



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Max de Jesus Pereira dos Santos

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOCRONOLOGIA DAS ROCHAS
ENCAIXANTES DO GRANITO PALEOPROTEROZÓICO SERINGA,
SUDESTE DO CRÁTON AMAZÔNICO, PROVÍNCIA CARAJÁS.**

GEOCIÊNCIAS
U F P A

Belém-Pará

2011

MAX DE JESUS PEREIRA DOS SANTOS

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOCRONOLOGIA DAS ROCHAS
ENCAIXANTES DO GRANITO PALEOPROTEROZÓICO SERINGA,
SUDESTE DO CRÁTON AMAZÔNICO, PROVÍNCIA CARAJÁS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Geologia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará
– UFPA, em cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Bacharel em Geologia.
Orientador: Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão.

BELÉM – PARÁ

2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

S237g Santos, Max de Jesus Pereira dos

Geologia, petrografia e geocronologia das rochas encaixantes do granito Paleoproterozóico Seringa, sudeste do Cráton Amazônico, Província Carajás / Max de Jesus Pereira dos Santos; Orientador: Claudio Nery Lamarão – 2011

76 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Faculdade de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2010.

1. Cráton Amazônico. 2. Terreno Granito-Greenstone Rio Maria. 3. Anfibólio Biotita. 4. MEV-EDS. I. Lamarão, Claudio Nery, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 20° ed.: 551.712098115

MAX DE JESUS PEREIRA DOS SANTOS

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOCRONOLOGIA DAS ROCHAS
ENCAIXANTES DO GRANITO PALEOPROTEROZÓICO SERINGA,
SUDESTE DO CRÁTON AMAZÔNICO, PROVÍNCIA CARAJÁS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Geologia do Instituto de Geociências
da Universidade Federal do Pará – UFPA, em
cumprimento às exigências para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof. Claudio Nery Lamarão – Orientador
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Paulo Sérgio de Souza Gorayeb – Membro
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará

Ao meu amigo Igor (*In memoriam*),
pelo seu exemplo de garra e
determinação em busca de uma vida
melhor.

À minha mãe Vera, por suas
fervorosas orações.

AGRADECIMENTOS

Expresso aqui os meus sinceros agradecimentos às seguintes entidades e pessoas pelas relevantes contribuições à realização desta pesquisa:

- À Universidade Federal do Pará pela infraestrutura, condições de materiais e logísticas, bem como a responsabilidade de me fornecer a formação profissional básica do curso de Geologia;
- Ao GPPG, pelos anos de convivência, apoio e amizade;
- Ao Grupo PET (Programa de Educação Tutorial) pela oportunidade de inclusão nos ramos de pesquisa e extensão, fornecendo base para o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso;
- Ao meu orientador e amigo, Professor Dr. Claudio Nery Lamarão, por sua dedicação incansável, orientação, paciência, incentivo e compreensão;
- Ao meu tutor e amigo do Grupo PET, Professor Dr. Vladimir de Araujo Távora, por seus conselhos e ensinamentos;
- Aos professores da Faculdade de Geologia que foram responsáveis pela minha formação;
- À Carla Oliveira da Costa, que sempre busca guiar-me pelos caminhos de Deus, sendo essa em minha vida, exemplo de companheirismo, força e alegria;
- Aos meus familiares pelo apoio e incentivo em minha vida acadêmica, em especial aos meus irmãos Francisco Abaeté dos Santos Neto e Denise Pereira dos Santos e à minha Tia Maria Salomé Vilhena dos Santos;
- Aos meus amigos Ignácio de Loiola, Antônia Railine, Bruna Leal, AZ, Dudu, André Santos, Bruno Leal e todos os amigos da Geologia, que seriam muitos para listar aqui, mas cada um sabe do peso de sua contribuição;
- Aos meus amigos feirantes do município de Abaetetuba, que sempre me incentivaram a estudar;
- À Seleção de Futsal da UFPA, verdadeira família dentro e fora de quadra;
- À Deus, pois tudo posso nele que me fortalece.

“No princípio, criou Deus os céus e a terra. A terra, porém, estava sem forma e vazia, havia trevas sobre a face do abismo, e o espírito de Deus paraiva por sobre as águas.

Disse Deus: Haja luz; e houve luz.

E viu Deus que a luz era boa; e fez separação entre a luz e as trevas.”

Gênesis 1.1-4

RESUMO

O Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria, no qual está inserido a área de estudo, localiza-se a sudeste do Cráton Amazônico, nos domínios da Província Amazônia Central ou, mais recentemente, Província Carajás, dividida nos blocos Rio Maria e Carajás. Mapeamento geológico e estudos petrográficos, incluindo química mineral por MEV-EDS, e geocronológicos realizados nas rochas encaixantes do Granito Seringa, região de Água Azul do Norte e Ourilândia do Norte, levaram à identificação de rochas TTG distintas. Na parte norte da área de trabalho foram identificadas rochas granodioríticas contendo biotita e anfibólio, com padrão estrutural NW-SE, petrograficamente semelhantes aos granodioritos da Suíte Sanukitóide Rio Maria, além de biotita granodioritos pórfiros, similares aos biotita granodioritos do Complexo Xingu que afloram a nordeste, fora dos limites da área. Nas porções nordeste e sudeste da área de estudo ocorrem, respectivamente, trondhjemitos correlacionáveis ao Trondhjemito Mogno e leucogranitos potássicos com características afins com o Leucogranito Xinguara. Análises semiquantitativas de MEV-EDS foram importantes no estudo comparativo entre as rochas deste estudo e outras unidades TTG conhecidas do TGGRM. Biotitas, anfibólios e zircões dos granodioritos da parte norte da área são similares aos das rochas granodioríticas da Suíte Sanukitóide Rio Maria. Do mesmo modo, biotitas e zircões dos granodioritos pórfiros assemelham-se composicionalmente aos dos granodioritos do Complexo Xingu. Tal fato sugere a existência de rochas granodioríticas distintas como encaixantes da parte norte do Granito Seringa. Datações geocronológicas por evaporação de Pb em zircão forneceram idades de 2885 ± 3 Ma para biotita granodioritos da porção norte e 2874 ± 25 Ma para leucogranitos potássicos da porção sudeste da área de estudo. Entretanto, as elevadas razões $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ou os baixos conteúdos de Pb da maioria dos zircões analisados, somados aos poucos cristais utilizados para o cálculo das idades médias dessas rochas, permitem considerar essas idades como preliminares, porém próximas das idades de suas rochas correlatas. Datações geocronológicas pontuais se fazem necessárias para definição dessas unidades.

Palavras-chave: Cráton Amazônico. Terreno Granito-*Greenstone* Rio Maria. Anfibólio. Biotita. MEV-EDS.

ABSTRACT

The Rio Maria Granite-Greenstone Terrane, in which is located the study area, is located in the southeast of the Amazonian Craton, domain of the Amazonian Central Province or, more recently, Carajás Province divided in the Rio Maria and Carajás blocks. Geological mapping, petrographic studies, including mineral chemical by SEM-EDS, and Geochronologic dating in host rocks of the Seringa Granite, Água Azul do Norte and Ourilândia do Norte region, led to identification of distinct TTG rocks. In the northern part of the work area were identified granodioritic rocks containing biotite and amphibole, with NW-SE structural pattern, mineralogical and petrographically similar to the Archean Sanukitoid Rio Maria granodiorite, beyond porphyry biotite granodiorites similar to the biotite granodiorites of the Xingu Complex that outcrop in the northeast, outside of the boundary of the area. In the northeast and southeast portions of the study area occur, respectively, trondhjemite rocks correlated to the Mogno Trondhjemite and potassic leucogranite with similar characteristics to the Xinguara Leucogranite. SEM-EDS semi-quantitative analysis were important in the comparative studies between the rocks of this study and other TTG units of the RMGGT. Biotite, amphibole and zircons from granodiorites of the northeast part of the area are similar to those from Sanukitoid rocks of Rio Maria. Similarly, biotite and zircons from porphyry granodiorite are compositionally similar to those from granodiorites of the Xingu Complex. This fact suggests the existence of distinct granodiorite rocks as host rocks in the northern part of the Seringa Granite. Geochronological dating by Pb evaporation in zircon crystals yielded ages of $2885 \pm$ Ma for biotite granodiorites of the north portion, and 2874 ± 25 Ma for potassic leucogranites of the southeastern portion of the study area. However, the high $^{204}\text{pb}/^{206}\text{pb}$ ratios or the low contents of Pb of most analyzed zircons, together with the few crystals used for the calculation of the average ages of these rocks, allow us to consider these ages as preliminary, but close to the ages of its correlated rocks. Geochronological Laser-Ablation ICP-MS are necessary to define these units.

Keywords: Amazonian Craton. Rio Maria Granite-Greenstone Terrane. Amphibole. Biotite. SEM-EDS.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 APRESENTAÇÃO	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA	17
1.4 OBJETIVOS	20
1.5 ATIVIDADES E MÉTODOS APLICADOS	20
1.5.1 Pesquisa Bibliográfica.....	20
1.5.2 Trabalhos de Campo.....	21
1.5.3 Estudos Laboratoriais	21
2 GEOLOGIA DO TERRENO GRANITO-<i>GREENSTONE</i> DE RIO MARIA	23
3 GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO	26
3.1 GEOLOGIA E ASPECTOS PETROGRÁFICOS	26
3.1.1 Greenstone-Belts.....	26
3.1.2 Granodioritos	26
3.1.3 Trondhjemitos.....	27
3.1.4 Leucogranitos Potássicos.....	27
4 PETROGRAFIA	31
4.1 GRANODIORITOS	31
4.1.1 ABGrd	31
4.1.1.1 Aspectos macroscópicos	31
4.1.1.2 Aspectos microscópicos.....	31
4.1.2 BGrd	34
4.1.2.1 Aspectos Macroscópicos.....	34

4.1.2.2 Aspectos Microscópicos	34
4.2 TRONDHJEMITOS.....	39
4.2.1 Aspectos Macroscópicos	39
4.2.2 Aspectos Microscópicos	39
4.3 LEUCOGRANITOS POTÁSSICOS	42
4.3.1 Aspectos Macroscópicos	42
4.3.2 Aspectos Microscópicos	42
5 GEOLOGIA ESTRUTURAL	45
5.1 ESTRUTURAS DÚCTEIS.....	45
5.1.1 Foliações	45
5.1.2 Bandas de Cisalhamento.....	47
5.2 ESTRUTURAS RÚPTEIS	47
5.2.1 Fraturas	47
5.2.3 Veios e Diques	48
5.3 Microestruturas	51
6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	53
6.1 QUÍMICA MINERAL POR EDS.....	53
6.1.1 Anfibólios	53
6.1.2 Biotitas.....	54
6.1.3 Zircões	59
7 GEOCROLOGIA.....	63
7.1 RESULTADOS.....	63
7.1.1 Rochas granodioríticas (amostra MC-01A).....	63
7.1.2 Leucogranitos potássicos (amostra MC-08)	63
8 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS.....	69

ANEXOS

LISTAS DE TABELAS

Tabela1 - Dados Geocronológicos das unidades pertencentes ao TGGRM, Cráton Amazônico. Modificado de Leite <i>et al.</i> (2004).	15
Tabela 2 - Dados Geocronológicos das rochas TTGs pertencentes ao TGGRM. Modificado de Guimarães (2009).	24
Tabela 3 - Análises Modais das rochas encaixantes do Granito Seringa.	37
Tabela 4 - Análises de EDS de anfibólios dos granodioritos discutidos neste estudo... ..	54
Tabela 5 - Análises de EDS representativas de biotitas dos granodioritos deste estudo e de outros granodioritos do TGGRM.	56
Tabela 6 - Análises de EDS (% peso óxidos) de biotitas dos granodioritos do TGGRM.	57
Tabela 7 - Composições elementares médias de zircões dos granodioritos estudados obtidas por EDS (% em peso).....	61
Tabela 8 - Resultados da datação por evaporação de Pb em zircão da amostra MC-01-A.....	64
Tabela 9 - Resultados da datação por evaporação de Pb em zircão da amostra MC-08	65

1 INTRODUÇÃO

A presente área de estudo está inserida no Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria (TGGRM), Província Carajás (PC), sudeste do Cráton Amazônico, nos domínios geocronológicos da Província Amazônia Central (TASSINARI;MACAMBIRA 1999, 2004) ou, mais recentemente, Província Carajás que foi dividida em domínios Rio Maria e Carajás. (SANTOS et al. 2000, SANTOS 2003).

Estudos petrográficos, geoquímicos e geocronológicos mostram que o TGGRM é formado por granitóides arqueanos e sequências metavulcano-sedimentares tipo *Greenstone-Belts*. Os primeiros são divididos em quatro grupos (DALL'AGNOL et al. 2006), sendo eles: 1) associações TTG com idades entre 2,98 e 2,92 Ga; associações sanukitóides com alto Mg com idades em torno de 2,87 Ga; recentemente denominada de Suíte Sanukitóide arqueana Rio Maria (OLIVEIRA et al. 2009); 3) granitóides TTG jovens, representados pelo Trondhjemitóide Água Fria, e 4) leucogranitos potássicos de afinidade cálcico-alcalinas e com idades entre 2,93 e 2,86 Ga, representados pelos granitos Xinguara, Mata Surrão e Guarantã (PIMENTEL;MACHADO, 1994, LEITE et al. 2004, DALL'AGNOL et al. 2006, OLIVEIRA et al. 2006, OLIVEIRA et al. 2009).

Os *greenstone-belts* são representados pelo Supergrupo Andorinhas, com idades U-Pb em zircão de 2904 ± 29 Ma (MACAMBIRA 1992) e 2979 ± 5 Ma (PIMENTEL;MACHADO 1994) em metavulcânicas félsicas do Grupo Lagoa Seca. As rochas arqueanas do TGGRM são cortadas por diversos corpos de granitos anorogênicos proterozóicos de afinidades intraplacas e com idades em torno de 1,88 Ga. Na região de Água Azul do Norte, área do presente trabalho, as rochas do embasamento, são cortadas pelos maciços anorogênicos proterozóicos Seringa e São João. Esses granitos estão inseridos na suíte Serra dos Carajás e estão situados entre dois domínios geotectônicos distintos, sendo a norte o Bloco Carajás e a Sul o Domínio Transamazônico, ambos pertencentes à PC.

Tabela1 - Dados Geocronológicos das unidades pertencentes ao TGGRM, Cráton Amazônico. Modificado de Leite *et al.* (2004).

ÉON	TIPO DE ROCHA	MATERIAL ANALISADO	MÉTODO	IDADE/REFERÊNCIA	UNIDADE
Arqueano	Granodiorito	Zircão	U-Pb	2.874+9/-10(3)	Granodiorito Rio Maria/ Suíte Sanukitóide Rio Maria
	Granodiorito	Zir,Titan	U-Pb	2.872+/-5(1)	
	Quartzo-diorito	Zircão	Pb-Pb	2.818+/-4(4)	
	Granitóide	Titanita	U-Pb	2.871(1)	Trondhjemito Mogno
	Trondhjemito	Zircão	Pb-Pb	2.963±6(6)	
	Trondhjemito	Zircão	Pb-Pb	2.968±2(6)	
	Trondhjemito	Zircão	Pb-Pb	2.959±5(6)	
	Leucogranito	Rocha Total	Pb-Pb	2.872±10(2)	Granito Mata Surrão
	Leucogranito (Serra do Inajá)	Zircão	Pb-Pb	2.875±11(7)	Granito Xinguara
		Zircão	Pb-Pb	2.888±2(8)	
	Leucogranito	Zircão	Pb-Pb	2.865±1(5)	Granito Xinguara
Leucogranito	Zircão	Pb-Pb	2.93Ga(2)	Granito Garantã	
Metavulcânica Félsica	Zircão	U-Pb	2.97-2.9 Ga(1)	Supergrupo Andorinhas	

Fontes: PIMENTEL;MACHADO (1994) 2 - ALTHOFF et al. (2000) 3 - MACAMBIRA (1992) 4 - DALL'AGANOL et al. (1999) 5 - LEITE (2001) 6 - ALMEIDA (2010) 7 - ROLANDO;MACAMBIRA (2002) 8 - MACAMBIRA (2003).

1.1 APRESENTAÇÃO

Recentemente, vários trabalhos foram desenvolvidos abordando temas sobre as rochas do TGGRM (LEITE et al. 2004; ALMEIDA et al. 2006; OLIVEIRA 2005; 2009; GUIMARÃES 2009; etc.). No entanto pesquisas de detalhes voltadas para as rochas do embasamento na região de Água Azul do Norte, as quais estão cortadas pelos Maciços anorogênicos Seringa e São João, não existem.

Essas rochas ocorrem geralmente em baixos topográficos na forma de blocos isolados, lajeiros, bem como morrotes abaulados. Os trabalhos de campo e petrográficos permitiram a identificação de quatro unidades litológicas, sendo elas: *Greenstone-belts*, Granodioritos, Tonalitos-Trondhjemitos e Leucogranitos potássicos. Além dessas unidades, foram identificadas várias ocorrências de diques pórfiros seccionando-as. Tais corpos precisam de estudos mais detalhados e não fazem parte deste trabalho.

Os *Greenstone-belts* têm as suas maiores ocorrências nas porções W e SW do granito Seringa, na forma de serras alinhadas seguindo orientação NW-SE, porém dentro da área indígena. Nas porções N e NE afloram como pequenas lentes alinhadas segundo as direções NE-SW e E-W.

As rochas granodioríticas ocorrem predominantemente a norte e noroeste do corpo Seringa. Estruturalmente, percebe-se na maioria dos afloramentos que esta unidade é marcada por uma foliação com orientação NW-SE. Porém, seguindo um perfil E-W, nota-se que esta unidade apresenta variação no seu grau deformacional indo de fortemente estruturada à isotrópica. Além disso, a sua ocorrência na maioria das vezes é sob a forma de blocos isolados e morrotes abaulados.

As rochas tonalíticas-trondhjemiticas ocupam uma pequena porção a nordeste do corpo Seringa tendo a biotita como o principal mineral varietal. Comumente ocorrem sob a forma de lajeiros intensamente fraturados e cortados por veios de quartzo estruturados e apresentando foliação pouco penetrativa, ou ainda, foliação bem definida pelo bandamento composicional, seguindo orientação NW-SE.

Os leucogranitos potássicos, aflorando entre os granitos Seringa e São João, apresenta grande homogeneidade textural e caráter isotrópico. É caracterizado principalmente por ocorrer em terrenos arrasados, como pequenos blocos isolados e, por apresentar fenocristais de álcali-feldspatos com dimensões centimétricas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A sudoeste e a sul da localidade de Água Azul do Norte, sudeste do Estado do Pará, estão localizados dois importantes maciços anorogênicos paleoproterozóicos: os granitos Seringa e São João, respectivamente. O primeiro, com forma subarredondada e dimensões batolíticas, foi estudado recentemente sob aspectos geológicos, petrográficos e geocronológicos na dissertação de Antônio Lima de Paiva Júnior. O segundo, situado a sudeste e com dimensões bem inferiores ao primeiro, está sendo estudado no TCC do aluno Paulo Henrique Araujo de Lima. O Granito Seringa é intrusivo em rochas do Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria, representados por tonalitos, trondhjemitos e

granodioritos (OLIVEIRA 2005), todas ainda carecendo de caracterização petrográfica, geoquímica e geocronológica.

Pretende-se com este trabalho, estudar em termos geológicos, petrográficos e geocronológicos as rochas encaixantes do batólito Seringa. As informações obtidas permitirão um avanço importante acerca dessas rochas, possibilitando comparações com rochas similares que ocorrem nas regiões de Redenção, Bannach e Rio Maria, já estudadas anteriormente pelo GPPG.

1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA

O acesso à área de estudo se faz via malha rodoviária, utilizando as rodovias estaduais PA-150 (Belém – Marabá - Xinguara) e PA-279 (Xinguara – Tucumã - Água Azul do Norte - São Félix do Xingu). O acesso ao corpo Seringa e, conseqüentemente, às suas rochas encaixantes é realizado pela PA-279 e por estradas vicinais que levam a fazendas e vilarejos, permitindo uma amostragem sistemática e representativa (Figura 1).

A área de trabalho encontra-se bordejando o granito paleoproterozóico Seringa, porção sudeste do Estado do Pará, entre os municípios de Ourilândia do Norte e Água Azul do Norte, nos domínios da Província Carajás. Está inserida nas folhas Serra dos Carajás (SB22-Z-A) e São Félix do Xingu (SB22-Y-B), figura 1.1.

