



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA, GEOCRONOLOGIA E
GEOQUÍMICA DO GRANITO ANOROGÊNICO SERINGA,
PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS, SSE DO PARÁ**

Dissertação apresentada por:

ANTONIO LIMA DE PAIVA JÚNIOR

**BELÉM
2009**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)
Biblioteca Geól. Raimundo Montenegro G. de Montalvão

Paiva Júnior, Antonio Lima de
P149g Geologia, petrografia, geocronologia e geoquímica do Granito
Anorogênico Seringa, Província Mineral de Carajás, SSE do Pará /
Antonio Lima de Paiva Júnior – 2009
ix, 149 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa
de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

Orientador; Claudio Nery Lamarão.

1. Petrologia magnética. 2. Granito Seringa. 3. Anorogênico. 4.
Tipo A oxidado. 5. Paleoproterozóico. 6. Suscetibilidade magnética.
7. Petrografia. 8. Geoquímica. 9. Província Mineral de Carajás. 10.
Pará I. Universidade Federal do Pará. II. Lamarão, Claudio Nery,
Orient. III. Título.

CDD 20. ed.: 552.098115



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA, GEOCRONOLOGIA E
GEOQUÍMICA DO GRANITO ANOROGÊNICO SERINGA,
PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS, SSE DO PARÁ**

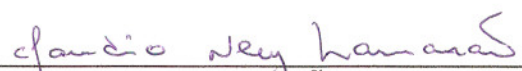
DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

ANTONIO LIMA DE PAIVA JÚNIOR

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

Data de Aprovação: **15/07/2009**

Comitê de Dissertação:


DR. CLAUDIO NERY LAMARÃO (UFPA)
(Orientador)


DR. SÉRGIO PACHECO NEVES (UFPE)
(Membro)


DR. DAVIS CARVALHO DE OLIVEIRA (UFPA)
(Membro)

Belém

Dedico essa dissertação a Jesus Cristo, a minha esposa Rosiane, ao meu filhão Lucas, ao meu Pai Antonio, a minha Mãe Rosalina, aos meus consangüíneos Raphael e Aline Rosy, por acreditarem nesse trabalho, investindo carinho, incentivos e credibilidade durante todas as etapas de minha vida. Muito obrigado!!!

AGRADECIMENTOS

Este espaço é dedicado a algumas pessoas e instituições que, por diferentes razões, contribuíram para que esta dissertação fosse realizada. Deixo aqui meus sinceros agradecimentos:

Ao criador dos céus e da terra, Deus;

Aos meus familiares por todo apoio e carinho ao longo desses anos;

À Universidade Federal do Pará, junto ao programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica pela infra-estrutura;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico – CNPq pela concessão de bolsa de mestrado;

Ao PROCAD pelo apóio financeiro nas etapas de campo, confecção de lâminas, corte de amostras e material de apóio;

Ao Projeto PRONEX (FADESP/CNPq, proj. nº 103/98 - Proc. 66.2103/1998-0), através de seu coordenador Roberto Dall’Agnol, pelo suporte financeiro em diversas ocasiões de divulgação deste trabalho;

Ao Professor Claudio Lamarão, por compartilhar comigo seu tempo de trabalho, sendo um orientador disposto a oferecer estímulos, ouvir com interesse e ânimo todas as questões, dúvidas e problemas que surgiam durante o processo de reflexão. Por ser um orientador paciente e generoso e principalmente por sua amizade;

Ao Professor Roberto Dall’Agnol, pelas discussões que foram indispensáveis ao longo deste trabalho;

Aos amigos Paulo Henrique e Josiane pela ajuda durante a segunda etapa de campo;

Aos Geólogos José de Arimatéia, Marcelo Oliveira, Gilmara Feio, Fabriciana Guimarães, Samantha Barriga, pelas discussões e sugestões, bem como pelo companheirismo e momentos inesquecíveis de descontração;

Ao Geólogo Hilton Túlio Costi, pela amizade e ajuda na obtenção das imagens em microscopia eletrônica da varredura;

Ao Professor Marco Antonio Galarza pela ajuda na obtenção dos dados geocronológicos, bem como as discussões;

In Memoriam. Ao Professor Nilson Pinto Teixeira pelo incentivo inicial de minha vida acadêmica;

Aos amigos do GPPG (Emanuel, Tayla, Francisco, Davis, Carlos Marcello e Sabrina Pinho);

Aos amigos do curso que ingressaram comigo na graduação;

Aos Grandes Amigos: Silvia Cristina, Marcio, Thais, Marcia, Bruno, Gustavo, Rich, Paulo Henrique, Anderson e Cristovão Valério;

Ao Grupo de Professores e funcionário do Instituto de Geociências, destacando-se Carlos Alberto, José Esteves, Afonso Quaresma, Walter Pompeu, Joelma e Valquíria;

A CPRM, através do geólogo Marcelo Vasques pela concessão de imagens aerogeofísicas da Província Mineral de Carajás, bem como pelo empréstimo do motorista Osvaldo, vulgo Sherek;

Todos são co-autores deste trabalho.

*Sábio é aquele que permite descobrir;
que reconhece a importância de aprender o novo,
que abre seu coração para sentir e ouvir....
Sábio é aquele que diz sim para a vida,
que desperta o amor em si e em seu semelhante,
na intenção de criar um mundo melhor a todos nós.
Sábio é aquele que ama seu irmão que vê,
Como ama a Deus que não vê.
Sábio é aquele que vive e sabe viver!*

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
EPÍGRAFE	iv
RESUMO	1
ABSTRACT	03
1 – INTRODUÇÃO	05
1.1 – APRESENTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	06
1.2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	09
1.2.1 - Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria	11
1.2.2 - Bacia de Carajás	16
1.2.3 - Domínio de Transição	19
1.3 – MAGMATISMO ANOROGÊNICO DA PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS ...	22
1.4 – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	25
1.5 – OBJETIVOS	27
1.6 – MATERIAIS E MÉTODOS	27
1.6.1 – Pesquisa Bibliográfica	27
1.6.2 – Mapeamento Geológico	28
1.6.3 – Petrografia	28
1.6.4 – Geoquímica	30
1.6.5 – Susceptibilidade Magnética	31
1.6.6 – Caracterização dos Minerais Óxidos de Fe e Ti	32
1.6.7 – Geocronologia	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
2 – GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DO BATÓLITO ANOROGÊNICO SERINGA, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS, SSE DO PARÁ	52
Antonio Lima de Paiva Júnior	
Claudio Nery Lamarão	
Paulo Henrique Araújo Lima	
<i>Submetido: REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS</i>	
Resumo	54
Abstract	55

1 – INTRODUÇÃO	56
2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	56
3 – GEOLOGIA DO GRANITO SERINGA	58
4 – PETROGRAFIA	61
4.1 – COMPOSIÇÃO MODAL E CLASSIFICAÇÃO	61
4.2 – ASPECTOS TEXTURAIS	65
5 – GEOQUÍMICA	67
5.1 – ELEMENTOS MAIORES	67
5.2 – ELEMENTOS TRAÇOS	71
5.2.1 – Comportamento do Rb, Sr e Ba	71
5.2.2 – Comportamento do Zr, Y e Nb	72
5.2.3 – Comportamento dos Elementos Terras Raras	74
5.3 – AMBIENTE TECTÔNICO E TIPOLOGIA	74
6 – CONCLUSÕES	78
Agradecimentos	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

3- PETROLOGIA MAGNÉTICA E GEOCRONOLOGIA DO BATÓLITO ANOROGÊNICO SERINGA, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS SSE

DO PARÁ	86
----------------------	-----------

Antonio Lima de Paiva Júnior

Claudio Nery Lamarão

Hilton Costi Túlio

Marco Antonio Galarza

Submetido: REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS

Resumo	88
Abstract	89
1 – INTRODUÇÃO	90
2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	90
3 – ASPECTOS GEOLÓGICOS E PETROGRÁFICOS	91
4 – MÉTODOS DE TRABALHO	96
5 – SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA	98
5.1 – RELAÇÃO ENTRE SM E FÁCIES PETROGRÁFICAS	98
5.2 – RELAÇÃO ENTRE SM E COMPOSIÇÃO MODAL	101

5.3 – RELAÇÃO ENTRE SM E COMPOSIÇÃO QUÍMICA	104
6 – MINERAIS OPACOS	105
6.1 – SEQUÊNCIA DE FORMAÇÃO DOS MINERAIS OPACOS	109
7 – GEOCRONOLOGIA Pb-Pb EM ZIRCÃO	110
8 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	112
<i>Agradecimentos</i>	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
 4 – CONCLUSÕES FINAIS	 120

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1 – Mapa de localização da região de ocorrência do Granito Seringa	08
Figura 2 – Províncias geocronológicas do Cráton Amazônico	10
Figura 3 – Mapa geológico simplificado da Província Mineral de Carajás	12
Figura 4 – Mapa de ocorrência das amostras estudadas do Granito Seringa	29
Figura 5 – Equipamentos usados para tratamento das amostras	34

Capítulo 2

Figura 1 – Mapa geológico simplificado da Província Mineral de Carajás	57
Figura 2 – Mapa geológico do Granito Seringa	60
Figura 3 – Diagramas modais Q-A-P e Q-A+P-M	63
Figura 4 – Mapa faciológico do Granito Seringa	64
Figura 5 – Diagramas de Harker para as diversas fácies do Granito Seringa	70
Figura 6 – Diagramas geoquímicos para as diversas fácies do Granito Seringa	71
Figura 7 – Diagramas de elementos Traços para as diversas fácies do Granito Seringa	73
Figura 8 – Diagrama de distribuição dos elementos terras raras do Granito Seringa	75
Figura 9 – Diagrama comparativo dos elementos terras raras	75
Figura 10 – Diagramas de tipologia e ambientes tectônicos	77
Figura 11 – Diagramas discriminantes de granitos Tipo A e Cálculo-alcalinos	78

Capítulo 3

Figura 1 – Mapa geológico do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria	92
Figura 2 – Mapa geológico do Granito Seringa	93
Figura 3 – Diagramas modais Q-A-P e Q-A+P-M	94

Figura 4 – Mapa faciológico do Granito Seringa	95
Figura 5 – Gráficos de Suscetibilidade magnética do Granito Seringa	101
Figura 6 – Gráficos de relação entre valores de SM e conteúdos modais	102
Figura 7 – Gráficos de relação entre valores de SM e dados geoquímicos	103
Figura 8 – Imagens de minerais opacos do Granito Seringa	108
Figura 9 – Diagrama mostrando a idade de cristalização do Granito Seringa	110
Figura 9 – Histograma de frequência comparativo	113

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 – Dados geocronológicos dos granitóides arqueanos da Província Mineral de Carajás	14
Tabela 2 – Dados geocronológicos dos granitos proterozóicos da Província Mineral de Carajás	23

Capítulo 2

Tabela 1 – Composições modais médias das diferentes fácies do Granito Seringa	62
Tabela 2 – Composições geoquímicas das diferentes fácies do Granito Seringa	68

Capítulo 3

Tabela 1 – Dados de suscetibilidade magnética do Granito Seringa	99
Tabela 2 – Composições modais e valores de SM das diferentes fácies do Granito Seringa	103
Tabela 3 – Composição geoquímica (resumida) e valores de SM das diferentes fácies do Granito Seringa	105
Tabela 4 – Resultados isotópicos obtidos pelo método de evaporação do Pb em monocristais de zircão do Granito Seringa	111

RESUMO

O Granito Seringa, com cerca de 2250 km² de superfície aflorante, representa o maior batólito anorogênico da Província Mineral de Carajás. É intrusivo em unidades arqueanas do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, sudeste do Cráton Amazônico. É constituído por dois grandes conjuntos petrográficos: A) rochas monzograníticas, representadas por bitotita-anfibólio monzogranito grosso e anfibólio-bitotita monzogranito grosso; B) rochas sienograníticas, representadas por anfibólio-biotita sienogranito porfirítico, leucosienogranito heterogranular, leucomicrosienogranito e anfibólio-biotita sienogranito heterogranular. A mineralogia essencial é representada por quartzo, feldspato potássico e plagioclásio. Biotita e anfibólio são varietais e zircão, apatita, minerais opacos e allanita, minerais acessórios. Os dados de suscetibilidade magnética (SM) do Granito Seringa permitiram identificar quatro populações com diferentes características magnéticas, onde os valores mais altos de SM relacionam-se às fácies menos evoluídas e os mais baixos às fácies sienograníticas, sobretudo leucograníticas. Magnetita, ilmenita, apatita, zircão, epidoto, fluorita, monazita e xenotímio são fases acessórias presentes. A análise textural dos seus óxidos de Fe e Ti permitiu distinguir cinco tipos de ilmenita: *trellis*, *sanduíche*, composta interna/externa, mancha e individual. Feições texturais sugerem que titanomagnetita, ilmenita composta interna e externa foram originadas durante o estágio inicial da cristalização. A ilmenita foi desestabilizada e parcialmente substituída por titanita ainda no estágio magmático. Durante o estágio *subsólido*, a titanomagnetita foi afetada por processo de exsolução-oxidação e deu origem a intercrescimentos de magnetita quase pura com ilmenita (*trellis*, mancha e *sanduíche*). Pode-se inferir que as condições de fugacidade de oxigênio (fO₂) que prevaleceram durante a formação do maciço Seringa foram, possivelmente, inferiores às do tampão NNO, mas superiores às daquelas do tampão FMQ. O Granito Seringa apresentou idade de cristalização de 1895±1 Ma pelo método Pb-Pb em zircão, coincidente com a dos demais granitos anorogênicos da PMC. O Granito Seringa Mostra caráter subalcalino, metaluminoso a fracamente peraluminoso e possui altas razões FeO_T/FeO_T+MgO (0,86 a 0,97) e K₂O/Na₂O (1 a 2). Os ETR mostram padrão de fracionamento moderado para os ETRL, e sub-horizontalizado para os ETRP. As anomalias negativas de Eu são fracas nas rochas monzograníticas e moderadas a acentuadas nas sienograníticas e leucomonzograníticas, respectivamente, com exceção dos ABSGrP. Mostra afinidades geoquímicas com granitos intraplacas, ferrosos, do subtipo A2 e tipo A oxidados. As

relações de campo e os aspectos petrográficos e geoquímicos não indicam que as diversas fácies do Granito Seringa evoluíram por processo único de cristalização fracionada. O Granito Seringa apresenta maiores semelhanças petrográficas, geoquímicas e de suscetibilidade magnética com as rochas da Suíte Serra dos Carajás, podendo ser enquadrado nesta importante suíte granitóide.

Palavras Chave: Granito Seringa, Anorogênico, Tipo A Oxidado, Província Mineral de Carajás, Petrografia, Geocronologia, Geoquímica, Petrologia Magnética.

ABSTRACT

The Seringa Granite, with 2250 km² of outcropping area represents the biggest anorogenic batholith of Carajás Mineral Province. It is intrusive in Archean units of the Rio Maria Granite-Greenstone Terrane, located in the southeastern of the Amazonian craton. The Seringa Granite is formed by two great petrographic groups: A) monzogranites rocks, represented by biotite-amphibole coarse-grained monzogranite, amphibole-biotite coarse-grained monzogranite; B) syenogranites rocks, represented by, porphyritic amphibole-biotite syenogranite, heterogranular leucosyenogranite, leucomicrosyenogranite, and heterogranular amphibole-biotite syenogranite. It's formed essentially by quartz, alkali feldspar and plagioclase. Biotite and amphibole are varietal minerals and zircon, apatite, opaque, and allanyte the accessories minerals. The magnetic susceptibility (MS) data of Seringa Granite identified four populations with different magnetic characteristics, in which the highest values of MS are related to the less evolved facies and the lowest values to the syenogranitic facies, mainly leucogranites. Magnetite, ilmenite, apatite, zircon, epidote, fluorite, monazite and xenotime are accessory phases identified in Seringa Granite. The textural analysis of their oxides has distinguished five forms of ilmenite: trellis, sandwich, composite internal/external, patch and individual. Textural features suggest that titanomagnetite and individual and composite ilmenite crystallized in early magmatic stage. The Ilmenite was destabilized and partially replaced by titanite still in the magmatic stage. During the *subsolidus* stage, titanomagnetite was transformed by oxidation-exsolution in intergrowths of almost pure magnetite and ilmenite (sandwich, patch, and trellis ilmenite). We can infer that oxygen fugacity conditions (fO_2) that prevailed during the formation of Seringa massive were possibly below the NNO buffer, but higher than the FMQ buffer. The Seringa Granite showed Pb-Pb zircon age of 1895 ± 1 Ga, considered its crystallization age, and coincident with the other anorogenic plutons of the CMP. It is subalkaline, metaluminous to peraluminous, display K_2O/Na_2O ratios between 1 and 2 and $FeOt/(FeOt + MgO)$ between 0.86 and 0.97. The patterns of REE show increase in negative europium anomalies from the less evolved facies to the more evolved facies. In these sense, it is enriched in light REE parallel to the impoverishment of heavy REE. It shows geochemical affinities with within-plate granites, ferroan granites, of the A2-subtype and oxidized A-type granites. The field relations, and the petrographic and geochemistry aspects not indicate that the Seringa Granite evolved through a unique process of fractional crystallization. The Seringa Granite display more petrographic, geochemistry and magnetic

susceptibility similarities with the suite Serra dos Carajás rocks, been included in that important granitoid suite.

Keywords: Seringa Granite, Anorogenic, Oxidized A-Type, Carajás Mineral Province, Petrography, geochronology, Geochemistry, Magnetic Petrology.

CAPÍTULO -1

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

1.1 – APRESENTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Cráton Amazônico foi, em tempos Proterozóicos, palco de uma das mais extensas atividades graníticas que se têm registro na crosta terrestre (Dall'Agnol et al. 1994). Manifestando-se recorrentemente por quase um bilhão de anos, esse magmatismo anorogênico é representado por rochas plutônicas e vulcânicas diversas, associadas ou não a mineralizações. Na porção sudeste do Cráton Amazônico, localiza-se a Província Mineral de Carajás (PMC), de idade arqueana, caracterizada pela sua grande variedade de recursos minerais, destacando-se os depósitos de ferro, ouro, manganês, níquel e cobre (DOCEGEO 1988). Grande parte do conhecimento geológico da PMC deve-se, majoritariamente, aos trabalhos de mapeamento geológico e prospecção, executados por DOCEGEO e CPRM. Contudo, diversos grupos de pesquisa, entre eles os Grupos de Pesquisa Petrologia de Granitóides (GPPG), Geologia Isotópica (PARÁ-ISO), Geologia Estrutural (GES) e Geologia Econômica (GEE) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA) tem se destacado nos últimos anos, contribuindo intensamente com diversos estudos de detalhe em diferentes linhas de Pesquisa.

O GPPG tem se destacado nos últimos anos pelos diversos trabalhos de detalhe na região, particularmente sobre granitóides, concentrando suas atividades na porção sul da Amazônia Oriental, visando o estudo da evolução das rochas granitóides, bem como sua caracterização geoquímica e petrológica. Paralelamente, o Grupo tem desenvolvido uma linha de pesquisa ligada ao estudo da susceptibilidade magnética SM e dos minerais óxidos de Fe e Ti que serviu de base para vários trabalhos: Dall'Agnol et al. (1988), Magalhães (1991), Magalhães & Dall'Agnol (1992) Magalhães et al. (1994), Paiva Júnior et al. (2006), Guimarães et al. (2006), Dias et al. (2006), Almeida et al. (2005), Oliveira et al (2005), Nascimento (2006), entre outros.

Os granitos anorogênicos presentes na PMC têm sido estudados sistematicamente pelo GPPG. Um conhecimento geológico expressivo foi acumulado ao longo dos anos sobre os maciços graníticos que constituem as suítes Jamon (granitos Jamon, Musa, Redenção e Bannach), Serra dos Carajás (granitos Central, Cigano e Pojuca), Velho Guilherme (granitos Antônio Vicente, Velho Guilherme, Mocambo e Bom Jardim), entre outros. Outros maciços foram, até então, estudados de maneira menos detalhada, destacando-se os corpos São João e Gradaús, situados a sul da cidade de Água Azul do Norte e a oeste de Bannach, respectivamente. Ambos os

corpos graníticos estão sendo foco de estudos por alunos ligados ao GPPG em trabalho de conclusão de curso TCC.

No Cráton Amazônico, tais rochas granitóides apresentam idades que variam do final do Paleoproterozóico (1,88Ga) até o final do Mesoproterozóico (1,0 Ga) e vários estudos têm sido realizados sobre as mesmas (Abreu & Ramos 1974, Dall'Agnol 1980, Horbe et al. 1985, Gastal 1987, Bettencourt & Dall'Agnol 1987, Horbe et al. 1991, Teixeira & Dall'Agnol 1991, Dall'Agnol et al. 1993, Teixeira et al. 1994, Dall'Agnol et al. 1997a, Dall'Agnol et al. 1999b, Oliveira et al. 2001, Almeida et al 2006 e Dall'Agnol & Oliveira 2007). Os maciços graníticos anorogênicos formam stocks e batólitos distribuídos praticamente em toda extensão do Cráton Amazônico, sobretudo na Província Mineral de Carajás (Teixeira et al. 1994, Dall'Agnol et al. 1997a, Dall'Agnol et al. 1999b, Oliveira et al. 2001, Almeida et al 2006 e Dall'Agnol & Oliveira 2007). Dentre os inúmeros corpos relacionados com este magmatismo registra-se o Granito Seringa, localizado na porção sul-sudeste do estado do Pará, entre os municípios de Ourilândia do Norte e Água Azul do Norte (Figura 1), quase inteiramente inserido na folha SB-22-Z-A-IV, sendo limitado pelos paralelos 6°56' e 6°54' S e os meridianos 50°59' e 50°33' W. O batólito Seringa localiza-se geograficamente entre as três suítes anorogênicas definidas na PMC e foi enquadrado preliminarmente nas suítes Velho Guilherme (Avelar et al. 2004) e Jamon (Dall'Agnol et al. 2005).

