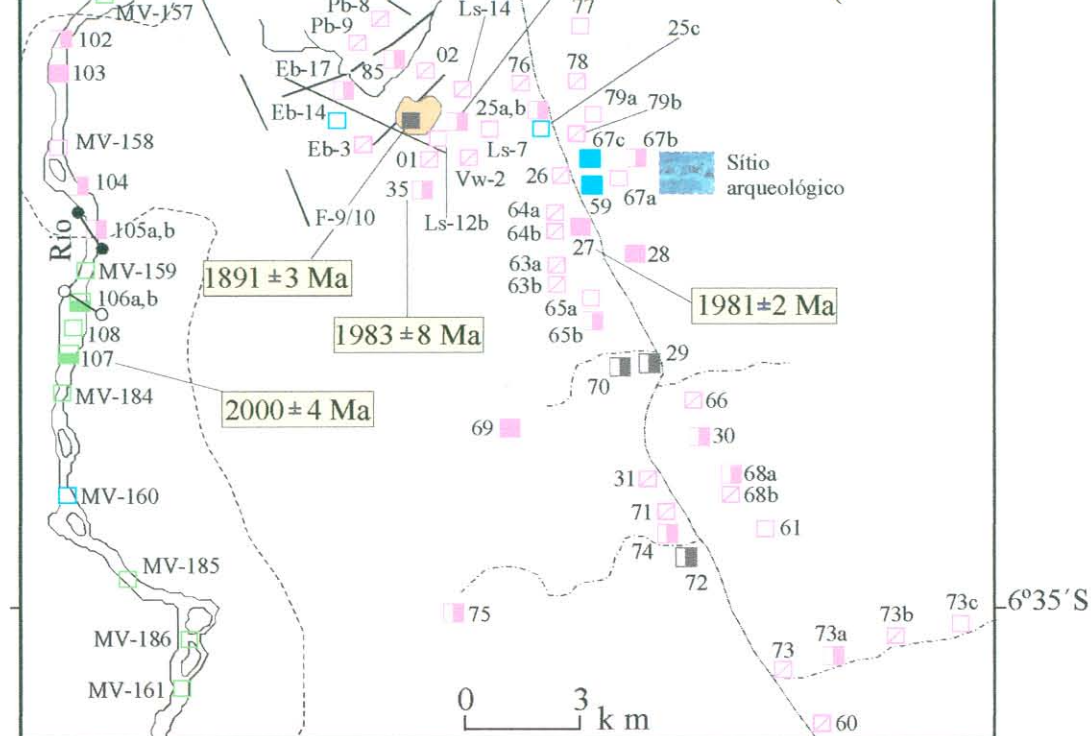
**ANEXO 7 – MAPA DE AMOSTRAGEM DA REGIÃO DE VILA
RIOZINHO**





Amostras Datadas

03 = 6°15'25''S; 55°46'21''W
06 = 6°14'00''S; 55°43'04''W
15 = 6°12'49''S; 55°37'42''W
27 = 6°29'47''S; 55°32'48''W
35 = 6°29'30''S; 55°34'52''W
39 = 6°12'35''S; 55°40'14''W
48 = 6°11'00''S; 55°37'54''W
62 = 6°23'28''S; 55°33'56''W
F-09 6°29'12''S; 55°34'38''W
107 = 6°31'57''S; 55°39'40''W



Anexo 7 - Mapa de amostragem com a idade das diferentes unidades geológicas da área de pesquisa.