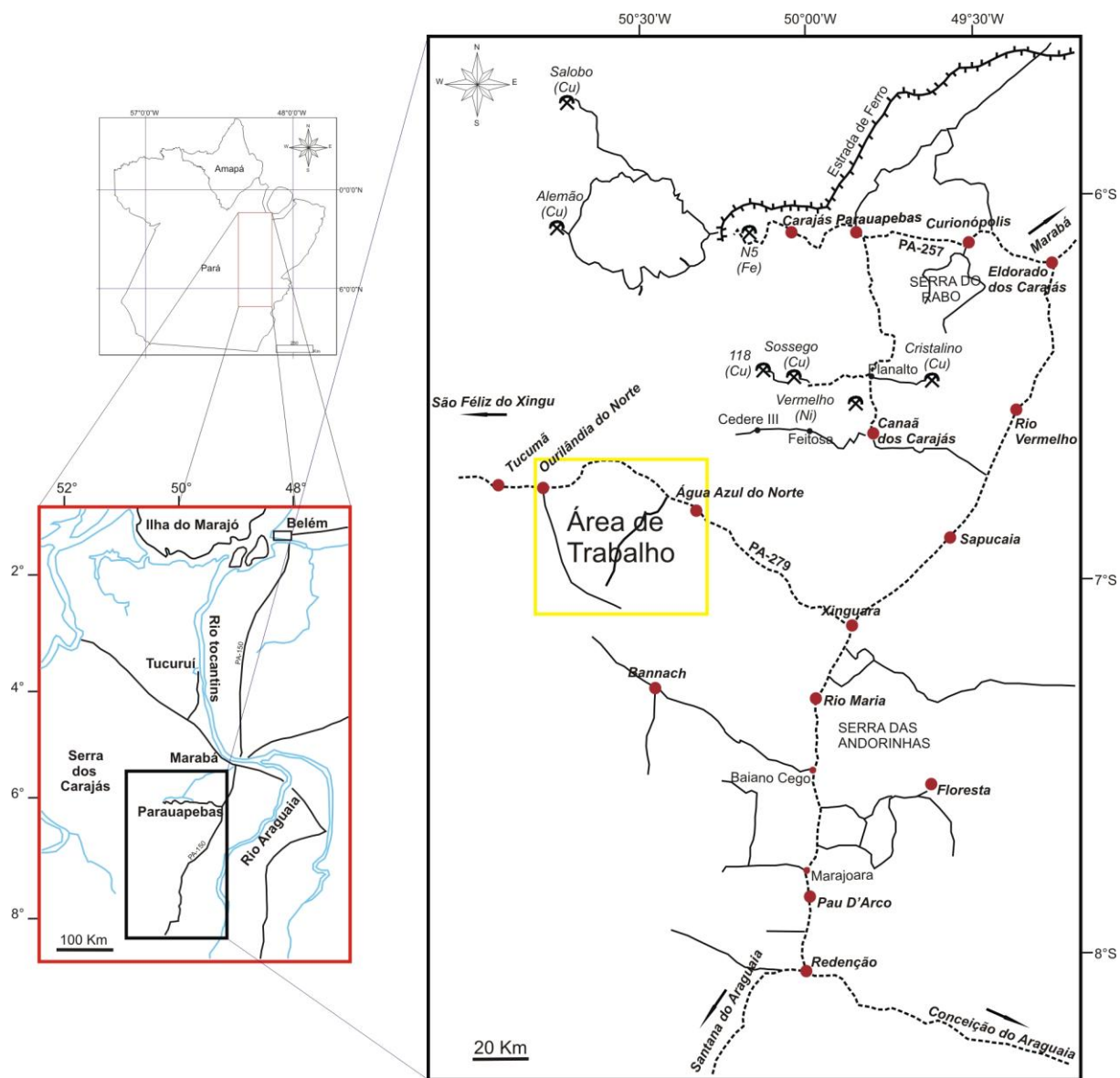


Figura 1 - Mapa de localização e vias de acesso à área de estudo. Modificado de Guimarães et al. (2009).

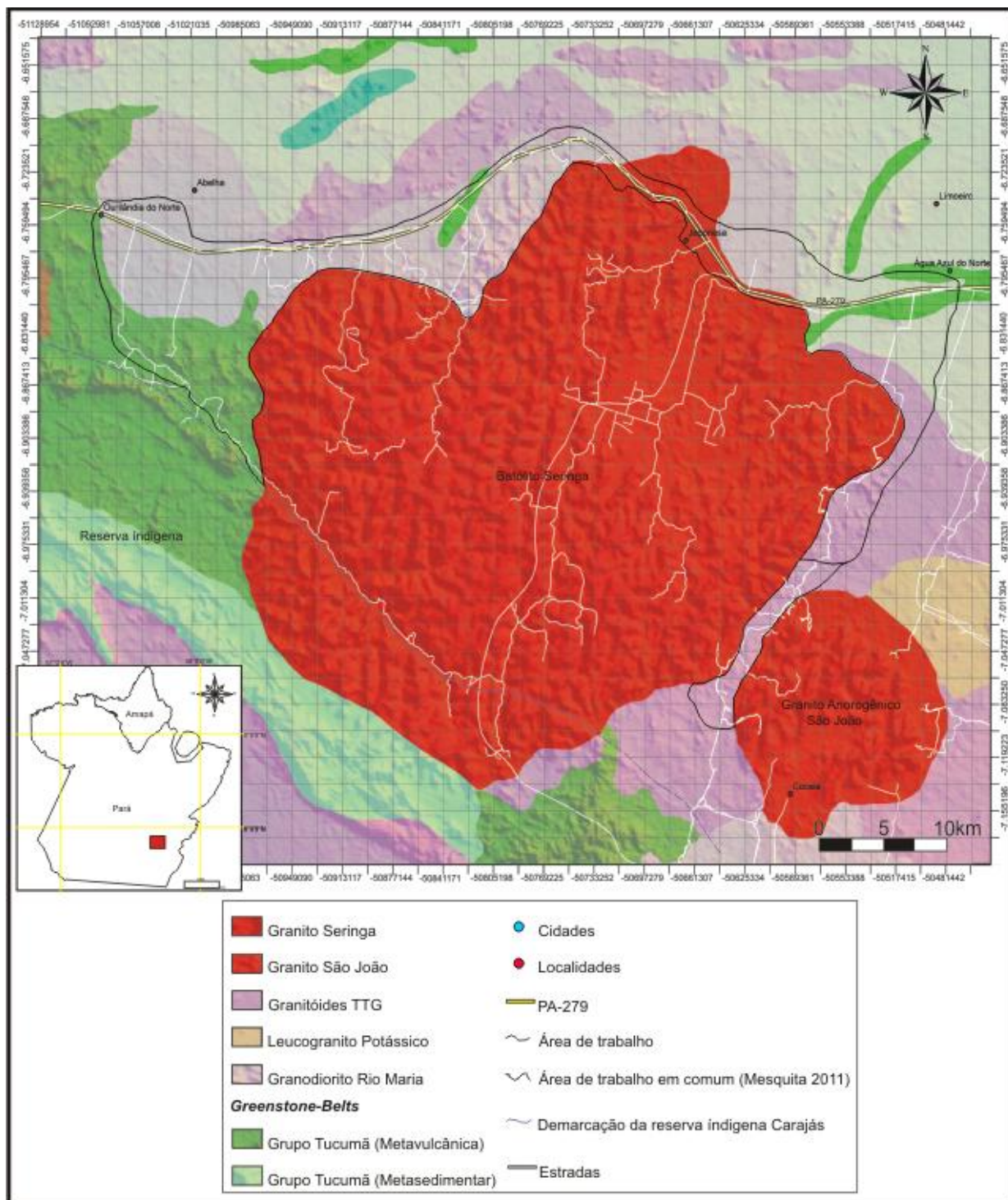


Figura 1.1 - Mapa geológico da região de Água Azul do Norte mostrando a delimitação da área de estudo e suas principais unidades (modificado de CPRM 2004).

1.4 OBJETIVOS

Os objetivos específicos deste plano de trabalho são:

- Efetuar estudos petrográficos macro e microscópicos das rochas encaixantes do Granito Seringa, realizar análises texturais e modais (cf. BARD 1980; WILLIAMS et al. 1982; MACKENZIE et al. 1982; CHAYES F. 1956) e classificar as diferentes rochas (cf. STRECKEISEN 1976; LE MAITRE 2002);
- Efetuar análises geocronológicas através da metodologia Pb-Pb em cristais de zircão em, pelo menos, duas amostras com vistas a definir suas idades de cristalização;
- Caracterizar as fases minerais acessórias, em especial os minerais opacos e zircão, além de biotitas e anfibólios a partir de análises de EDS-MEV; comparar esses dados com os das outras unidades presentes no TGGRM (Granodiorito Rio Maria, Trondhjemito Mogno e Leucomonzogranito Xinguara);

1.5 ATIVIDADES E MÉTODOS APLICADOS

As atividades e métodos utilizados neste trabalho envolveram os seguintes procedimentos: pesquisa bibliográfica, trabalhos de campo e estudos laboratoriais, os quais serão detalhados a seguir.

1.5.1 Pesquisa Bibliográfica

- A pesquisa bibliográfica foi apoiada em trabalhos abordando a geologia do sudeste do Cráton Amazônico, mais especificamente, do TGGRM, bem como trabalhos específicos envolvendo estudos petrográficos de rochas granitóides (p.ex. TASSINARI;MACAMBIRA 1999; DALL'AGNOL et al. 1994, 2005, 2006; LEITE et al. 2004, GUIMARÃES 2008, OLIVEIRA 2005, 2009);

- Foram consultados também, artigos referentes ao método de datação por evaporação de Pb em zircão (KOBBER 1986; GAUDETTE et al. 1993, 1998; MACAMBIRA et al. 1994; MOURA et al. 1996).
- Livros e apostilas envolvendo princípios básicos e aplicações em MEV (p.ex. REED S.J.B. 1996) foram consultados.

1.5.2 Trabalhos de Campo

- Foi realizado o mapeamento e amostragem sistemática das rochas encaixantes do corpo Seringa na escala de 1:100.000;
- Os trabalhos iniciais de campo foram realizados em setembro de 2008. Foram feitos levantamentos de perfis e coleta sistemática de amostras ao longo das estradas e caminhos existentes. O mapeamento apoiou-se em imagens de radar, satélites e levantamento aerogeofísicos para delimitar com mais precisão as áreas de ocorrência das rochas em estudo. Os pontos de amostragem foram localizados com a ajuda de um GPS (*Global Position System*) e locados em uma base georeferenciada. Utilizou-se também bússola geológica BRUNTON, para mensuração de falhas e fraturas;
- Uma segunda etapa de campo foi realizada em Julho/2010 visando a complementação dos trabalhos iniciados em setembro/2008 e adensamento da amostragem;

1.5.3 Estudos Laboratoriais

- Concluídas as descrições macroscópicas, foram confeccionadas lâminas polidas na Oficina de Laminação do IG para estudos em microscópio petrográfico convencional em luz refletida;
- As análises de MEV foram realizadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura – LABMEV do IG da UFPA e constaram de obtenção de imagens de elétrons retroespalhados e análises químicas semiquantitativas por EDS de fases acessórias, biotitas e anfibólios previamente selecionadas;

- As análises geocronológicas foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) da UFPA pelo método de evaporação de Pb em zircão, cujos princípios básicos foram desenvolvidos por Kober (1986) e sua adaptação ao Pará-Iso discutida por Gaudette et al. (1993, 1998), Macambira *et al.* (1994) e Moura et al. (1996). Foi utilizado o espectrômetro de massa FINNIGAN, modelo MAT-262. Para separação dos cristais de zircão, as amostras foram trituradas, pulverizadas, deslamadas e peneiradas nas frações 0,250 mm – 0,180 mm; 0,180 mm – 125 µm no Pará-Iso. A eliminação dos grãos mais leves e concentração dos mais pesados das duas frações anteriores foram feitas com o auxílio de um “elutriador” simples, o qual utiliza água corrente e gravidade. A eliminação dos minerais magnéticos contará com a utilização de um ímã e, posteriormente, de um Separador Eletromagnético da marca FRANTZ. Finalmente, a separação dos minerais pesados não-magnéticos foi feita através de um líquido pesado, (bromofórmio) de densidade 2,89 g/ml. A seleção dos grãos de zircão datados foi realizada através de uma lupa binocular. Os trabalhos no Pará-Iso foram supervisionados pelo Prof. Marco Antônio Galarza.

2 GEOLOGIA DO TERRENO GRANITO-*GREENSTONE* DE RIO MARIA

O Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria (TGGRM), como dito anteriormente, está situado na Província Carajás, sudeste do Cráton Amazônico, nos domínios geocronológicos da Província Amazônia Central. É formado por granitóides arqueanos e sequências metavulcano-sedimentares tipo *Greenstone-Belts*.

Araújo & Maia (1991) e Macambira & Vale (1997) *apud* Vasquez & Rosa-Costa (2008) descreveram os *greenstone-belts* como sendo constituídos por rochas metaultramáficas, metamáficas (xistos actinolíticos), metadacitos e metassedimentares. As rochas metaultramáficas são representadas por serpetinitos e xistos com actinolita, tremolita, clorita, talco, antigorita, crisotila, antofilita e opacos, de afinidade komatiítica com textura *spinifex*. As rochas metassedimentares, por sua vez, são xistos micáceos e quartzosos com quartzo, muscovita, clorita, biotita, albita, epidoto, silimanita, cianita e andaluzita; subordinados quartzitos possuem assembléia mineral de clorita, muscovita e sericita.

Segundo Oliveira et al. (2006) o Granodiorito Rio Maria (GDrm) se caracteriza em seu aspecto estrutural por uma foliação subvertical concordante com a foliação regional (WNW-ESE), salientada pela presença de minerais e enclaves máficos orientados e deformados. As rochas do GDrm possuem aspecto variando de deformadas a isotrópicas, porém em lâmina delgada estas últimas apresentam foliação definida pela orientação de cristais de quartzo, feldspatos e minerais máficos.

Oliveira (2005), definiu as rochas do GDrm como sendo de caráter metaluminoso e características afins com as séries cálcio-alcálicas em certos diagramas, porém mostram teores baixos de Al_2O_3 e CaO e mais elevados de MgO, Cr e Ni, assemelhando geoquimicamente às suítes *sanukitóides* da Província Superior do Canadá. Devido à essa característica particular, Oliveira (2009) passou a considerar essas rochas como uma nova unidade do TGGRM, denominando-as de Suíte Sanukitóide arqueana Rio Maria, com idade de 2,87 Ga.

Os Tonalitos-Trondhjemitos são subdivididos em dois subgrupos por apresentarem pelo menos duas gerações distintas baseadas em suas idades (Tabela 2) e nas relações de campo, sendo: 1) TTGs antigos, mostrando idade entre 2,98 e 2,92 Ga; e 2) TTGs jovens que apresentam idades em torno de 2,87 Ga. Os granitóides TTGs mais

antigos são representados pelo Tonalito Arco Verde e Complexo Tonalítico Caracol, enquanto que os Trondhjemitos Mogno e Água Fria são enquadrados na geração de TTGs jovens.

Petrograficamente os TTGs jovens apresentam textura granular média, coloração cinza clara e estrutura anisotrópica devido a presença de foliação e bandamento composicional. São comuns mobilizados quartzo-feldspáticos e quartzosos, os quais ocorrem como níveis concordantes ou discordantes ao bandamento. Esses TTG são representados por trondhjemitos, apresentando também variações para tonalitos e granodioritos subordinados (GUIMARÃES 2009).

Tabela 2 - Dados Geocronológicos das rochas TTGs pertencentes ao TGGRM. Modificado de Guimarães (2009).

UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	TIPO DE ROCHA	MATERIAL ANALISADO	MÉTODO	IDADE/REFERÊNCIA
Tonalito Parazônia	Granitóide	Titanita	U-Pb	2858 Ma (2)
Trondhjemitos Água Fria	Trondhjemitos	Zircão	Pb-Pb	2864 ± 21 Ma (4)
Trondhjemitos Mogno	Granitóide	Titanita	U-Pb	2871 ± ? Ma (2)
	Trondhjemitos	Zircão	Pb-Pb	2963 ± 6 Ma (8)
	Trondhjemitos	Zircão	Pb-Pb	2968 ± 2 Ma (8)
Tonalito Mariazinha	Tonalito	Zircão	Pb-Pb	2925 ± 4 Ma (8)
		Zircão	Pb-Pb	2948 ± 5 Ma (5)
		Zircão	Pb-Pb	2936 ± 3 Ma (5)
Complexo Tonalítico Caracol	Tonalito	Zircão	Pb-Pb	2924 ± 2 Ma (5)
		Zircão	U-Pb	2925 +25/-21 Ma (1)
		Zircão	Pb-Pb	2948 ± 7 Ma (3)
Tonalito Arco Verde	Tonalito	Zircão	Pb-Pb	2981 ± 8 Ma (6)
		Zircão	Pb-Pb	2936 ± 4 Ma (7)
		Zircão	Pb-Pb	

Fonte: MACAMBIRA 1992; PIMENTEL;MACHADO, 1994; ROLANDO;MACAMBIRA 2002; MACAMBIRA et. al. 2000; LEITE et. al. 2004; ROLANDO;MACAMBIRA 2003; ALMEIDA et. al. 2008; ALMEIDA 2010.

As rochas TTGs jovens são constituídas essencialmente por plagioclásio e quartzo, sendo o álcali-feldspato um constituinte acessório nos trondhjemitos, passando a ser significativo nos granodioritos. A biotita constitui a principal fase

ferromagnésiana. Os minerais acessórios são representados por opacos, epidoto, allanita, titanita, apatita e zircão. As principais fases secundárias são sericita-muscovita e epidoto, ambos substituindo o plagioclásio, e epidoto e titanita, substituindo a biotita e titanita (LEITE 2001 *apud* GUIMARÃES 2009).

Leucogranitos potássicos de afinidade cálcio-alcálica são abundantes no TGGRM (LEITE et al. 2004). Esses são representados pelos granitos Xinguara (LEITE;DALL'AGNOL 1997 *apud* LEITE 2004), Mata Surrão e Guarantã (ALTHOFF et al. 2000 *apud* LEITE 2004) e por *stocks* graníticos em contato com o *Greenstone-belts* Identidade (SOUZA 1994 *apud* LEITE 2004).

O Granito Guarantã é um monzogranito foliado, de coloração rosada, textura grossa, com lineação mineral proeminente (ALTHOFF et al. 2000). O Mata Surrão é classificado principalmente como biotita leucomonzogranito com variações locais para granodioritos, de coloração creme esbranquiçada, textura equigranular média e aspecto homogêneo (DUARTE et al. 1991; DUARTE 1992; DUARTE; DALL'AGNOL 1996). Apresenta foliação não penetrativa e bandamento magmático (DUARTE; DALL'AGNOL, op. cit.).

Diferente dos demais, o Granito Xinguara, com idade de 2865 ± 1 Ma, possui enclaves de natureza tonalítica-trondhjemítica, granodiorítica correlacionáveis ao Tonalito Caracol e ao Granodiorito Rio Maria (LEITE 2001). Está situado nos domínios do município de Xinguara; possui variedades petrográficas individualizadas em leucomonzogranitos, leucosienogranitos e granitos pegmatóides. Macroscopicamente apresenta grande homogeneidade textural e composicional, granulação média, coloração rosa clara, eventualmente cinza clara (LEITE;DALL'AGNOL 1997).

3 GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 GEOLOGIA E ASPECTOS PETROGRÁFICOS

Durante o mapeamento geológico foram reconhecidos: (1) *Greenstones belts* (Supergrupo Andorinhas), (2) Tonalitos-Trondhjemitos, (3) Granodioritos, e (4) Leucogranitos Potássicos. Foi realizada a coleta sistemática e criteriosa de amostras ao longo das estradas e caminhos existentes (Figura 2). Na área de estudo as rochas granodioríticas ocupam a maior parte (aprox. 70%), aflorando predominantemente nas porções norte e noroeste, e as rochas trondhjemíticas na porção leste (~10%). Os leucogranitos potássicos ocorrem predominantemente na porção sudeste da área, aflorando entre os granitos Seringa e São João (~10%).

3.1.1 Greenstone-Belts

Esta unidade ocorre principalmente como uma faixa alongada com cerca de 10 Km de extensão e 1 a 2 Km de largura, e em segmentos menores de direção geral WNW-ESE. É invadida pelo Granito paleoproterozóico Seringa no extremo oeste (Figura 1.1).

Essas rochas ocorrem na forma de serrotes alinhados seguindo a orientação preferencial NE-SW estão intensamente deformadas (Figuras 3C e 3D) onde, por vezes, são cortadas por diferentes fraturas nos sentidos ENE-WSW e SE-NW. Tais estruturas são observadas principalmente em rochas de composição metassedimentar.

3.1.2 Granodioritos

Na área de estudo as rochas granodioríticas estão leve a fortemente estruturadas, com seus minerais máficos (principalmente biotita) e félsicos definindo bandamentos composicionais. As foliações mostram um *trend* principal de direção NW-SE a WNW-ESE concordante com a foliação regional, indicada pela orientação dos minerais. Ocorrem geralmente sob a forma de morrotes e blocos isolados, inclusões máficas são características nessas rochas (Figura 4).

As estruturas são evidenciadas principalmente pela presença de lamelas micáceas definindo leves planos de foliação, além de contatos suturados em cristais de plagioclásio e cristais recristalizados de quartzo. Planos de cisalhamentos cortam essas rochas seguindo direção 20°AZ. O bandamento composicional é descrito como de origem magmática.

Esse estudo revelou duas variedades de rochas granodioríticas. A primeira é constituída essencialmente por cristais de plagioclásio, alcáli-feldspato e quartzo, tendo como minerais varietais anfibólio e biotita. Apresenta textura hipidiomórfica média dominante e características mineralógicas e petrográficas similares às do granodiorito da Suíte Sanukitóide Rio Maria (OLIVEIRA 2009). A segunda, é constituída essencialmente por cristais de plagioclásio, álcali-feldspato e quartzo, tendo somente a biotita como mineral varietal. Apresenta textura predominantemente porfirítica e, secundariamente hipidiomórfica média a grossa.

3.1.3 Trondhjemitos

As rochas trondhjemíticas discutidas neste trabalho ocorrem na porção ENE da área sob a forma de lajeiros. Apresentam comportamento anisotrópico (Figuras 3A e 3B), sendo este evidenciado pela presença de foliação com padrão dominante NE-SW e bandamento composicional definido pela alternância de bandas ora constituída por minerais de coloração cinza, ora mais escuras devido a presença de minerais de composição máfica. São fraturadas e, por vezes, essas fraturas são preenchidas por veios de composição quartzo-feldspática concordantes e discordantes da foliação. A mineralogia é constituída essencialmente por plagioclásio e quartzo. Hornblenda e a biotita são os minerais ferromagnesianos presentes.

3.1.4 Leucogranitos Potássicos

As rochas leucogranito potássicas, estão situadas entre os granitos Seringa e São João, porção sudeste da área, por vezes cortadas por veios do primeiro (Figura 3E), ressaltando a relação estratigráfica entre os mesmos. São caracterizadas principalmente por sua homogeneidade textural. Macroscopicamente não apresentam sinais de deformação evidente. Possuem fenocristais rosa claro de alcali-feldspato superiores a 5

cm (Figuras 3F). São classificadas petrograficamente como leucomonzogranitos, sendo a biotita seu único mineral máfico.