As regiões de Carajás e Rio Maria destacam-se por apresentarem maior aporte de dados geológicos e geocronológicos, enquanto outras regiões mostram relativa escassez de informações. O Granito Seringa carece de estudos geológicos, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos, fato este que nos levou a estudar este batólito granítico e posicioná-lo numa das três suítes anorogênicas.

Com o objetivo de contribuir para o avanço do conhecimento das Suítes Jamon, Serra dos Carajás e Velho Guilherme, foi realizada esta pesquisa a nível de mestrado, iniciada em Março de 2007 e vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da Universidade Federal do Pará.

A presente dissertação, intitulada **“Geologia, Petrografia, Geocronologia e Geoquímica do Granito Anorogênico Seringa, Província Mineral de Carajás, SSE do Pará”**, foi estruturada na forma integrada de artigos científicos de acordo com as normas gerais definidas pela Comissão da Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal

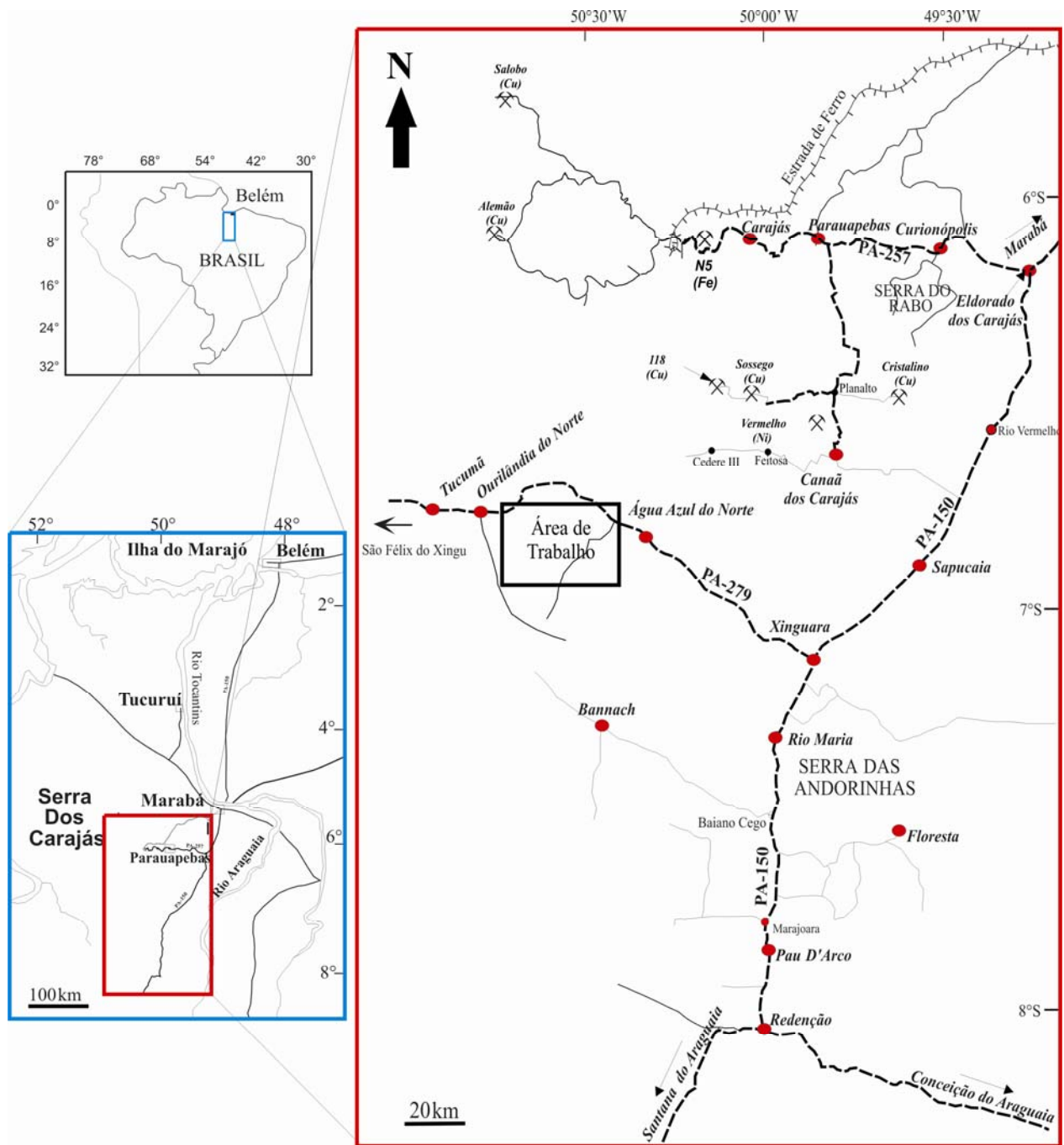


Figura 1 – Mapa de localização da região, indicando a área de ocorrência do granito Seringa.

do Pará. Este trabalho inclui um capítulo introdutório, onde é abordado o contexto geológico regional, destacando-se os principais aspectos geológicos e geocronológicos da Província Mineral de Carajás e a caracterização do magmatismo anorogênico paleoproterozóico. Em seguida são definidos os principais problemas geológicos que motivaram esta proposta de trabalho, a partir

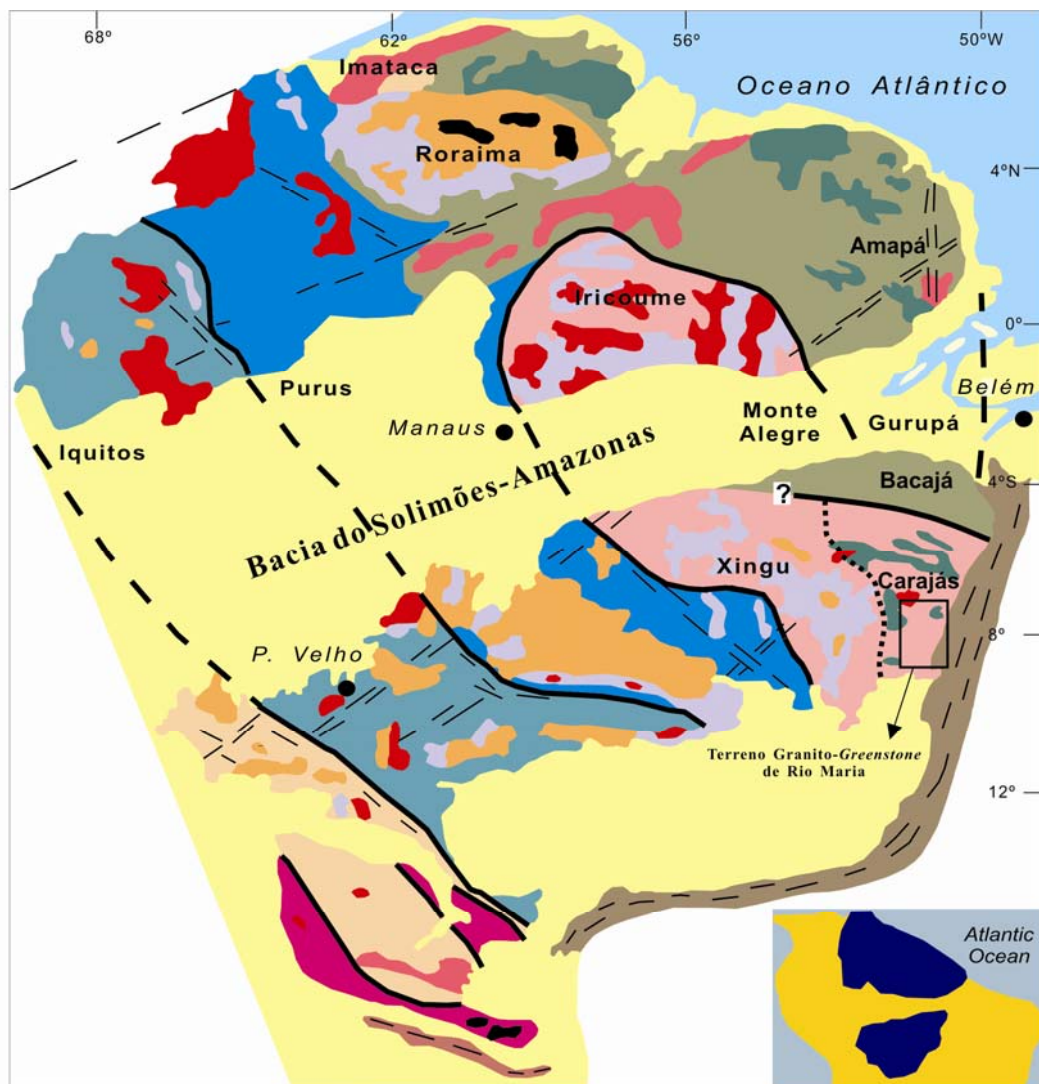
dos quais foram definidos os objetivos da pesquisa. As atividades e procedimentos metodológicos que viabilizaram alcançar os objetivos propostos serão descritos e discutidos nos capítulos subseqüentes. Os resultados alcançados neste trabalho são apresentados e discutidos na forma de dois artigos científicos (Capítulos 2 e 3), e abordados de forma integrada no capítulo final (Capítulo 4).

Capítulo 2 – *Artigo 1 – GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DO BATÓLITO ANOROGÊNICO SERINGA, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS, SSE DO PARÁ*. Submetido à *REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS* (RBG). Apresenta os dados de campo, petrográficos e geoquímicos, bem como discute as relações entre as variedades faciológicas e os processos envolvidos na evolução magmática do Granito Seringa. Os dados geoquímicos também foram utilizados para discutir a ambiência tectônica e tipologia para estabelecer o caráter oxidado do Granito Seringa e compará-lo com outros granitos tipo-A da PMC.

Capítulo 3 – *Artigo 2 – PETROLOGIA MAGNÉTICA E GEOCRONOLOGIA DO BATÓLITO ANOROGÊNICO SERINGA, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS, SSE DO PARÁ*. Submetido à *REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS* (RBG). Discute as relações entre a susceptibilidade magnética (SM) e as fácies petrográficas do corpo, caracteriza os minerais óxidos de Fe e Ti através de microscopia eletrônica de varredura e estabelece condições de oxirredução para o Granito Seringa. A geocronologia mostra a idade de cristalização do referido granito, a fim de compará-lo com as rochas que formam as três suítes graníticas da PMC.

1.2 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Província Mineral Carajás localiza-se na borda sudeste do Cráton Amazônico (Dall'Agnol et al. 2005), faz parte da Província Amazônia Central (Tassinari & Macambira 2004; Figura 2) e é formada por terrenos arqueanos intrudidos por granitos anorogênicos do Paleoproterozóico. É limitada a norte pela Província Maroni-Itacaiúnas (Figura 2), formada durante o Evento Trans-Amazônico (2.2-2.1 Ga), a leste é bordejada pelo Cinturão Araguaia do Neoproterozóico, relacionado ao Ciclo Brasileiro (Pan-Africano), o qual não afetou significativamente o Cráton Amazônico e a oeste, por granitóides paleoproterozoicos e sequências vulcano-plutônicas do Supergrupo Uatumã, com idades próximas de 1.88 Ga (Teixeira et al. 2002; Figura 2).



Províncias Geocronológicas

- Amazônia Central ($> 2,5$ Ga)
- Maroni-Itacaiunas (2,2-1,9 Ga)
- Ventuari-Tapajos (1,9-1,8 Ga)
- Rio Negro-Juruena (1,8-1,55 Ga)
- Rondoniana-San Ignacio (1,55-1,3 Ga)
- Sunsas (1,25-1,0 Ga)
- Área de Estudo (TGGRM)

Unidades Geológicas

- Coberturas Fanerozóicas
- Granitóides
- Cobertura Pré-Cambriana
- Vulcanismo Ácido intermediário
- Vulcanismo Máfico
- Greenstone belts
- Complexos Granulíticos
- Cinturões Móveis Neoproterozóicos
- Alto estrutural do embasamento

Figura 2 – Províncias Geocronológicas do Cráton Amazônico (Tassinari & Macambira 2004)

Costa et al. (1995) distinguiram na PMC (Figura 3) três domínios tectônicos: Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas (CCI) a norte, o Cinturão de Cisalhamento Pau D'Arco (CCPD) a sul e o Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria (TGGRM) entre eles. Althoff et al. (1991, 1995), Dall'Agnol et al. (1996, 1997) e Rolando & Macambira (2002) não consideram o CCPD como um domínio individual e sim um prolongamento do TGGRM até a região de Redenção e Serra do Inajá. De acordo com Souza et al. (1996), a PMC é formada por dois blocos tectônicos, com limite incerto entre eles, mas localizado provavelmente a norte do *greenstone belt* de Sapucaia, ficando o TGGRM situado a sul e o Bloco Carajás (BC) a norte.

DOCEGEO (1988) considera a Bacia de Carajás (Supergrupo Itacaiúnas) como uma unidade formada sobre o terreno Granito-Greenstone de Rio Maria. Dall'Agnol et al. (2006) acreditam que a região entre Xinguara e a porção sul da Bacia de Carajás –domínio de transição– seria uma extensão do TGGRM que foi intensamente afetado pelos eventos magmáticos e tectônicos registrados na bacia Carajás. No entanto, o limite entre o TGGRM e a bacia Carajás permanece ainda indefinido. Neste trabalho, será adotado o termo “domínio de transição” (Dall'Agnol et al. 2006) para a região entre Xinguara e Serra de Carajás sul, sendo a geologia abordada separadamente, sem que isso implique um posicionamento definitivo em relação à evolução deste segmento da PMC. No mapa geológico do Estado do Pará, Vasquez et al. (2008b) também distinguem dois grandes domínios na PMC, os Domínio Rio Maria e Carajás.

1.2.1 Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria

O TGGRM é o domínio cuja evolução geológica foi estudada em maior detalhe dentro da Província Carajás. É formado por *greenstone belts* (Supergrupo Andorinhas) e por quatro grupos de granitóides arqueanos (Pimentel & Machado 1994, Macambira & Lafon 1995, Althoff et al. 2000, Leite 2001, Leite et al. 2004, Dall'Agnol et al. 2006): (1) Série tonalítica-trondhjemitica mais antiga (2,98 a 2,93 Ga), formada pelo Tonalito Arco Verde e Complexo Tonalítico Caracol; (2) granitóides predominantemente granodioríticos com alto Mg (2,87 Ga), formado pelo Granodiorito Rio Maria, rochas intermediárias e máficas associadas de afinidade sanukitóide; (3) Série tonalítica-trondhjemitica mais jovem (2,87 a 2,86 Ga), composta pelos Trondhjemitos Água Fria e Mogno; e (4) leucogranitos cálcico-alcálicos potássicos (2,93 a 2,86 Ga), representados pelos granitos Xinguara, Mata Surrão, Guarantã e similares.

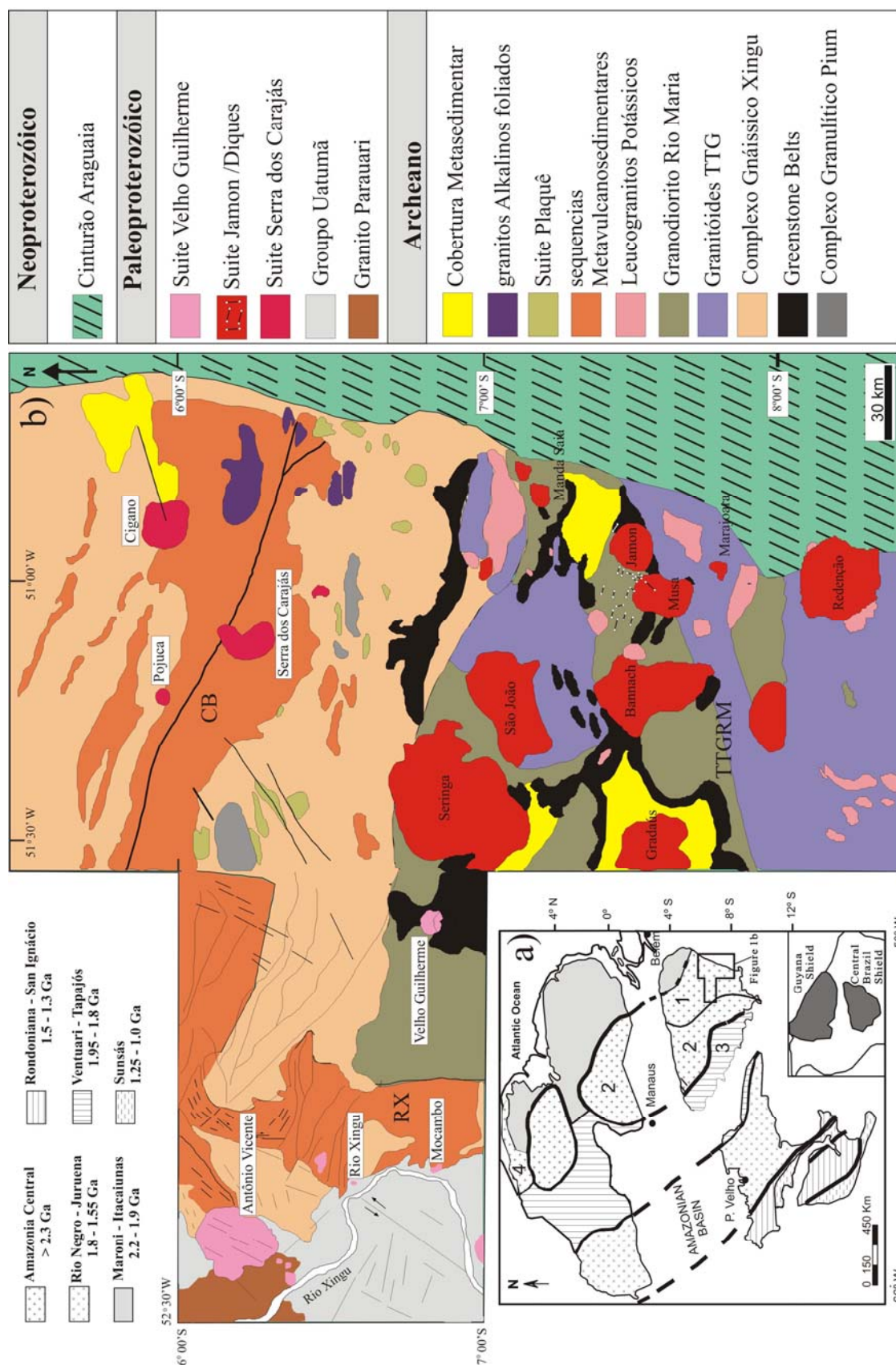


Figura 3 - (a) Localização da área de estudo no Cráton Amazônico; **(b)** Mapa geológico simplificado da Província Mineral de Carajás (modificado de Dall'Agnol et al. 2005). TTGRM-Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria; BC-Bloco Carajás; RX-Região Xingu.

Os *greenstone belts* aflorantes no TGGRM são formados por sequências vulcano-sedimentares (Sapucaia, Identidade, Lagoa Seca, Babaçu, Seringa, Pedra Preta, entre outras) metamorfisadas em condições de fácies xisto-verde a anfibolito (Souza 1996, Souza et al. 1997, 2001) e agrupadas no Supergrupo Andorinhas (Huhn et al. 1988, DOCEGEO 1988). Vasquez et al. (2008b) não utilizam o termo Supergrupo Andorinhas, e dividem os *greenstone belts* do TGGRM em seis grupos: Gradaús, Serra do Inajá, Lagoa Seca, Babaçu, Sapucaia e Tucumã.

Souza et al. (1997) individualizaram, na área de Identidade, rochas metaultramáficas (talco-tremolita xistos) na base, seguidas por metabásicas (basaltos maciços e gabros porfíricos) e, no topo, metadacitos porfíricos. Metassedimentos terrígenos (grauvacas, siltitos) e vulcano-químicos (cherts e formações ferríferas) se intercalam nas porções basais a intermediárias, podendo ocorrer em maior volume no topo da sequência, como no caso da área Lagoa Seca (Huhn et al. 1988).

Os granitóides da série tonalítica-trondhjemitica (TTG) do TGGRM, embora com idades distintas, apresentam características químicas similares e, portanto, serão aqui descritos em conjunto, ressaltando apenas as diferenças entre eles.

O Tonalito Arco Verde forneceu originalmente idade de $2957 \pm 25/-21$ Ma (Tab. 1; U/Pb em zircão, Macambira 1992), posteriormente, confirmadas por datações efetuadas em rochas desta unidade da região de Inajá (2948 ± 7 Ma e 2981 ± 8 Ma, Pb/Pb em zircão; Rolando & Macambira 2002, 2003 e 2964 ± 2 Ma, Pb/Pb em zircão, Vasquez et al. 2008b). Até hoje não foram observadas relações de contato entre o Tonalito Arco Verde e as sequências de *greenstone belts*.

O Complexo Tonalítico Caracol e o Trondhjemitito Água Fria foram individualizados por Leite (2001) a partir do Complexo Xingu. Ambos são formados, respectivamente, por rochas de composição tonalítica e trondhjemitica em contato com o Granito arqueano Xinguara e o *Greenstone Belt* de Sapucaia (Leite 1995, Leite et al. 1997, Leite et al. 2004). O Complexo Tonalítico Caracol é composto por rochas com idades entre 2924 ± 2 e 2948 ± 5 Ma (Tab. 1, Pb/Pb em zircão, Leite et al. 2004). Contém encraves e megaencraves de rochas similares aos metabasaltos dos *greenstone belts*. O Trondhjemitito Água Fria forneceu idade de 2864 ± 21 Ma (Pb/Pb em zircão, Leite et al. 2004) e 2973 ± 130 Ma (U-Pb em zircão, Tassinari et al. 2005) e apresenta encraves do Complexo Tonalítico Caracol e do *greenstone belt* de Sapucaia.

Tabela 1 - Dados geocronológicos dos granitóides arqueanos da Província Mineral de Carajás (Atualizada a partir de Leite 2001).

Unidades Estratigráficas	Tipo de Rocha	Método	Material Analisado	Idade/Referência
BACIA CARAJÁS				
Granito Parauapebas	Granitóide	Pb-Pb	Zircão	2688±11 Ma (3)
Granito Itacaiúnas	Granitóide	Pb-Pb	Zircão	2525±38 Ma (*)
Granito Old Salobo	Granitóide	U-Pb	Zircão	2573± 3 Ma (2)
Complexo Granítico Estrela	Granitóide	Pb-Pb	Zircão	2763±7 Ma (3)
Granito Serra do Rabo	Granitóide	U-Pb	Zircão	2743±1 Ma (11)
Supergrupo Itacaiúnas	Anfibolito	U-Pb	Zircão	2761±3 Ma (2)
Grupo Salobo		U-Pb	Titanita	2497±5 Ma (2)
	Anfibolito	U-Pb	Zircão	2555+4/-3 Ma (2)
Grupo Igarapé Pojuca	Anfibolito	U-Pb	Zircão	2732±2 Ma (2)
Grupo Grão Pará	Vulcânicas félsicas	U-Pb	Zircão	2757±2 Ma (2)
	Riolitos	U-Pb	Zircão	2758±39 Ma (*)
Complexo Luanga	Gabro	U-Pb	Zircão	2763±6 (2)
Suíte Intrusiva Cateté	Gabro	U-Pb	Zircão	2766±6 (16)
Complexo Xingu	Leucossoma granítico	U-Pb	Zircão	2859±2 Ma (2)
	Gnaiss félsico	U-Pb	Zircão	2851±4 Ma (2)
ÁREA DE CANAÃ DOS CARAJÁS - DOMÍNIO DE TRANSIÇÃO				
Suíte Plaquê	Granitóide	Pb-Pb	Zircão	2729±29 Ma (4) 2736±24 Ma (4)
Intrusivas dioríticas	Diorito	Pb-Pb	Zircão	2738±6 Ma (6)
Granito Planalto	Granitóide	Pb-Pb	Zircão	2747±2 Ma (6)
				2734±4 Ma (13)
Associação tonalítica trondhjemitica	Trondhjemitito	U-Pb	Zircão	2750±3 Ma (13)
		Pb-Pb	Zircão	2765±39 Ma (13)
Granodiorito Rio Maria	Granitóide	Pb-Pb	Zircão	2850±17 Ma (4)
Leucogranito	Leucogranito	Pb-Pb	Zircão	2929±1 Ma (13)
Complexo Xingu	Gnaiss	Pb-Pb	Zircão	2972±16 Ma (4)
Complexo Pium	Granulito	Pb-Pb	Rocha total	3050±14 Ma (*)
	Granulito (enderbito)	SHRIMP	Zircão	3002±14 Ma (9)
				2859±9 Ma (9)
TERRENO GRANITO-GREENSTONE DE RIO MARIA				
Granito Mata Surrão	Leucogranito	Pb-Pb	Rocha total	2872±10 Ma (*)
			Zircão	2871± 7 Ma (8)
Trondhjemitito Mogno	Granitóide	U-Pb	Titanita	2871±? Ma (1)
Trondhjemitito Água Fria	Trondhjemitito	Pb-Pb	Zircão	2864±21 Ma (10)
Granito Xinguara	Leucogranito	Pb-Pb	Zir. herdado	2928±2 Ma (10)
			Zircão	2865±1 Ma (10)
				2875±11 Ma (12)
Complexo Tonalítico Caracol	Tonalito	Pb-Pb	Zircão	2948±5 Ma (10)
				2936±3 Ma (10)
				2924±2 Ma (10)
Granodiorito Rio Maria	Granodiorito	U-Pb	Zircão	2874+9/-10 Ma (5)
		U-Pb	Zir, Titan.	2872±5 Ma (1)
		Pb-Pb	Zircão	2879±4 Ma (12)
	Quartzo-diorito	Pb-Pb	Zircão	2878± 4 Ma (7)
Complexo Xingu	Gnaisses tonalíticos	U-Pb	Titanita	2798±? Ma (1)
Granito Guarantã	Leucogranito	Pb-Pb	Zircão	2930±? Ma (14)
Tonalito Arco Verde	Tonalito	U-Pb	Zircão	2957+25/-21 Ma (5)
	Ortognaisse bandado	Pb-Pb	Zircão	2948±7 Ma (12)
	Metagrauvacas	U-Pb	Zircão	2971±18 Ma (5)
Supergrupo Andorinhas (Gr. Lagoa Seca)	Metavulcânica Félsica	U-Pb	Zircão	2904+29/-22 Ma (5)
				2979±5 Ma (1)

Fonte dos dados: (*) - Macambira & Lafon (1995); (1) – Pimentel & Machado (1994); (2) - Machado et al. (1991); (3) - Barros et al. (2001); (4) - Avelar (1996); (5) - Macambira (1992); (6) – Huhn et al. (1999); (7) – Dall’Agnol et al. (1999a); (8) – Althoff et al. (1998); (9) – Pidgeon et al. (2000); (10) Leite (2001); (11) - Sardinha et al. (2001); 12 - Rolando & Macambira (2002), 13 – Sardinha et al. 2004; 15-Althoff (2000); 16- Lafon et al (2000).

O Trondhjemito Mogno, com idade U-Pb em titanita de $2871 \pm ?\text{Ma}$ (Pimentel & Machado 1994), é intrusivo no *Greenstone Belt* de Identidade (Huhn et al. 1988; Souza 1994).

Os granitóides TTG da região de Rio Maria apresentam características das séries trondhjemíticas, sendo enriquecidos em Na_2O e empobrecidos em K_2O e Rb, com exceção do trondhjemito Água Fria que revela enriquecimento relativo em K_2O (Dall'Agnol et al. 2006). Os padrões de ETR não mostram anomalia de Eu e são fortemente fracionados e empobrecidos em ETR pesados, sugerindo um fracionamento simultâneo de plagioclásio e anfibólio e também retenção de elementos terras raras pesados na fonte ou nas fases fracionadas.

Granitóides predominantemente granodioríticos com alto Mg apresentam ampla distribuição no TGGRM. Alguns granitóides descritos nas regiões do Xingu e Carajás também foram tentativamente correlacionados ao Granodiorito Rio Maria (DOCEGEO 1988, Costa et al. 1995). As idades obtidas para diferentes amostras desta unidade são bastante uniformes e similares àquela de $2874 -9/+10 \text{ Ma}$ definida em sua área-tipo (U/Pb em zircão; Macambira & Lancelot 1996; cf. Tab. 1).

O Granodiorito Rio Maria apresenta algumas características geoquímicas coincidentes com as da série cálcico-alkalina (Medeiros & Dall'Agnol 1988), porém pertence na realidade às séries de granitóides arqueanos ricos em Mg, pois exibe conteúdos relativamente baixos de Al_2O_3 para as rochas daquela série, além de ser relativamente enriquecido em Cr e Ni (Althoff et al. 1995, 2000, Althoff 1996, Leite 2001, Oliveira et al. 2006, Oliveira et al. 2009).

Embora Vasquez et al. (2008b) agrupe o granodiorito Rio Maria junto às séries TTG, há muitas diferenças entre eles. O Granodiorito Rio Maria é enriquecido em Ca, Mg e K, além de Cr e Ni, aproximando-se geoquimicamente das séries sanukitóides arqueanas definidas por Stern et al. (1989). Os padrões de elementos terras raras também são desprovidos de anomalias significativas de Eu e são fortemente fracionados, porém o empobrecimento de elementos terras raras pesados é menos pronunciado do que nos granitóides TTG (Dall'Agnol et al. 2006).

Os leucogranitos potássicos fortemente fracionados são representados no TGGRM principalmente pelos granitos Xinguara (Leite 1995, Leite et al. 1997), Mata Surrão (Duarte et al. 1991, Duarte 1992, Althoff et al. 2000) e Garantã (Althoff et al. 1991, 1995, 2000), além de pequenos corpos isolados.

O Granito Xinguara (Leite 2001), intrusivo no Complexo Tonalítico Caracol, Granodiorito Rio Maria e *greenstone belts*, forneceu duas idades Pb/Pb em zircão: a primeira, de $2865 \pm 1 \text{ Ma}$,

similar a do Trondhjemito Água Fria, indica que esses dois granitóides são contemporâneos e intrusivos no Complexo Tonalítico Caracol; a segunda, de 2928 ± 2 Ma, muito similar àquela do Complexo Tonalítico Caracol, foi interpretada como sendo de zircões herdados do Complexo Caracol, provável fonte do magma Xinguara (Leite et al. 2004).

O Granito Mata Surrão, intrusivo no Tonalito Arco Verde (Duarte et al. 1991, Duarte 1992, Duarte & Dall'Agnol 1996, Althoff et al. 2000), forneceu idade Pb/Pb em rocha total de 2872 ± 10 Ma (Rodrigues et al. 1992) e de Pb/Pb em zircão de 2871 ± 7 Ma (Althoff et al. 1998). O Granito Guarantã também é intrusivo no Tonalito Arco Verde, no entanto dados geocronológicos apontam para a mesma idade de $2930 \pm ?$ Ma (Althoff 2000, Ver Tab. 1), sugerindo que houve geração de leucogranitos potássicos anterior a formação dos granitos Xinguara e Mata Surrão.

1.2.2 - Bacia de Carajás

Na Bacia Carajás, o magmatismo não é inteiramente conhecido, restando muitas dúvidas e controvérsias a respeito de sua evolução. Aqui serão descritas apenas as unidades dominantes na bacia, sendo o seu provável embasamento os granitóides associados a ele, discutidos em seguida no item sobre o domínio de transição.

O evento magmático amplamente dominante na Bacia Carajás é representado pelo vulcanismo máfico do Supergrupo Itacaiúnas (cerca de 2,76 Ga, Wirth et al. 1986, Machado et al. 1991). Além do mesmo, tem-se o magmatismo máfico-ultramáfico do Complexo Luanga e um grande número de intrusões de granitos subalcalinos (2,76 a 2,73 Ga, Complexo Granítico Estrela, Serra do Rabo e similares; 2,57 Ga, Granito Velho Salobo; Ver Tab. 1), sucedidos por extensa sedimentação (Formação Águas Claras).

DOCEGEO (1988) propôs a designação Supergrupo Itacaiúnas para englobar o Grupo Grão Pará e unidades supracrustais similares que ocorrem na Serra dos Carajás, grupos Igarapé Salobo, Igarapé Pojuca, Igarapé Bahia e Rio Novo. A principal característica das unidades deste Supergrupo é de serem formadas predominantemente por rochas vulcano-sedimentares de idade arqueana, apresentando graus variáveis de metamorfismo e litologias distintas do Supergrupo Andorinhas (TGGRM). Esta mega-unidade não foi reconhecida em síntese recente (Vasquez et al. 2008b) onde se optou por manter a individualidade estratigráfica dos diferentes grupos citados, aos quais ainda acrescentaram os grupos Aquiri, São Félix e São Sebastião.

O Grupo Grão Pará (CVRD 1972) é formado por uma espessa sequência de rochas vulcânicas, nas quais são geralmente distinguidos dois estratos, superior e inferior. O primeiro está representado pela Formação Parauapebas, com idade de 2759 ± 2 Ma determinada em vulcânicas félsicas pelo método U/Pb em zircão (Machado et al. 1991), e o segundo, por jaspelitos com minério de ferro associado da Formação Carajás. Dois modelos têm sido propostos para explicar a evolução tectônica da Bacia Carajás: (1) ligada a rifte continental (Gibbs et al. 1986, Oliveira et al. 1993, Macambira 2003); (2) relacionada a arco magmático (Meirelles & Dardenne 1991, Lobato et al. 2005, Silva et al. 2006).

O Grupo Igarapé Salobo foi redefinido por DOCEGEO (1988), a partir da Sequência Salobo-Pojuca (Hirata et al. 1982) para rochas vulcano-sedimentares ocorrentes na porção NW da mina de ferro Carajás. Entretanto, Vasquez et al. (2008b) sugerem uma nova definição para o Grupo Igarapé Salobo, que passa a incorporar somente rochas vulcano-sedimentares expostas na região de serra do Salobo, enquanto que aquelas das serras Cinzento e Redenção seriam supracrustais do domínio Bacajá.

O Grupo Igarapé Pojuca, formalizado por DOCEGEO (1988) que o definiu em sua área-tipo no Igarapé Pojuca, afluente da margem esquerda do Igarapé Azul, extremo norte da Serra dos Carajás, é formado por uma sequência metavulcano-sedimentar arqueana, metamorfsada na fácies xisto verde alto a anfibolito baixo, que constitui uma faixa estreita e alongada, segundo a direção N50°W, com mergulhos variando entre 50°NE e 60°SW (Farias et al. 1984, DOCEGEO 1984).

O Grupo Igarapé Bahia abrange um pacote vulcano-sedimentar, metamorfsado em fácies xisto verde, de direção NNW, subverticalizado, que aflora como janela dentro da formação Águas Claras. Dados geocronológicos em rochas metavulcânicas e metavulcanoclásticas obtidos por Santos (2000), Galarza & Macambira (2002) e Tallarico et al. (2005) mostram idades Pb/Pb e U/Pb em zircão entre 2745 ± 1 e 2776 ± 12 Ma. Idades T_{DM} entre 2,96-3,13 Ga, ϵNd (-0,85 a -2,1) e zircões herdados de 2,96-3,07 Ga sugerem a existência de uma crosta continental Mesoarqueana anterior ao magmatismo (Galarza & Macambira 2002).

O Complexo Luanga (DOCEGEO 1988), localizado nas proximidades de Serra Pelada, é formado por rochas máficas acamadadas - anortositos e gabros, metamorfsados em fácies xisto-verde, com idade de 2763 ± 6 Ma (U-Pb em zircão, Machado et al. 1991, tab. 1). Tais rochas cortam as supracrustais do Supergrupo Itacaiunas.

Os granitos subalcalinos da Bacia Carajás são representados pelo Complexo granítico Estrela, granitos Serra do Rabo, Igarapé Gelado e Velho Salobo.

O Complexo Granítico Estrela aflora a sul da PA-275, entre os municípios de Parauapebas e Curionópolis, na porção norte-nordeste da Bacia Carajás. Foi inicialmente correlacionado, em função de dados aerogeofísicos devido às expressivas anomalias radiométricas em seus domínios, aos granitos paleoproterozóicos da Suíte Serra dos Carajás (DOCEGEO 1988). Entretanto, Meireles et al. (1984) e Dall'Agnol et al. (1986) chamaram a atenção de que tais rochas eram bastante deformadas e gnaissificadas. São formadas predominantemente por monzogranitos, com sienogranitos, granodioritos e tonalitos subordinados (Barros et al. 1997). Geoquimicamente, se assemelha aos granitos tipo-A, apresentando concentrações moderadas de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (5,7 a 8,4 %), altas razões $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$, altas concentrações de elementos incompatíveis do grupo dos HFSE (Zr = 146-640 ppm, Y = 13-404 ppm, Nb = 21-45 ppm), padrões de ETR moderadamente fracionados $[(\text{La}/\text{Sm})\text{N} = 3,09-7,78; (\text{Gd}/\text{Yb})\text{N} = 1,22-2,33]$ e baixa razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ($0,7018 \pm 0,002$, Barros et al. 1992, Barros 1997). Datações pelo método Pb-Pb em zircão forneceram idades de cristalização de 2763 ± 7 Ma, para o Complexo Granítico Estrela (Barros et al. 2001, 2004). Dados isotópicos de Nd indicaram para suas rochas $\epsilon\text{Nd}(t)$ de -0,38 e -2,06 e idades-modelo T_{DM} de 2,97 e 3,19 Ga, interpretados como indicativos de fontes crustais mesoarqueanas para os magmas geradores deste complexo (Barros et al. 2004).

O Granito Serra do Rabo, um stock alongado EW, localizado próximo à terminação leste da Falha Carajás, nas proximidades da Serra do Rabo, é composto por álcali-feldspato granito e sienogranito (Sardinha et al. 2006). Geoquimicamente apresenta altos teores de SiO_2 , K_2O e Na_2O , altas razões $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$ e altas concentrações de Zr, Ba, Nb, Ga e ETR, o que se reflete em uma assinatura alcalina metaluminosa, similar à dos granitos tipo-A. A idade de colocação do Granito Serra do Rabo, obtida através do método U-Pb em zircão (Sardinha et al. 2006), é de $2743 \pm 1,6$ Ma.

O Granito Igarapé Gelado, individualizado por Barbosa (2004), está localizado no extremo norte do domínio Carajás. É formado por granodioritos e monzogranitos, com tonalitos, leucomonzogranitos e sienogranitos subordinados. Geoquimicamente contém rochas de natureza cálcico-alcalina e alcalina, com teores moderados a altos de Nb e Zr. A datação de um monzogranito desta unidade forneceu pelo método Pb-Pb em zircão (Barbosa 2004) uma idade de 2731 ± 26 Ma (1 grão), a qual foi considerada idade mínima de cristalização.

O Granito Velho Salobo (2573 ± 3 Ma, U-Pb zircão; Machado et al. 1991) aflora a sul do alvo Salobo, mostra sinais de deformação e assinatura moderadamente alcalina (Lindenmayer et al. 1994).

A Formação Águas Claras é uma cobertura siliciclástica arqueana, não metamorfisada, distribuída amplamente na porção central da estrutura sigmoidal da Serra dos Carajás. A seção-tipo da Formação Águas Claras está localizada na estrada de acesso à mina de Igarapé Bahia, a oeste do igarapé Águas Claras (Nogueira et al. 1995). Acredita-se que a deposição desta unidade ocorreu entre 2778 e 2708 Ma, devido a idades de 2708 ± 37 Ma, obtida em dique (U-Pb em zircão, Mougeot et al. 1996) e de 2778 Ma, obtida em zircões detríticos, através do método U-Pb (Mougeot et al. 1996, Macambira et al. 2001).

1.2.3 - Domínio de Transição

O domínio transicional entre o TGGRM e a Bacia Carajás foi definido informalmente por Dall'Agnol et al. (1997, 2006) para a região situada entre o norte de Xinguara, passando lateralmente por Tucumã e São Félix do Xingu até a borda sul da Bacia de Carajás, correspondente às exposições mais meridionais do Supergrupo Itacaiúnas. Devido à escassez de dados geológicos e geocronológicos, o domínio de transição é pouco conhecido. As informações disponíveis apontam a presença do ortogranulito Chicrim-Cateté (Vasquez et al. 2008b), diopsídio-norito Pium (Hirata et al. 1982, Pidgeon et al. 2000, Santos et al. 2008), granitóides e gnaisses indiferenciados do Complexo Xingu (Machado et al. 1991), seguidos no tempo pelas intrusões da Suíte Intrusiva Cateté (Macambira & Vale 1997), da Associação Tonalítica-Trondhjémítica das proximidades de Canaã (Gomes & Dall'Agnol 2007) e dos plútons das Suítes Plaquê e Planalto (Avelar et al. 1999, Huhn et al. 1999, Oliveira 2003, Gomes 2003, Sardinha et al. 2004, Vasquez et al. 2008b).

Araújo & Maia (1991) descreveram, ao longo do rio Cateté, ortogranulitos correlacionáveis ao então Complexo Pium. Entretanto, Ricci & Carvalho (2006) e Santos et al. (2008) não consideram que o Complexo Pium seja formado por granulitos e sim por rochas ígneas gabróicas. Neste sentido, os granulitos - charnockitos a enderbitos - da região entre a Aldeia Indígena Chicrim e rio Cateté seriam considerados os únicos representantes do embasamento granulítico do Domínio Carajás, denominados por Vasquez et al. (2008b) como ortogranulito Chicrim-Cateté.

O diopsídio-norito Pium (Vasquez et al. 2008b), anteriormente descrito na literatura como Complexo Pium (DOCEGEO 1987), compreende fundamentalmente gabros e dioritos, maciços a foliados, com variedades ricas em quartzo. Engloba encraves de granulitos charnockíticos a enderbíticos, considerados por Ricci (2006) como pertencentes à unidade ortogranulito Chicrim-Cateté.

A idade e o significado genético do granulito Chicrim-Cateté e do diopsídio-norito Pium são controversos. Pidgeon et al. (2000) obtiveram idades U-Pb em SHRIMP variadas, em uma rocha de composição enderbítica na área-tipo Pium. A idade mais antiga, de 3002 ± 14 Ma, foi interpretada como idade de cristalização do protólito do suposto granulito e a idade mais jovem, de 2859 ± 9 Ma, corresponderia ao metamorfismo granulítico. No entanto, Ricci & Nogueira (2006) argumentam que a rocha datada por Pidgeon et al. (2000) seria, supostamente, um xenólito do ortogranulito Chicrim-Cateté incluso no diopsídio-norito Pium. Já Santos et al. (2008) indicam, com base em observações de campo e petrográficas, que a ocorrência nos domínios do Complexo Pium de rochas básicas noríticas, seriam geradas por fusão parcial de hiperstênio quartzo-dioritos. Desta forma, a rocha datada seria possivelmente da variedade quartzo-diorítica, cujos cristais de zircão conservariam em seu núcleo restos de zircão da rocha norítica de idade mais antiga (3002 ± 14 Ma), enquanto suas bordas, com idade de 2859 ± 9 Ma, marcariam a idade de geração e cristalização do quartzo-diorito.

O Complexo Xingu, originalmente descrito por Silva et al. (1974) na calha do rio Xingu, incluía corpos gnáissico-migmatíticos (tonalitos, trondhjemitos e/ou granodioritos), granulitos e granitóides, além de supracrustais. Esta unidade se estendia desde o rio Xingu, no domínio Bacajá, até o sudeste do Pará, no Domínio Rio Maria. O avanço do conhecimento geológico permitiu demonstrar que o referido complexo era na realidade formado por diversos corpos de granitóides, passíveis de serem individualizados, e, conseqüentemente, levou ao abandono do termo Complexo Xingu no domínio Bacajá (Macambira et al. 2001, Vasquez et al. 2005, Vasquez et al. 2008a) e no Domínio Rio Maria (Leite 2001, Dall'Agnol et al. 2006, Vasquez et al. 2008b). Portanto, o termo Complexo Xingu acha-se atualmente restrito apenas ao Domínio Carajás (Vasquez et al. 2008b), correspondendo aqui à Bacia Carajás e ao Domínio de Transição.