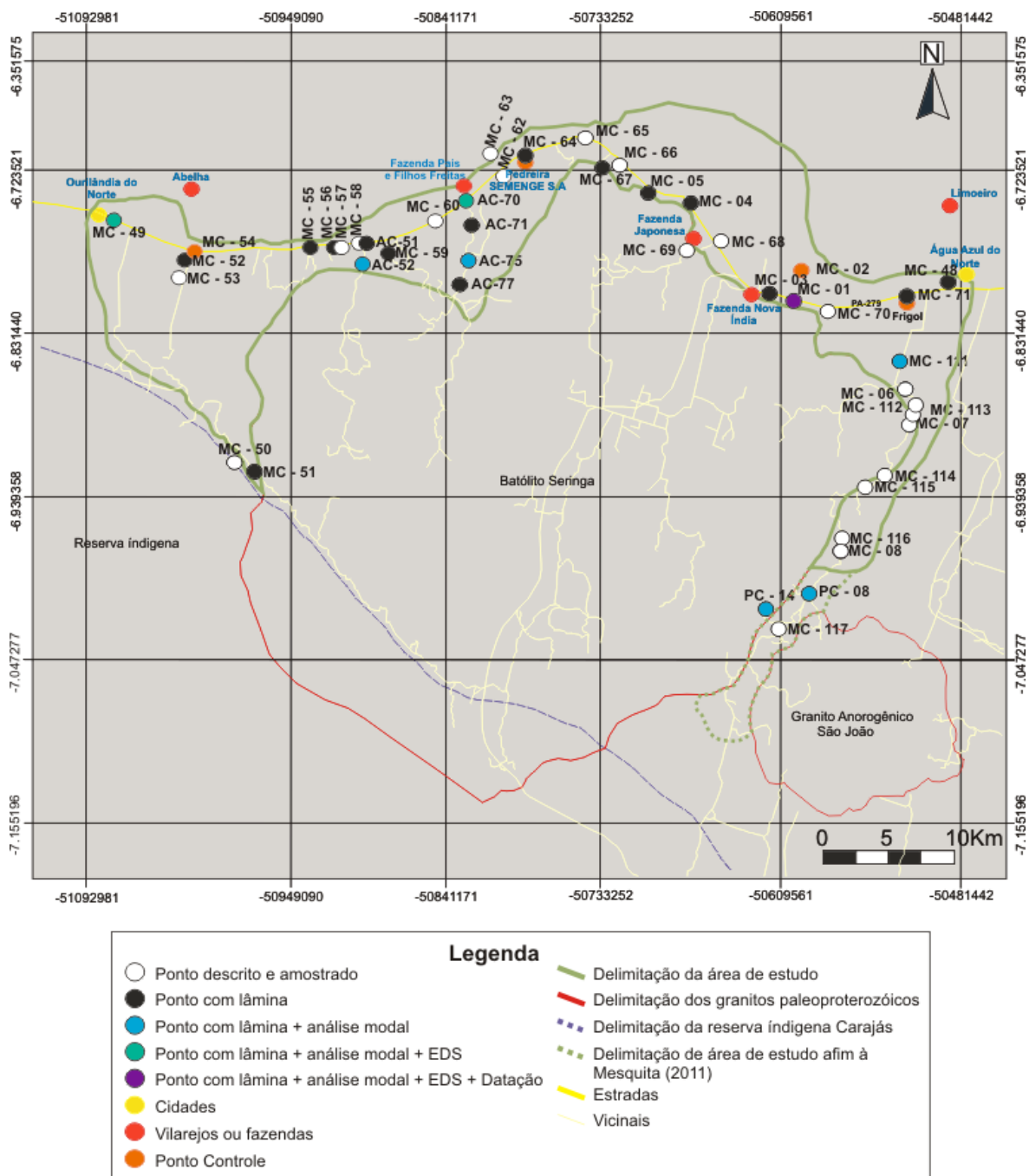


Figura 2 - Mapa de amostragem das rochas encaixantes do Granito Seringa estudadas.

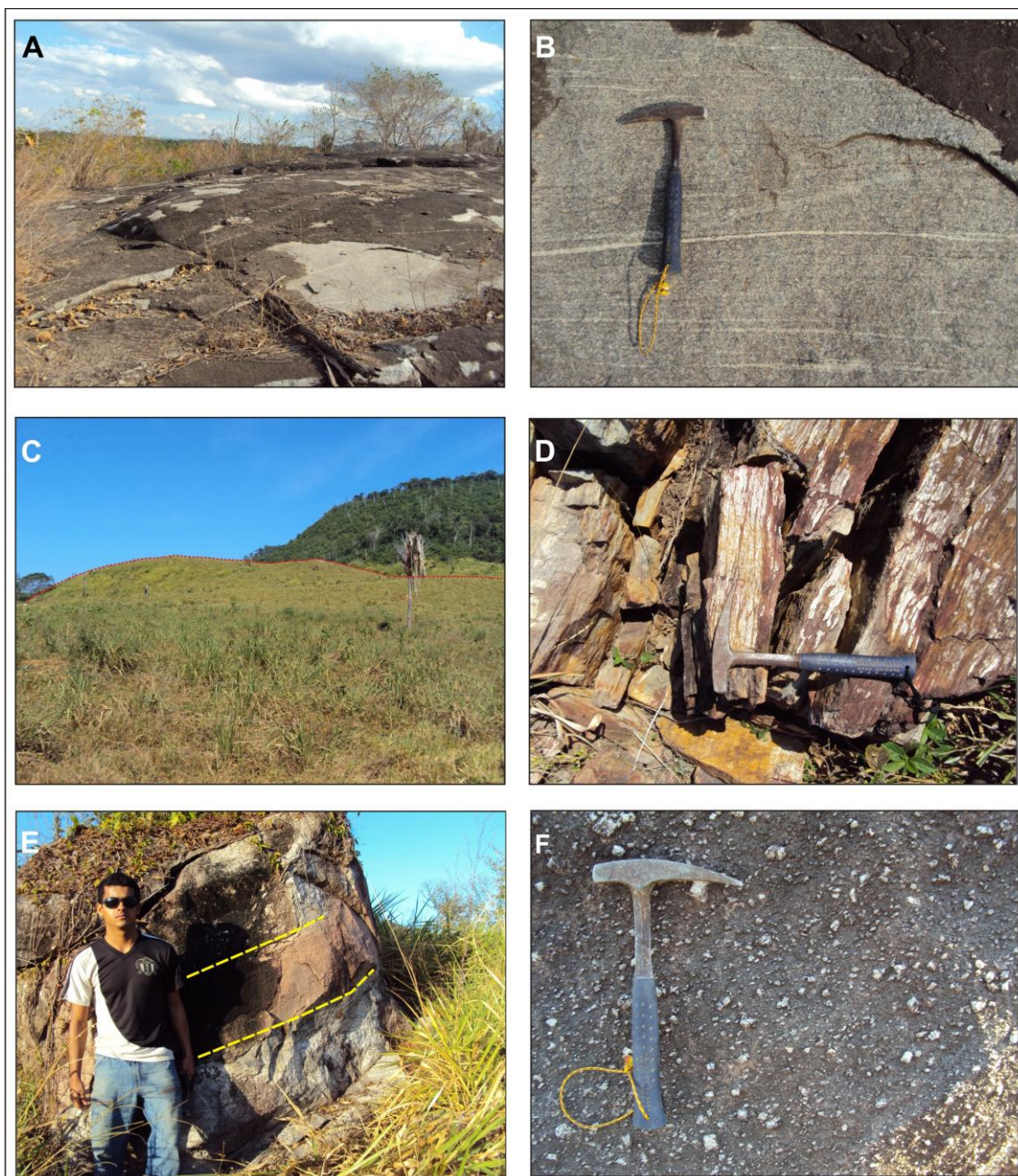


Figura 3 - A e B, modo de ocorrência em forma de lajeiro (A), com bandamentos composicionais (B), característica típica dos trondhjemitos; C e D, serrotes alinhados seguindo direção NW-SE (C), e rochas fortemente fraturadas, características marcantes dos Greenstone-belts (D); E e F, leucogranito potássico sob a forma de blocos isolados cortado por veio do Granito Seringa (em destaque, E), marcado principalmente pelos fenocristais de alcali-feldspato (F).



Figura 4 - A e B ilustram as principais formas de ocorrência das rochas granodioríticas na área, em morrotes (A) e como formas abauladas e blocos isolados (B). Em C enclaves máficos típicos dessas rochas

4 PETROGRAFIA

4.1 GRANODIORITOS

Dentro da área de estudo essas rochas foram divididas em dois grupos: Anfibólio-biotita granodioritos (ABGrd) e Biotita granodioritos (BGrd).

4.1.1 ABGrd

4.1.1.1 Aspectos macroscópicos

Possuem granulação média e coloração cinza esbranquiçada. São compostas mineralógicamente por plagioclásio, quartzo, álcali-feldspato, biotita e anfibólio. Variam de isotrópicas a levemente orientadas. Inclusões máficas de forma oblata são aspectos característicos dessas rochas.

4.1.1.2 Aspectos microscópicos

Rocha de textura granular hipidiomórfica média, secundariamente ocorre textura de intercrescimento granofírico. Constituída essencialmente por plagioclásio, quartzo e alcali-feldspato, tendo como minerais varietais anfibólio e biotita. As principais fases acessórias identificadas são titanita e zircão; as fases secundárias são representadas por sericita, carbonato, argilominerais, epidoto, clorita e fluorita (Figura 5).

O plagioclásio é a fase dominante com proporção modal de 47%. Seus cristais são subidiomórficos e variam de 0,8 mm a 4 mm. Alteram-se para sericita, epidoto e carbonato. O processo de saussuritização é bastante intenso neste mineral, obliterando suas principais características. Os cristais apresentam contatos regulares e menos frequentemente, retos, inclusões de biotita são comuns em suas porções marginais.

O álcali-feldspato possui proporção modal de 3%. Seus cristais variam de subidiomórficos a xenomórficos, com tamanho entre 1,6 mm. Exibem maclamento Carlsbad típico. Altera-se para argilominerais, sua região central é a que apresenta maior fraturamento. Ocorre intercrescimento granofírico.

O quartzo, com teores modais de 28%, ocorre de três maneiras. Em forma de cristais xenomórficos, com moderada extinção ondulante e contatos suturados,

formando mosaicos (QZ_1); cristais recristalizados submilimétricos, que se encontram por vezes dispersos na rocha, e em outras preenchendo fraturas nos cristais de plagioclásio (QZ_2); cristais de quartzo presentes no intercrescimento granofírico (QZ_3).

A hornblenda possui proporção modal de 13%. Ocorre como cristais prismáticos, subidiomórficos com dimensão em torno de 1 mm a 1,5 mm, passando a ter hábito xenomórfico nas porções mais deformadas. Possui cor verde, com pleocroísmo verde-garrafa a castanho-claro, alguns cristais apresentam inclusão de zircão. É substituída por biotita, epidoto e titanita

A biotita ocupa proporção modal de 7%. Ocorre na forma de cristais subidiomórficos com tamanhos variando de 0,8 mm a 1,8 mm. É substituída parcialmente por clorita, fluorita e epidoto, sendo que os cristais que apresentam alteração para fluorita passam a ter hábito fibroso. Alteram-se para titanita, preferencialmente em seus planos de clivagens, inclusões de zircões são comuns. Algumas lamelas encontram-se contorcidas e seguem direção preferencial, definindo dessa maneira leves planos de foliação, e tais orientações são mais comuns em torno dos cristais de plagioclásio.

Dentre os minerais acessórios destacam-se os cristais de titanita, que ocorrem de duas maneiras: inclusos nos cristais de biotita (T_1); cristais marrons com hábito balonar e mascaramento (T_2). Ocorrem ainda cristais de zircão, onde a maioria destes encontra-se inclusos nos cristais de hornblenda. Representam 2% da proporção modal da rocha.

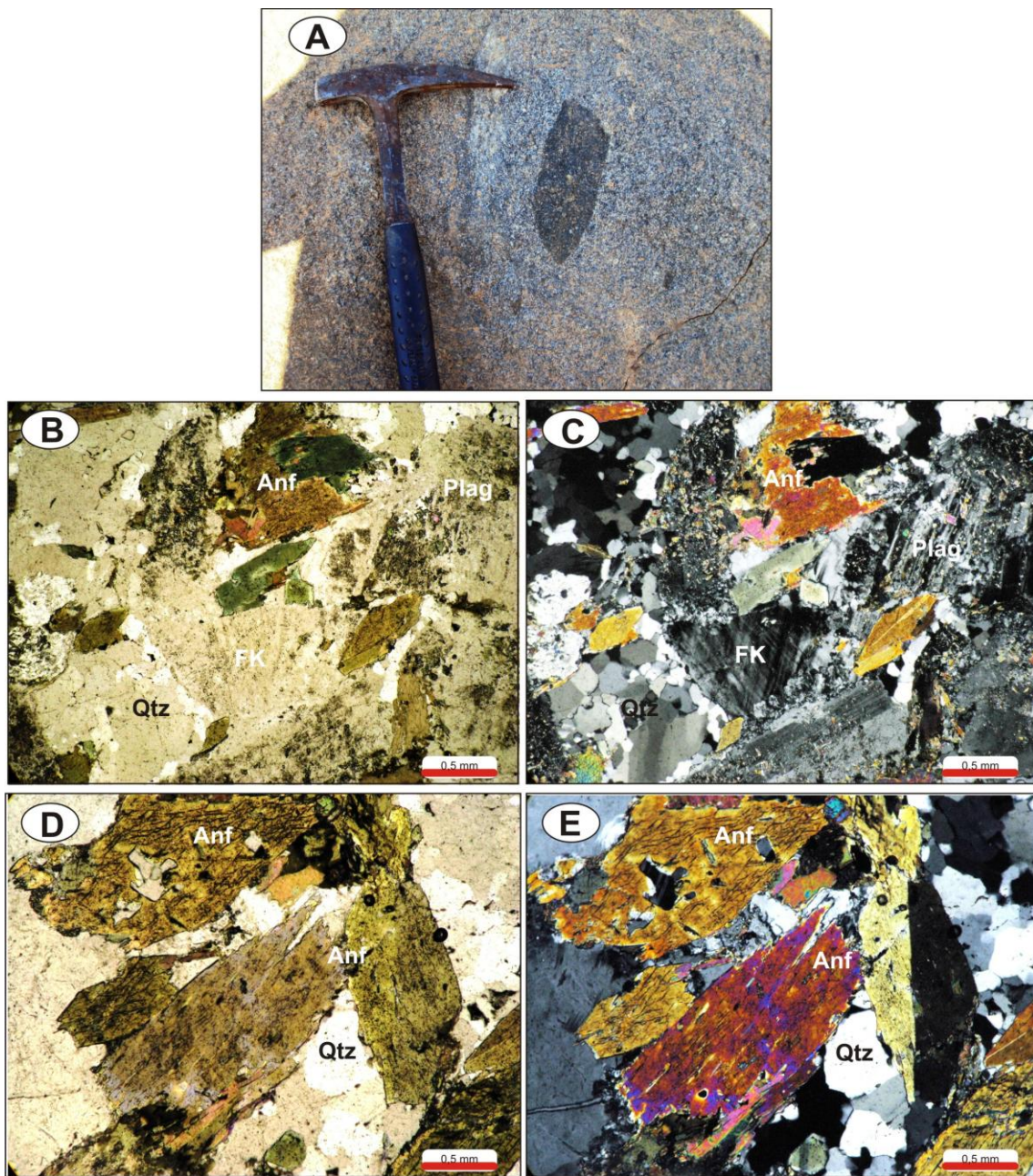


Figura 6 - Imagens macro e microscópicas dos ABGrd. A) amostra macroscópica com enclave máfico; B e C) aspecto da textura hipidiomórfica a LN e NC; D e E) destaque para a presença de anfibólios em LN e NC. LN=luz natural. NC= nicóis cruzados.

4.1.2 BGrd

4.1.2.1 Aspectos Macroscópicos

Tratam-se de rochas com granulação média a grossa e coloração cinza esbranquiçada. São compostas mineralogicamente por plagioclásio, quartzo, feldspato potássico, e biotita (Figura 6A). Caracterizam-se por uma leve a média foliação com direção preferencial NW-SE, ressaltada pela orientação das lamelas micáceas. Por vezes, mostram porções isotrópicas. A variação no grau de deformação dessas rochas pode ser notada ao longo de um perfil E-W, sendo a foliação mais proeminente na porção leste. Oliveira (2009) descreveu a presença de enclaves máficos de tendência mozonítica em granodioritos na região de Bannach como uma feição marcante dessas rochas.

4.1.2.2 Aspectos Microscópicos

A Tabela 3 e a Figura 7 mostram, respectivamente, os dados modais das rochas encaixantes estudadas e o diagrama QAP (STRECKEISEN 1976). As rochas estudadas mostram composição granodiorítica predominantemente. Rocha de textura porfirítica, secundariamente hipidiomórfica média a grossa, constituída essencialmente por cristais de plagioclásio, álcali-feldspato e quartzo, tendo como mineral varietal a biotita. Em relação aos minerais acessórios a rocha é constituída por zircão, minerais opacos, allanita, apatita e titanita. Seus minerais secundários são epídoto, argilominerais, muscovita, clorita, fluorita e carbonato. Cristais de quartzo submilimétricos recristalizados, assim como cristais deste mesmo mineral formando contatos retos de aproximadamente 120° entre si, além da presença de lamelas de biotita definindo leves planos de foliação, são fortes indicadores de deformação nessas rochas (Figura 5).

Os cristais de plagioclásio são em sua maioria subidiomórficos, de aproximadamente 2,8 mm, com bordas levemente fraturadas e contatos irregulares ou suturados com os demais cristais; as porções recristalizadas também mostram contatos poligonais. Outro aspecto é o intercrescimento de quartzo em suas bordas, definindo a textura mirmequítica. Alguns desses cristais apresentam inclusões de apatita. Alteram-se para sericita, carbonato e epídoto (saussuritização). É a fase dominante com proporção modal média de 40%.

Os cristais de quartzo possuem granulação fina a média e podem ser encontrados de quatro maneiras distintas: na forma de cristais xenomórficos exibindo extinção

ondulante e tamanho em torno de 1,3 mm (Qz1); cristais subidiomórficos chegando a 1,2 mm, formando mosaicos com contatos retos e por vezes suturados (Qz2); cristais recristalizados submilimétricos com contatos poligonais formando ângulo de 120° entre si (Qz3) e, cristais presentes tanto no intercrescimento mirmequítico do plagioclásio quanto no intercrescimento granofírico do álcali-feldspato (Qz4). Ocupam teores modais médios de 31%.

O álcali-feldspato é xenomórfico a subidiomórfico, com tamanhos de até 3,0 mm e bordas fraturadas. Faz contatos irregulares com os cristais de quartzo, biotita e plagioclásio. Suas bordas apresentam intercrescimentos granofírico na forma de gotas. Destaca-se pela grande quantidade de cristais com maclamento xadrez difuso, definindo a presença de microclina. Alteram-se para argilominerais. O comportamento rígido deste mineral durante a deformação levou ao seu microfraturamento, posteriormente em estágio dúctil estes microfraturamentos foram preenchidos por cristais de quartzo. Ocupam proporção modal média de 17%.

A biotita é o único representante de minerais máficos nessa variação. Apresenta cor verde, com pleocroísmo variando de verde a creme amarelado pálido. Ocorrem como cristais subidiomórficos com tamanho de até 2,0 mm. Suas lamelas seguem uma orientação preferencial, definindo leves planos de foliação que contornam os demais cristais. Seus contatos com os demais cristais são retos, porém suas terminações são dentilhadas ou serrilhadas; alguns cristais encontram-se levemente fraturados e contorcidos. Comumente encontra-se alterada para clorita, muscovita e mais raramente para fluorita. São frequentes as inclusões de zircão, minerais opacos e titanita, este último encontra-se também como mineral secundário nos planos de clivagem. Sua proporção modal média é em torno de 11%.

Os minerais acessórios, com proporção modal média de 1%, são representados por zircão, apatita, minerais opacos e allanita. Os cristais de zircão na maioria das vezes apresentam-se idiomórficos, submilimétricos e zonados. A maioria dos minerais opacos são xenomórficos, embora raras vezes apresentem-se, com hábito cúbico e tamanho de até 0,8 mm. Os cristais de apatita são milimétricos e mostram hábito acicular a prismático.

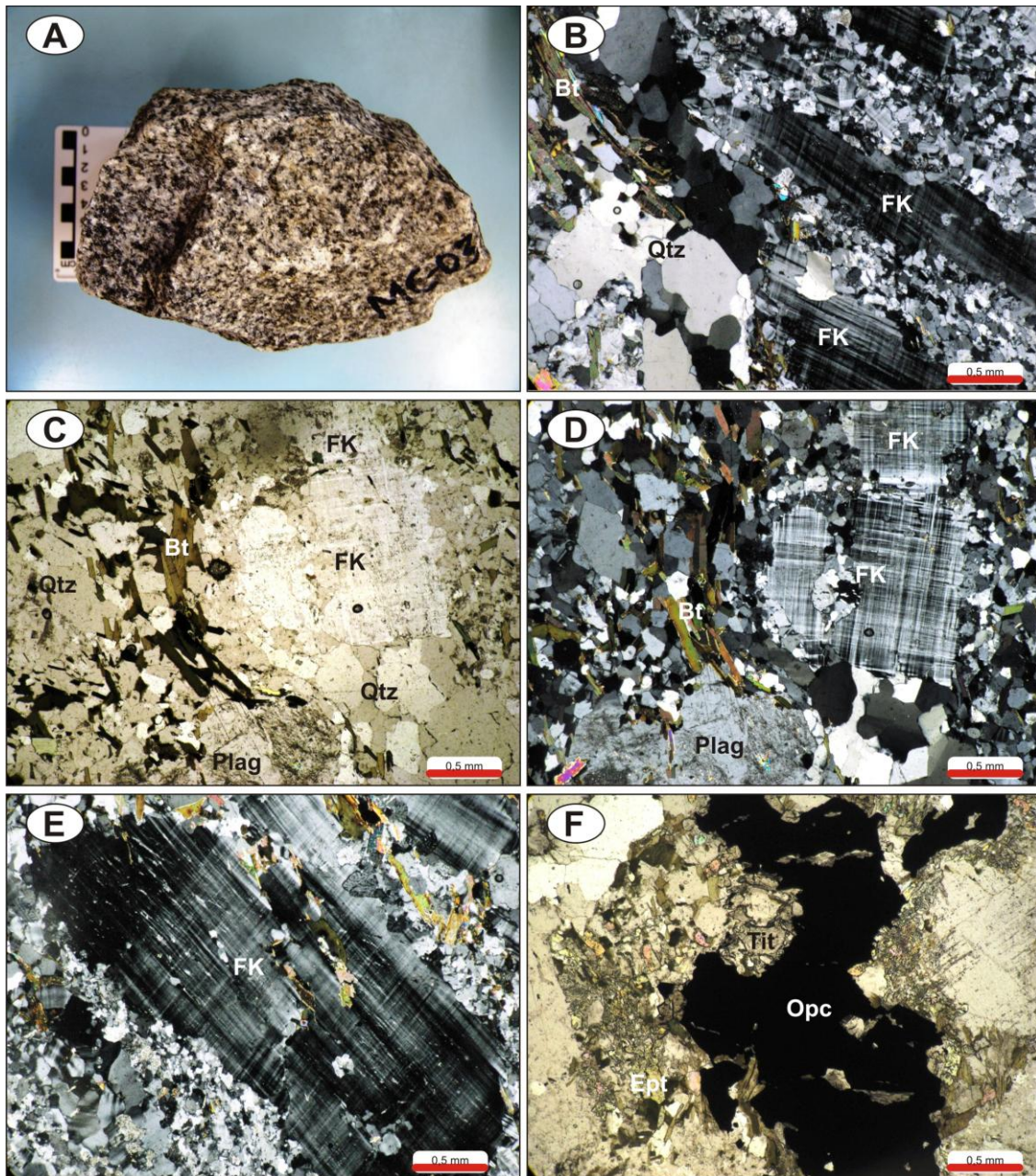


Figura 6 - Imagens macro e microscópicas dos BGrd. A) amostra macroscópica; B) textura porfírica seriada; C e D) aspectos texturais dos BGrd (LN e NC); E) pórfiro de microclina com bordas recristalizadas; F) principais fases acessórias, com destaque para minerais opacos, titanita e epídoto. LN=luz natural. NC=nicóis cruzados.