Avelar et al. (1999) obtiveram na região de Tucumã uma idade de 2972 ± 16 Ma (Pb/Pb em zircão) para um gnaiss de composição granodiorítica do Complexo Xingu. Por sua vez, nos arredores da cidade de Curionópolis, Machado et al. (1991) obtiveram uma idade de 2859 ± 2 e

2860±2Ma, em um leucossoma, interpretada como último episódio de migmatização, afetando rocha daquele complexo (Tab. 1). Estas idades são de difícil interpretação, tendo em vista as limitações existentes quanto à definição do Complexo Xingu.

A suíte Intrusiva Cateté, formalizada por Macambira & Vale (1997), é composta por um conjunto de corpos máfico-ultramáficos (gabros, noritos, piroxenitos, serpentinitos e peridotitos), alongados e alinhados preferencialmente segundo E-W e N-S. Estão incluídos nesta unidade os corpos conhecidos como Serra da Onça, Serra do Puma, Serra do Jacaré, Serra do Jacarezinho, Igarapé Carapanã, Fazenda Maginco, Ourilândia e Vermelho, entre outros sem denominação formal. A principal característica desta suíte é a ausência de deformação e metamorfismo (Macambira e Vale 1997). Estudos geocronológicos Sm-Nd (rocha e minerais) realizados por Macambira & Tassinari (1998) no corpo Serra da Onça, definiram uma idade isocrônica de 2378 ± 55,5 Ma, admitida como idade mínima de cristalização desta suíte. Lafon et al. (2000) obtiveram pelo método U-Pb em zircão uma idade de 2766 ± 6 Ma em gabros do corpo Serra da Onça (Tab. 1).

Gomes (2003) identificou na região a leste de Canaã dos Carajás rochas supracrustais (Supergrupo Itacaiúnas), rochas básicas, granitóides variados e coberturas lateríticas. Dentre as rochas básicas foram distinguidos anfíbolitos e gabros (deformados e não deformados). Os granitóides foram divididos em quatro grupos: granitóides indiferenciados, leucomonzogranitos potássicos de afinidade cálcio-alcalina (2928±1 Ma, Sardinha et al. 2004), associação Tonalítica-Trondhjemitica com alto Zr, Y e Ti (2750±3 Ma e 2765±39 Ma, Sardinha et al. 2004) e granitos subalcalinos tipo-A (2734±4 Ma, Sardinha et al. 2004), estes correlacionados ao Granito Planalto.

A Suíte Plaquê foi definida inicialmente por Araújo et al. (1988), sendo formada por corpos lenticulares de granitóides deformados, distribuídos no Domínio Carajás. Araújo & Maia (1991) interpretaram estes corpos como tendo sido gerados concomitantemente à evolução do Cinturão Itacaiúnas, redefinindo a unidade como Granito Estratóide Plaquê. Os corpos que definem esta unidade seriam compostos predominantemente por granitos, com biotita e/ou muscovita, de coloração rosa clara a rosa avermelhada, granulação média a grossa, equigranulares ou inequigranulares, com tipos pouco foliados ou apresentando pronunciada foliação milonítica e exibindo microtexturas porfiroclásticas ou granolepidoblásticas (Araújo & Maia 1991, Macambira & Vale 1997). Estudos petroquímicos de corpos desta unidade indicaram caráter cálcico-alcalino a alcalino com características de granitos crustais sincolisionais (Jorge João &

Araújo 1991, Macambira et al. 1996). Datações geocronológicas pelo método Pb-Pb em zircão obtidas na região de Tucumã, forneceram idades de 2729 ± 29 Ma (Avelar 1996) e 2736 ± 24 Ma (Avelar et al. 1999).

O termo Granito Planalto foi empregado por Huhn et al. (1999) para designar um corpo situado na região a oeste da Serra do Rabo, próximo da localidade de Vila Planalto. Corpos graníticos lenticulares localizados a leste da cidade de Canaã dos Carajás foram correlacionados a esta unidade (Gomes 2003). São formados por sienogranitos, monzogranitos e álcali-feldspato granitos, com hornblenda e biotita. Geoquimicamente são rochas subalcalinas, metaluminosas a fracamente peraluminosas, com características de granitos tipo-A. Datações geocronológicas efetuadas por Huhn et al. (1999) e Sardinha et al. (2004), através do método Pb-Pb em zircão, resultaram, respectivamente, em idades de 2747 ± 2 Ma e 2734 ± 4 Ma, ambas interpretadas como idade de cristalização.

1.3 - MAGMATISMO ANOROGÊNICO DA PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS

Durante o Paleoproterozóico o Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, a região Xingu e o Bloco Carajás foram palco de um extenso magmatismo granítico anorogênico (Dall'Agnol et al. 2005, 2006) representado, entre outros, pelos granitos Jamon (Dall'Agnol 1999b, c), Musa (Gastal 1987, 1988), Marajoara (Rocha Jr. 2004), Bannach (Huhn et al. 1988, Duarte 1992, Almeida 2005, Almeida et al. submetido), Redenção (Montalvão et al. 1982, Vale & Neves 1994, Barbosa et al. 1995, Oliveira et al. 2002, 2005, Oliveira et al. Submetido b,c), Serra dos Carajás (Javier Rios et al. 1994a, b, Barros et al. 1995), Cigano (Gonzalez et al. 1988), Antônio Vicente, Velho Guilherme (Teixeira et al. 2002) e Bom Jardim (Pinho et al. 2009). Estes granitos anorogênicos, quando datados pelo método U/Pb e Pb/Pb em zircão e Pb/Pb em rocha total, forneceram idades de cristalização e colocação próximas de 1,88 Ga (Barbosa et al. 1995, Dall'Agnol et al. 1999a). Na tabela 2 estão sintetizados os principais dados geocronológicos sobre os granitos proterozóicos da PM C. São granitos isentos de foliação, de alto nível crustal, os quais foram colocados em uma crosta rígida e que cortam discordantemente suas rochas encaixantes. Nas zonas de contato, xenólitos das rochas encaixantes são comumente encontrados nestes granitos e efeitos termais nas rochas adjacentes alcançam metamorfismo de contato na fácies hornblenda hornfels (Soares 1996, Dall'Agnol et al. 2006). Diques félsicos a máficos, de modo geral contemporâneos aos granitos, ocorrem sob forma de corpos subverticais tabulares, com

Tabela 2- Dados geocronológicos dos granitos proterozóicos da Província Mineral de Carajás

Unidades Estratigráficas	Método	Material Analisado	Idade/Referência
Bloco Carajás			
Suíte Serra dos Carajás			
Granito Cigano	U-Pb	Zircão	1883 ± 2 Ma (1)
Granito Serra dos Carajás	U-Pb	Zircão	1880 ± 2 Ma (1)
Granito Pojuca	U-Pb	Zircão	1874 ± 2 Ma (1)
Granito Seringa	Pb-Pb	Zircão	1895 ± 1 Ma (2)
Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria			
Suíte Jamon			
Granito Musa	U-Pb	Zircão	1883 +5/- 2 Ma (1)
Granito Jamon	Pb-Pb	Zircão	1885 ± 32 Ma (3)
Granito Redenção	Pb-Pb	Rocha total	1870 ± 68 Ma (4)
Granito Marajoara	Rb-Sr	Rocha total	1724 ± 50 Ma (6)
Região Xingu			
Suíte Velho Guilherme			
Granito Velho Guilherme	Pb-Pb	Rocha total	1873 ± 13 Ma (5)
Granito Antonio Vicente	Pb-Pb	Zircão	1867 ± 4 Ma (7)
Granito Mocambo	Pb-Pb	Zircão	1865 ± 2 Ma (7)
Granito Rio Xingu	Pb-Pb	Zircão	1866 ± 2 Ma (7)
Granito Serra da Queimada	Pb-Pb	Zircão	1882 ± 12 Ma (8)
Granito Bom Jardim	Pb-Pb	Zircão	1884 ± 4 Ma (8)

Fonte de dados: (1) – Machado et al. (1991); (2) – Paiva Jr. (este trabalho. 2009); (3) – Dall’Agnol et al. (1999b); (4) - Barbosa et al. (1995); (5) - Rodrigues et al. (1992); (6) - Macambira (1992); (7) - Teixeira (1999); Pinho et al. (2009).

espessuras de até 10 a 20 metros, cortando as unidades arqueanas, bem como localmente os granitos proterozóicos (Gastal 1987, Huhn et al. 1988, Rivalenti et al. 1998, Souza et al. 1990, Silva Jr. et al. 1999). Os granitos anorogênicos da PMC possuem característica metaluminosa a peraluminosa e assinatura tipo-A. Entretanto, mostram diferenças significativas em termos de petrografia, geoquímica, suscetibilidade magnética (SM) e mineralizações associadas. Com base nestes critérios, foram distinguidos três suítes ou grupos de granitos (Dall’Agnol et al. 2005): 1- Suíte Jamon, formada pelos granitos Jamon, Musa, Redenção, Bannach e Marajoara; 2- Suíte Serra dos Carajás, formada pelos granitos Serra dos Carajás, Cigano e Pojuca; e 3- Suíte Velho Guilherme, formada pelos granitos Antonio Vicente, Velho Guilherme, Mocambo, Rio Xingu, Benedita e Serra da Queimada. Em todas as três suítes as rochas são essencialmente granitos sensu stricto (Dall’Agnol et al. 2005), mas a composição modal mostra alguns contrastes. Os plútons Jamon, Redenção e Musa são formados por monzogranitos e, subordinadamente,

sienogranitos com conteúdo de minerais máficos variando de 15 a 5% nas fácies menos evoluídas e menores que 5% nas rochas leucograníticas. Na suíte Serra dos Carajás são predominantemente monzogranitos e sienogranitos e a quantidade de minerais máficos é menor que 15%. Na suíte Velho Guilherme predomina os sienogranitos sobre os monzogranitos e álcali-feldspato granito. No geral as rochas da suíte Velho Guilherme são mais leucocráticas do que as rochas das outras suítes. Em todas as três suítes, biotita e hornblenda representam as fases máficas dominantes. Muscovita está presente somente em fácies alteradas hidrotermalmente. Na suíte Jamon, a assembléia mineral acessória típica inclui zircão, apatita, magnetita, ilmenita, allanita e titanita (Dall'Agnol et al. 1999c; Oliveira, 2001). Fluorita é significativa somente em fácies mais evoluídas. Nos granitos da Suíte Serra dos Carajás, os minerais acessórios são similares, mas titanita primária é rara ou ausente, fluorita é mais comum e turmalina, às vezes, presente (Javier Rios et al., 1995; Barros et al., 1995). A Suíte Velho Guilherme, predominantemente sienogranítica, não contém titanita nem grandes quantidades de magnetita. Suas rochas são enriquecidas em fluorita e apresentam esporadicamente xenotímio e monazita.

Os dados de SM da suíte Jamon apresentam distribuição unimodal e representam os valores mais elevados quando comparados aos valores de SM da suíte Serra dos Carajás, que são moderados. Os valores de SM da suíte Velho Guilherme são nitidamente mais baixos. Na suíte Jamon os minerais óxidos de Fe e Ti variam geralmente de 0,5% a 0,2% e magnetita é dominante sobre ilmenita, sendo assim, típicos da série magnetita (Ishihara, 1981). Na suíte Serra dos Carajás o conteúdo dos minerais óxidos de Fe e Ti são mais baixos que 1%, e a magnetita não é geralmente acompanhada por ilmenita. Seguindo a classificação de Ishihara (1981), os granitos da suíte Serra dos Carajás pertenceriam também a série magnetita. Nos sienogranitos da suíte Velho Guilherme, o conteúdo de minerais opacos é menor que 0,1%, e magnetita é ausente na grande maioria, indicando que tais rochas desta suíte podem ser incluídas na série Ilmenita de Ishihara (1981).

Geoquimicamente as três suíte graníticas mostram características de granito tipo-A (Collins et al. 1982; Whalen et al. 1987; Eby 1992; King et al. 1997) e ambiente tectônico intra-placa (Pearce et al. 1984). As razões $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ variam geralmente entre 1.0 e 2.0 e aumentam da suíte Jamon para as suítes Velho Guilherme e Serra dos Carajás. São granitos ferrosos, transicionais entre álcali-cálcico e cálcico-alcalinos, metaluminosos para levemente peraluminosos. Eles plotam no campo dos granitos tipo-A em diagramas $\text{FeOt}/(\text{FeOt}+\text{MgO})$

versus SiO₂ com razões de ~0.80 aumentando da Suíte Jamon para Suíte Velho Guilherme e Serra do Carajás.

Os magmas graníticos anorogênicos são provavelmente derivados de fusão parcial de rochas da crosta inferior (Dall'Agnol et al. 1994, Dall'Agnol & Magalhães 1995, Dall'Agnol et al. 1999b,c, 2005, Dall'Agnol & Oliveira 2006). Contrastes na natureza das fontes, bem como na temperatura de fusão, conteúdo de água e fugacidade de oxigênio dos magmas (Scaillet et al. 1995, Dall'Agnol & Oliveira 2006), podem explicar as diferenças observadas entre os grupos de granitos distinguidos. Os granitos anorogênicos e rochas afins do Cráton Amazônico são atualmente correlacionados com os granitos rapakivi dos escudos da Fennoscandia e da América do Norte (Bettencourt et al 1995, Rämö & Happala 1995, Dall'Agnol et al. 1999a, Dall'Agnol & Oliveira 2006).

Em relação ao Granito Anorogênico Seringa, objeto deste estudo, foram realizados trabalhos de cunho geocronológico e de levantamento cartográfico preliminar através do Programa Grande Carajás (Araújo & Maia. 1991). Avelar et al. (2006) classificou o batólito Seringa como um corpo subcircular que mostra certa homogeneidade textural e exhibe localmente textura rapakivi, classificando-o petrograficamente como álcali-feldspato granito. Os primeiros dados geocronológicos deste corpo foram obtidos por Lafon et al. (1988) e forneceram idade Rb-Sr em rocha total de 1730 ± 30 Ma, com razão isotópica inicial de $0,7081 \pm 0,00016$. Segundo os autores, essa idade estaria marcando o rejuvenecimento do sistema isotópico Rb-Sr. Avelar et al (1996) obtiveram idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ em zircão de 1893 ± 15 Ma, interpretada como idade de cristalização do Granito Seringa. Araújo & Maia (1991) realizaram estudos geoquímicos preliminares em rochas do Granito Seringa, mostrando que o mesmo apresenta assinatura geoquímica de granitos Tipo-A, conforme Chappell & White (1974). Conforme apresentado acima, é nítida a diferença de conhecimento entre o Granito Seringa e os demais corpos anorogênicos que ocorrem na PMC, deixando clara a necessidade de estudo do mesmo.

1.4 - APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Os granitos do tipo-A têm sido tema de constantes debates dentro do cenário científico desde a década de setenta (Loiselle & Wones 1979, Collins et al. 1982, Anderson 1983, Whalen et al. 1987, Anderson e Bender 1989, Haapala e Ramo 1990, Eby 1992, Anderson & Smith 1995, King et al. 1997, Dall'Agnol et al. 1999a,b,c, 2005, Rajesh 2000, Scaillet & MacDonald 2001,

Dall'Agnol & Oliveira 2006). As ambiguidades geoquímicas e petrológicas apresentadas por estes granitos são muito grandes (Eby 1992). Variam de metaluminosos a peralcalinos, ou ligeiramente peraluminosos, sendo distinguidos atualmente aqueles de tendência peralcalina (Eby 1992, Costi et al. 2000, Scaillet & MacDonald 2001), daqueles relacionados às séries aluminosas (King et al. 1997, Dall'Agnol et al. 1999b,c, Rajesh 2000). Podem ser formados tanto em condições relativamente redutoras, quanto oxidantes. Finalmente, possuem grande interesse econômico, pois estão associados com diferentes tipos de mineralizações (Sn, F, Nb, Ta, Au, Fe, U e ETR), em particular no Cráton Amazônico.

O estágio atual de conhecimento sobre corpos graníticos anorogênicos paleoproterozóicos do Cráton Amazônico deve-se, em grande parte, a estudos realizados em maciços que constituem a Suíte Jamon, em especial aos maciços Jamon, Musa, Redenção e Bannach, principalmente no que diz respeito a mapeamento geológico, estudos petrográficos, geoquímicos, geocronológicos, petrologia magnética e isótopos de Nd, Sr e Pb.

O Granito Seringa é um batólito subcircular, localizado no sudeste do Estado do Pará, definido como anorogênico por Araújo & Maia (1991) e incluído preliminarmente na Suíte Jamon (Dall'Agnol et al. 1999c) e na Suíte Velho Guilherme (Avelar et al. 1994). Estudos geológicos sobre este corpo são limitados e seus limites mal definidos, mostrando um quadro pouco claro de sua geologia. Portanto, torna-se necessário equiparar o nível de conhecimento do Granito Seringa ao dos outros corpos anorogênicos da região de Rio Maria. Isso representa um salto qualitativo para a melhor compreensão do magmatismo anorogênico nessa região. O Granito Seringa necessita, portanto, de mapeamento geológico de detalhe e amostragem sistemática, seguido de estudos petrográficos e geoquímicos que permitam identificar e caracterizar as variedades composicionais e texturais presentes, bem como sua distribuição espacial e as relações entre as diferentes fácies (organização interna), além da caracterização de suas feições geoquímicas. O batólito anorogênico Seringa também se ressentir da ausência de estudos de suscetibilidade magnética (SM) e da caracterização dos minerais óxidos de Fe e Ti, as quais certamente contribuirão para uma melhor compreensão da sua evolução petrológica e avaliação do seu potencial metalogenético. Além disso, a escassez de informações sobre o Granito Seringa não permite comparações entre o mesmo e os demais granitos anorogênicos do Cráton Amazônico, tanto do ponto de vista petrográfico, geoquímico quanto da sua evolução magmática e potencial metalogenético.

1.5 - OBJETIVOS

O objetivo central desta pesquisa é a caracterização geológica, petrográfica, geocronológica e geoquímica do Granito Seringa. Os estudos a serem efetuados visam atingir os seguintes objetivos específicos:

- 1 – Realizar o mapeamento geológico do corpo Seringa na escala 1:100.000, identificando suas fácies e definindo suas distribuições espaciais;
- 2 – Fazer um estudo petrográfico minucioso das diferentes fácies do Granito Seringa, classificá-las e avaliar a sua história de cristalização;
- 3 – Caracterizar a geoquímica das diferentes fácies do Granito Seringa, discutir suas afinidades geoquímicas, tipologia e os processos magmáticos que contribuíram para sua evolução;
- 4 - Determinar o comportamento magnético das diferentes fácies identificadas e caracterizar as suas associações de minerais óxidos de Fe e Ti, bem como a forma e textura dos mesmos; estabelecer relações entre estes minerais e a suscetibilidade magnética, buscando contribuir para a definição da série granitóide e avaliação das condições de fugacidade de oxigênio (fO_2) reinantes durante sua cristalização. Estabelecer relações entre esses dados e os processos magmáticos e tardi-magmáticos atuantes durante a evolução deste granito;
- 5- Determinar a sua idade de cristalização através do método Pb-Pb em zircão e situá-lo na estratigrafia regional;
- 6 - Estabelecer comparações entre o Granito Seringa e os demais corpos graníticos proterozóicos que ocorrem na Província de Carajás.

1.6 – MATERIAIS E MÉTODOS

1.6.1- Pesquisa Bibliográfica

Foi feito um amplo levantamento bibliográfico referente à geologia da região estudada. Estudos de temas específicos concernentes a petrografia, geoquímica, gênese e evolução de granitos anorogênicos, em particular do Proterozóico, assim como temas que abordam o estudo de minerais óxidos de Fe e Ti e suscetibilidade magnética e suas aplicações petrogenéticas foram realizados.

1.6.2 – Mapeamento Geológico

A primeira etapa de mapeamento geológico do batólito granítico Seringa, em escala de 1:100.000, foi realizada em setembro de 2007, por um período de quinze dias, com aproximadamente cento e dez pontos amostrados (Figura 4; Anexo 1) e trinta e oito pontos controle. Doze dos cento e dez pontos amostrados referem-se às rochas metavulcânicas arqueanas, pertencentes, provavelmente, aos *greenstone-belts* do Grupo Tucumã, e onze à granodioritos correlacionados aos granodioritos de Rio Maria. Tais rochas fogem aos objetivos desse estudo. Ao final de setembro de 2008 foi realizada a segunda etapa de campo para mapeamento e amostragem na borda leste do corpo, envolvendo um período de 5 dias, onde foram amostrados vinte e três pontos, quatro dos quais se referem às rochas encaixantes.

Foram feitos levantamentos de perfis e coleta sistemática e criteriosa de amostras ao longo das estradas e caminhos existentes, muitas vezes no topo das serras, visto que as rochas da base mostravam-se intensamente intemperizadas. O mapeamento utilizou os métodos clássicos de trabalhos de campo, apoiando-se em imagens de radar, satélites e levantamentos aereogeofísicos e radiométricos (cedidas pela CPRM) em contagem total para delimitar com mais precisão os limites e a distribuição das fácies do corpo. Os pontos de amostragem foram posicionados através de um GPS (*Global Position System*) e posteriormente locados em uma base georeferenciada. Utilizou-se também bússola com intuito de extrair feições estruturais como falhas e fraturas. A partir dessas informações foram confeccionados os mapas de logística e geológico, digitalizados com o apoio do *software Arc Gis 9.0*, com retrabalhamento final pelo *software Canvas X*.

1.6.3 - Petrografia

Foram feitas descrições macroscópicas das amostras coletadas e posteriormente seleção e confecção de 60 lâminas polidas para o estudo petrográfico. Este abrangeu, em sua maioria, amostras do Granito Seringa e algumas amostras representativas das unidades encaixantes. A análise textural abrangeu exame microscópico e interpretação das feições texturais e das transformações tardi a pós-magmáticas do Granito Seringa (conforme Dall'Agnol 1982, Gastal 1987, Oliveira 2001, 2005; Almeida 2005). Realizaram-se análises modais em quarenta e duas amostras representativas das diferentes fácies identificadas no maciço utilizando-se, para tanto,

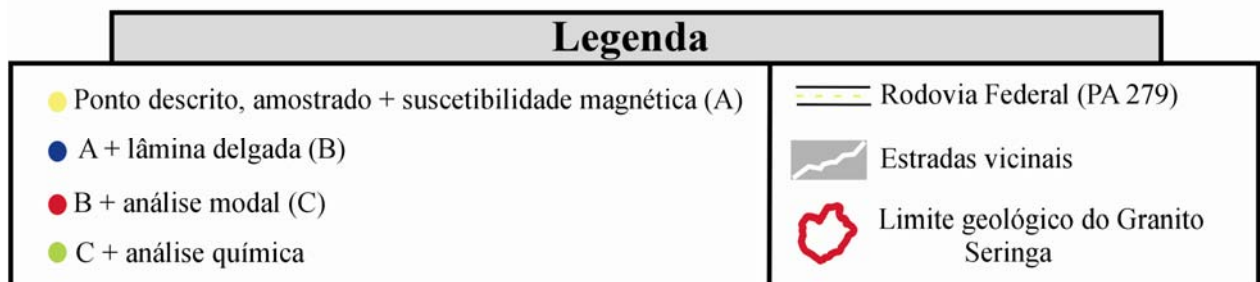
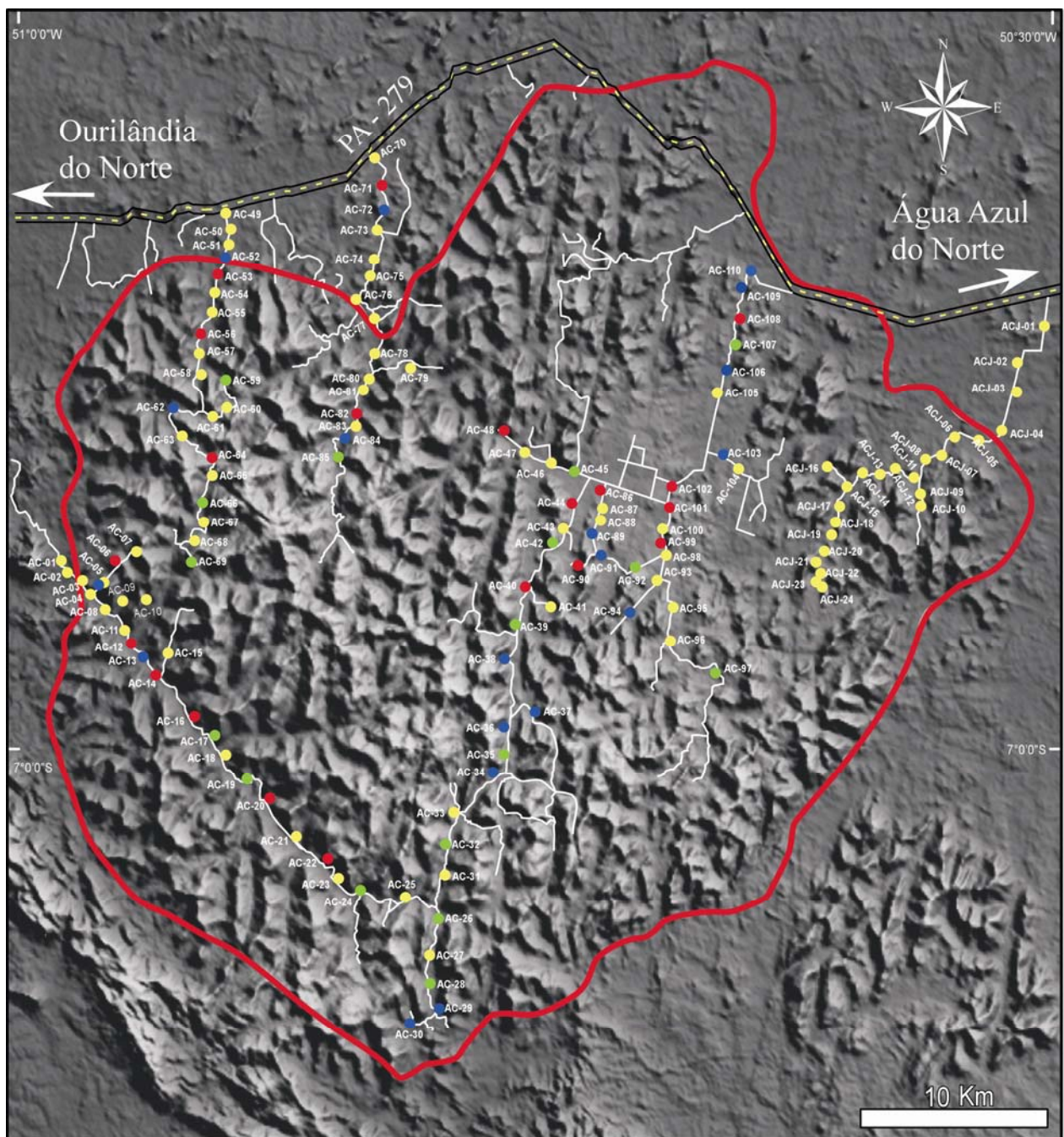


Figura 4 – Mapa de localização das amostras estudadas do Granito Seringa.

um contador eletrônico de pontos da marca *Swift*, onde foram contatos em média 1600 pontos/amostra.

Para as rochas de granulação grossa e porfíricas, devido a pouca representatividade na lâmina delgada, optou-se por realizar uma contagem de pontos em superfície plana e polidas de amostras de mão, utilizando-se uma malha com espaçamento de 2 mm. Nessa análise modal foram definidas as proporções de fenocristais e matriz e os conteúdos de feldspato potássico, plagioclásio e quartzo. A distinção dos feldspatos foi bastante facilitada pela diferença de cor apresentada pelos mesmos, com os feldspatos alcalinos róseos a avermelhados e os plagioclásios brancos ou cinza claro. A composição da matriz foi definida através de análises modais convencionais no microscópio ótico. As composições foram obtidas através de uma média ponderada das análises em seção macroscópica e em lâmina, levando em conta a proporção de fenocristais e de matriz da rocha analisada. Os dados assim obtidos foram posteriormente plotados no diagrama QAP para classificação (Streckeisen 1976, Le Maitre et al. 2002), permitindo classificar adequadamente as rochas estudadas, conforme estabelecido pela IUGS (*International Union of Geoscientists*). Após a classificação das amostras em suas respectivas fácies, todas foram representadas no mapa geológico de modo a definir a distribuição espacial das mesmas.

Para complementar a caracterização mineralógica e petrográfica do Granito Seringa, foram obtidas imagens de elétrons retroespalhados através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), modelo LEO 1530, do Museu Paraense Emílio Goeldi, sob orientação do Doutor Hilton Tulio Costi. Este estudo permitiu observações detalhadas de relações texturais entre fases minerais e a determinação da composição química das mesmas através de análises semi-quantitativa por espectrometria de dispersão de energia (EDS).

1.6.4 - Geoquímica

Com base nas etapas anteriores, foram selecionadas dezessete amostras representativas das diferentes fácies do Granito Seringa para análises químicas em rocha total. A preparação de amostras foi realizada na Oficina de Preparação de Amostras (OPA) e no Laboratório de Sedimentologia (LABSED) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará-UFPA. As amostras selecionadas foram trituradas, pulverizadas em grau de ágata e, posteriormente, quarteadas visando uma boa homogeneidade do material. As análises químicas

foram processadas no laboratório ACME-Analytical Laboratories LTDA). Os resultados das análises foram tratados e, consecutivamente, plotados em diagramas apropriados. A classificação geoquímica, ou seja, a caracterização do quimismo do Granito Seringa seguiu os procedimentos indicados em Rolisson (1993) e Handerson (1984) e baseou-se na avaliação do comportamento dos elementos maiores e menores (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , MnO , Na_2O , K_2O , P_2O_5), traços (Rb, Sr, Ba, Ga, Y, Zr, Nb, U, Th, Cr, Ni, V), e Terras Raras (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Er, Yb e Lu). (). Os elementos maiores e menores foram analisados por ICP-ES (Inductively Coupled Plasma-Emission Spectrometry) e os traços e Terras Raras por ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry). Foram utilizados diferentes diagramas objetivando a classificação geoquímica, processos e séries magmáticas envolvidas, tipologia de rochas granitóides e ambiência e assinatura geotectônica do corpo Seringa, (cf. Shand 1950, La Roche et al. 1980, Pearce et al. 1984, Whalen et al. 1987, Debon & L   Fort 1988, Dall’Agnol et al. 1999a); .

1.6.5 – Susceptibilidade Magnética (SM)

As rochas estudadas foram submetidas a medidas de SM obtidas a partir de um equipamento de fabrica  o da *Saphire Instruments*, pertencente ao Labor  rio de Petrologia Magnética (LPM) do IG da UFPA. As amostras foram inicialmente serradas para obten  o de superfícies perfeitamente planas favoráveis    utiliza  o de um sensor retangular do tipo bobina plana, de aproximadamente 2x3 cm. Em superfícies irregulares a bobina não faz contato perfeito com toda a superfície a ser medida, ocasionando erros. Os Valores de SM foram multiplicados por um fator de corre  o de 1,7, determinado em estudos anteriores (Oliveira *et al.* 2002, Figueiredo *et al.*, 2003, Nascimento 2006). Este fator visa compensar diferenças observadas entre medidas com bobinas planas e bobinas cilíndricas, as quais foram determinadas a partir de medidas comparativas padronizadas.

De acordo com as normas internacionais, as medidas são apresentadas no sistema internacional (SI). Os valores numéricos de Sm no SI são 4π (12,566371) vezes maior que no cgc (Carmichael 1986). Os seguintes parâmetros foram utilizados na realiza  o das medidas de SM para proporcionar uma melhor confiabilidade aos dados: tempo de medida (T) = 4s; número de repeti  es (N) = 2; volume (V) = 64,2; fator de calibra  o (CF) = 21,2 e unidade (U) = SIv.

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente pelo programa “*Minitab*”, versão 15, através da elaboração de gráfico de probabilidade, histograma e polígono de frequências, os quais serviram de base para as interpretações. Para a separação em populações magnéticas foi utilizado o gráfico de probabilidade que mostra a divisão das populações através de segmentos de retas. Para a elaboração desses gráficos, foi adotado o número de classes obtido através da fórmula estatística a seguir:

$NC = 1 + 3,22 + \text{Log } K$, onde NC é o número de classes e K o de medidas realizadas. O gráfico de linha foi elaborado a partir de dados percentuais de opacos *versus* SM e tratados no software “*Canvas x*”.

Os valores de SM das rochas estudadas estão sistematicamente apresentados em tabela no Anexo 2.

1.6.6 – Caracterização dos Minerais Óxidos de Fe e Ti.

A caracterização dos minerais óxidos de Fe e Ti foi realizada através de estudos em luz refletida (microscópio comum) e complementadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) no Museu Paraense Emílio Goeldi, sob supervisão do Doutor Hilton Túlio Costi. Utilizou-se um microscópio eletrônico LEO-ZEISS, modelo 14530, sob as seguintes condições: voltagem de aceleração constante = 20 kv, distância de trabalho = 15 mm, corrente do feixe de elétrons = 90 μA . Lâminas polidas de amostras representativas foram preparadas e metalizadas com carbono. Foram obtidas imagens de elétrons retroespalhados e realizadas análises semi-quantitativas por EDS em cada fase mineral. Um feixe de elétrons ao incidir sobre um mineral excita os elétrons mais externos dos átomos e os íons constituintes, deslocando-os de seus níveis energéticos. Ao retornarem para sua posição inicial, esses elétrons liberam a energia adquirida, a qual é emitida na forma de comprimento de onda no espectro de raios-x. Um detector instalado na câmara de vácuo do MEV mede a energia associada a esses elétrons. Como os elétrons de um determinado átomo possuem energias distintas é possível, no ponto de incidência do feixe, determinar quais elementos químicos estão presentes naquele local e, assim, identificar em instantes a composição química do mineral que está sendo observado.

O uso em conjunto de MEV- EDS é de grande importância na caracterização petrográfica e mineralógica. O primeiro proporciona imagens e o segundo permite a imediata identificação com análises químicas qualitativas e semi-quantitativas de boa qualidade. Com base nisso foi

possível classificar os minerais opacos e estimar a composição dos cristais de zircão de todas as fácies petrográficas, para futuramente estabelecer estudos comparativos composicionais (cf. Lamarão et al. 2007).

1.6.7 - Geocronologia

Para o estudo geocronológico foi selecionada uma amostra (AC-59), que representa a fácies dominante, com intuito de obtermos a idade de cristalização do Granito Seringa.

Esse método baseia-se no decaimento radioativo dos elementos U (urânio) e Th (tório) para o Pb (chumbo), localizados no retículo cristalino do mineral zircão (ZrSiO_4), o qual é capaz de reter as informações isotópicas (U, Th, Pb) do momento de sua cristalização em decorrência de sua grande resistência aos processos físico-químicos (abrasão, ataques químicos por soluções, eventos metamórficos, intemperismo, etc). Para obtenção dos cristais de zircão foram utilizadas as seguintes etapas: Tratamento das amostras. **A)** Trituração e pulverização das amostras no OPA do IG/UFGA (Figura 5a); **B)** Peneiramento do material nas frações 0,250 mm – 0,180 mm; 0,180 mm – 125 µm no Pará-Iso, (Figura 5b); **C)** Eliminação dos grãos mais leves e concentração dos mais pesados, das duas frações anteriores, com o auxílio de um “elutriador” simples, o qual utiliza água corrente e gravidade (Figura 5c). **D)** separação dos minerais magnéticos utilizando um ímã e, posteriormente, um Separador Eletromagnético da marca FRANTZ, modelo L1 (Figura 5d). **E)** separação dos minerais pesados não-magnéticos utilizando-se um líquido pesado, (bromofórmio) de densidade 2,89 g/ml;

Seleção dos cristais de zircão: a) Separação e concentração dos grãos de zircão; b) Escolha final dos cristais de zircão que apresentem características mais adequadas para datação (limpidez, transparência, estrutura e forma, ausência de metamitização), utilizando-se uma lupa binocular (com aumento de até 60X); c) Captura da imagem dos cristais a serem datados por meio de um estereomicroscópio com uma microcâmera acoplada.

Análise dos zircões: A determinação da idade pelo método de evaporação de Pb em monocristal de zircão foi realizada no Laboratório de Geologia Isotópica do Instituto de Geociências da UFGA (Pará-Iso), num espectrômetro de massa marca FINNIGAN, modelo MAT-262.

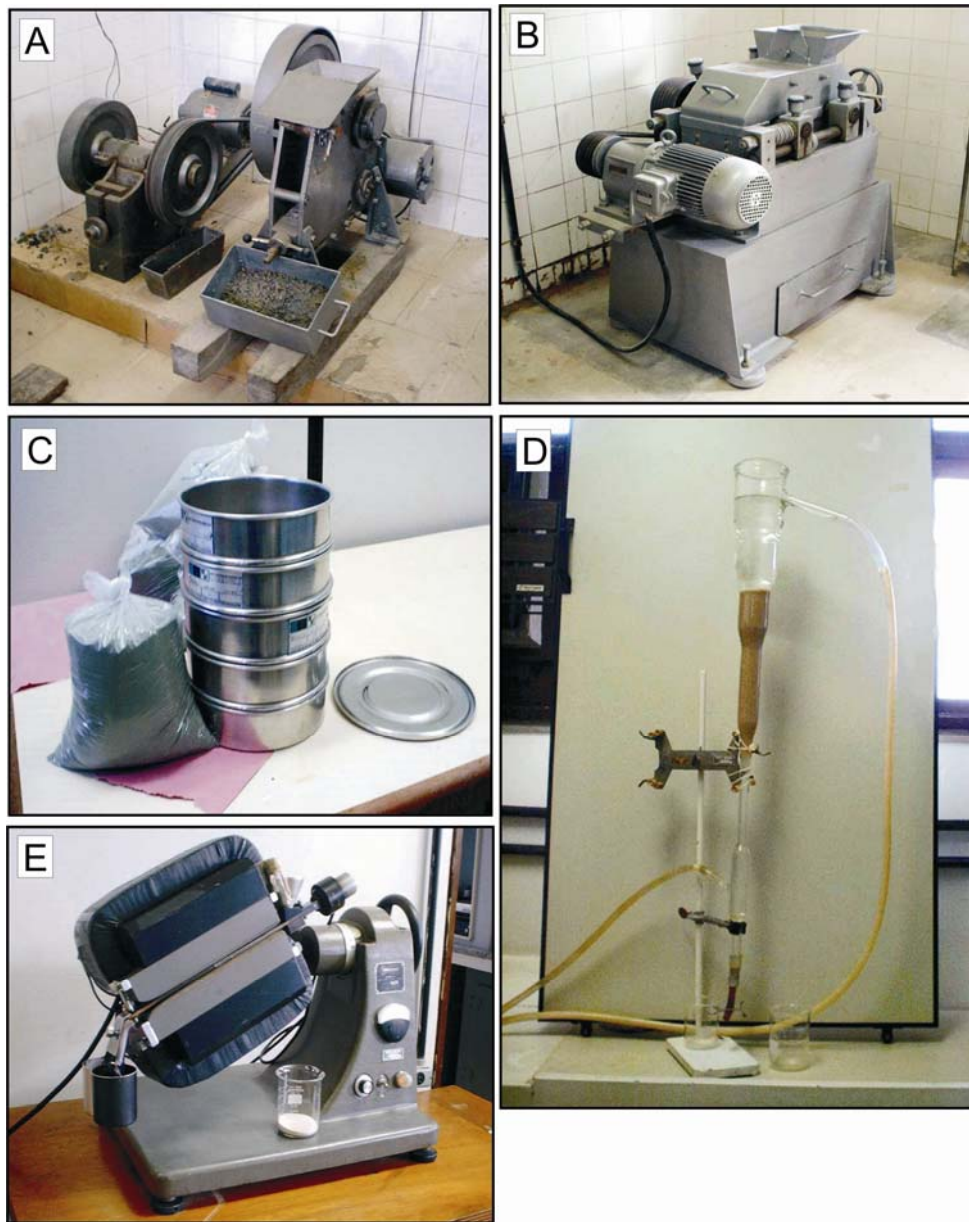


Figura 5 - Equipamentos usados para tratamento das amostras. A) triturador; B) pulverizador; C) peneiras; D) elutriador gravitacional; e) separador eletromagnético (Frantz).

O espectrômetro utiliza filamentos duplos de rênio, sendo um para evaporação e outro para deposição do Pb. O cristal de zircão é depositado inicialmente no filamento de evaporação que possui formato de “canao”. Em seguida, o filamento é montado em um tambor, o qual é inserido no espectrômetro de massa. O procedimento em duplo filamento têm a vantagem de proporcionar a emissão de um sinal de Pb estável durante um longo período de tempo (Kober, 1986).

A primeira fase da análise consiste na evaporação do Pb do monocristal de zircão em uma câmara ou fonte. Com o aquecimento do monocristal através de corrente elétrica, os íons de Pb de massas 204, 206, 207 e 208 são liberados e seguem a trajetória de um único feixe em direção a um analisador. Este processo é realizado em três etapas de temperatura: 1450, 1500 e 1550 °C. No analisador, os íons de chumbo são separados segundo suas massas (204, 206, 207 e 208). Tal separação é feita por meio de forças eletromagnéticas, as quais desviam o feixe inicial de íons em quatro feixes correspondentes a cada um dos isótopos de chumbo. A última fase da espectrometria de massa consiste em medir a intensidade gerada por cada isótopo ao se chocar com a parede de um receptor (contador de íons). Após a evaporação total de Pb presente no zircão, um espectro de idades é obtido em um diagrama Idade versus Número de Blocos, fornecendo uma idade final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, F.A.M. & RAMOS, C.R. 1974. Estanho do sul do Pará. In: CONG. BRAS. GEOL., 28., Porto Alegre, 1974. *Anais...* SBG. v.1, p.11-24.
- ALMEIDA, J.A.C., 2005. Geologia, petrografia e geoquímica do granito anorogênico Bannach, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, PA. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil, 171p.
- 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. *Revista Brasileira de Geociências*.
- ALTHOFF, F.J., DALL'AGNOL, R., SOUZA, Z.S. 1991. Região de Marajoara - SE do Pará: prolongamento dos terrenos arqueanos de Rio Maria ou retrabalhamento? In: Simpósio Geologia da Amazônia, 3, Belém, 1991. *Anais Belém, SBG*, p. 130 - 141.
- ALTHOFF, F.J., BARBEY, P., BOULLIER, A.M., DALL'AGNOL, R., 1995. Regime tectônico e composição dos granitóides arqueanos da região de Marajoara. IV Simp. Geol. Amazônia, Belém, pp. 291-294.
- ALTHOFF, F.J. 1996. Etude pétrologique et structurale des granitoïdes de Marajoara (Pará, Brésil): leur rôle dans l'évolution archéenne du Craton Amazonien (2,7-3,2 Ga). Université Henri Poincaré, Nancy I – France. 296p (Tese de Doutorado).