Tabela 3 - Análises Modais das rochas encaixantes do Granito Seringa.

Grupo	Leucogranitos			Granodioritos									Trondhjemitos			
	Amostras	MC08	PC08B	PC14A	MC01A	MC01B	MC03	MC04	MC05	MC49	AC52	AC70	AC75	MC06	MC07	MC111
Plagioclásio	34,6	29,6	32,4	37,4	41,3	41,3	38,2	42,5	38,6	33,0	31,2	38,9	54,9	49,0	62,2	58,8
K-Feldspato	25,4	44,3	34,6	19,6	16,3	15,4	17,0	17,2	18,1	8,0	11,6	17,9	—	—	—	2,7
Quartzo	35,8	22,8	29,1	29,1	29,0	30,2	35,2	27,9	20,9	12,0	27,1	29,1	35,5	41,8	31,8	31,8
Biotita	3,9	2,1	1,9	11,2	12,4	12,3	7,8	9,2	12,8	—	0,4	11,7	8,1	8,9	2,7	3,4
Anfibólio	—	—	—	—	—	—	—	—	6,6	33,0	26,6	—	—	—	—	—
Zircão	—	—	—	0,8	0,6	0,3	0,3	0,9	0,7	—	—	0,5	0,2	—	—	0,1
Epidoto	—	0,6	0,2	0,2	—	—	—	—	2,0	7,5	1,6	0,6	1,1	—	—	1,8
Opacos	—	0,3	1,6	1,2	—	—	0,1	1,5	—	3,1	—	—	—	—	—	—
Titanita	—	—	0,1	0,2	—	—	—	0,1	—	2,5	1,2	—	—	—	—	—
Apatita	—	0,3	0,1	—	—	—	—	0,3	—	—	0,2	0,6	0,1	0,1	—	—
Q	37,3	23,6	30,3	33,8	33,5	34,7	38,9	31,8	27,0	22,6	38,8	33,9	39,3	46,1	33,8	34,9
A	26,5	45,8	36,0	22,8	18,8	17,7	18,8	19,6	23,3	15,1	16,6	20,8	0,0	0,0	0,0	2,9
P	36,1	30,6	33,7	43,4	47,7	47,6	42,3	48,6	49,7	62,3	44,6	45,3	60,7	53,9	66,2	62,2
Nº de Pontos	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500

Q = Quartzo

A = K-Feldspato

P = Plagioclásio

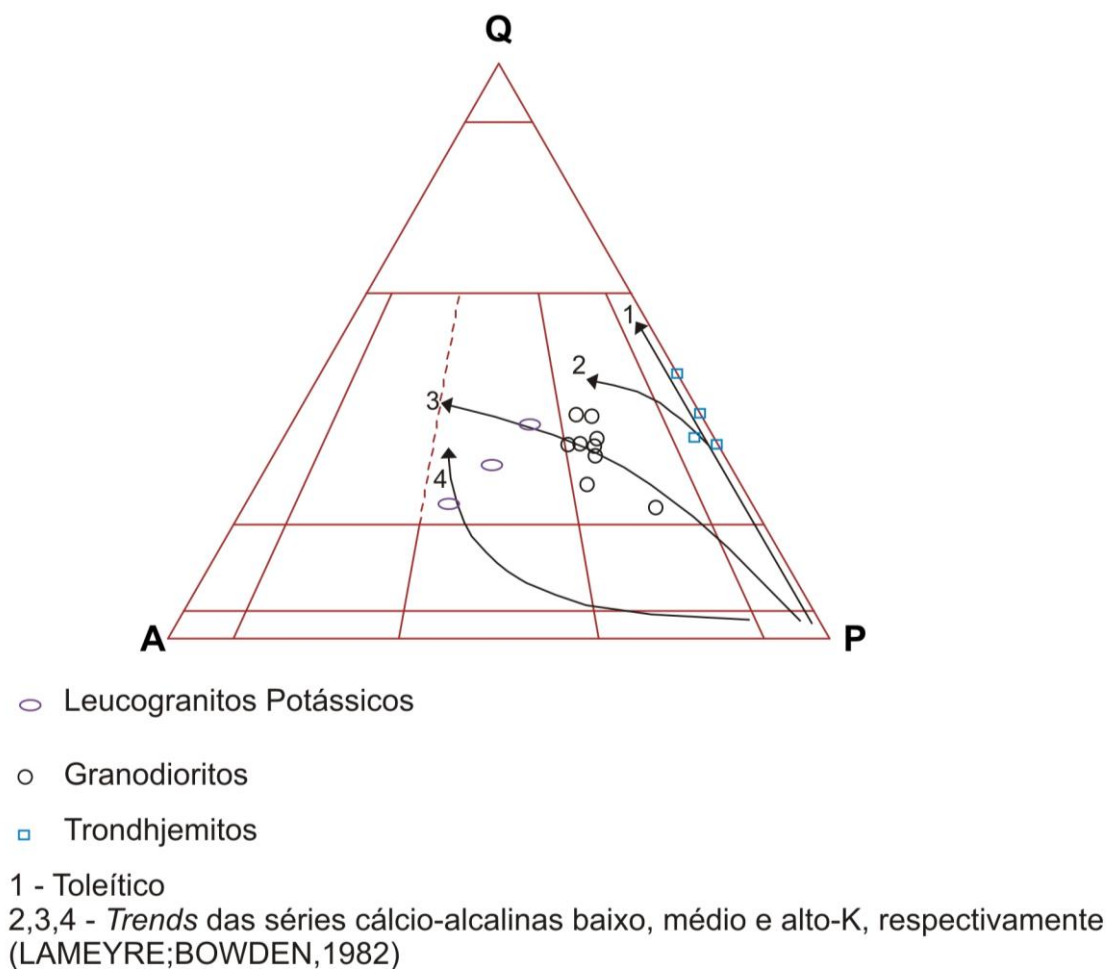


Figura 7 – Diagrama QAP (STRECKEISEN, 1976) das rochas encaixantes do Granito Seringa.

4.2 TRONDHJEMITOS

4.2.1 Aspectos Macroscópicos

As rochas em questão são holocristalinas, mesocráticas a leucocráticas, possuem textura fanerítica, granulação média e coloração branca acinzentada. São compostas mineralógicamente por cristais subédricos de plagioclásio esbranquiçados, cristais de quartzo anédricos e em menor quantidade, álcali-feldspato subédrico (Figura 8A). Os minerais máficos ocorrem de maneira dispersa na rocha, porém tendem a definir, por vezes, planos de foliação juntamente com os minerais félsicos formando bandas centimétricas seguindo a direção preferencial 282°AZ. Veios de composição quartzo-feldspática e fraturas são comuns nessas rochas.

4.2.2 Aspectos Microscópicos

Mostram textura granular hipidiomórfica, média a grossa, sendo constituídas por plagioclásio e quartzo como minerais essenciais (Figura 8). Como mineral varietal ocorre a biotita. As principais fases acessórias identificadas são zircão, minerais opacos e titanita. As fases secundárias são representadas por sericita, epídoto, carbonato, argilominerais, clorita, e fluorita.

Os minerais máficos por ocuparem uma pequena proporção modal, não são representativos de fortes orientações preferenciais, porém tendem a definir leves planos de foliação e em algumas situações encontram-se contorcidos. Além dos minerais micáceos, os cristais de plagioclásio e quartzo são outros indicadores de deformação nessas rochas, com o primeiro se apresentando moderadamente fraturados e com *kink bands*, e o último com moderada a forte extinção ondulante.

Os cristais de plagioclásio ocorrem sob a forma de cristais subidiomórficos variando entre 0,6 mm a 7,8 mm; seus contatos geralmente são irregulares com os demais minerais, porém os contatos suturados também são observados; isso se deve a presença, principalmente, da textura mortar encontrada na maioria das amostras, que transformou a borda desse mineral em subgrãos. É evidente a saussuritização presente neste mineral produzindo uma paragênese secundária de epídoto+sericita+ carbonato. Vale lembrar também que alguns de seus cristais alteram-se para argilominerais. Ocupa proporção modal média em torno de 56%.

Os cristais de quartzo, com proporção modal média de 35%, possuem granulação fina a média e são encontrados de três maneiras distintas: em forma de cristais xenomórficos, granulares, com moderada a forte extinção ondulante, contatos irregulares a suturados, com tamanho variando de 0,2 mm a 1,4 mm (Qz₁); na forma de cristais xenomórficos estirados e recristalizados seguindo a direção preferencial do leve plano de foliação (Qz₂) e, por último, como mosaicos apresentando tamanho aproximado de 2,0 mm, sendo seus contatos poligonais e, por vezes, suturados (Qz₃).

As lamelas de biotita, ocupam proporção modal média de 7%, apresentam pleocroísmo marrom-esverdeado a castanho amarelado-pálido. Ocorrem como cristais subidiomórficos variando de 1,2 mm a 4,6 mm, com contatos laterais retos e terminações serrilhadas ou denteadas. Alteram-se para muscovita, fluorita, titanita e clorita. Lamelas de biotita contornam cristais de plagioclásio, ocupando principalmente os interstícios entre os cristais. Em algumas amostras cristais deste mineral definem orientação preferencial.

Os minerais acessórios ocupam proporção modal é de 2% e são representados por cristais de zircão, titanita e minerais opacos. Dentre estes destacam-se os cristais de zircão, idiomórficos a subidiomórficos, com zoneamento bem definido, relevo alto, e cor de interferência forte. Os cristais de titanita são de cor marrom e de tamanhos submilimétricos. Os minerais opacos ocorrem ora na forma de cristais xenomórficos, ora de cristais idiomórficos tabulares e com seção basal hexagonal. São cristais submilimétricos podendo chegar 0,5 mm.

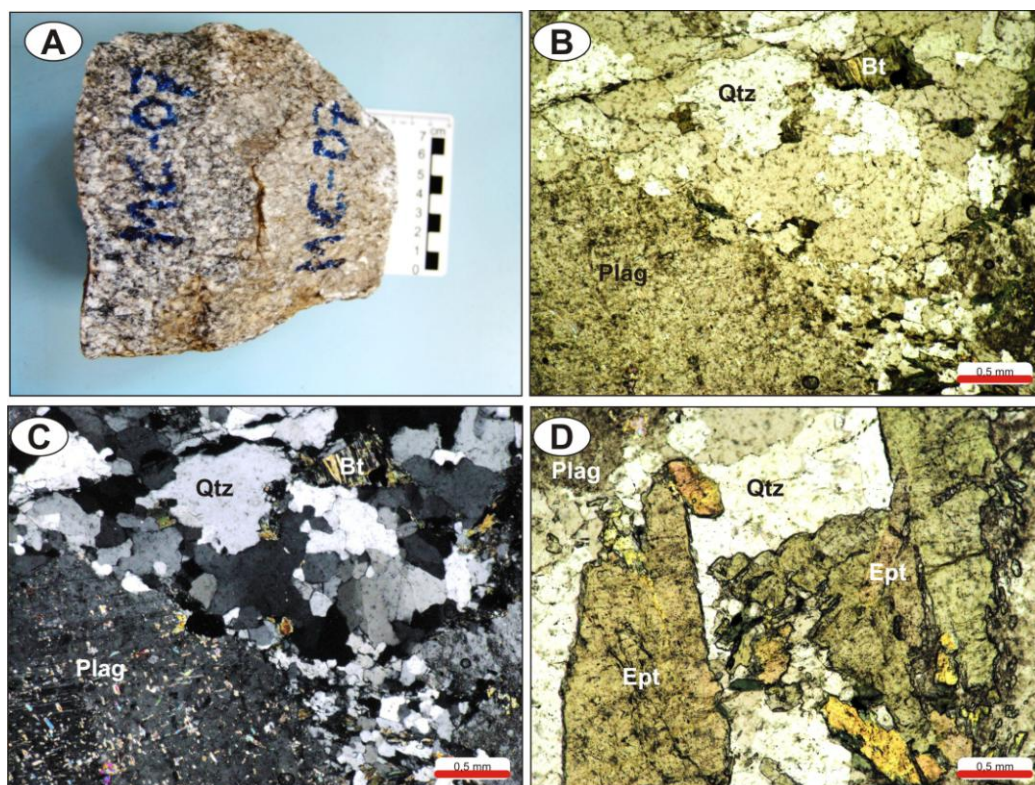


Figura 8 - Imagens macro e microscópicas das rochas trondhjemíticas. A) amostra macroscópica; B e C) textura hipidiomórfica; D) cristais anédricos bem desenvolvidos de epidoto, típicos nessas rochas.

4.3 LEUCOGRANITOS POTÁSSICOS

4.3.1 Aspectos Macroscópicos

Em escala mesoscópica essas rochas são holocristalina, leucocrática, com granulação variando de média a grossa e coloração branca com tons rosados. São compostas mineralógicamente por cristais inequigranulares de álcali-feldspato rosado subédricos a anédricos, plagioclásio esbranquiçado subédrico e cristais de quartzo anédrico (Figura 9A). Minerais máficos são representados por pequena quantidade biotita ocorrendo dispersos na rocha. Os cristais de álcali-feldspato apresentam as maiores dimensões, em torno de 5,3 cm. Essas rochas são isotrópicas e, por vezes, cortadas por diques de andesito e de rochas do Granito Seringa.

4.3.2 Aspectos Microscópicos

No diagrama QAP (STRECKEISEN 1976, Figura 7), mostram composição monzogranítica. Possuem textura granular porfíritica, média a grossa e são constituídas essencialmente por alcali-feldspato, quartzo e plagioclásio. Como mineral varietal ocorre a biotita (Figura 9). As principais fases acessórias são representadas por cristais de titanita, allanita, minerais opacos e zircão e as fases secundárias são representadas por argilominerais, sericita, clorita e epidoto.

O álcali-feldspato está presente em dois tipos, microclina pertítica e ortoclásio (Figura 9D). Seus cristais são subidiomórficos, com tamanho em torno de até 10 mm. As pertitas dispõem-se na forma de lamelas ou em fibras do tipo *string* (SMITH 1974). Mostra contatos suturados com os demais cristais, por vezes regulares quando em contato com os cristais de quartzo. Feições poiquilíticas são comuns; apresentam inclusões granulares de quartzo e cristais prismáticos de plagioclásio. Alteram-se moderadamente para argilominerais em alguns cristais é notável núcleos mais atacados por esse processo. Ocupam proporção modal média de 34%.

Os cristais de plagioclásio ocorrem sob a forma de cristais subidiomórficos variando entre de 0,5 a 5,0 mm. Seus contatos são suturados, porém geralmente irregulares. Apresentam-se alterados predominantemente para sericita, além de mostrarem um leve zoneamento concêntrico. Possuem proporção modal média de 31% (Tabela 3).

Os cristais de quartzo possuem proporção modal média de 30%. Ocorrem de quatro maneiras: (Qz1), na forma de cristais subidiomórficos, com tamanho em torno de 3,0 a 5,8 mm; seus contatos entre si são irregulares, suturados ou ondulados e a medida que esses passam a ser com os cristais de feldspatos, tornam-se regulares. (Qz2), na forma de inclusões nos feldspatos, possuindo formas arredondadas e granulares com fraca a moderada extinção ondulante. (Qz3), algumas porções formam agregados policristalinos exibindo textura em mosaicos com formas poligonais e contatos retos em junção tríplice referentes às porções recristalizadas. (Qz4) como quartzo vermicular ou goticular, junto ao álcali-feldspato, caracterizando o intercrescimento granofírico.

As lamelas de biotita, ocupam proporção modal média de 3%. Ocorrem como cristais subidiomórficos variando de 0,5 mm a 0,8 mm. Mostram contatos retos quando em contato com cristais de plagioclásio e álcali-feldspato, porém suas terminações são serrilhadas. São comuns cristais intersticiais de biotitas encurvados entre cristais de feldspatos. Encontram-se parcial ou totalmente cloritizadas.

Dentre os minerais acessórios, com proporção modal média de 2%, foram descritos cristais de zircão, allanita, titanita e minerais opacos. Os cristais de zircão são subidiomórficos, com relevo muito alto, cor de interferência forte e, por vezes, com zoneamento concêntrico. A titanita ocorre na forma de cristais granulares e losangulares, com seus núcleos alterando para opacos e óxidos de ferro. A allanita forma normalmente cristais idiomórficos, em geral losangulares e alongados de tamanho em torno de 1,4 mm, frequentemente envolvidos por um manto ou com núcleo de epidoto. e geralmente seu núcleo também altera para este mesmo mineral. Ocorrem ainda, minerais opacos granulares e submilimétricos dispersos na rocha.

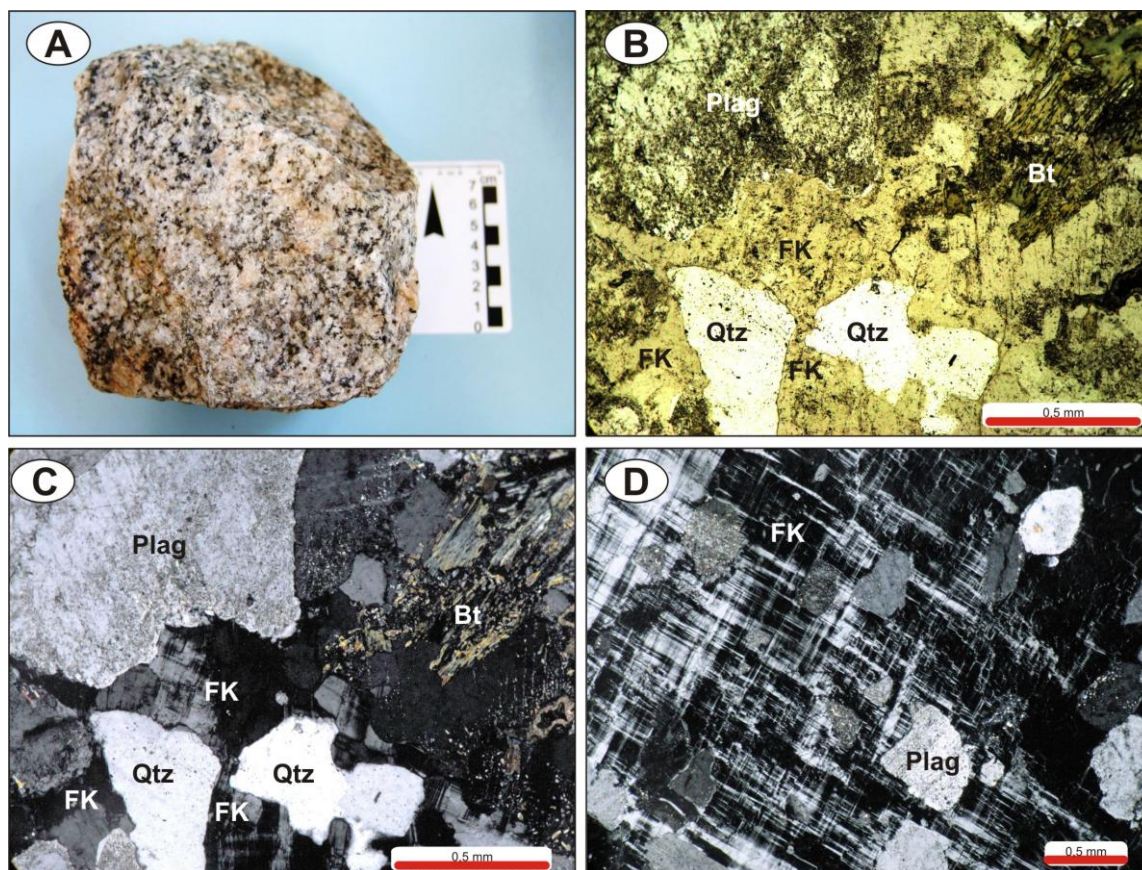


Figura 9 - Imagens macro e microscópicas dos leucogranitos potássicos. A) amostra macroscópica; B e C) textura porfírica; D) pórfiro de microclina com textura perítica.

5 GEOLOGIA ESTRUTURAL

O TGGRM é limitado a norte e a sul pelos Cinturões de Cisalhamento Itacaiúnas (CCI) e Pau D'arco (CCPD), respectivamente (COSTA et al. 1995). Althoff et al. (2000) e Dall'Agnol et al. (2006), consideram que o CCPD é somente uma extensão para sul do TGGRM. Rolando & Macambira (2002, 2003), com base em novos dados geológicos e geocronológicos, confirmaram a extensão do TGGRM até, pelo menos, 100 km a sul da cidade de Redenção. Vasquez & Rosa Costa (2008) adotam igualmente essa interpretação, porém assumem a existência na Província Carajás de um domínio mesoarqueano e mais antigo, correspondente ao TGGRM, denominado de Domínio Rio Maria, e um domínio com evolução final no Neoarqueano a norte, denominado de Domínio Carajás. Por outro lado, preconizam a existência de um domínio transamazônico a sul do TGGRM, o qual limitaria o mesmo.