- ALTHOFF, F.J., BARBEY, P., MACAMBIRA, M., SCHELLER, T., LETERRIER, J., DALL'AGNOL, R., LAFON, J.-M., 1998. La croissance du craton sud-amazonien (région de Rio Maria, Brésil), Réunion Sci. Terre, Brest, Soc. Géol. Fr, Abstract, p. 62.
- ALTHOFF, F.J., BARBEY, P., BOULLIER, A.M. 2000. 2.8-3.0 Ga plútonism and deformation in the SE Amazonian craton: the Archean granitoids of Marajoara (Carajás Mineral province, Brazil). *Precambrian Research*, 104: p. 187-206.
- ANDERSON, J.L. 1983. Proterozoic anorogenic granite plutonism of North America. In: Medaris, L.G., Mickelson, D.M., Byers, C.W., Shanks, W.C. (Eds.), *Proterozoic Geology*. Geol.Soc. Am. Mem. 161, 133-154.
- ANDERSON, J.L., SMITH, D.R., 1995. The effects of temperature and fO_2 on the Al-in-hornblende barometer. *American Mineralogist* 80, 549-559.
- ANDERSON, J.L. & BENDER, E.E. 1989. Nature and origin of Proterozoic A-Type granitic magmatism in the southwestern United States of America. In: R. Gorbatshev (Editor), *Proterozoic Geochemistry*. *Lithos*, 23:19-52.
- ARAÚJO, O.J.B & MAIA, R.G.N. 1991. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Programa Grande Carajás. Folhas SB-22-Z-A. Estado do Pará. Brasília. DNPM/CPRM. 164p (Texto Explicativo).
- ARAÚJO, O.J.B.; MAIA, R.G.N.; JORGE JOÃO, X.S.; COSTA, J.B.S. 1988. A mega-estrutura arqueana da folha Serra dos Carajás. 7., Belém, 1988. In anais. SBG. P. 324-338.
- AVELAR, V.G.; LAFON, J.M.; SCHELLER, T.; ARAÚJO, O.J.B.; MACAMBIRA, E.M.B. 1994. Geocronologia Pb-Pb por evaporação de zircão e Rb-Sr em rocha total do Granito Seringa, Província Mineral de Carajás. In. Congresso Brasileiro de Geologia., 38. Balneário Camboriú, 1994. Boletim de Resumos Expandidos. Camboriú. V.2.p. 387-389.
- AVELAR, V.G. 1996. Geocronologia Pb-Pb por evaporação em Monocristal de Zircão do Magmatismo da Região de Tucumã, SE do Estado do Pará, Amazônia Oriental. Centro de Geociências. Universidade federal do Pará, Belém. Dissertação de Mestrado. 149p.
- AVELAR, V.G.; LAFON, J.M.; MACAMBIRA, E.M.B. 1996. Geocronologia Pb-Pb em zircão do magmatismo ácido dos Terrenos Granito-Greenstone de Rio Maria da região de Tucumã, sul do Pará. In. Congresso Brasileiro de Geologia., 39. Salvador, 1996. Boletim de resumos expandido.

- AVELAR, V.G.; LAFON, J.M.; CORREIA JR, F.C.; MACAMBIRA, E.M.B. 1999. O Magmatismo arqueano da região de Tucumã-Província Mineral de Carajás: novos resultados geocronológicos. *Revista Brasileira de Geociências*. 29(2): 454-460.
- BARBOSA, J.P.O. 2004. Geologia Estrutural, Geoquímica, Petrografia e Geocronologia de granitóides da região do Igarapé Gelado, norte da Província Mineral de Carajás. Universidade Federal do Pará, 96p (Dissertação de Mestrado).
- BARBOSA, A.A., LAFON, J.M., NEVES, A.P., VALE, A.G. 1995. Geocronologia Rb-Sr e Pb-Pb do Granito Redenção, SE do Pará: Implicações para a evolução do magmatismo Proterozóico da região de Redenção. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências da Terra*, 7:147-164.
- BARROS, C.E.M., DALL'AGNOL, R.; LAFON, J.M.; TEIXEIRA, N.P.; RIBEIRO, J.W. 1992. Geologia e geocronologia Rb-Sr do Gnaiss Estrela, Curionópolis, PA. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências da Terra*, 4, 85-104.
- BARROS, C.E.M., DALL'AGNOL, R., VIEIRA, E.A.P., MAGALHÃES, M.S., 1995. Granito Central da Serra dos Carajás: avaliação do potencial metalogenético para estanho com base em estudos da borda oeste do corpo. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra* 7, 93– 123.
- BARROS C.E.M., MACAMBIRA M.J.B., BARBEY P., SCHELLER T. 2004. Dados Isotópicos Pb-Pb em zircão (Evaporação) e Sm-Nd do Complexo Granítico Estrela, Província Mineral de Carajás, Brasil: Implicações Petrológicas e Tectônicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 34(4):531-538.
- BARROS, C.E.M.; DALL'AGNOL, R.; BARBEY, P.; BOULLIER, A.M. 1997. Geochemistry of the Estrela Granite Complex, Carajás region, Brazil: an example of an Archean A-type granitoid. *Journal of South American Earth Sciences*, 10(3-4): 321-330.
- BETTENCOURT, J.S. & DALL'AGNOL, R. 1987. The Rondonian Tin-bearing anorogenic granites and associated mineralization. In: *Inter. Symp. Granites And Associated Mineralizations*, Salvador, 1987. Excursion Guides. Salvador, SGRM, p. 49-87.
- BETTENCOURT, J.S., TOSDAL, R., LEITE, W.B., JR., PAYOLLA, B.L., 1995. Overview of the rapakivi granites of the Rondônia Tin Province (RTP). In: *Symposium on Rapakivi Granites and Related Rocks. Excursion Guide and Programs*. Belém, pp. 5-14.

- CARMICHAEL, I.S.E. 1967. The Iron-titanium oxides of salic volcanic rocks and their associated ferromagnesian silicates. *Contrib. Mineral. Petrol.*; 14:36-64.
- CHAPPELL, B.W. & WHITE, A.J.R. 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8:173-174.
- COLLINS, W.J., BEAMS, S. D., WHITE, A. J. R., CHAPPELL, B. W. 1982. Nature and Origin of A-type granites with particular reference to Southeastern Australia. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **80**: 189-200.
- COSTA, J.B.S., ARAÚJO, O.J.B., SANTOS, A., JORGE JOÃO, X.S., MACAMBIRA, M.J.B., LAFON, J.M. 1995. A Província Mineral de Carajás: Aspectos Tectono-Estruturais, Estratigráficos e Geocronológicos. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, **7**: 199-235.
- COSTI, H.T., DALL'AGNOL, R., MOURA, C.A.V., 2000. Geology and Pb–Pb geochronology of Paleoproterozoic volcanic and granitic rocks of Pitinga province, Amazonian craton, Northern Brazil. *International Geology Review* 42, 832– 849.
- CVRD. 1974. Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. In: 26º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Belém. Resumo: SBGNO, v.2, p. 78-80.
- DALL'AGNOL, R. 1980. Etudes sur des granites du type “Rondonian” en Amazonie Orientale et leurs transformations tardi-magmatiques. Toulouse, Labor. Géol. Petrol. /Univ. Paul Sabatier. 348p. (Tese de Doutorado).
- DALL'AGNOL, R., BETTENCOURT, J.S., JORGE JOÃO, X.S., MEDEIROS, H., COSTI, H.T., MACAMBIRA, M.J.B. 1986. Granitogenesis in northern Brazilian region: a review. *Revista Brasileira de Geociências*, 17 (4): 382-403.
- DALL'AGNOL, R., SAUCK, W.A., GONÇALEZ, M.G.B. 1988. Suscetibilidade magnética em granitóides da Amazônia: Um estudo preliminar. In: Congresso Brasileiro Geologia, 35. Belém, 1988. *Anais. Belém, SBG. v. 3*, p. 1664-1173.
- DALL'AGNOL, R., MAGALHÃES, M.S., BARROS, C.E.M. 1993. The anorogenic magnetite - bearing granites of the eastern Amazonian craton: implicações for the genesis of A –Type Proterozoic granites. In: IN. GEOL. CORREL. PROGRAME. Project 315, Rolla. Abstracts with programs. Rolla, University of Missouri, *The Geol. Soc. Amer.* pp. 15.

- DALL'AGNOL, R., LAFON, J.M., MACAMBIRA, M.J.B. 1994. Proterozoic anorogenic magmatism in the Central Amazonian province, Amazonian Craton. Geochronological, Petrological and Geochemical aspects. *Mineralogy and Petrology*, **50**:113-138.
- DALL'AGNOL, R., SOUZA, Z.S., ALTHOFF, F.J., MACAMBIRA, M.J.B., LEITE, A.A.S. 1996. Geology and Geochemistry of the Archean Rio Maria Granite-Greenstone Terrain, Carajas Province, Amazonian Craton. In: Symposium-Archean Terranes of the South American Platform. SBG, p. 29-30.
- DALL'AGNOL, R., SOUZA, Z.S., ALTHOFF, F.J., BARROS, C.E.M., LEITE, A.A.S., Jorge João, X.S. 1997a. General aspects of the granitogenesis of the Carajás metallogenic province. Intern. Symp. On Gran. And Associated Mineralizations, 2. Salvador. Excursions Guide.. Salvador: Superintendência de Geologia e Recursos Minerais-SGRM. p.135-161.
- DALL'AGNOL, R., RAMÖ, O. T., MAGALHÃES, M. S., MACAMBIRA, M. J. B. 1999A. Petrology of the anorogenic, oxidised Jamon and Musa granites, Amazonian Craton: implications for the genesis of Proterozoic, A-type Granites. *Lithos*. 46: p. 431-462
- DALL'AGNOL, R., TEIXEIRA, N.P., BETTENCOURT, J.S., RÄMÖ, O.T., MACAMBIRA, M.J.B., 1999b. Contrasts Between Paleoproterozoic, A- type granites of the Archean Carajas Province, southeastern Amazonian craton, Brazil: metallogenic and petrogenetic implications. In: BRGM (Editor), The Origin Of Granites And Related Rocks, Ivth Hutton Symposium Abstracts. Géologie régionale et générale, Clermont-Ferrand, France, p. 141.
- DALL'AGNOL, R., TEIXEIRA, N.P., RÄMÖ, O.T., MOURA, C.A.V., MACAMBIRA, M.J.B., OLIVEIRA, D.C., 2005. Petrogenesis of the Paleoproterozoic, rapakivi, A-type granites of the Archean Carajás Metallogenic Province, Brazil. *Lithos* 80, 101-129.
- DALL'AGNOL, R., OLIVEIRA, M.A., ALMEIDA, J.A.C., ALTHOFF, F.J., LEITE, A.A.S., OLIVEIRA, D.C., BARROS, C.E.M., 2006. 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, PRONEXUFPA/SBG-NO, 150p.
- DALL'AGNOL, R., OLIVEIRA, D.C., 2007. Oxidized, magnetite-series, rapakivi-type granites of Carajás, Brazil: implications for classification and petrogenesis of A-type granites. *Lithos* 2007. *Lithos* 93 (2007), 215-233.

- DOCEGEO (Rio doce Geologia e Mineração - Distrito Amazônia) 1988. Revisão litoestratigráfica da província Mineral de Carajás, Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35., Belém. Anexos. Belém, SBG. Vol. Província Mineral de Carajás-Litoestratigrafia e Principais Depósitos Minerais. p. 11-54.
- DUARTE, K. D. 1992. Mapeamento e petrologia do granito Mata Surrão: um exemplo de granito "stricto sensu" arqueano. Belém. Universidade Federal do Pará. 217p. (Tese de Mestrado).
- DUARTE, K.D.; DALL'AGNOL, R. 1996. Geologia e geoquímica do leucogranito arqueano potássico Mata Surrão, terreno granito-greenstone de Rio Maria, Pará. Boletim IG - USP, 18: 113-115 (publ. esp.).
- DUARTE K.D.; PEREIRA E.D.; DALL'AGNOL R.; LAFON, J.M. 1991. Geologia e geocronologia do Granito Mata Surrão - sudoeste de Rio Maria (Pa). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3, Belém, SBG, Anais... p. 7-20.
- EBY G.N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications, *Geology* **20**, pp. 641-644.
- FARIAS N.F., SANTOS A.B.S., BIAGINI D.O., VIEIRA E.A.P., MARTINS L.P.B., SAUERESSIG, R. 1984. Jazidas Cu-Zn da área Pojuca, Serra dos Carajás, PA. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, Anais, 8: 3658-3668.
- FIGUEIREDO, M.A.B.M., DALL'AGNOL, R., LAMARÃO, C.N, OLIVEIRA, D.C. 2003. Petrologia magnética do granito São Jorge Antigo, Província Aurífera do Tapajós. *Revista Brasileira de Geociências*, 33 (2):149-158.
- FEIO, G.L.F. 2009. Magmatismo Granitóide Arqueano da região de Canaã dos Carajás: Implicações Para Evolução Crustal da Província Mineral de Carajás. Belém. Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. Exame de Qualificação (Tese de Doutorado).
- GALARZA, M.A.T & MACAMBIRA, M.J.B. 2002. Geocronologia e evolução crustal da área do depósito de Cu-Au Gameleira, Província Mineral de Carajás (Pará), Brasil. *Revista do Instituto de Geociências*, São Paulo, V.2, P, 134-159, Dezembro de 2002.
- GASTAL, M.C.P. 1987. *Petrologia do Maciço Granítico Musa, Sudeste do Pará*. 316 p. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, Pós-Graduação em Geoquímica e Petrologia. (Dissertação de Mestrado).
- GASTAL, M.C.P. 1988. Magmatismo ácido -intermediário do Proterozóico Médio da região de

- Rio Maria, SE do Pará: discussão quanto à tipologia. In: CONG. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988. *Anais...* SBG. v. 3, p. 1147-1163.
- GIBBS, A. K., WIRTH, K. R., HIRATA, W. K.; OLSZEWSKI, W. J. 1986. Age and composition of the Grão Para Group Volcanics, Serra dos Carajás. *Revista Brasileira de Geociências*, 16 (2):201-211.
- GOMES A.C.B. 2003. *Geologia, Petrografia e Geoquímica dos granitóides de Canaã dos Carajás, SE do Estado do Pará*. Belém, Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, 160p. (Dissertação de Mestrado).
- GOMES A.C.B., DALL'AGNOL R. 2007. Nova associação tonalítica-trondhjemítica neoarqueana na região de Canaã dos Carajás: TTGS com altos conteúdos de Ti, Zr e Y. *Revista Brasileira de Geociências*, 37(1): pg. 182-193.
- GONÇALEZ, M.G.B, DALL'AGNOL R. VIEIRA, E.A.P; MACAMBIRA, M.J.B.; SENTA, N.D.1888. Geologia do maciço anorogênico Cigano, vale do Rio Parauapebas, Pa. CONG. BRAS. GEOL. *Anais*. Belém, 1988.SBG 3. 1132-1146.
- HAAPALA, I. & RÄMÖ, O.T. 1990. Petrogenesis of the Proterozoic rapakivi granites of Finland. In: H.J. STEIN & J.L. HANNAH (Editors), *Ore-bearing granite systems; Petrogenesis and mineralizing processes*. Geol. Soc. Am. pp. 275-286. (Spec. Pap., 246).
- HENDERSON, P. 1984. *Rare Earth Element Geochemistry*. Amsterdam, Elsevier, 510 p.
- HIRATA, W.K., RIGON, J.C., KADEKARU, K., CORDEIRO, A.A.C., MEIRELES, E.A. 1982. Geologia Regional da Província Mineral de Carajás. In: SIMP. GEOL. AMAZ. Belém, 1982, *anais...* SBG, v.1, p. 100-110.
- HORBE, M.A., HORBE, A.C., COSTI, H.T., TEIXEIRA, J.T. 1991. Geochemical characteristics of cryolite-tin-bearing granites from Pitinga Mine, northwestern Brazil - a review. *Journal of Geochemical Exploration*, 40: 227-249.
- HORBE, M.A., HORBE, A.C., TEIXEIRA, J.T., COSTI, H.T. - 1985 - Granito Madeira: petrografia, petroquímica e mineralizações. In: SIMP. GEOL. AMAZ., 2, Belém, 1985. *Anais...* Belém, SBG, v.3, p. 284 - 320.
- HUHN S. R. B. SANTOS A. B. S., AMARAL A. F., LEDSHAM E. J., GOUVEIA J. L., MARTINS L. B. P., MONTALVÃO R.M.G., COSTA V.G. 1988. O terreno granito-greenstone da região de Rio Maria - sul do Pará. In: CONGR. BRAS. GEOL., 35., Belém, *Anais*. Belém,v. 3:1438-1453.

- HUHN S.B., MACAMBIRA M.J.B., DALL'AGNOL R. 1999. Geologia e geocronologia Pb/Pb do granito alcalino arqueano Planalto, região da Serra do Rabo, Carajás-PA. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 6, Manaus, 1999. *Boletim de Resumos Expandidos*. Manaus: SBG-NNO, v.1, p.463-466.
- ISHIHARA, S. 1981. The granitoid series and mineralization. In: SKINNER, B. J. (ed.) *Economic Geology, 75th anniversary volume*, p.458-484.
- JAVIER RIOS, F., 1995a. A jazida de wolframita de Pedra Preta, Granito Musa, Amazônia Oriental (PA): Estudo dos fluidos mineralizantes e isótopos estáveis de oxigênio em veios hidrotermais. Tese de doutorado. Universidade Federal do Pará. Brasil. 1995.
- JAVIER RIOS, F., VILLAS, R.N., DALL'AGNOL, R., 1995b. O Granito Serra dos Carajás: fácies petrográficas e avaliação do potencial metalogenético para estanho no setor norte. *Revista Brasileira de Geociências* 25, 20–31.
- JORGE JOÃO X.S., LOBATO T.A., MARQUES S.M.T.G., BRIM R.J.P., ARAÚJO E.S. 1991. Geoquímica. In: O.J.B. ARAÚJO, R.G.N. MAIA (Eds.), Serra dos Carajás, Folha SB.22-Z-A - Estado do Pará. CPRM/DNPM, Brasília, pp. 79-95. (Programa Levantamento Geológicos Básicos do Brasil, Projeto especial mapas de recursos minerais, de solos e de vegetação para a área do Programa Grande Carajás).
- KING, P.L.; WHITE, A.J.R.; CHAPPELL, B.W.; ALLEN, C.M. 1997. Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia, *J. Petrol.* **38**, pp. 371–391.
- KOBER, B. 1986. Whole-grain evaporation for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -age-investigations on single zircons using a double-filament thermal ion source. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 93: 482-490.
- LA ROCHE, H., LETERRIER, J., GRANDCLAUDE, P., MARCHAL, M. 1980. A classification of volcanic and plútonic rocks using R1 R2- diagram and major-element analyses – its relationships with current nomenclature. *Chem. Geol.* **29**: 183-210.
- LAFON, J.M.; MACAMBIRA, M.J.B.; PIDGEON, R.T. 2000. Zircon U-Pb SHRIMP dating of Neoproterozoic magmatism in the southwestern part of the Carajás Province (eastern Amazonian Craton, Brazil). In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro. Abstracts... Rio de Janeiro, 2000. 1 CD-ROM.

- LAFON, F.M; MACAMBIRA, M.J.B, SCHELLER, T.; GARCIA, R. 1888. Relatório sobre o estudo geocronológico Rb-Sr do maciço granítico da Serra da Seringa e dos Granulitos da Serra do Pium. (PA). Relatório Final. Belém, FADESP/CPRM. 23p.
- LAMARÃO, C.N.; DALL'AGNOL, R.; SOLEDADE, G.L.; SILVA, J.S. 2007. Variações composicionais de zircão em granitos anorogênicos proterozóicos do Cráton Amazônico: implicações metalogenéticas. In Revista Brasileira de Geociências, 37(4), p 693-704. Dezembro de 2007.
- LE MAITRE R.W., STRECKEISEN A., ZANETTIN B., LE BAS M.J., BONIN B., BATEMAN P., BELLINI G., DUDEK A., EFREMOVA J., KELLER J., LAMEYRE J., SABINE P.A., SCHMIDT R., SØRENSEN H., WOOLLEY A.R. 2002. Igneous Rocks. A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the systematics of igneous rocks. Cambridge University Press, Cambridge, 252 pp.
- LEITE, A.A.S. 1995. Geologia e geoquímica do Batólito Granítico Arqueano Xinguara, sudeste do Estado do Pará. Belém, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. Tese (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA. 209p.
- LEITE, A. A. S. 2001. Geoquímica, petrogênese e evolução estrutural dos granitóides arqueanos da região de Xinguara, SE do Cráton Amazônico. Belém, Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA. 330p.
- LEITE, A.A.S., DALL'AGNOL, R., MACAMBIRA, M.J.B., ALTHOFF, F.J. 2004. Geologia e geocronologia dos granitóides arqueanos da região de Xinguara e suas implicações na evolução do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*, **34** (4): 447-458.
- LEITE, A.A.S.; DALL'AGNOL, R; ALTHOFF, F.J. 1997. 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. 9: 43-81.
- LINDENMAYER Z.G., FYFE, W.S., BOCALON V.L.S. 1994, Nota Preliminar sobre as Intrusões Granitóides do Depósito de Cobre do Salobo, Carajás. *Acta Geol. Leopold.*, 40(XVII):153-184.

- LOBATO, L.M.; ROSIÉRE, C.A.; FIGUEIREDO E SILVA, ZUCCHETTI, M.; R.C.; BAARS, F.J.; SEOANE, J.C.S.; RIOS, R.J.; PIMENTEL, M.M.; MENDES, G.E.; MONTEIRO, A.M. 2006. A mineralização hidrotermal de ferro da Província Mineral de Carajás-ontrole Estrutural e Contexto na Evolução metalogenética de Província. In: MARINI, O.J.; QUEITOZ, E.T.; RAMOS, B.W. Caracterização de depósitos minerais em distritos mineiros da Amazônia, P. 25-92.
- LOISELLE, M.C., WONES, D.R., 1979. Characteristics and origin of anorogenic granites. Geological Society of America Abstracts with Programs 11, 468.
- MACAMBIRA E.M.B.; TASSINARI C.C.G. 1998. Estudos Sm/Nd no complexo máfico-ultramáfico da Serra da Onça – sul do Pará: implicações geocronológicas e geotectônicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., 1998, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBG-Núcleo Minas Gerais, 1998. p. 463.
- MACAMBIRA M.J.B., LAFON J.M. 1995. Geocronologia da Província Mineral de Carajás; Síntese dos dados e novos desafios. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra, Belém, (7): 263-287.
- MACAMBIRA E.M.B.; VALE A.G.1997. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. São Felix do Xingu. Folha SB.22-Y-B. Estado do Pará. DNPM/CPRM. Brasília.384p.
- MACAMBIRA, M.J.B. 1992. 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. Université Montpellier II - France. 212 p. (Tese de Doutorado).
- MACAMBIRA J.B. 2003. O ambiente deposicional da Formação Carajás e uma proposta de modelo evolutivo para a Bacia Grão Pará. 217 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.
- MACAMBIRA M.J.B., BARROS C.E.M., SILVA D.C.C., SANTOS M.C.C. 2001. Novos dados geológicos e geocronológicos para a região ao norte da Província de Carajás, evidências para o estabelecimento do limite Arqueano-Paleoproterozóico no sudeste do Cráton Amazônico. Simpósio de Geologia da Amazônia, vol. 7, Sociedade Brasileira de Geologia, Belém, Brazil, Resumos Expandidos, cdrom.
- MACHADO N., LINDENMAYER Z., KROGH T.E., LINDENMAYER D. 1991. U/Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás Área, Amazon Shield, Brazil. *Precambrian Research*. **49**: 329-354.