O arcabouço estrutural na área de estudo é marcado por estruturas de caráter tanto rúptil quanto dúctil. Essas estruturas são reconhecidas em todas as unidades descritas. Vale ressaltar que o Granito Xinguara é marcado apenas pela ocorrência de estruturas de comportamento rúptil, enquanto que nas demais unidades são registradas estruturas formadas sob o regime dúctil de deformação.

As estruturas rúptis são representadas por fraturas e as dúcteis por foliações e bandas de cisalhamentos. Geralmente associados às primeiras ocorrem veios e diques com espessuras variando de centimétricas a métricas.

5.1 ESTRUTURAS DÚCTEIS

5.1.1 Foliações

Foliação é um termo geral para denotar estruturas planares de caráter penetrativo no interior de um corpo rochoso, com exceção dos acamamentos e estratificações sedimentares (HOBBS et al. 1976). Pode ser definida por variação espacial na granulometria dos minerais constituintes da rocha, pela orientação preferencial de minerais alongados, placosos ou agregados minerais, por descontinuidades planares

como microfraturas, ou ainda pela combinação desses elementos (PASSCHIER; TROUW 1996).

As foliações são comuns nas rochas da área de estudo, comprovando o caráter dúctil de deformação. Ocorrem em quase todas as unidades litológicas com exceção dos leucogranitos potássicos; são classificadas como bandamento composicional e “*Schlieren*”.

A foliação do tipo bandamento composicional é a estrutura planar de maior ocorrência dentro da área, sendo observada principalmente nas rochas trondhjemiticas e granodioríticas. É caracterizada pela alternância de bandas milimétricas a centimétricas félsicas, compostas por quartzo e feldspatos, com bandas máficas constituídas principalmente por biotita (Figura 10B). Orienta-se principalmente seguindo *trend* NW-SE com mergulhos subverticais. Na pedreira SEMENGE S.A, onde aflora porções do BGrd, o bandamento é caracterizado como magmático (Fig 10A) e não segue um padrão contínuo.



Figura 10 - Fotos mostrando bandas félsicas (quartzo e feldspatos) e máficas (principalmente biotita), evidenciando o bandamento magmático (A) no ponto MC-64, e em rochas trondhjemiticas (B) com orientação NE-SW no ponto MC-111.

A provável foliação do tipo fluxo magmático foi definida como estrutura “*Schlieren*”, cuja definição por Wernick (2004) é caracterizada pela formação de lentes difusas, irregulares, ora caracterizadas por uma maior porção de minerais máficos ou síalicos em relação à rocha circundante, ora por uma granulação mais grossa, ora por uma combinação de ambas as feições. São comuns em rochas graníticas e tem o seu alongamento maior disposto paralelamente à direção do fluxo magmático. Tal estrutura é observada na rocha granitóide pórfira situada na borda leste do granito Seringa. Este

corpo destaca-se pela orientação de seus minerais, sendo os fenocristais de alcali-feldspato os mais abundantes (Figura 11).



Figura 11 - Fotos A e B mostrando forte orientação dos minerais constituintes do dique pórfiro, caracterizando a foliação de fluxo magmático desse corpo (MC-51).

5.1.2 Bandas de Cisalhamento

Bandas de cisalhamento são aquelas de pequena espessura observadas em pequenos afloramentos, amostra de mão e no microscópico (HASSUI; COSTA 1991). Na área de estudo, estas feições encontradas nos granodioritos bandados da unidade Granodiorito Rio Maria, porção NNW. Indicações de movimentação que poderiam ser interpretadas por meio dessa estrutura estão obliteradas. Tais feições ocorrem em escalas métricas definindo vários planos paralelos entre si, seguindo a direção preferencial 20° AZ com mergulhos subverticais (Figura 12).

5.2 ESTRUTURAS RÚPTEIS

5.2.1 Fraturas

As manifestações mais comuns de deformação descontínua incluem a geração de falhas e fraturas que se diferenciam pela intensidade dos deslocamentos. As estruturas descontínuas caracterizadas por nenhum ou quase nenhum deslocamento paralelo à superfície são denominadas de juntas e fraturas. Tais estruturas são as mais comuns e descritas representando esse tipo de manifestação; essas representam uma fase rúptil de

deformação tardia dentro da área e seguem a direção preferencial SWW-NEE com mergulhos subverticais.

As fraturas (Figura 13) estão presentes nos litotipos das demais unidades litoestratigráficas da subárea, e foram classificadas como juntas de fraturas extensionais.

5.2.3 Veios e Diques

Os veios encontram-se com pouca frequência dentro das unidades estudadas. Suas dimensões variam de centimétricas a métricas e geralmente apresentam composição quartzo-feldspática. Ocorrem cortando as rochas do embasamento com direções preferenciais SWW-NEE e mergulhos subverticais.

Foram registradas algumas ocorrências de diques com composições dioríticas e diabásicas. Um dos diques de composição diorítica, seguindo a atitude 176°Az , secciona a unidade granodiorítica. A relação estratigráfica entre o granito Seringa e o Leucogranito Potássico é evidenciada em um dos afloramentos, onde este último é cortado pelo granito Seringa (Figura 14).

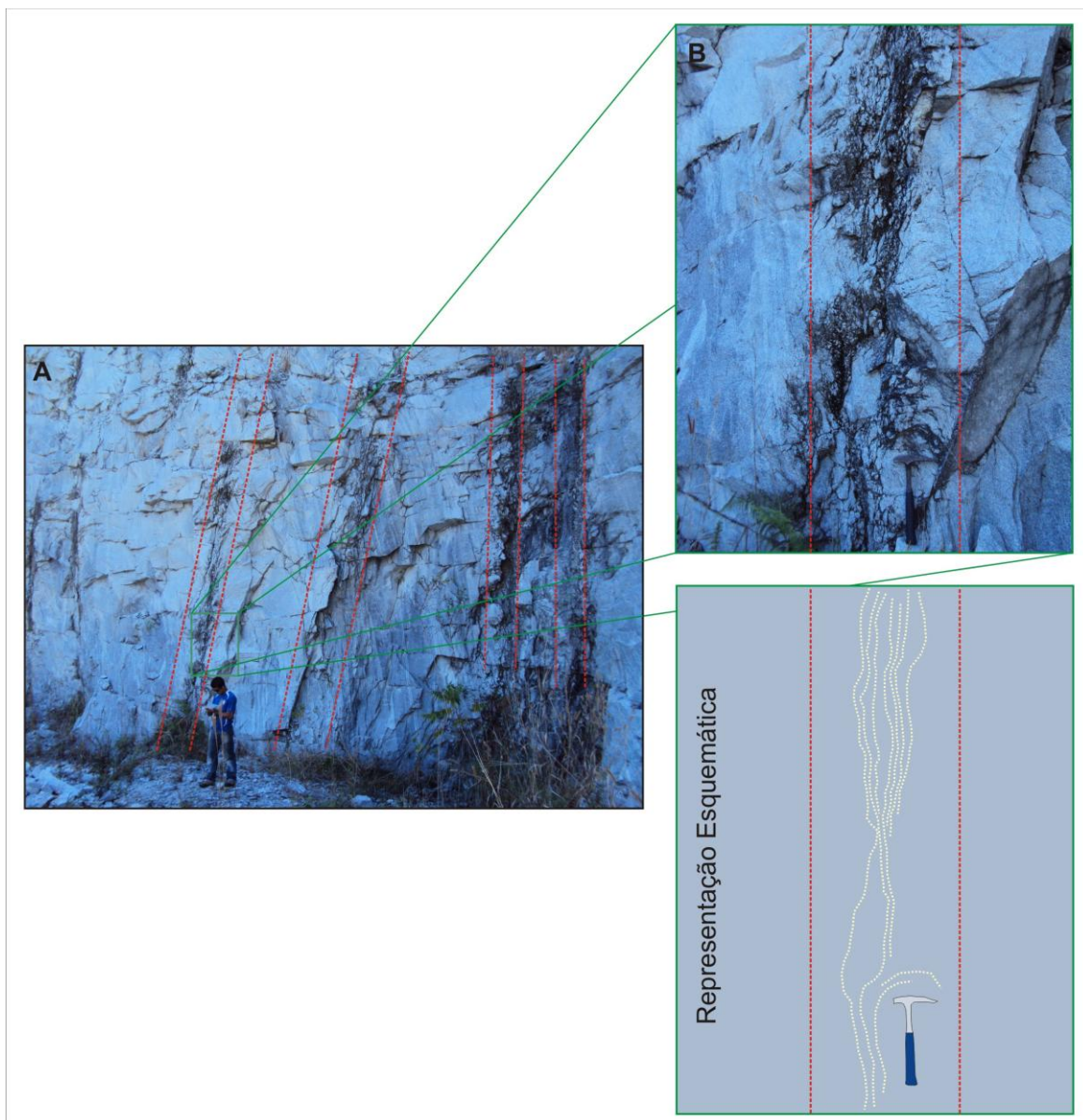


Figura 12 - Em destaque na imagem A, bandas de cisalhamento encontradas no ponto MC-64 (Pedreira SEMENGE S.A), com direção preferencial $20^{\circ}AZ$; tais bandas presentes em BGrd são ressaltadas na imagem B e por sua representação esquemática.

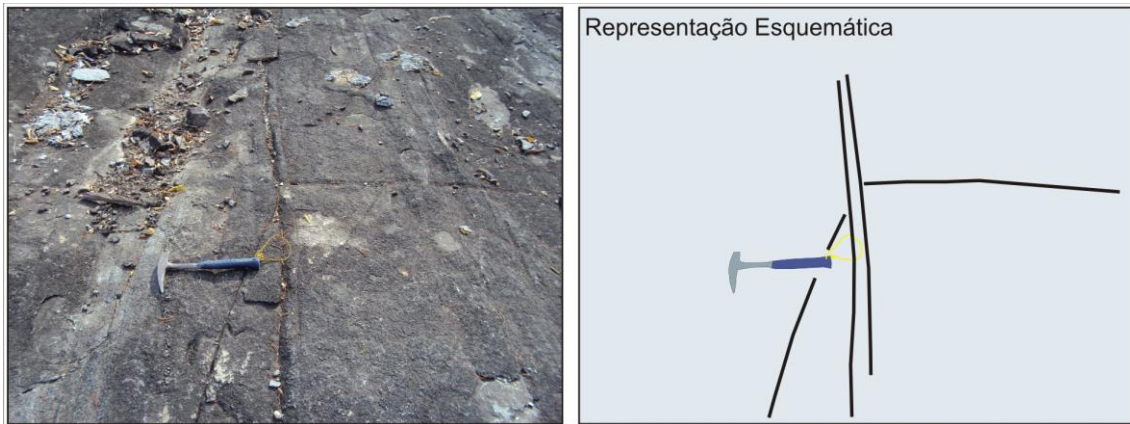


Figura 13 - Representação esquemática mostrando algumas fraturas em rocha trondhjemítica.

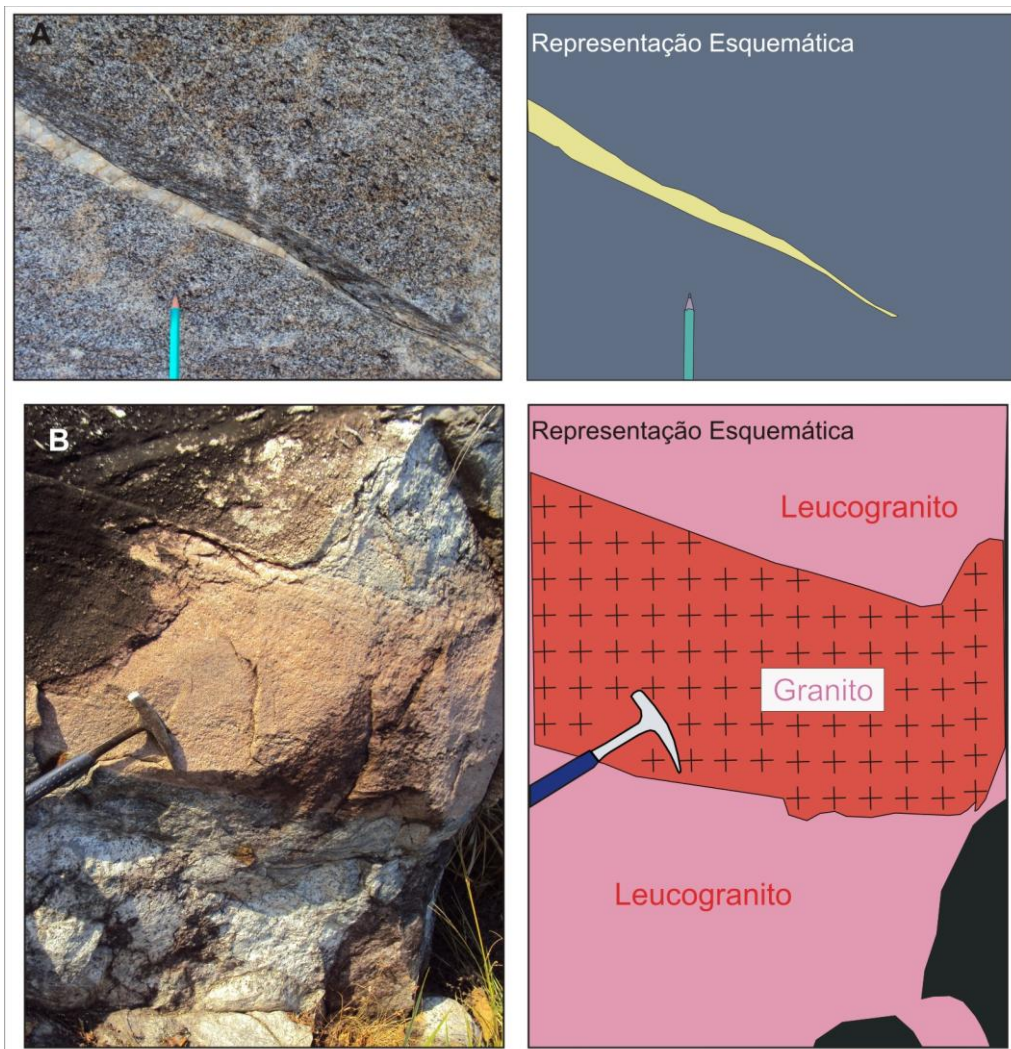


Figura 14 - Esquema mostrando em A, veio de quartzo cortando BGrd. Em B relação entre o dique do Granito Seringa e o leucogranito potássico nos respectivos pontos MC-71 e MC-114.

5.3 Microestruturas

Estruturas relacionadas aos estágios de deformação também são evidenciadas em escala microscópica (Figura 15). O estado dúctil é identificado a partir da ocorrência de contatos suturados, lobados e poligonais formando 120° entre si nos cristais de quartzo e feldspato. Essa fase de deformação também é notada pela presença de lamelas de biotita contorcidas e orientadas definindo leves planos de foliação.

O estado rúptil de deformação é marcado pela presença de microfraturas e *kink bands* principalmente nos cristais de plagioclásio e biotita. Em alguns cristais de álcali-feldspatos e, mais raramente, de plagioclásio nota-se o desenvolvimento de subgrãos preferencialmente nas bordas desses minerais; essa estrutura é caracterizada pela textura *mortar*, onde os grãos minerais com comportamento rúptil, tensionados uns contra os outros, quebram e trituram-se preferencialmente em suas bordas atritadas, resultando em subgrãos finos, dinamicamente recristalizados, rodeando os grãos maiores remanescentes do quebramento. A extinção ondulante dos cristais de quartzo e feldspato caracteriza a deformação descontínua desses minerais. Após o estágio rúptil de deformação se deu a instalação de vênulas de quartzo e calcita microcristalina, penetrando nas zonas de alívio proporcionadas pela geração de microfraturas.

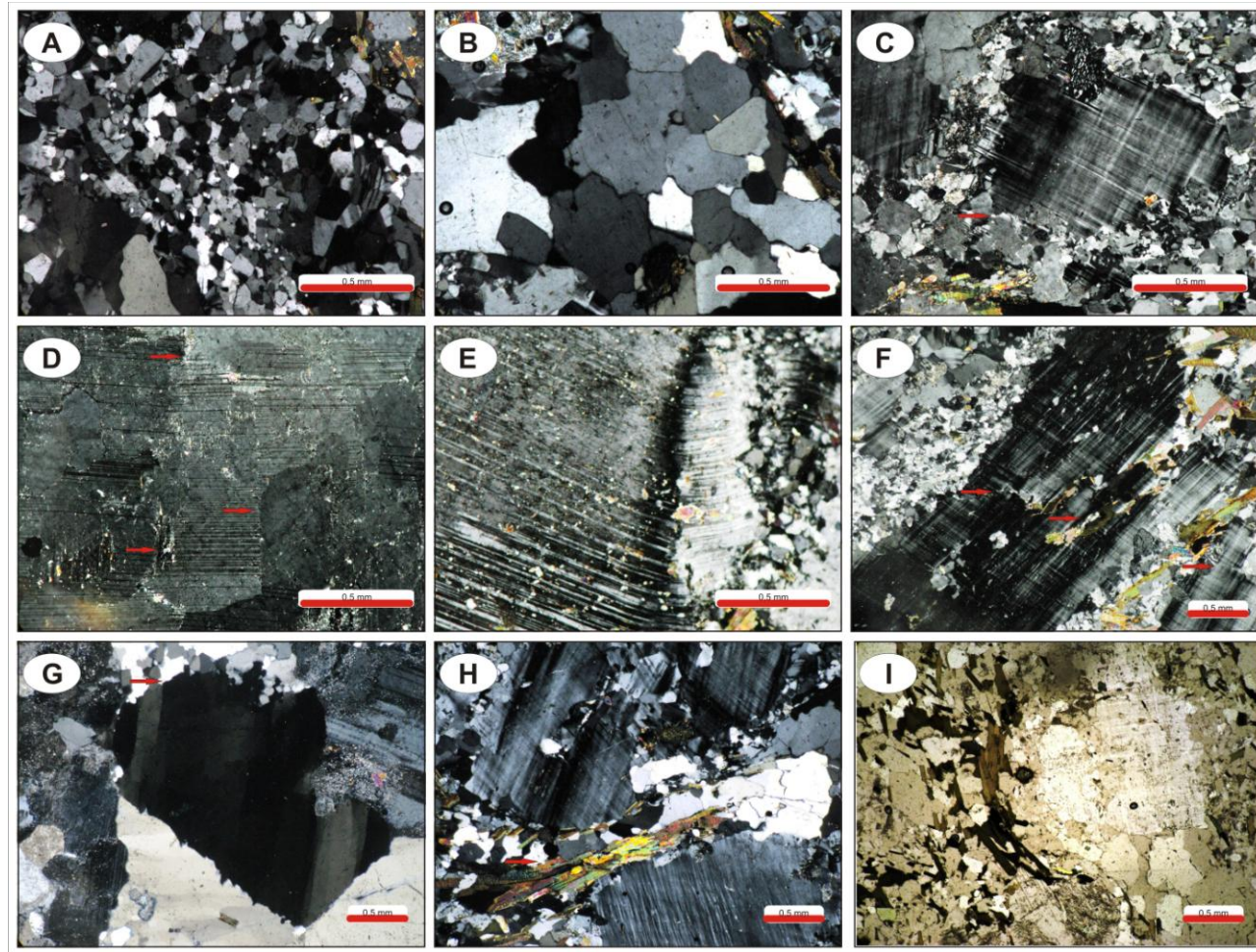


Figura 15 – Fotomicrografias de microestruturas presentes nas rochas da área de estudo. A) porções de cristais de quartzo recristalizados; B) cristais de quartzo com contatos retos formando pontos triplices; C) textura *mortar*; D) microfraturas em cristal de plagioclásio; E) *kink bands* em cristal de plagioclásio; F) microfraturas em cristais de microclina; G) quartzo com extinção ondulante; H e I) lamelas de biotita orientadas definindo leves planos de foliação.

6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

O estudo de MEV envolveu a caracterização de anfibólios, biotitas e diferentes fases minerais acessórias presentes nas demais unidades estudadas. Suas composições químicas semiquantitativas foram obtidas por EDS (*Energy Dispersive Spectrometry*). Anfibólio e biotita, minerais comuns em rochas intermediárias a ácidas, podem desenvolver um papel importante na petrogenese de rochas graníticas, sendo potencialmente úteis no estudo da natureza e das condições físico-químicas dos magmas nos quais cristalizaram (LAMARÃO; DALL'AGNOL 2004). Zircões de rochas graníticas têm sido utilizados como indicadores petrogenéticos por vários autores (MURALI et al. 1983, UHER et al. 1998, PUPIN 1980, 2000; WANG et al. 2000; BELOUSOVA; GRIFFIN 2002; KEMP et al. 2004 *apud* LAMARÃO et al. 2007).

Essa etapa foi realizada no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) do Centro de Geociências/UFGA, utilizando um microscópio eletrônico de varredura (MEV) da marca LEO-ZEISS, modelo 1430. As lâminas das rochas analisadas foram metalizadas a carbono para obtenção de imagens de elétrons retro-espalhados e análises semiquantitativas por EDS. As condições de análise foram corrente de feixe = 90 μ A, voltagem de aceleração constante = 20 Kv, distância de trabalho = 15 mm, tempo de análise = 30 s com 3000 a 4000 c/s para cada análise.

6.1 QUÍMICA MINERAL POR EDS

6.1.1 Anfibólios

Foram analisados anfibólios das rochas granodioríticas encaixantes do Granito Seringa e de granodioritos da Suíte Sanukitóide Rio Maria (Tabela 4). As rochas granodioríticas presentes na área de estudo subdividem-se em dois tipos: granodioritos contendo anfibólios e biotitas (ABGrd) e granodioritos somente com biotita (BGrd).

Nos ABGrd o anfibólio representa a fase máfica dominante com média modal de 22%. Possuem razões Mg/(Mg+Fe) em média de 0,4, conteúdos de Al de 2,0 a 2,3 (% em peso) e razões Fe/(Fe+Mg) e Mg/(Mg+Fe) em torno de 0,6 e 0,4, respectivamente, coincidentes com os dos anfibólios da suíte Sanukitóide Rio Maria (Tabela 4).

Tabela 4 - Análises de EDS de anfibólios dos granodioritos discutidos neste estudo.

	O	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Fe	Fe/(Fe+Mg)	Fe/Mg	Mg/(Mg+Fe)
ABGrd(52)	43,5	7,9	2,3	25,9	9,3	0,4	10,6	0,6	1,3	0,4
MC49	43,9	8,0	2,2	25,8	9,4	0,3	10,4	0,6	1,3	0,4
	43,8	8,1	2,0	26,1	9,4	0,3	10,1	0,6	1,2	0,4
	43,6	8,3	2,1	26,4	9,5	0,3	11,7	0,5	1,2	0,4
Média	43,7	8,1	2,2	26,4	9,4	0,3	10,7	0,6	1,3	0,4
ABGrd(40)	40,4	7,3	4,0	25,4	8,7	0,9	13,4	0,6	1,9	0,4
	40,8	7,1	3,1	25,8	9,6	0,6	13,1	0,6	1,8	0,4
MFR29	41,2	7,2	3,5	25,4	9,0	0,8	12,8	0,6	1,8	0,4
	40,9	7,9	2,2	26,9	9,8	0,3	12,0	0,6	1,5	0,4
Média	40,8	7,4	3,2	25,9	9,3	0,6	12,8	0,6	1,7	0,4

ABGrd = Anfibólio-biotita-granodiorito; MC49=Granodiorito deste estudo; MFR29= Granodiorito Suíte *Sanukitóide* Rio Maria (OLIVEIRA 2009).

6.1.2 Biotitas

Foram analisadas e comparadas em diagramas geoquímicos de diferentes rochas granodioríticas do TGGRM: (1) ABGrd (MC-49) e BGrd (MC-01A) da área de estudo; (2) ABGrd da suíte *Sanukitóide* Rio Maria (MFR-29) que ocorre entre as cidades de Bannach e Rio Maria (OLIVEIRA 2009); (3) Granodiorito Grotão (FRM-49) às proximidades das regiões de Bannach e Rio Maria (GUIMARÃES 2009) e, Granodiorito Pórfiro do Complexo Xingu (SE-19B) que ocorre a norte fora dos limites da área de estudo (GABRIEL 2009). A tabela 5 mostra o resultado das análises de EDS dessas biotitas.

O ABGrd (MC-49) mostra biotitas com razões Fe/(Fe+Mg) em torno de 0,6 e teores de Fe variando de 9,3 a 12,6% e Mg de 7,8 a 8,1%. No BGrd (MC-01A) as biotitas apresentam razões Fe/(Fe+Mg) de 0,8 e teores de Fe comparativamente mais elevados, com valores entre 18,8 a 19,87%. Os teores de Mg dessas biotitas situam-se entre 4,3 a 4,5%.

Biotitas do ABGrd da Suíte *Sanukitóide* Rio Maria apresentaram razões Fe/(Fe+Mg) de 0,7; com teores de Fe comparativamente mais altos que os das biotitas dos ABGrd da área de estudo (14,3 a 14,8). Os teores de Mg são próximos aos das biotitas desta última (7,4 a 7,6).

No Granodiorito Pórfiro do Complexo Xingu, as biotitas mostraram razões Fe/(Fe+Mg) de 0,8, e teores de Fe entre 16,4 e 17,1% e média de Mg em torno de 5,1%.

As biotitas do Granodiorito Grotão têm razões Fe/(Fe+Mg) em média de 0,6 e teores de Fe entre 13,6 e 14,0%. Possuem teores médios de Mg igual a 8,0%, similar ao das biotitas do ABGrd deste estudo e levemente superior ao das biotitas da Suíte *Sanukitóide* Rio Maria.

Percebe-se, com base na Tabela 5, que as biotitas do ABGrd (MC-49) deste estudo mostram razões $Fe/(Mg+Fe)$ muito próximas daquelas biotitas dos ABGrd da Suíte Sanukitóide Rio Maria (MFR-29), entre 0,6 e 0,7. Comparativamente são inferiores às daquelas dos granodioritos do Complexo Xingu (0,8%) e Grotão (0,8%).

No diagrama $MgO-FeO-Al_2O_3$, de Abdel Rahman (1994), que relaciona a composição das biotitas com a tipologia dos granitóides (Figura 16A), as biotitas plotam igualmente no campo dos granitos calcio-alcálicos, com exceção daquelas dos granodioritos do Complexo Xingu que mostram posicionamento no limite entre o campo dos granitos calcico-alcálicos e peraluminosos.

A interrelação entre anfibólios e biotitas é importante para avaliar o grau de equilíbrio existente entre essas fases minerais (LAMARÃO; DALL'AGNOL, 2004). Um dos parâmetros geralmente utilizados para esta avaliação é a razão $Fe/(Fe+Mg)$ desses minerais. A Figura 16B revela que há boa correspondência entre essas razões nas biotitas dos ABGrd estudados e as dos granodioritos da Suíte Sanukitóide Rio Maria. Tal comportamento sugere que anfibólios e biotitas cristalizaram em relativo equilíbrio.

Tabela 5 - Análises de EDS representativas de biotitas dos granodioritos deste estudo e de outros granodioritos do TGGRM.

	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Fe/(Fe+Mg)	Fe/Mg
ABGrd (8) MC49	42,2	0,1	7,8	8,6	19,7	8,6	0,0	0,8	12,3	0,6	1,6
	46,1	0,5	8,1	8,7	19,1	7,3	0,0	0,7	9,3	0,5	1,1
	42,2	0,0	7,8	8,4	19,5	8,9	0,1	0,8	12,4	0,6	1,6
	40,9	0,1	8,1	8,8	20,0	8,8	0,0	0,8	12,4	0,6	1,5
	41,7	0,2	7,9	8,5	19,7	8,6	0,0	0,8	12,6	0,6	1,6
	44,0	0,1	8,1	8,3	19,2	8,3	0,1	0,8	11,2	0,6	1,4
	41,9	0,2	8,1	8,6	19,7	8,7	0,0	0,7	11,9	0,6	1,5
	40,9	0,1	8,1	8,5	20,2	9,2	0,1	0,8	12,1	0,6	1,5
Média	42,5	0,2	8,0	8,6	19,6	8,5	0,0	0,8	11,8	0,6	1,5
ABGrd (42) MFR29	39,4	0,1	7,4	8,2	20,0	9,4	0,1	0,8	14,5	0,7	2,0
	39,2	0,2	7,4	8,3	20,0	9,3	0,0	0,9	14,8	0,7	2,0
	38,9	0,2	7,5	8,6	20,3	9,3	0,0	0,9	14,3	0,7	1,9
	39,4	0,1	7,4	8,3	20,1	9,2	0,1	0,9	14,5	0,7	2,0
	Média	39,2	0,1	7,4	8,4	20,1	9,3	0,0	0,9	14,5	0,7
BGrd (61) FRM49	37,7	0,1	8,0	8,6	21,0	9,6	0,1	1,0	14,0	0,6	1,8
	38,4	0,1	7,8	8,8	20,7	9,6	0,1	0,8	13,6	0,6	1,7
	37,6	0,2	8,1	8,5	21,0	9,8	0,0	1,1	13,9	0,6	1,7
	38,5	0,1	8,1	8,7	21,0	9,4	0,0	0,9	13,3	0,6	1,7
	38,0	0,1	8,1	8,6	21,2	9,5	0,1	0,9	13,6	0,6	1,7
	38,5	0,1	8,1	8,6	20,9	9,1	0,1	0,9	13,7	0,6	1,7
	38,6	0,1	8,0	8,8	21,1	9,6	0,1	0,8	13,1	0,6	1,6
	37,8	0,1	8,1	8,6	21,1	9,6	0,1	0,9	13,8	0,6	1,7
	37,8	0,1	8,0	8,5	21,2	9,7	0,0	1,0	13,6	0,6	1,7
	37,8	0,1	7,9	8,2	21,4	9,8	0,1	0,9	13,7	0,6	1,7
	37,8	0,1	8,0	8,8	20,9	9,5	0,2	1,0	13,6	0,6	1,7
	Média	38,1	0,1	8,0	8,6	21,0	9,6	0,1	0,9	13,6	0,6
BGrd (74) MC01A	39,2	0,1	4,5	8,5	18,5	8,7	0,1	1,7	18,8	0,8	4,2
	38,3	0,2	4,4	8,3	18,6	8,4	0,1	1,7	19,9	0,8	4,5
	39,0	0,1	4,3	8,3	18,5	8,4	0,1	1,8	19,5	0,8	4,5
	38,8	0,2	4,4	8,6	18,5	8,5	0,2	1,7	19,0	0,8	4,3
	Média	38,8	0,2	4,4	8,5	18,6	8,5	0,1	1,7	19,3	0,8
BGrd (110) SE19B	38,9	0,1	5,1	8,5	19,2	9,2	0,0	2,2	16,8	0,8	3,3
	39,4	0,1	5,1	8,6	19,2	9,0	0,0	2,0	16,6	0,8	3,2
	38,5	0,1	5,1	8,7	19,4	9,1	0,1	2,0	17,1	0,8	3,4
	39,2	0,1	5,3	8,6	19,2	9,0	0,0	2,1	16,4	0,8	3,1
	Média	39,0	0,1	5,1	8,6	19,2	9,1	0,0	2,1	16,7	0,8

ABGrd=Anfibólio-biotita-granodiorito; BGrd=Biotita-granodiorito; MC01A, MC49 e AC75= Granodioritos deste estudo; SE19B=Granodiorito Complexo Xingu; FRM=Granodiorito Grotão; MFR=Granodiorito Suíte *Sanukitóide* Rio Maria.

Tabela 6 - Análises de EDS (% peso óxidos) de biotitas dos granodioritos do TGGRM.

	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	TiO2	FeO	Fe/(Fe+Mg)	Fe/Mg
ABGrd (8) MC49	0,2	13,4	15,9	42,8	11,0	0,1	1,3	15,4	0,6	1,5
	0,2	13,6	16,3	42,5	10,6	0,1	1,2	15,4	0,6	1,5
	0,1	14,0	16,4	42,7	10,4	0,1	1,4	15,0	0,6	1,4
	0,2	13,1	16,2	42,4	10,4	0,0	1,3	16,2	0,6	1,6
	0,2	13,2	16,5	42,3	10,5	0,1	1,4	15,9	0,6	1,5
	0,1	13,1	16,1	42,4	10,8	0,1	1,3	16,1	0,6	1,6
	0,7	14,4	17,6	43,7	9,4	0,0	1,3	12,8	0,5	1,1
	0,2	13,1	16,4	42,6	10,5	0,0	1,4	15,9	0,6	1,6
Média	0,2	13,5	16,4	42,7	10,4	0,1	1,3	15,3	0,6	1,5
ABGrd (42) MFR29	0,1	12,0	15,2	41,9	11,0	0,1	1,4	18,3	0,7	2,0
	0,2	11,9	15,2	41,7	10,9	0,1	1,5	18,5	0,7	2,0
	0,2	12,1	15,6	42,0	10,9	0,0	1,4	17,7	0,7	1,9
	0,2	12,0	15,4	42,0	10,8	0,1	1,4	18,2	0,7	2,0
	0,2	12,0	15,4	41,9	10,9	0,1	1,4	18,2	0,7	2,0
Média	0,2	12,0	15,4	41,9	10,9	0,1	1,4	18,2	0,7	2,0
BGrd (74) MC01A	0,1	7,4	15,9	39,3	10,4	0,1	2,8	24,0	0,8	4,2
	0,3	7,2	15,5	39,1	9,9	0,1	2,8	25,1	0,8	4,5
	0,1	7,1	15,6	39,3	10,0	0,1	2,9	24,8	0,8	4,5
	0,2	7,2	16,1	39,2	10,1	0,3	2,8	24,1	0,8	4,3
	0,2	7,2	15,8	39,2	10,1	0,2	2,8	24,5	0,8	4,4
Média	0,2	7,2	15,8	39,2	10,1	0,2	2,8	24,5	0,8	4,4
BGrd (110) SE19B	0,2	8,2	15,8	40,3	10,8	0,1	3,5	21,2	0,8	3,3
	0,1	8,4	16,0	40,5	10,7	0,1	3,3	21,0	0,8	3,2
	0,2	8,2	15,9	40,3	10,7	0,8	3,3	21,4	0,8	3,4
	0,2	8,7	15,9	40,4	10,6	0,1	3,5	20,8	0,8	3,1
	0,2	8,4	15,9	40,4	10,7	0,2	3,4	21,1	0,8	3,3
Média	0,2	8,4	15,9	40,4	10,7	0,3	3,4	21,1	0,8	3,3
BGrd (61) FRM49	0,7	12,5	15,3	42,4	11,0	0,1	1,5	17,0	0,6	1,8
	0,1	12,4	15,9	42,3	11,1	0,1	1,3	16,7	0,6	1,7
	0,2	12,6	15,1	42,4	11,1	0,0	1,7	16,8	0,6	1,7
	0,1	12,7	15,6	42,9	10,9	0,1	1,4	16,4	0,6	1,7
	0,1	12,7	15,4	42,9	10,8	0,1	1,5	16,6	0,6	1,7
	0,1	12,8	15,5	42,8	10,5	0,1	1,4	16,9	0,6	1,7
	0,1	12,6	15,8	43,0	11,0	0,1	1,3	16,1	0,6	1,7
	0,1	12,7	15,3	42,6	10,9	0,1	1,4	16,8	0,6	1,7
	0,2	12,5	15,2	42,8	11,1	0,0	1,6	16,6	0,6	1,7
	0,1	12,5	14,7	43,3	11,2	0,2	1,4	16,7	0,6	1,7
	0,2	12,5	15,8	42,3	10,8	0,2	1,6	16,6	0,6	1,7
	0,2	12,6	15,4	42,7	10,9	0,1	1,5	16,7	0,6	1,7
	Média	0,2	12,6	15,4	42,7	10,9	0,1	1,5	16,7	0,6

ABGrd=Anfibólio-biotita-granodiorito; BGrd=Biotita-granodiorito; MC01A, MC49 e AC75= Granodioritos deste estudo; SE19B=Granodiorito Complexo Xingu; FRM=Granodiorito Grotão; MFR=Granodiorito Suíte *Sanukitóide* Rio Maria.

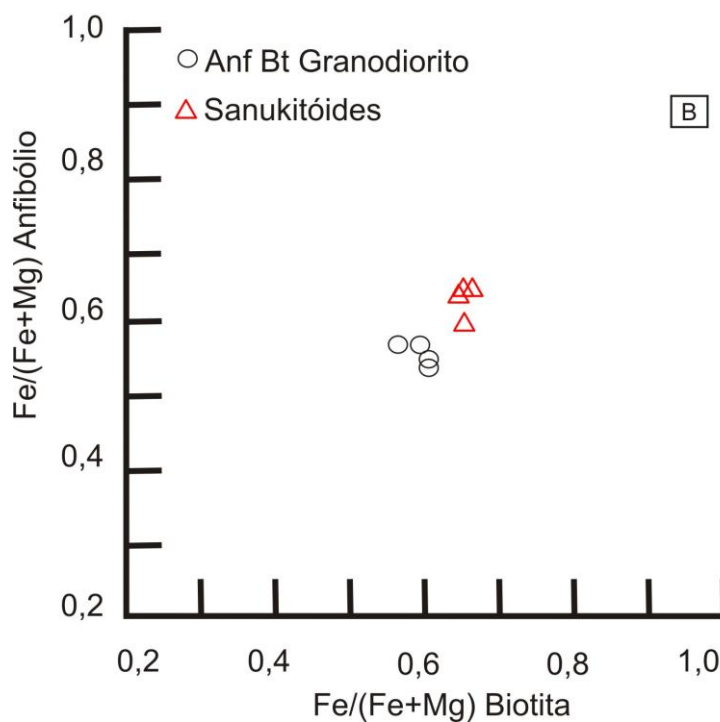
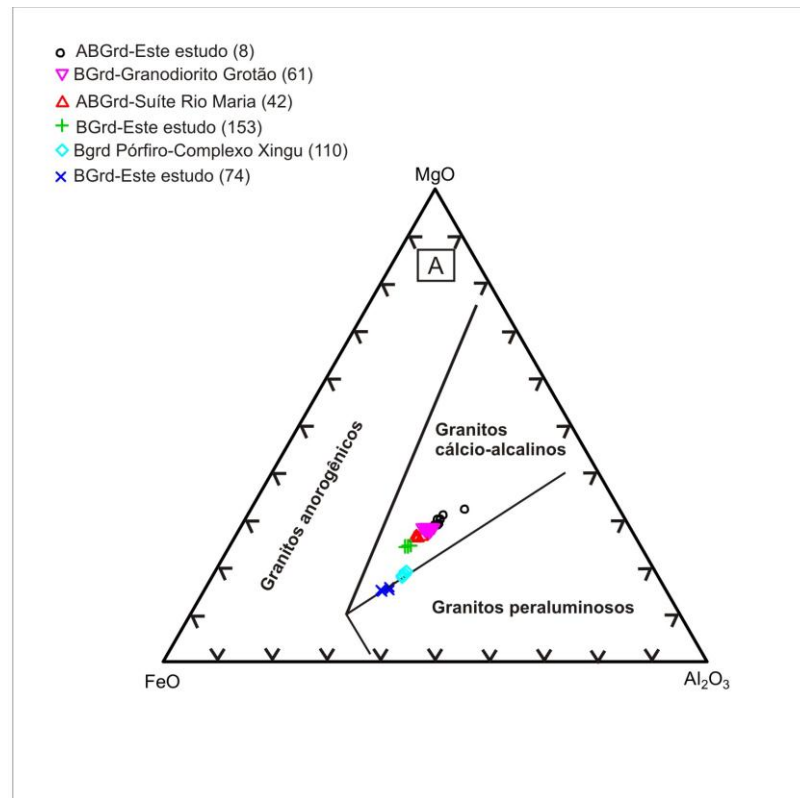


Figura 16 - (A) Diagrama MgO-FeO-Al₂O₃ (ABDEL RAHMAN 1994) de classificação de biotitas. (B) Diagrama comparativo entre razões Fe/(Fe+Mg) de anfibólios e biotitas de granodioritos da área estudada e da Suíte Sanukitóide Rio Maria.

6.1.3 Zircões

O estudo de cristais de zircões foi realizado nos ABGrd (MC-49) e BGrd (MC-01A) da área de estudo e rochas granodioríticas da Suíte Sanukitóide Rio Maria (ADR-3A). A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos por EDS nesses zircões.

Os cristais analisados exibem semelhanças e diferenças quanto ao hábito, intensidade de fraturas e zoneamentos. No BGrd (MC-01A), os zircões são subédricos a anédricos, moderadamente a intensamente fraturados e possuem fraco zoneamento (Figura 17 G,H e I). Nos ABGrd (MC-49 e ADR-3A) eles são subédricos a anédricos, levemente fraturados, apresentando zoneamentos bem definidos (Figura 17 A,B,C,D,E e F).

Os zircões dos ABGrd (MC-49) possuem teores de Hf variando de 3,3 a 1,0%, com média de 2,0%, e os de Y de 1,5 a 0,5%, com valor médio de 0,8. Suas razões Zr/Hf situam-se entre 51,6 a 17,0, com um valor médio de 27,5. As concentrações médias de U, Th e Ca são inferiores a 0,3%. Os zircões dos ABGrd das rochas da Suíte Sanukitóide Rio Maria mostram teores de Hf (2,8 a 1,2% com média de 2,0), Y (1,4 a 0,4 com média de 0,7) e razões Zr/Hf (45,5 a 20,6) muito próximos aos valores encontrados nos ABGrd deste estudo.

Comparativamente, os zircões do BGrd-MC-49 apresentam teores de Hf mais elevados, com valores entre 6,0 e 1,4%, com média de 2,4 e de Y variando de 2,6 a 0,3%, com valor médio de 0,9. Suas razões Zr/Hf são mais baixas, variando de 36,6 e 8,6 com média de 23,2. As concentrações de U, Th e Ca são inferiores a 0,4%.

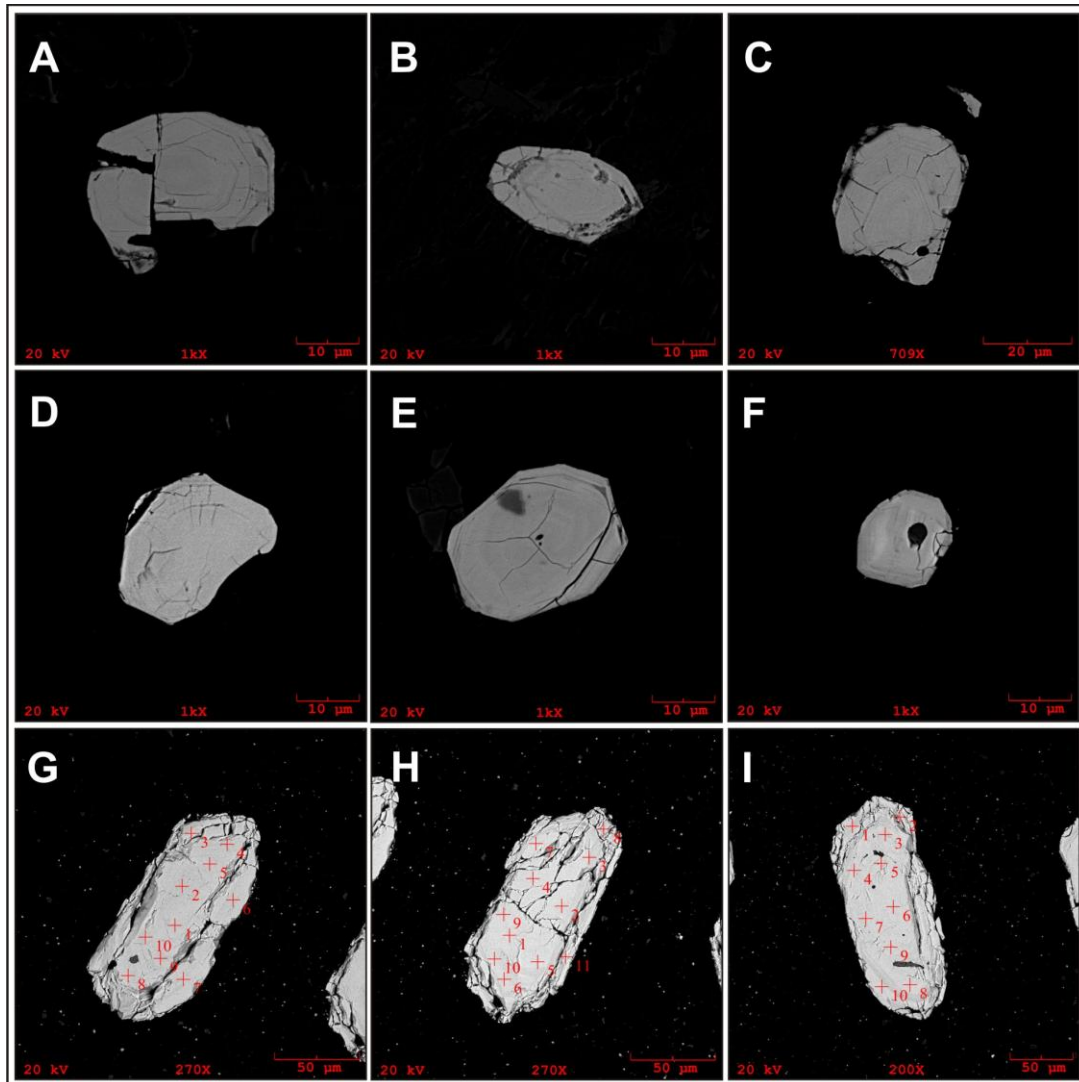


Figura 17 - A, B, C; D, E e F = cristais de zircão do ABGrd sanukitóide Rio Maria, mostrando similaridades em hábito e padrão de zoneamento com os cristais do ABGrd (MC-49) deste estudo; G, H e I = cristais de zircão do BGrd (MC-01A) deste estudo intensamente fraturados. Pontos vermelhos= locais analisados por EDS.