- MAGALHÃES, M.S. 1991. Minerais opacos e suscetibilidade magnética de granitóides da Amazônia Oriental: Implicações Petroológicas. Belém, 274 p. (Tese de Mestrado UFPA-Centro de Geociências).
- MAGALHÃES, M.S & DALL'AGNOL, R. 1992. Estudos de minerais opacos e suscetibilidade magnética nos Granitos Musa e Jamon (Região de Rio Maria - SE do Pará) e suas implicações petrológicas. *Revista Brasileira de Geociências.*, Belém. 22(2):184-197.
- MAGALHÃES, M.S., FIGUEIREDO, M.aB.M. & ALTHOFF, F. 1994. Comportamento Magnético do Tonalito Arco-Verde e do Granito Garantã, Rio Maria, Pará: Suscetibilidade magnética e minerais opacos . In: Simpósio de Geologia da Amazônia., 4., Belém, SBG-Núcleo Norte, p.347-348.
- MEDEIROS H. & DALL'AGNOL R. 1988. Petrologia da porção leste do batólito granodiorítico Rio Maria, sudeste do Pará. *CONGR. BRAS. GEOL.*, 35. Belém, 1988, *Anais...* Belém, SBG. 3, p.1488-1499.
- MEIRELES, E.M.; HIRATA, W.K.; AMARAL, A.F.; MEDEIROS F, C.A. & GATO, V.C 1984. Geologia das Folhas Carajás e Rio Verde, Província Mineral dos Carajás, Estado do Pará. In: *CONGR. BRÁS. GEOL.*, 33. Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG. 5:2164-2174.
- MEIRELLES M. R. & DARDENE M. A. 1991. Vulcanismo basáltico de afinidade shoshonítica em ambiente de arco Arqueano, Grupo Grão-Pará, Serra dos Carajás, Estado do Pará. In: *CONGR. BRAS. GEOL.*, 33, Rio de Janeiro, 1991. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, v. 5: 2164-2174.
- MOUGEOT R., RESPAUT J.P., LEDRU P., MILESI J.P., MACAMBIRA M.J.B. & HUHN S.B. 1996. Contrainte géochronologique U-Pb pour l'âge de la formation sédimentaire de Águas Claras (Province de Carajás, Etat de Pará.). In: BRGM, Réunion des Sciences de la Terre, 16, Orléans, 67.
- MONTALVÃO, R.M.G., BEZERRA, P.E. L., PRADO, P., FERNANDES, C.A.C., SILVA, G.H., BRIM, R.J.P. 1982. Características petrográficas e geoquímicas do Granito Redenção e suas possibilidades metalogenéticas. In: *Cong. Bras. Geol.*, 32, Salvador. SBG, vol. 2, p. 520 - 548.
- NASCIMENTO, F.G.C.; Petrologia magnética das associações magmáticas arqueanas da região de Canaã dos Carajás-PA. Belém, 180 p. (Tese de Mestrado UFPA-Centro de Geociências).

- NOGUEIRA A.C.R., TRUCKENBRODT W. & PINHEIRO R.V.L. 1995. Formação Águas Claras, Pré-Cambriano da Serra dos Carajás: redescrição e redefinição litoestratigráfica. Bol. Mus. Par. Em. Goeldi, Ciênc. da Terra, (7), pg. 177-277.
- OLIVEIRA, D. C. 2001. Geologia, geoquímica e petrologia magnética do granito paleoproterozóico Redenção, SE do Cráton Amazônico. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 207 p. (tese de mestrado).
- OLIVEIRA, D.C., DALL'AGNOL, R., BARROS, C.E.M., FIGUEIREDO, M.A.B.M., 2002. Petrologia magnética do Granito Paleoproterozóico Redenção, SE do Cráton Amazônico. In: Klein, E.L., Vasquez, M.L., Rosa-Costa, L.T. (Eds.) Contribuições à Geologia da Amazônia. Sociedade Brasileira de Geologia Núcleo Norte, Belém, vol. 3, p. 115-132.
- OLIVEIRA, D.C., DALL'AGNOL, R., BARROS, C.E.M., VALE, A.G., 2005. Geologia e Petrografia do Granito Paleoproterozóico Redenção, SE do Cráton Amazônico. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais, Belém, v. 2, n. 1, p. 155-172.
- OLIVEIRA, E.P. 1993. Limiting factors in applying geochemistry to tectonic settings identification in continental áreas: implications to the Carajás basic metavolcanics, Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 4., 1993, Brasília. Resumos expandidos... Brasília: SBGq, 1993. p. 20-22.
- OLIVEIRA M.A., DALL'AGNOL R., ALTHOFF F. 2006. 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 Geologia, pg. 313 – 326.
- OLIVEIRA M.A., DALL'AGNOL R., ALTHOFF F. LEITE A.A.S. 2009. Mesoarchean sanukitoid rocks of the Rio Maria Granite-Greenstone Terrane, Amazonian craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 27, pp.146–160.
- PAIVA JÚNIOR, A. L – 2004 – Petrografia e Geocronologia Pb-Pb do Granito Santa Rosa, região de São Félix do Xingu, Província Mineral de Carajás. In: Semi. de Inic. Cient. da UFPA, 15. p.73.
- PEARCE, J.A, HARRIS, N.B.W, TINDLE, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrology*, **25**: 956-983.
- PIDGEON R.T., MACAMBIRA M.J.B., LAFON J.M. 2000. Th-U-Pb isotopic systems and internal structures of complex zircons from an enderbite from the Pium Complex, Carajás

- Province, Brazil: evidence for the ages of granulites facies metamorphism and the protolith of the enderbite. *Chemical Geology*, 166: 159-171.
- PIMENTEL M.M., MACHADO N. 1994. Geocronologia U-Pb dos Terrenos granito-greenstone de Rio Maria, Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camboriú, 1988. *Boletim de Resumos Expandidos*. Camboriú, SBG. p. 390-391.
- PINHO, S.C.C. 2009. Geologia, Petrografia e Geoquímica do Granito Bom Jardim, Província Estanífera do Sul do Pará. 144 p. Belém, Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências, Pós-Graduação em Geoquímica e Petrologia. (Dissertação de Mestrado).
- RAJESH, H.M. 2000. Characterization and origin of a compositionally zoned aluminous A –type granite from South India. *Geol. Mag.* **137** (3): 291-318.
- RÄMÖ, O.T. & HAAPALA, I. 1995. One hundred years of rapakivi granite. *Mineralium Petrology*, **52**: 129-185.
- RICCI P.S.F., CARVALHO M.A. 2006. Rocks of the Pium-Area, Carajás Block, Brazil – A Deepseated High-T Gabbroic Pluton (Charnockitoid-Like) with Xenoliths of Enderbitic Gneisses Dated at 3002 Ma – The Basement Problem Revisited. Simpósio de Geologia da Amazônia, Boletim de Resumos Expandidos, Belém, SBGeo/NO, cdroom.
- RICCI, P.S.F., 2006. Unprecedented recognition of jotunitic-mangeritic orogenic bodies from the low course of the Iriri River to Tucuruí Lake (Pará): implications for the Bacaj’a High-Grade Block boundaries. Simpósio de Geologia da Amazônia, vol. 9, Sociedade Brasileira de Geologia, Belém, Brazil, Resumos Expandidos, CD ROM.
- RIVALENTI, G., MAZZUCHELLI, M., GIRARDI, V.A.V., CAVAZZINI, G., FINATTI, C., BARBIERI, M.A., TEIXEIRA, W. 1998. Petrogenesis of the Paleoproterozoic basalticandesite-rhyolite dyke association in the Carajás region, Amazonian craton. *Lithos* **43**:235-265.
- ROCHA Jr., G.L.D. 2004. Caracterização petrográfica do Granito Paleoproterozóico Marajoara, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, SE do estado do Pará. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 45p. (TCC).
- RODRIGUES E.M.S.; LAFON J.M.; SCHELLER T. 1992. Geocronologia Pb-Pb em rochas totais da Província Mineral de Carajás: primeiros resultados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo. Resumos... São Paulo: SBG, 1992. v. 2, p. 183-184.

- ROLANDO, A.P. & MACAMBIRA, M.J.B. 2002. 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. Boletim de Resumos Expandidos. João Pessoa, SBGeo, p. 525.
- ROLANDO A.P., MACAMBIRA M.J.B. 2003. 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, *Expanded Abstract*. Salvador, cdrom.
- ROLLINSON, H.R. 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. New York, Longman, 352 p.
- SANTOS, J.O.S., HARTMANN, L.A., GAUDETTE, H.E., GROVES, D.I., MCNAUGHTON, N.J., FLETCHER, I.R. 2000. A new understanding of the provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gondwana Research*, 3, 453-488.
- SANTOS R.D., OLIVEIRA D.C., BORGES R.M.K. 2008. Geologia e Petrografia das rochas máficas e ultramáficas do complexo Pium-Província Mineral de Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44, Curitiba. Anais, SBGeo, p. 535.
- SARDINHA A.S., DALL'AGNOL R., GOMES A.C.B., MACAMBIRA M.J.B., GALARZA M.A. 2004. Geocronologia Pb-Pb e U-Pb em zircão de granitóides arqueanos da região de Canaã dos Carajás, Província Mineral de Carajás. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 42, cdrom.
- SARDINHA A.S., BARROS C.E.M., KRYMSKY R. 2006. Geology, Geochemistry, and U-Pb geochronology of the Archean (2.74 Ga) Serra do Rabo granite stocks, Carajás Province, northern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 20, 327-339.
- SCAILLET, B., PICHAVANT, M., ROUX, J., 1995. Experimental crystallization of leucogranite magmas. *Journal of Petrology* 36, 663-705.
- SHAND, S.J. 1951. Eruptive rocks their genesis, composition, classification and their relation to ore deposit. 4ed., London, 488p.
- SILVA, G.G., LIMA, M.I.C., ANDRADE, A.R.F., ISSLER, R.S., GUIMARÃES, G. 1974. Folhas SB-22 Araguaia e parte da SC-22 Tocantins. Geologia. In: Brasil-MME. Projeto Radam Brasil. Folhas SC-22-Tocantins. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, DNPM. v. 4, p. 1-143 (Lev. Rec. Nat.).

- SILVA M.G., TEIXEIRA J.B.G., PIMENTEL M.M., VASCONCELOS P.M., ARIELO A., ROCHAW.J.S.F. 2006. Geologia e mineralização de Fe-Cu-Au do alvo GT-46 (Igarapé Cinzento), Carajás. In: MARINI O.J., QUEITOZ E.T., RAMOS B.W. Caracterização de depósitos minerais em distritos mineiros da Amazônia, P. 97-151.
- SILVA Jr., R. O., DALL'AGNOL, R., OLIVEIRA, E. P. 1999. Geologia, petrografia e geoquímica dos diques proterozóicos da região de Rio Maria, sudeste do Pará. *Geochimica Brasiliensis*, 13(2): 163-181.
- SOARES, C.M. 1996. Estudo das relações de contato do granodiorito Rio Maria com os granitos Jamon e Musa e com diques do proterozóico. 165p. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, Pós-Graduação em Geoquímica e Petrologia. (Dissertação de Mestrado).
- SOUZA, Z. S. 1994. Geologia e petrogênese do "Greenstone Belt" Identidade: implicações sobre a evolução geodinâmica do terreno granito- "greenstone" de Rio Maria, SE do Pará. Belém, Universidade Federal do Pará. 2 v. (Tese de Doutorado em Geoquímica e Petrologia).
- SOUZA, Z.S.; DALL'AGNOL, R.; ALTHOFF, F.J. LEITE, A.A.S.; BARROS, C.E.M. 1996. Carajás mineral province: geological, geochronological and tectonic constrast on the Archean evolution of the Rio Maria Granito-Greenstone Terrain and the Carajás Block. In: SYMPOSIUM ON ARCHEAN TERRANES OF SOUTH AMERICA PLATAFORM, Brasília, 1996, Extended abstracts... SBG. P. 31-32.
- SOUZA Z.S., DALL'AGNOL R., OLIVEIRA C.G, HUHN S.R.B. 1997. Geochemistry and Petrogenesis of metavolcanic rocks from Archean Greenstone Belts: Rio Maria Region (Southeast Pará, Brazil). *Revista Brasileira de Geociências*, 27(2): 169-180.
- SOUZA Z. S., MEDEIROS H., ALTHOFF F. J., DALL'AGNOL R. 1990. Geologia do terreno granito - greenstone arqueano da região de Rio Maria, sudeste do Pará. In: 36º Congresso Brasileiro de Geologia, 1990, Natal. Anais, Natal : Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Nordeste, 1990. v. 6. p. 2913-2928.
- SOUZA Z.S.; POTREL A.; LAFON J.M.; ALTHOFF F.J.; PIMENTEL M.M.; DALL'AGNOL R.; OLIVEIRA C.G.; 2001. Nd, Pb and Sr isotopes in the Identidade Belt, an Archean greenstone belt of Rio Maria region (Carajás Province, Brazil): implications for the geodynamic evolution of the Amazonian Craton, *Precambrian Research*, 109, 293–315.

- STERN, R., G.N. HANSON AND S.B. SHIRLEY (1989) "Petrogenesis of Mantle derived LILE-enriched Archaean Monzodiorite, Trackyandesites (Sanukitoids) in southern Superior Province." *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 26, pp. 1688-1712.
- STRECKEISEN, A.L. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.*, 12: 1-33.
- TALLARICO F.H.B., FIGUEIREDO B.R., GROVES D.I., KOSITCIN N., MCNAUGHTON N.J., FLETCHER I.R., REGO J.L. 2005. Geology and Shrimp U-Pb geochronology of the Igarapé Bahia deposit, Carajás Copper-Gold belt, Brazil: an Archean (2.57 Ga) example of iron-oxide Cu-Au-(U-REE) mineralization. *Econ. Geol.*, 100:7-28.
- TASSINARI, C.C.G., MACAMBIRA, M.J.B., 2004. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito Neves, B.B. (Eds.), *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, pp. 471–485.
- TASSINARI T., TACHIBANA J., TULIO M., LÍVIO R., GAIA C. 2005. Geologia isotópica aplicada nas mineralizações de Cu-Au do greenstone belt da Serra dos Gradaús, Província Mineral de Carajás, Cráton Amazônico: exemplo de mineralizações policíclicas. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METALOGENIA*, 1., Gramado, RS. Resumos... Porto Alegre: SBG/SEG/SGMTM-MME, 2005. 1 CD-ROM.
- TEIXEIRA, N.P. & DALL'AGNOL, R. 1991. Geologia e petrografia do maciço granítico Antonio Vicente, região de São Félix do Xingu/PA. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, 3: 45-73.
- TEIXEIRA, N.P., DALL'AGNOL, R., MAGALHÃES, M.S., 1994. Complexo granítico anorogênico Antonio Vicente: feições características de um granito especializado em estanho. In: *Simpósio de Geologia da Amazônia*. 4. SBG/Núcleo Norte, Belém, 1994, pp. 391-393.
- TEXEIRA, N. P., BELLO, R.M.S., BETTENCOURT, J. S. 2002. Inclusões fluidas do maciço granítico Antônio, Suíte Intrusiva Velho Guilherme, Província Estanífera do Sul do Pará. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(1): 135-146.
- VALE, A.G. & NEVES, P.N. 1994. O Granito Redenção: Estado do Pará. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 38., Balneário Camboriú-SC. SBG, vol. 1, p. 149 - 150.
- VASQUEZ M.L., MACAMBIRA M.J.B. ARMSTRONG R.A., 2008A. Zircon geochronology of granitoids from the western Bacajá domain, southeastern Amazonian craton, Brazil: Neoarchean to Orosirian evolution. *Precambrian Research*, 161(3-4): pg. 279-302.

- VASQUEZ L.V., ROSA-COSTA L.R., SILVA C.G., RICCI P.F., BARBOSA J.O., KLEIN E.L., LOPES E.S., MACAMBIRA E.B., CHAVES C.L., CARVALHO J.M., OLIVEIRA J.G., ANJOS G.C., SILVA H.R. 2008b. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará : Sistema de Informações Geográficas – SIG : texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Organizadores, Vasquez M.L., Rosa-Costa L.T. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM.
- VASQUEZ, M.L.; MACAMBIRA, M.J.B.; GALARZA, M.A. 2005. Granitóides transamazônicos da Região Iriri-Xingu, Pará - Novos dados geológicos e geocronológicos. In: HORBE, A.M.C.; SOUZA, V.S. (Coord). Contribuições à geologia da Amazônia. Manaus: SBG-Núcleo Norte, v. 4, p. 16-31.
- WHALEN, J.B., CURRIE, K.L. & CHAPPELL, B.W., 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 95: 407-419.
- WIRTH, K. R., GIBBS, A. K. & OLSZEWSKI Jr., W. J. 1986. U-Pb zircon ages of the Grão Pará group and Serra dos Carajás granite, Para, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 16 (2):195-200.

CAPÍTULO – 2

*GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DO BATÓLITO
ANOROGÊNICO SERINGA, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS,
SSE DO PARÁ.*

Antonio Lima de Paiva Júnior

Cláudio Nery Lamarão

Paulo Henrique Araújo Lima

Submetido: REVISTA BRASILEIRA DE GEOLOGIA (RBG).



De: Alberto Pio Fiori <fiori@ufpr.br>

Para: Antonio Lima Paiva Jr <antoniollima@gmail.com>

Data: 10 de julho de 2009 10:47

Assunto: [RBG] Agradecimento pela Submissão

Antonio Lima Paiva Jr,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DO BATÓLITO ANOROGÊNICO SERINGA, PROVÍNCIA MINERAL DECARAJÁS, SSE DO PARÁ." para Revista Brasileira de Geociências. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:

<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/rbg/author/submission/14752>

Login: antoniollima

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DO BATÓLITO ANOROGÊNICO SERINGA, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS, SSE DO PARÁ.

Antonio Lima de Paiva Júnior^{1,2}, Claudio Nery Lamarão^{1,3}, Paulo Henrique Araújo Lima^{1,4}

1- Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides, Universidade Federal do Pará, Caixa Postal 8608, 66075-100 – Belém, PA, Brasil.

2- Aluno do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará. Email: antoniollima@gmail.com

3- Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará. Email: lamarao@ufpa.br

4- Aluno de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará. Email: phlima@ufpa.br

Resumo

O Granito Seringa, com cerca de 2250 km² de superfície aflorante, representa o maior batólito anorogênico da Província Mineral de Carajás. É intrusivo em unidades arqueanas do Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria, sudeste do Cráton Amazônico. É constituído por dois grandes conjuntos petrográficos: A) rochas monzograníticas, representadas por bitotita-anfibólio monzogranito grosso e anfibólio-bitotita monzogranito grosso; B) rochas sienograníticas, representadas por anfibólio-biotita sienogranito porfirítico, leucosienogranito heterogranular, leucomicrosienogranito e anfibólio-biotita sienogranito heterogranular. A mineralogia essencial é representada por quartzo, feldspato potássico e plagioclásio. Biotita e anfibólio são varietais e zircão, apatita, minerais opacos e allanita, minerais acessórios. O Granito Seringa mostra caráter subalcalino, metaluminoso a fracamente peraluminoso e possui altas razões FeO_t/FeO_t+MgO (0,86 a 0,97) e K₂O/Na₂O (1 a 2). Os elementos terras raras mostram padrão de fracionamento moderado para os elementos terras raras leves, e sub-horizontalizado para os elementos terras raras pesados. As anomalias negativas de Eu são fracas nas rochas monzograníticas e moderadas a acentuadas nas sienograníticas e leucograníticas, respectivamente, com exceção dos anfibólio-

biotita sienogranito porfirítico. O Granito Seringa mostra afinidades geoquímicas com granitos intraplacas, ferrosos, do subtipo A2 e tipo A oxidados. As relações de campo e os aspectos petrográficos e geoquímicos não indicam que as diversas fácies do Granito Seringa evoluíram por processo único de cristalização fracionada. O Granito Seringa apresenta maiores semelhanças petrográficas, geoquímicas e de suscetibilidade magnética com as rochas da Suíte Serra dos Carajás, podendo ser enquadrado nesta importante suíte granitóide.

Palavras-chave: Granito Seringa, Anorogênico, Tipo A oxidado, Paleoproterozóico.

Abstract *GEOLOGY, PETROGRAPHY AND GEOCHEMISTRY OF THE ANOROGENIC SERINGA BATHOLITH, CARAJÁS PROVINCE MINERALS, SSE OF THE PARÁ.*

The Seringa Granite, with 2250 km² of outcropping area represents the biggest anorogenic batholith of Carajás Mineral Province. It is intrusive in Archean units of the Rio Maria Granite-Greenstone Terrane, located in the southeastern of the Amazonian craton. The Seringa Granite is formed by two great petrographic groups: A) monzogranites rocks, represented by biotite-amphibole coarse-grained monzogranite, amphibole-biotite coarse-grained monzogranite; B) syenogranites rocks, represented by, porphyritic amphibole-biotite syenogranite, heterogranular leucosyenogranite, leucomicrosyenogranite, and heterogranular amphibole-biotite syenogranite. It's formed essentially by quartz, alkali feldspar and plagioclase. Biotite and amphibole are varietal minerals and zircon, apatite, opaque, and allanite the accessories minerals. It is subalkaline, metaluminous to peraluminous, display K₂O/Na₂O ratios between 1 and 2 and FeO_t/(FeO_t +MgO) between 0.86 and 0.97. The patterns of REE show increase in negative europium anomalies from the less evolved facies to the more evolved facies. In these sense, it is enriched in light REE parallel to the impoverishment of heavy REE. It shows geochemical affinities with within-plate granites, ferroan granites, of the A2-subtype and oxidized A-type granites. The field relations, and the petrographic and geochemistry aspects not indicate that the Seringa Granite evolved through a unique process of fractional crystallization. The Seringa Granite display more petrographic, geochemistry and magnetic susceptibility similarities with the suite Serra dos Carajás rocks, been included in that important granitoid suite.