Tabela 7 - Composições elementares médias de zircões dos granodioritos estudados obtidas por EDS (% em peso).

Unidade/Fácies/N° análises	Zr/Hf	Hf+Y+Th+U	Hf	Y	U	Th	Ca	Nb
Granodiorito deste estudo								
ABGrd (91)	27,54	3,14	1,99	0,82	0,21	0,12	0,27	1,13
Granodiorito deste estudo								
BGrd (200)	23,18	3,69	2,43	0,89	0,20	0,18	0,39	1,02
Granodiorito <i>Sanukitóide</i>								
ABGrd (105)	28,14	3,03	1,96	0,74	0,19	0,14	0,17	1,21

ABGrd = Anfibólio-biotita-granodiorito; MC49=Granodiorito deste estudo; ADR3A= Granodiorito Suíte *Sanukitóide* Rio Maria. Bgrd = Biotita-granodiorito deste estudo; MC01A = granodiorito deste estudo.

Como observado no diagrama Hf-Y-Nb (Figura 18), os zircões dos ABGrd estudados tendem a se superpor, enquanto os zircões dos BGrd, com teores de Hf um pouco mais elevados, tendem a se deslocar em direção ao vértice deste elemento e se superpõem apenas parcialmente ao campo dos ABGrd.

As concentrações superiores de Hf encontradas nos zircões do BGrd proporcionaram baixas razões Zr/Hf, diferente daquelas apresentadas pelos zircões dos ABGrd. Devido a esse valor de Hf acima dos demais, esses zircões definem um *trend* desde a porção central, uma vez que seus teores de Y-Nb são próximos aos dos ABGrd, até as proximidades do vértice referente ao Hf.

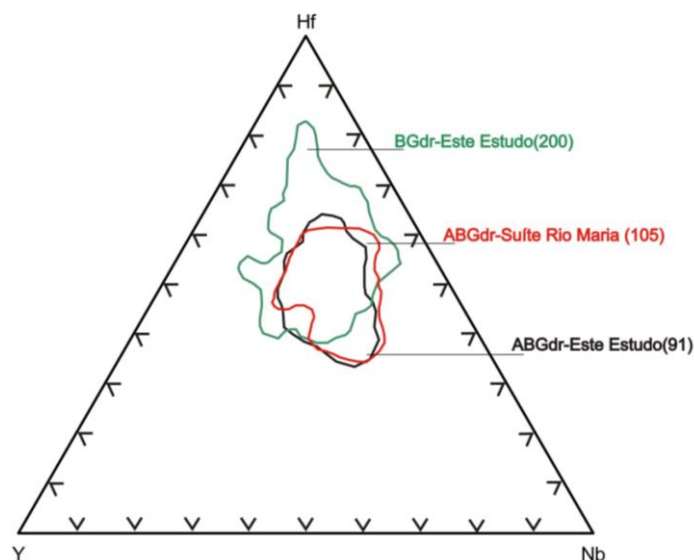


Figura 18 - Diagrama Hf-Y-Nb (% em peso) mostrando os campos de variações composicionais dos zircões dos granodioritos estudados, com indicação do número de análises realizadas (entre parênteses).

Além de Hf e Y, os zircões do BGrd mostram comumente um leve enriquecimento de Th quando comparado aos zircões dos ABGrd. No diagrama Zr/Hf *versus* Hf+Th+Y+U (Figura 19) o enriquecimento desses elementos nos zircões do BGrd pode ser bem evidenciado.

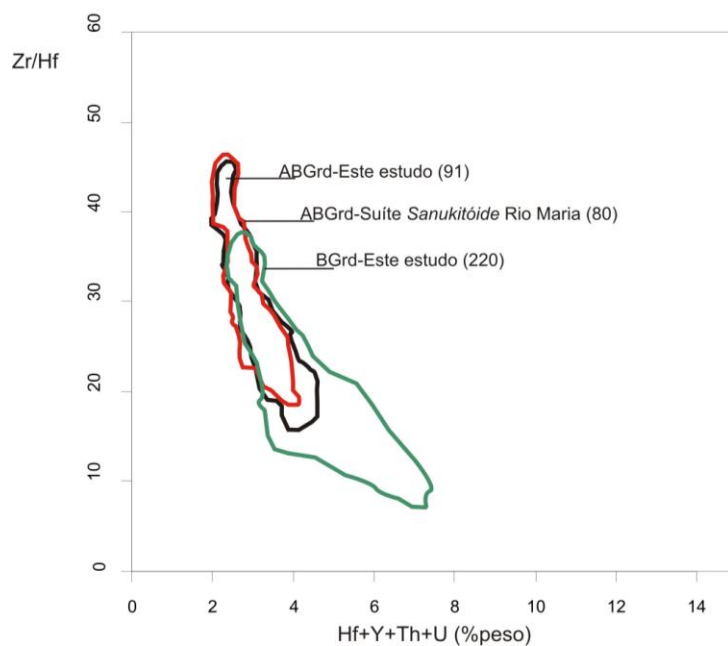


Figura 19 - Diagrama Zr/Hf versus Hf+Y+Th+U mostrando os campos de variações composicionais dos zircões dos granodioritos deste estudo.

7 GEOCROLOGIA

Foram selecionadas duas amostras para análise geocronológica por evaporação de Pb em zircão, sendo uma de rochas granodioríticas com biotita e anfibólio (MC-01A) aflorantes às proximidades de Ourilândia do Norte, e outra de leucogranitos potássicos (MC-08) da porção sudeste da área.

7.1 RESULTADOS

7.1.1 Rochas granodioríticas (amostra MC-01A)

Foram selecionados 38 grãos translúcidos, marrons, bipiramidais, moderados a levemente fraturados e comumente zonados. Desses, 28 foram eliminados do cálculo da idade final por apresentarem razões $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ acima de 0,0004 ou, conteúdos de Pb insuficientes para a datação. Os três cristais restantes forneceram uma idade média de 2885 ± 3 Ma, considerada, preliminarmente, idade de cristalização. A Tabela 8 mostra as idades obtidas para os três cristais de zircão e a Figura 20, o diagrama com a idade média dos mesmos. O **Anexo a** mostra o resultado de todos os cristais analisados.

7.1.2 Leucogranitos potássicos (amostra MC-08)

9 grupos de grãos levemente fraturados, translúcidos, amarronzados, bipiramidais, zonados e contendo poucas inclusões foram selecionados para a datação. Desses, 7 foram eliminados por apresentarem razões $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ superiores a 0,0004 ou teores de Pb insuficiente para datação. Apenas dois cristais forneceram condições satisfatórias para o cálculo de uma idade média preliminar de 2873 ± 7 Ma. A Tabela 9 mostra as idades obtidas para os dois cristais de zircão e a Figura 21, o diagrama com a idade média dos mesmos. O **Anexo b** mostra o resultado de todos os cristais analisados.

Tabela 8 - Resultados da datação por evaporação de Pb em zircão da amostra MC-01-A.

Zircão	Razões	204Pb/206Pb	2s	(208Pb/206Pb) _c	2s	(207Pb/206Pb) _c	2s	Idade	2s
MC01A/6	32/80	0.000184	0.000028	0.04948	0.00074	0.20721	0.00039	2884.3	3.0
MC01A/7	24/46	0.000748	0.000047	0.05842	0.00143	0.20746	0.00116	2886.2	9.0
MC01A/11	22/30	0.000084	0.000009	0.04856	0.00057	0.20741	0.00078	2885.8	6.1
	78/594						Idade=	2884.7	2.6

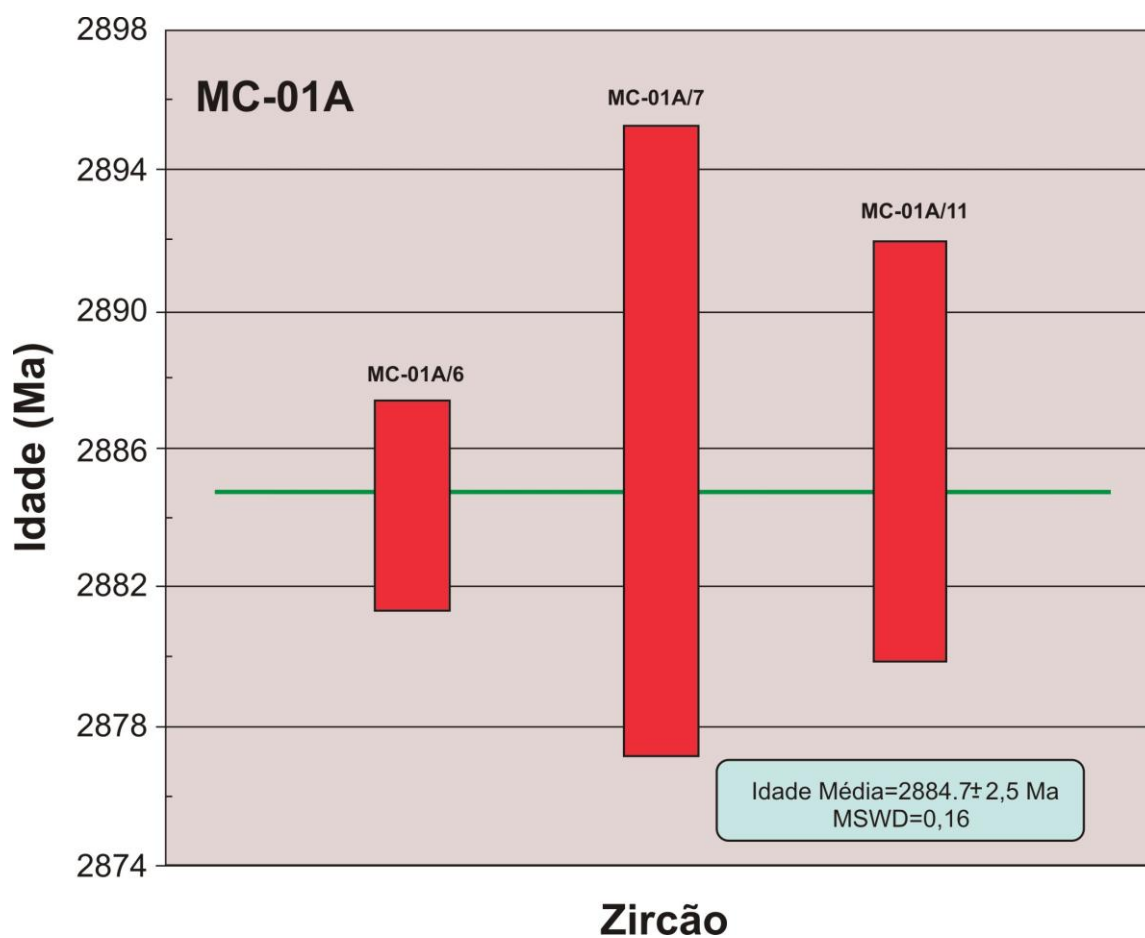
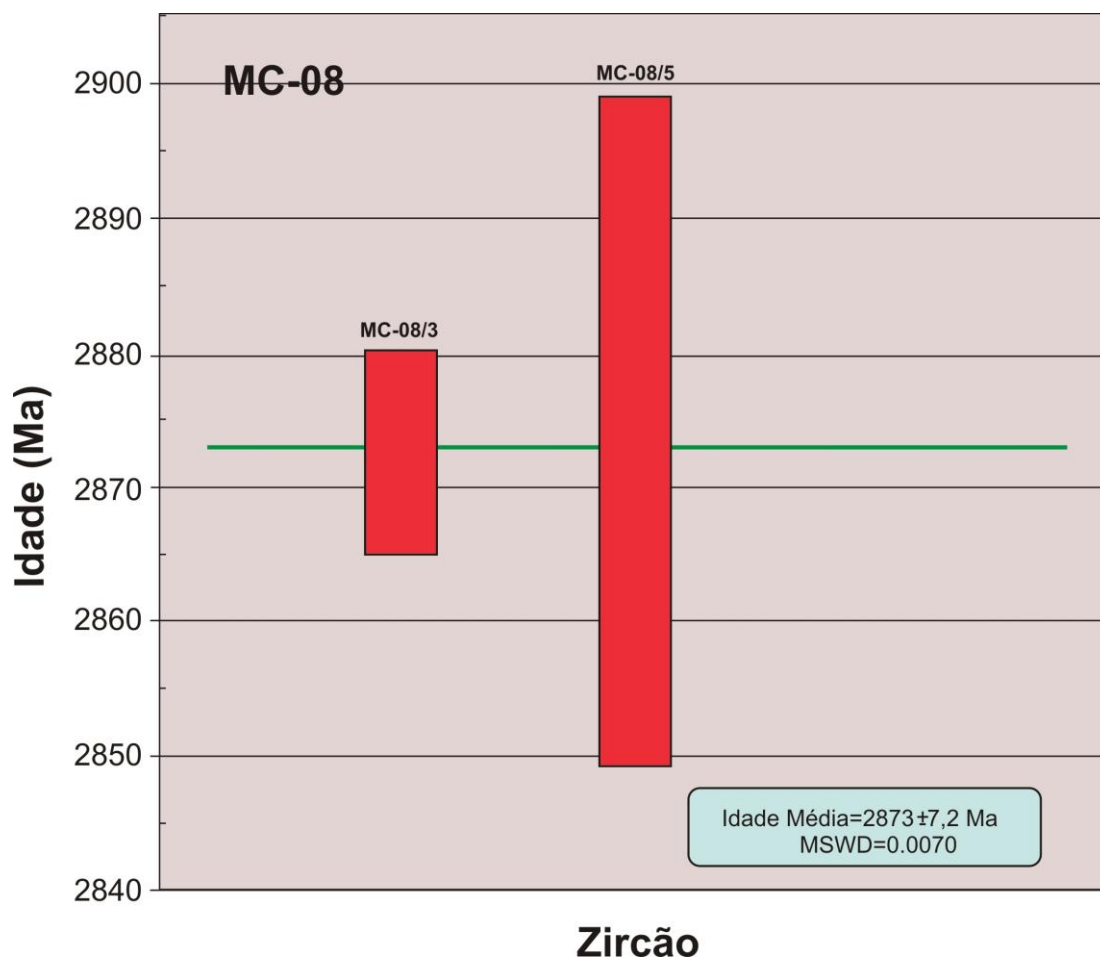
**Figura 20** - Diagrama mostrando as idades médias de cada um dos grãos utilizados no cálculo da idade média da amostra MC-01A

Tabela 9 - Resultados da datação por evaporação de Pb em zircão da amostra MC-08

Zircao	Temp.	Razões	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2σ	$(^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2σ	$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2σ	Idade	2σ	
MC08/3	1500	8/8	0.000730	0.000032	0.11434	0.00122	0.20578	0.00097	2872.9	7.7	
MC08/5	1550	24/24	0.002735	0.000127	0.07623	0.01327	0.20592	0.00318	2874.0	25.1	
		32/132							Idade =	2873.5	16.4

**Figura 21** - Diagrama mostrando as idades médias de cada um dos grãos utilizados no cálculo da idade média da amostra MC-08.

8 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Os estudos geológicos e petrográficos realizados nas rochas encaixantes do Granito Seringa, situadas entre as localidades de Água Azul do Norte e Ourilândia do Norte, permitiram a identificação e caracterização de três grandes unidades litológicas na área de estudo: rochas granodioríticas, trondhjemíticas e leucogranitos potássicos.

As primeiras foram separadas em dois tipos petrográfica e texturalmente distintos: (1) anfibólio-biotita granodioritos (ABGrd) com textura hipidiomórfica dominante, e (2) biotita granodioritos (BGrd) porfiríticos. As rochas trondhjemíticas e os leucogranitos potássicos possuem aspectos petrográficos, texturais e estruturais similares ao Trondhjemito Mogno e ao Leucogranito Xinguara ocorrentes a norte de Bannach e Rio Maria.

Estudos químico-mineralógicos comparativos através de MEV-EDS de zircão, biotita e anfibólio, além de fases minerais acessórias, permitiram a caracterização das rochas estudadas e suas comparações com outras unidades importantes do TGGRM. As análises de biotita dos ABGrd de Ourilândia mostraram semelhanças composicionais com aquelas do granodiorito Sanukitóide Rio Maria e do granodiorito Grotão. Além disso, os anfibólios das duas primeiras apresentaram razões $Mg/(Mg+Fe)$ e teores de Al e Mg coincidentes. Por outro lado, as biotitas dos BGrd pórfiros da porção norte da área assemelham-se composicionalmente as biotitas dos granodioritos do Complexo Xingu, aflorante a norte, fora dos limites da área de trabalho.

Zircões do ABGrd apresentaram conteúdos semelhantes de Hf, Y e Nb quando comparados aos zircões do granodiorito Sanukitóide Rio Maria. Diferentemente, zircões do BGrd porfirítico apresentaram concentrações um pouco mais elevadas de Hf, Y e Th, proporcionando separações dessas rochas em diagramas composicionais de zircão envolvendo Hf-Y-Nb e Zr/Hf *versus* Hf+Y+Th+U.

Datações geocronológicas pelo método Pb-Pb em zircão foram realizadas em BGrd porfirítico da porção nordeste e em leucogranito potássico da parte sudeste da área de estudo. No primeiro caso, obteve-se uma idade de 2885 ± 3 Ma, superior a dos granodioritos da Suíte Sanukitóide Rio Maria (2,87 Ga, OLIVEIRA 2009) e no segundo, 2873 ± 7 Ma, similar àquela obtida para o Leucogranito Xinguara (2865 ± 1 Ma,

Leite, 2001; 2875 ± 11 Ma, ROLANDO;MACAMBIRA 2002). Entretanto, as elevadas razões $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e os conteúdos insuficientes de Pb observados na grande maioria dos cristais analisados, somados aos poucos cristais utilizados para o cálculo das idades médias dessas rochas, atribuem a esses resultados um caráter apenas preliminar, mas certamente indicativo de idades muito próximas de suas rochas correlatas.

Portanto, o trabalho realizado nas rochas encaixantes do Granito paleoproterozóico Seringa veio contribuir para o melhor entendimento geológico da região de transição entre o Terreno Granito Greenstone de Rio Maria e o Bloco Carajás, área ainda pouco estudada. Os resultados dos estudos geológicos e petrográficos, complementados por análises minerais através de MEV-EDS e datações geocronológicas preliminares, permitiram concluir que a área estudada é constituída em sua porção Norte por Biotita-anfibólio granodioritos similares às rochas granodioríticas da Suíte Sanukitóide Rio Maria descritas por Oliveira (2009), e em sua porção NE por biotita granodioritos com características petrográficas e mineralógicas similares aos granodioritos do Complexo Xingu. As porções ENE e SE da área são constituídas, respectivamente, por trondhjemitos e leucogranitos potássicos similares ao Trondhjemitito Mogno e ao Leucogranito Xinguara. Faixas de greenstone-belts ocorrem no extremo oeste e nordeste da área, próximo às cidades de Ourilândia do Norte e Água Azul do Norte, porém não fizeram parte deste estudo. As datações geocronológicas realizadas em biotita granodiorito e leucogranito potássico forneceram idades preliminares de 2885 ± 3 Ma e 2873 ± 7 Ma, respectivamente. Entretanto, datações por metodologias mais precisas (p.ex. LA-ICP-MS) são necessárias para a confirmação das mesmas. Com base nos dados deste trabalho, foi elaborado um mapa geológico da área de estudo (Figura 22) com a distribuição das unidades identificadas.

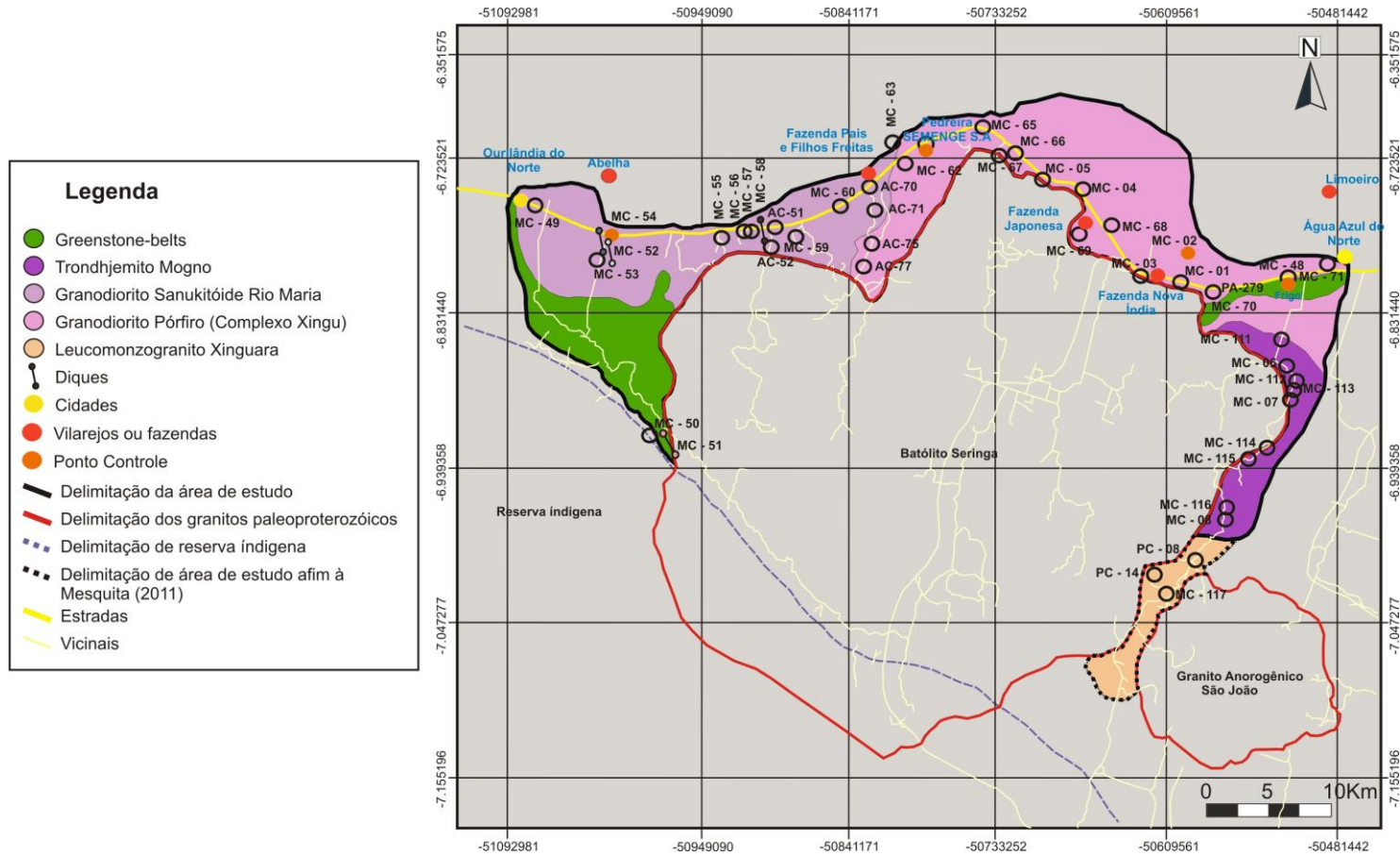


Figura 22 - Mapa geológico da área de trabalho. Modificado de CPRM (2004).

REFERÊNCIAS

- ABDEL-RAHMAN, A.M. Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas. *J. Petrol.* n. 35, p. 525-541, 1994. In: LAMARÃO, C.CN; DALL'AGNOL, R. Química Mineral de Anfibólios e Biotitas e Condições de Cristalização de Granitóides Paleoproterozóicos da Região de Vila Riozinho, Província Aurífera Do Tapajós, Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 34, n. 1, p. 95- 108, 2004.
- ALMEIDA, J. A. C. *Evolução Geológica do Terreno Granito Greenstone de Rio Maria*. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará. Belém, 2010.
- ALMEIDA, J.A.C., DALL'AGNOL R., OLIVEIRA D.C. 2006. *Geologia, petrografia e geoquímica do Granito anorogênico Bannach, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, Pará*. *Rev. Bras. Geoc.*, **36** (n): 282-295.
- ALMEIDA, J.A.C., OLIVEIRA, M.A., DALL'AGNOL, R., ALTHOFF, F.J., BORGES, R.M.K. *Relatório de Mapeamento Geológico na escala de 1:100.000 da Folha Marajoara (SB-22-Z-C-V)*. Programa GeoBrasil, CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2008,147p.
- ALTHOFF, F.J.; BARBEY, P.; BOULLIER, A.M. 2.8-3.0 Ga Plutonism And Deformation in the SE Amazonian Craton: The Archean Granitoids Of Marajoara (Carajás Mineral province, Brazil). *Precambrian Research*, n. 104, p. 187-206, 2000.
- BARD, J.P. *Microtextures des roches magmatiques et metamorphiques*. Paris, Manson, 1980.192p.
- CHAYES, F. *Petrografical modal analysis*. New York, Jonh Willey & Sons. 1956, 113p.
- COSTA, J. B. S.; ARAÚJO, O. J. B.; SANTOS, A.; JORGE JOÃO, X. S.; MACAMBIRA, M. J. B.; LAFON, J. M. A província mineral de Carajás: aspectos tectono-estruturais, estratigráficos e geocronológicos. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências da Terra*, 1995. v. 7, p. 199-235.
- CPRM 2004. Programa de Levantamentos Básicos do Brasil. Folha Araguaia (SB-22)> Estado do Pará. 120 Pag. (relatório Técnico).
- DALL'AGNOL, R.; LAFON, J. M.; MACAMBIRA, M. J. B. Proterozoic anorogenic magmatism in the Central Amazonian Province, Amazonian Craton: geochronological, petrological and geochemical aspects. *Mineral. Petrol.*, 1994. v. 50, n. 1/3, p. 113-138.

DALL'AGNOL, R., OLIVEIRA M.A., ALMEIDA, J.A.C., ALTHOFF, F.J., LEITE, A.A.S., OLIVEIRA, D.C., BARROS, C.E.M., Archean and paleoproterozoic granitoids of the Carajás Metallogenic Province, eastern Amazonian craton. *In*: Dall'Agnol, R., Rosa-Costa, L.T., Klein, E.L. (eds.). SYMPOSIUM ON MAGMATISM, CRUSTAL EVOLUTION, AND METALLOGENESIS OF THE AMAZONIAN CRATON. Abstracts volume and field trips guide. Belém, 2006. PRONEX-UFPA/SBG-NO, 99-150.

DALL'AGNOL, R.; RAMÕ, O. T.; MAGALHÃES, M. S.; MACAMBIRA, M. J. B. Petrology of the anorogenic, oxidised Jamon and Musa granites, Amazonian Craton: implications for the genesis of Proterozoic, A-type Granites. *Lithos*. 1999, v. 46, p. 431-462.

DALL'AGNOLL, R., SOUZA, Z.S., ALTHOFF, F.J., MACAMBIRA, M.J.B., LEITE, A.A.S., Geology and geochemistry of the Archean Rio Maria granite – greenstone terrain Carajás Province, Amazonian craton. *In*: SYMP. ARCHEAN TERRANES SOUTH AMERICAN PLATAFORM, Brasilia, 1996. *Ext./4fo/r...Brasflia*, 1996. SBG,29-30.

DALL'AGNOL, R., TEIXEIRA N.P., RAMO, O.T., MOURA, C.A.V., MACAMBIRA, M.J.B., OLIVEIRA, D.C. Petrogenesis of the Paleoproterozoic, rapakivi, A-type granites of the Archean Carajás Metallogenic Province, Brazil. *Lithos*. 2005. **80**: 101-129.

DUARTE, K.D., *Geologia e geoquímica do Granito Mata Surrão (SW de Rio Maria – Pa): um exemplo de granito “stricto sensu” Arqueano*. Belém, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. Msc. Thesis. Programa de Pós- Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, 1992. 217p. (in Portuguese).

DUARTE, K.D., PEREIRA, E.D., DALL'AGNOL, R., LAFON, J.M. Geologia e Geocronologia do Granito Mata Surrão – sudoeste de Rio Maria (Pa). *IN*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA., 3. *Anais*. Belém, 1991, SBG, 7 – 20.

GABRIEL, E. O. *Geologia, petrografia e geocronologia do granitóides do Complexo Xingu da região de Cedere III, Canaã dos Carajás – PA, Província Mineral de Carajás*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará, 2009. 120p.

GAUDETTE, H. E.; LAFON, J. M.; MACAMBIRA, M. J. B.; MOURA C. A. V.; SCHELLER T. 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.*, 1998. v. 11, p. 351-363.

GAUDETTE, H. E.; LAFON, J. M.; MOURA, C. A. V.; SCHELLER, T. Datação de monocristais de zircão por evaporação de Pb no Laboratório de Geologia Isotópica-UFPA; metodologia e primeiros resultados. *In*: CONGR. BRAS. GEOL., 40, Brasília 1993. p. 236-237. *Anais*.Brasília: SBG.

GUIMARÃES, F. V. *Geologia, Petrografia e Geoquímica do Trondhjemitó Mogno e rochas arqueanas associadas, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria - SE do Pará*. 2009. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009, 102p.

HASUI, Y.; COSTA, J. B. S, *Zonas e Cinturões de Cisalhamento*. Belém: Ed. Universitária UFPA, 1992.

HOBBS, B; MEANS, W. D; WILLIAMS, R. F.. *An outline of structural geology*. New York, 1976. 571 p.

KOBER, B. Whole grain evaporation for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age investigations on single zircons using a double filament source. *Contrib. Miner. Petrol.*, 1986. v. 93, p. 482-490.

LAMARÃO, C. N., DALL'AGNOL, R. Química mineral de anfíbios e biotitas e condições de cristalização de granitóides paleoproterozóicos da região de Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*. 2004. V. 34, n 1, p. 95 – 108.

LAMARÃO, C. N.; DALL'AGNOL, R.; SOLEDADE, G. L.; SILVA, J. S.. Variações composicionais de zircão em granitos anorogênicos proterozóicos do Cráton Amazônico: implicações metalogenéticas. *Rev. Bras.Geoc.*, 2007. v. 37, n. 4, p. 693-704.

LAMEYRE, J.; BOWDEN, P. Plutonic rock type series: discrimination of various granitoid series and related rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1982. v. 14, p. 169-186.

LEITE, A. A. S. *Geoquímica, petrogênese e evolução estrutural dos granitóides arqueanos da região de Xinguara, SE do Cráton Amazônico*. 2001. Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001. 330p.

LEITE, A. A. S.; DALL'AGNOL, R. Geologia e petrografia do maciço granítico Arqueano Xinguara e de suas encaixantes - SE do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Ciência da Terra*, 1997. v. 9, p. 43-81.

LEITE, A. A. S.; DALL'AGNOL, R.; MACAMBIRA, M. J. B.; ALTHOFF, F. J. Geologia e geocronologia dos granitóides arqueanos da região de Xinguara (PA) e suas implicações na evolução do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria. *Revista Brasileira de Geociências*, 2004.34, 447-458.

LE MAITRE, R. W. *A classification of igneous rocks and glossary of terms*. 2nd Edition. London, 2002. 193 p.

MACAMBIRA, M. J. B. *Chronologie U/Pb, Rb/Sr, K/Ar et croissance de la croûte continentale dans l'Amazonie du sud-est; exemple de la région de Rio Maria, Province de Carajas, Brésil*. 1992. Montpellier, Université Montpellier II-France.(Tese de Doutorado), 1992. 212p.

MACAMBIRA, M. J. B. ; COSTA, J. B. S. ; ALTHOFF, F. J. ; LAFON, J. M.; MELO, J. C. V.; SANTOS ; A. New geochronological data for the Rio Maria TTG terrane; implications for the time constraints of the crustal formation of the Carajás province, Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31st, Rio de Janeiro, 2000. Abstract, Rio de Janeiro, CD-ROM. SBG.

MACAMBIRA, M.J.B. et al. New isotopes evidences confirming the existence of a Paleoproterozoic terrain in the region at north of the Carajás Mineral Province. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 4., Salvador. **Short papers...** Salvador, 2003. P. 205 – 208.

MACAMBIRA, M. J. B.; MOURA, C. A. V.; LAFON, J. M.; SCHELLER, T. O método Pb-Pb por evaporação em zircão: avaliação dos dados obtidos no Laboratório de Geologia Isotópica da UFPA. In: CONGR. BRAS. GEOL., 38. Camboriu, 1994. v.2, p. 404-406. Boletim de resumos expandidos. SBG.

MACKENZIE, W. S.; DONALDSON, C. H.; GUILFORD, C. *Atlas of igneous rocks and their textures*. Longman Scientific & Technical. John Wiley & Sons, New York, 1982. 148p.

MOURA, C. A. V.; GAUDETTE, H. E.; MACAMBIRA, M. J. B.; LAFON J. M.; SCHELLER T. Datação de monocristais de zircão por evaporação de Pb em filamento simples: comparação com resultados U-Pb. In: CONGR. BRAS. GEOL., 39. Salvador, 1996. v.2, p. 481-489. Anais. SBG.

MURALI, A. V.; PARTHASARATHY, R.; MAHADEVAN, T. M.; SANKAR DAS, M. Trace element characteristics, REE patterns and partition coefficients of zircons from different geological environments- a case study on Indian zircons. *Geochim. Cosmochim Acta*, 1983. v. 47, p. 2047-2052.

OLIVEIRA, D. C. *Geologia, geoquímica e petrologia magnética do Granito Paleoproterozóico Redenção, SE do Cráton Amazônico*. 2001. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001. 207p.

OLIVEIRA, M.A. *Geologia, petrografia e geoquímica do Granodiorito Sanukitóide Arqueano de Rio Maria e rochas máficas associadas, leste de Bannach-PA*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 2005. 151 p.

OLIVEIRA, M. A.; DALL'AGNOL, R.; ALTHOFF, F. J. Petrografia e Geoquímica do Granodiorito Rio Maria da região de Bannach e comparações com as demais ocorrências no terreno Granito-Greenstone de Rio Maria-Pará. *Revista Brasileira de Geociências*. 2006. v. 36, n. 2, p. 313-326.

OLIVEIRA, M. A.; DALL'AGNOL, R.; ALTHOFF, F. J.; LEITE, A. A. S. Mesoarchean sanukitoid rocks of the Rio Maria Granite-Greenstone Terrane, Amazonian craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. 2009. v. 27, p. 146-160.

PAIVA JÚNIOR, A. L. *Geologia, petrografia, geocronologia e geoquímica do Granito anorogênico Seringa, Província Mineral de Carajás, SSE do Pará*. 2010. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010. 120 p.

PASSCHIER, C. W.; TROUW, R. A. J. *Microtectonics*, 2nd Edition, Berlin, 2005. 366p.

PIMENTEL, M. M.; MACHADO, N. Geocronologia U-Pb dos Terrenos granito greenstone de Rio Maria, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38. Camboriú, 1994. p. 390-391. Boletim de Resumos Expandidos. Camboriú, SBG.

REED, S. J. B. *Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology*. Cambridge University Press. 1996. 201p.

ROLANDO, A. P.; MACAMBIRA, M. J. B. Archean crust formation in Inajá range area, SSE of Amazonian Craton, Brazil, based on zircon ages and Nd isotopes. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 4. Salvador, 2003. Expanded Abstracts. Salvador: CD-ROM.

ROLANDO, A. P.; MACAMBIRA, M. J. B. Geocronologia dos granitóides arqueanos da região da Serra do Inajá, novas evidências sobre a formação da crosta continental no sudeste do Cráton Amazônico, SSE Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41. João Pessoa, 2002. p. 525. Anais do Congresso Brasileiro de Geologia. SBG.

SANTOS, J.O.S. Geotectônica do Escudo das Guianas e Brasil-Central. In: BIZZI, L.A. *ET al.* (Ed.). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*. Brasília: CPRM Serviço Geológico do Brasil, 2003.p. 169-226, il.

SANTOS, J.O.S., HARTMANN, L.A., GAUDETTE, H.E., GROVES, D.I., McNAUGHTON, N.J., FLETCHER, I.R. *A new understanding of the Provinces of the Amazon Craton based on integration of field and U-Pb and Sm-Nd geochronology*. Gondwana Research 3, 2000. 453-488.

SMITH, J. V. *Feldspar Minerals*. New York, Springer Verlag, v. 2: Chemical and textural properties, 1974.

SOUZA, Z. S.; POTREL, P.; LAFON, J. M.; ALTHOFF, F.J.; PIMENTEL, M.M.; DALL'AGNOL, R.; OLIVEIRA, C. G. Isótopos de Nd, Pb e Sr de greenstone belt arqueano da região de Rio Maria, SE do Pará: implicações na evolução geodinâmica do Cráton Amazônico. In: SIMPÓSIO GEOLOGIA AMAZÔNIA, 7., Belém, . 2001. Boletim de resumos expandidos. Belém. SBG/NO. (CD-ROM).

STRECKEISEN, A. To each plutonic rocks its proper name. *Earth Sci. Rev.*, 1976. v. 12, p. 1-33.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. Evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito Neves, B.B. de (Org.). *GEOLOGIA DO CONTINENTE SUL AMERICANO: EVOLUÇÃO DA OBRA DE F.F.M. DE ALMEIDA*. BECA, São Paulo, 2004. p. 471-486.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA M.J.B. Geochronological Provinces of the Amazonian craton. *Episodes*, 1999. v. 22, p. 174-182.

VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T.; SILVA, C. M. G.; RICCI, P. S. F.; BARBOSA, J. P. O.; KLEIN, E. L.; LOPES, E. C. S.; MACAMBIRA, E. M. B.; CHAVES, C. L.; CARVALHO, J. M. A.; OLIVEIRA, J. G. F.; ANJOS, G. C.; SILVA, H. R. Unidades Litoestratigráficas in: *GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DO ESTADO DO PARÁ*. Belém, 2008.

WERNICK, E. - *Rochas Magmáticas: Conceitos Fundamentais e Classificação Modal*. 2004.

WILLIAMS, H.; TURNER, F. J.; GILBERT, C. H. *Petrography. A introduction to the study of rocks in thin section*. 2nd Edition, W. H. Freeman and Company. San Francisco, 1982. 406p.

ANEXOS

Anexo a - Tabela de datação por evaporação de Pb em zircão da amostra MC-01A.

Zircao	Temp.	Razões	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2σ	$(^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2σ	$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2σ	Idade	2σ
MC1A/1	*1450	0/32	0.000264	0.000040	0.05482	0.00153	0.19872	0.00193	2816.2	15.8
MC1A/2	*1450	0/16	0.000286	0.000025	0.06234	0.00113	0.19776	0.00088	2808.3	7.3
MC1A/3	*1450	0/40	0.000140	0.000002	0.06698	0.00022	0.21001	0.00027	2906.0	2.1
MC1A/4	*1500	0/6	0.000186	0.000038	0.06824	0.00181	0.21320	0.00149	2930.4	11.3
MC1A/5	*1450	0/6	0.000238	0.000014	0.05592	0.00073	0.19542	0.00060	2788.6	5.0
MC1A/6	*1450	0/16	0.000641	0.000007	0.07063	0.00041	0.18363	0.00060	2686.1	5.4
	*1500	0/32	0.000095	0.000004	0.05130	0.00016	0.20805	0.00058	2890.7	4.6
	1550	32/32	0.000184	0.000028	0.04948	0.00074	0.20721	0.00039	2884.3	3.0
MC1A/7	#1450	0/8	0.001391	0.000196	0.05168	0.00655	0.18337	0.00259	2683.8	23.3
	1500	24/38	0.000748	0.000047	0.05842	0.00143	0.20746	0.00116	2886.2	9.0
MC1A/8	*1450	0/12	0.000374	0.000002	0.10621	0.00058	0.17928	0.00046	2646.5	4.3
	#1500	0/8	0.000434	0.000170	0.06529	0.00563	0.20695	0.00534	2882.1	41.9
MC01A/11	1500	22/30	0.000084	0.000009	0.04856	0.00057	0.20741	0.00078	2885.8	6.1
MC01A/13	*1500	0/22	0.000050	0.000003	0.05191	0.00040	0.20333	0.00034	2853.3	2.7
MC01A/14	*1450	0/8	0.000388	0.000012	0.14935	0.00299	0.17731	0.00058	2628.1	5.4
	*1500	0/38	0.000041	0.000007	0.07041	0.00085	0.21175	0.00025	2919.3	1.9
MC01A/21	*1450	0/8	0.000213	0.000008	0.07809	0.00086	0.19202	0.00052	2759.8	4.5
	*1500	0/36	0.000038	0.000008	0.05149	0.00050	0.20918	0.00035	2899.5	2.7
	*1450	0/16	0.000065	0.000018	0.06716	0.00141	0.21062	0.00048	2910.7	3.7
MC01A/15	*1550	0/36	0.000036	0.000004	0.06496	0.00025	0.21065	0.00032	2910.9	2.5
MC01A/17	*1500	0/32	0.000049	0.000009	0.05267	0.00078	0.20906	0.00038	2898.6	3.0
MC01A/15	*1500	0/34	0.000026	0.000008	0.05084	0.00075	0.20611	0.00040	2875.5	3.1
MC01A/19	*1450	0/24	0.000228	0.000018	0.08660	0.00314	0.18955	0.00389	2738.6	33.7
	*1500	0/28	0.000083	0.000007	0.06247	0.00078	0.21061	0.00041	2910.6	3.1
MC01A/20	*1550	0/36	0.000125	0.000008	0.04788	0.00056	0.20000	0.00059	2826.6	4.8
78/594									2884.7	2.6

(c) - razão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ corrigida do Pb comum

(*) - etapa de evaporação eliminada subjetivamente

(#) - etapa de evaporação eliminada por apresentar razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ superior a 0.0004

Anexo b - Tabela de datação por evaporação de Pb em zircão da amostra MC-08.

Zircão	Temp.	Razões	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2σ	$(^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2σ	$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2σ	Idade	2σ
MC08/3	1500	8/8	0.000730	0.000032	0.11434	0.00122	0.20578	0.00097	2872.9	7.7
MC08/4	#1500	0/22	0.001342	0.000067	0.03692	0.00284	0.19719	0.00121	2803.3	10.0
	#1500	0/12	0.001121	0.000212	0.04734	0.00741	0.19919	0.00187	2820.0	15.4
MC08/5	#1500	0/14	0.002947	0.000156	0.07317	0.00552	0.20801	0.00202	2890.4	15.8
	1550	24/24	0.002735	0.000127	0.07623	0.01327	0.20592	0.00318	2874.0	25.1
MC08/8	#1450	0/8	0.009634	0.000276	0.00000	0.00000	0.13752	0.00509	2196.5	64.3
	#1500	0/26	0.003082	0.000044	0.05206	0.00183	0.19828	0.00081	2812.5	6.7
MC08/9	#1450	0/10	0.002526	0.000220	0.03974	0.01393	0.17207	0.00275	2578.2	26.7
	*1500	0/8	0.000407	0.000002	0.05839	0.00157	0.21060	0.00091	2910.5	7.0
		32/132							Idade = 2873.0	7.2

(c) - razão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ corrigida do Pb comum

(*) - etapa de evaporação eliminada subietivamente

(#) - etapa de evaporação eliminada por apresentar razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ superior a 0,0004