Keywords: Seringa Granite, Anorogenic, Oxidized A-type, Paleoproterozoic.

INTRODUÇÃO

O Cráton Amazônico foi, em tempos Proterozóicos, palco de uma das mais extensas atividades graníticas que se têm registro na crosta terrestre (Dall'Agnol et al. 1994). Manifestando-se recorrentemente por quase um bilhão de anos, esse magmatismo anorogênico é representado por rochas plutônicas e vulcânicas diversas, associadas ou não a mineralizações. A Província Mineral de Carajás (PMC), localizada na porção sudeste deste cráton é caracterizada por sua grande variedade de recursos minerais, destacando-se os depósitos de ferro, ouro, manganês, níquel e cobre (DOCEGEO 1988). Na PMC (Figura 1) esta granitogênese anorogênica é representada por três suítes graníticas (Dall'Agnol et al. 2005): A) Suíte Jamon (Dall'Agnol et al., 1994, 1999c); B) Suíte Serra dos Carajás (Barros et al., 1995; Javier Rios et al., 1995); C) Suíte Velho Guilherme (Teixeira et al., 2002). Diversos trabalhos foram realizados sobre os granitos que formam a Suíte Jamon, em particular no próprio granito que dá nome a mesma, onde foram realizados estudos experimentais para determinação da temperatura, pressão e fugacidade de H₂O e de O₂ sob as quais o magma cristalizou (Dall'Agnol et al. 1994b). Oliveira et al. (2006) estudaram os granitos Redenção e Bannach, também pertencente à Suíte Jamon, e propuseram modelos de colocação para os mesmos.

O Granito Seringa, embora já tenha sido estudado geocronologicamente (Silva et al. 1974; Lafon et al. 1888) ainda carece de estudos petrográficos e geoquímicos detalhados. As abordagens existentes são insuficientes e de cunho regional (Araújo & Maia. 1991). Embora as três suítes anorogênicas que compõem a PMC sejam formadas por granitos tipo A, com idades de aproximadamente 1,88 Ga, existe entre elas algumas diferenças, importantes com relação a petrografia, geoquímica e susceptibilidade magnética (Dall'Agnol et al. 2005). Portanto, o principal objetivo desta pesquisa foi caracterizar o Granito Seringa no que diz respeito aos seus aspectos geológicos, petrográficos e geoquímicos, a fim de compará-lo com os demais granitos anorogênicos e situá-lo em uma das suítes três suítes da PMC. Com a finalização desse trabalho pretende-se colaborar no avanço da evolução e conhecimento destes granitos, visto que estes são temas de constantes debates na literatura.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Várias intrusões graníticas marcam o evento final de formação do segmento crustal, hoje representado pela PMC. De idade essencialmente arqueana, esse segmento se consolidou em

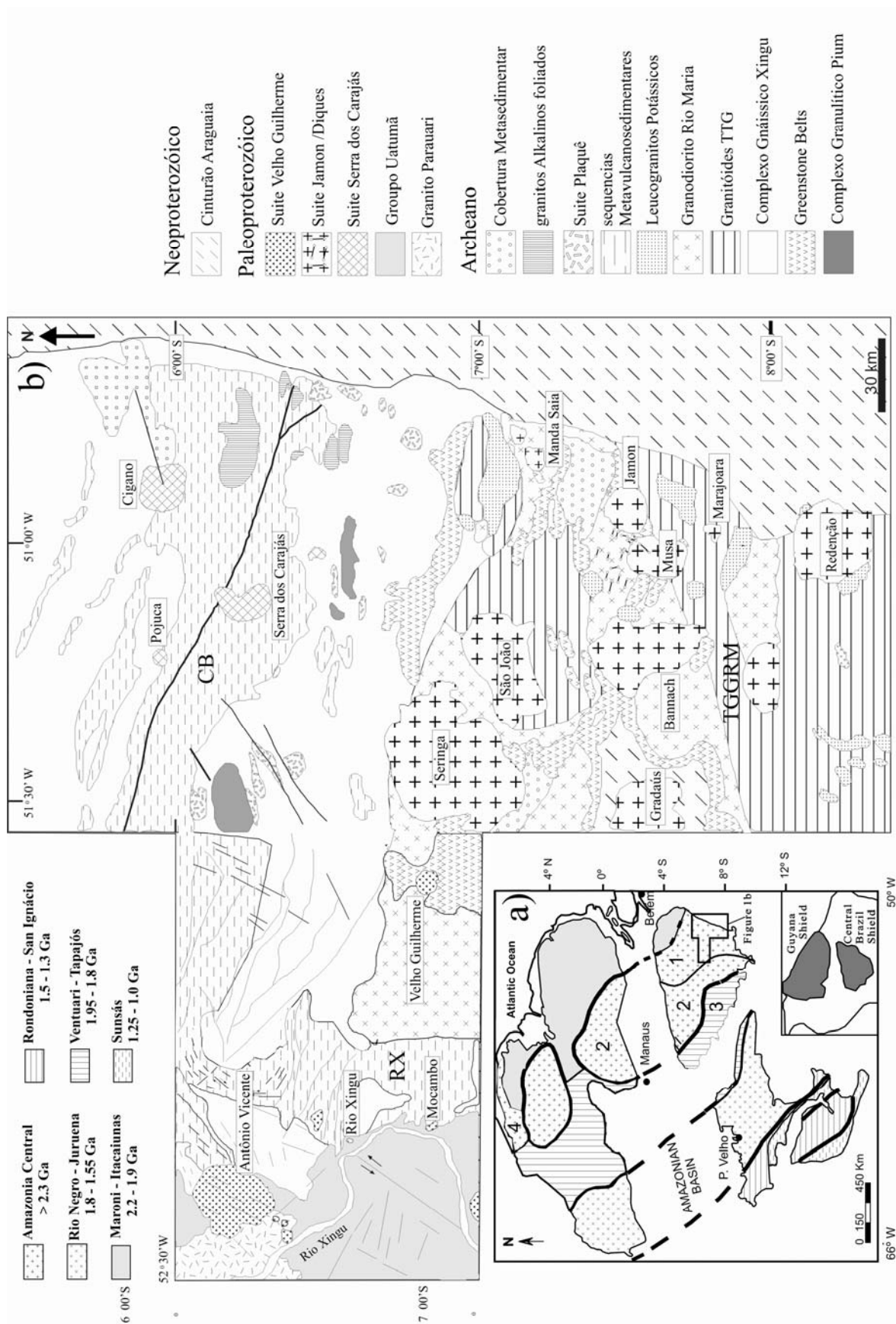


Figura 1 - (a) Localização da área de estudo no Cráton Amazônico; (b) Mapa geológico simplificado da Província Mineral de Carajás (modificado de Dall'Agnol et al. 2005). TGRM-Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria; BC-Bloco Carajás; RX-Região Xingu.

tempos paleoproterozóicos, por volta de 1,88 Ga, quando foi afetado por eventos distensivos, marcados pela intrusão de granitos anorogênicos, dentre os quais se destaca o batólito Seringa. A PMC é constituída por três domínios tectonicamente distintos (Dall'Agnol et al. 2005): o Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria (TGGRM), o bloco Carajás (BC) e a região Xingu (RX). O TGGRM é formado por *greenstone belts* (Supergrupo Andorinhas) e por quatro grupos de granitóides arqueanos (Pimentel & Machado 1994, Macambira & Lafon 1995, Althoff et al. 2000, Leite 2001, Leite et al. 2004, Dall'Agnol et al. 2006): (1) Série tonalítica-trondhjêmica mais antiga (2,98 a 2,93 Ga), representada pelo Tonalito Arco Verde e Complexo Tonalítico Caracol; (2) granitóides predominantemente granodioríticos com alto Mg (2,87 Ga), formado pelo Granodiorito Rio Maria, rochas intermediárias e máficas associadas de afinidade sanukitóide; (3) Série tonalítica-trondhjêmica mais jovem (2,87 a 2,86 Ga), composta pelos Trondhjemitos Água Fria e Mogno; e (4) leucogranitos cálcico-alcálicos potássicos (2,93 a 2,86 Ga), representados pelos granitos Xinguará, Mata Surrão, Guarantã e similares.

O evento magmático dominante no BC é representado pelo vulcanismo máfico do Supergrupo Itacaiúnas, além do magmatismo máfico-ultramáfico do Complexo Luanga e um grande número de intrusões de granitos subalcalinos (2,76 a 2,73 Ga, Complexo Granítico Estrela, Serra do Rabo e similares; 2,57 Ga, Granito Velho Salobo;), sucedidos por extensa sedimentação (Fm. Águas Claras), além de granitóides indeferenciados do Complexo Xingu.

Na RX as sequências arqueanas são bordejadas por terrenos Paleoproterozóicos, dominados por granitóides cálcico-alcálicos (Suíte Parauari), sequências vulcânicas (supergrupo Uatumã) e granitos tipo-A.

Diferenças entre os três domínios arqueanos estão também refletidas em seus tratamentos metalogenéticos. Os mais importantes depósitos de ouro, cobre, manganês e ferro da PMC estão localizados no BC. Na região de Rio Maria foram encontrados somente pequenos depósitos de ouro e tungstênio. A RX é caracterizada por apresentar depósitos de cassiterita associados com granitos da Suíte Velho Guilherme.

GEOLOGIA DO GRANITO SERINGA

O Granito Seringa está localizado na porção sul-sudeste do estado do Pará, entre os municípios de Ourilândia do Norte e Água Azul do Norte. Apresenta-se como o maior batólito da PMC (aproximadamente 2250 km²), com forma subcircular. Sua parte central é formada por

conjuntos de morros e serras íngremes bastante elevadas, chegando à altitude de mais de 700m. É intrusivo em unidades arqueanas (Figura 2), seccionando a sudoeste rochas metavulcano-sedimentares, caracterizadas como um conjunto de *greenstone-belts* pertencentes ao Grupo Tucumã (GT), enquanto que a sudeste secciona o Trondhjemito Mogno (TM), e a norte o Granodiorito Rio Maria (GRM). Os contatos entre o Granito Seringa e suas encaixantes são em geral bruscos e bem marcados que, aliados aos padrões geomorfológicos, mostram um forte contraste entre as mesmas. Nas zonas de contatos é comum a presença de enclaves angulosos englobados pelo Granito Seringa. Diques fêlsicos de orientação preferencial NE-SW e NW-SE cortam tanto as diferentes fácies do Granito Seringa quanto as unidades arqueanas. Na borda sudoeste, no limite entre o Granito Seringa e as rochas metavulcânicas foram registradas ocorrências de granitóides levemente foliados, contendo fenocristais de feldspatos alinhados, sendo classificados como quartzo dioritos.

O Granito Seringa é formado essencialmente por sienogranitos e monzogranitos, de coloração vermelho rosada e granulação que varia de fina a predominantemente grossa. Não mostra sinais de deformação, exceto a presença dos planos de fraturas que as atravessam em todas as direções. Variedades rapakivi ocorrem localmente, por vezes associadas às fácies ABMGrG e ABSGrP.

Foram identificados dois grandes conjuntos petrográficos: A) rochas monzograníticas, representadas por bitotita-anfibólio monzogranito grosso (BAMGrG) e anfibólio-bitotita monzogranito grosso (ABMGrG), totalizando quase 60% da área mapeada; B) rochas sienograníticas, representadas por anfibólio-biotita sienogranito porfirítico (ABSGrP), leucosienogranito heterogranular (LSGrH), leucomicrosienogranito (LMSGGr) e anfibólio-biotita sienogranito heterogranular (ABSGrH).

As rochas monzograníticas (ABMGrG e BAMGrG) são as rochas de maior expressão areal, e independente do seu conteúdo modal máfico ocorrem predominantemente nas porções de relevo mais baixo, sustentando as rochas mais evoluídas. Os contatos entre essas unidades são gradacionais, e comumente englobam xenólitos angulosos pertencentes, provavelmente, às rochas metavulcânicas do Grupo Tucumã e, por vezes, autólitos do ABSGrP. A forma angulosa dos xenólitos levemente foliados, o contato brusco entre o Granito Seringa e suas encaixantes, a ausência de orientação planar dos enclaves e de foliações e lineações no corpo granítico, indicam alto contraste de viscosidade e temperatura entre a intrusão granítica e as suas encaixantes

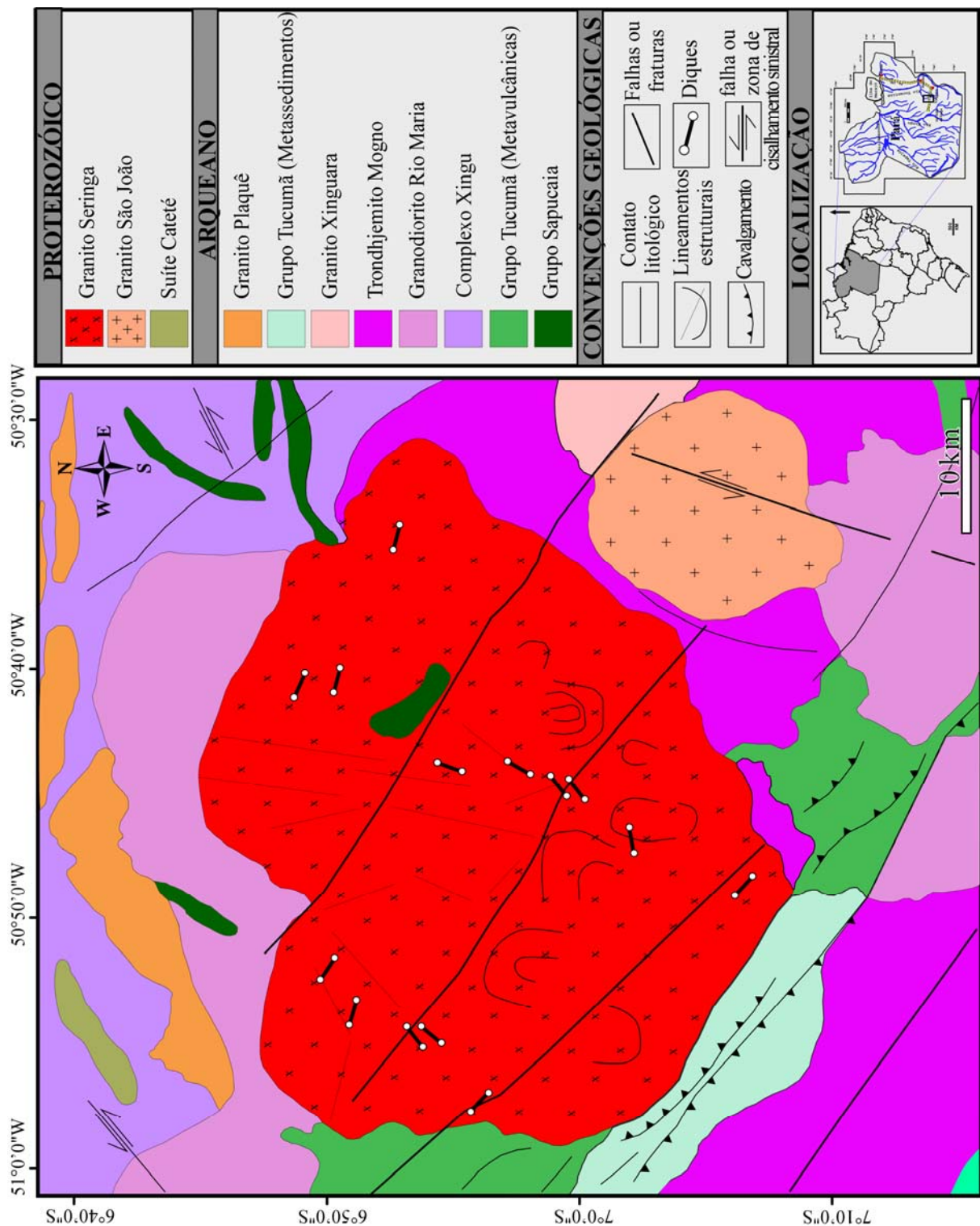


Figura 2 - Mapa geológico da região de ocorrência do Granito Seringa (Modificado de CPRM, 2004)

(Pitcher & Berger 1972, Marre 1982). Tal fato sugere que a colocação do Granito Seringa se deu quando o magma dispunha de uma fração líquida significativa, estando, portanto, em estado físico e térmico distinto daqueles das suas encaixantes, as quais se encontravam, ao que tudo indica, inteiramente cristalizadas e submetidas a menores temperaturas.

A fácies ABSGrH ocorre na parte central do corpo, formando, por vezes, anfiteatros e conjuntos de serras alinhadas na direção N-S. Estas rochas não mostram contatos gradacionais com as demais fácies. Diferem das outras variedades petrográficas, visto que o plagioclásio (mineral essencial nos demais tipos) só é observado microscopicamente.

Os ABSGrP ocorrem na porção sudoeste do maciço, mostrando contatos gradacionais com as rochas monzograníticas e abruptos com a fácies LMSGr. São porfíricos, localmente com texturas rapakivi, sobretudo nas zonas proximais do BAMGrG.

As rochas leucograníticas (LSGrH e LMSGr) representam os termos geoquimicamente mais evoluídos. Predominam nas bordas do maciço, formando diques (LMSGr) que constantemente cortam as rochas menos evoluídas (ABMGrG e BAMGrG). Os contatos entre as rochas leucograníticas são gradacionais, no entanto, fortemente abruptos com os ABMGrG.

Na porção nordeste do Granito Seringa aflora parte do embasamento cristalino, representado por rochas supracrustais metavulcânicas e metassedimentares do Grupo Sapucaia. Este domínio constitui uma área arrasada, onde afloram localmente morrotes e pequenos blocos métricos fortemente alterados e intemperizados do Granito Seringa. Ao que tudo indica trata-se de parte do teto do embasamento, onde as rochas mais evoluídas do Granito Seringa foram fortemente erodidas, criando espaço para o aparecimento do embasamento arqueano.

PETROGRAFIA

Composição modal e classificação

A Tabela 1 apresenta as composições modais médias obtidas em quarenta e uma amostras das diferentes fácies petrográficas do Granito Seringa e a Figura 3, a posição das mesmas nos diagramas Q-A-P e Q-A+P-M. A Figura 4 apresenta o mapa faciológico do Granito Seringa com a distribuição de suas diferentes fácies petrográficas identificadas.

O Granito Seringa é formado por dois grandes conjuntos de rochas que foram divididos seis fácies petrográficas: A) rochas monzograníticas, representadas por bitotita-anfíbólio monzogranito grosso (BAMGrG) e anfíbólio-bitotita monzogranito grosso (ABMGrG); B) rochas

Tabela 1- Composições modais médias das diferentes fácies do Granito Seringa. Abreviações: FK-feldspato potássico; Pl- Plagioclásio; Q- Quartzo; Anf- Anfibólio; Biot- biotita. [x] representa uma média das análises modais para cada fácies.

Fácies	BAMGrG	ABMGrG	ABSGrP	ABSGrH	LSGrH	LMSGr
Minerais (%)	[8]	[7]	[8]	[7]	[5]	[6]
Quartzo	28,4	27,4	35,6	40,2	41,2	36,8
K-Feldspato	33,8	31,1	37,7	41,6	42,6	46,3
Plagioclásio	25,5	29,2	19,1	13,4	11,5	10,8
Biotita	2,9	5,8	2,5	3,4	2,9	2,6
Anfibólio	7,1	3,7	2,7	0,2	0,7	1,5
Piroxênio	0,2	0,2	-	-	-	-
Opacos	1,8	1,4	0,7	0,5	0,5	1,0
Clorita	0,5	0,3	1,2	0,3	0,3	0,6
Fluorita	-	0,1	0,1	-	-	-
Allanita	-	-	-	0,3	0,1	0,1
Zircão+Apatita	0,5	0,4	0,4	0,1	0,1	0,2
Epidoto+Muscovita	0,3	0,2	0,7	0,0	0,0	0,0
Félsicos	87,8	87,7	92,3	95,2	95,2	93,8
Máficos	13,2	12,2	8,3	4,7	4,6	6,1
Fk + Pl	59,4	60,3	56,8	54,9	54,1	57,0
Q + Fk	62,3	58,6	73,2	81,8	83,7	83,0
Anf. + Biot.	10,0	9,5	5,1	3,6	3,6	4,1
Biot. + Clorita	3,5	6,2	3,6	3,7	3,3	3,3
Anf./Biot.	2,4	0,6	1,1	0,0	0,2	0,6
À 100%						
Quartzo	32,4	31,3	38,7	42,3	43,2	39,2
K-Feldspato	38,5	35,5	41,0	43,7	44,7	49,3
Plagioclásio	29,1	33,2	20,3	14,0	12,1	11,5
Pl/FK	0,8	0,9	0,5	0,3	0,3	0,2

sienograníticas, representadas por anfibólio-biotita sienogranito porfirítico (ABSGrP), leucosienogranito heterogranular (LSGrH), leucomicrosienogranito (LMSGr) e anfibólio-biotita sienogranito heterogranular (ABSGrH). As texturas registradas são variáveis, apresentando termos equigranulares de granulação grossa (BAMGrG, ABMGrG e ABSGrP), passando para termos de granulação média (ABSGrH) finalizando com rochas de granulação fina (LSGrH e LMSGr).

A mineralogia essencial das diferentes fácies do Granito Seringa é representada por quartzo, feldspato potássico e plagioclásio. As fases máficas estão representadas por biotita e anfibólio, às vezes em quantidades expressivas nos BAMGrG, e bem reduzidas nos tipos mais

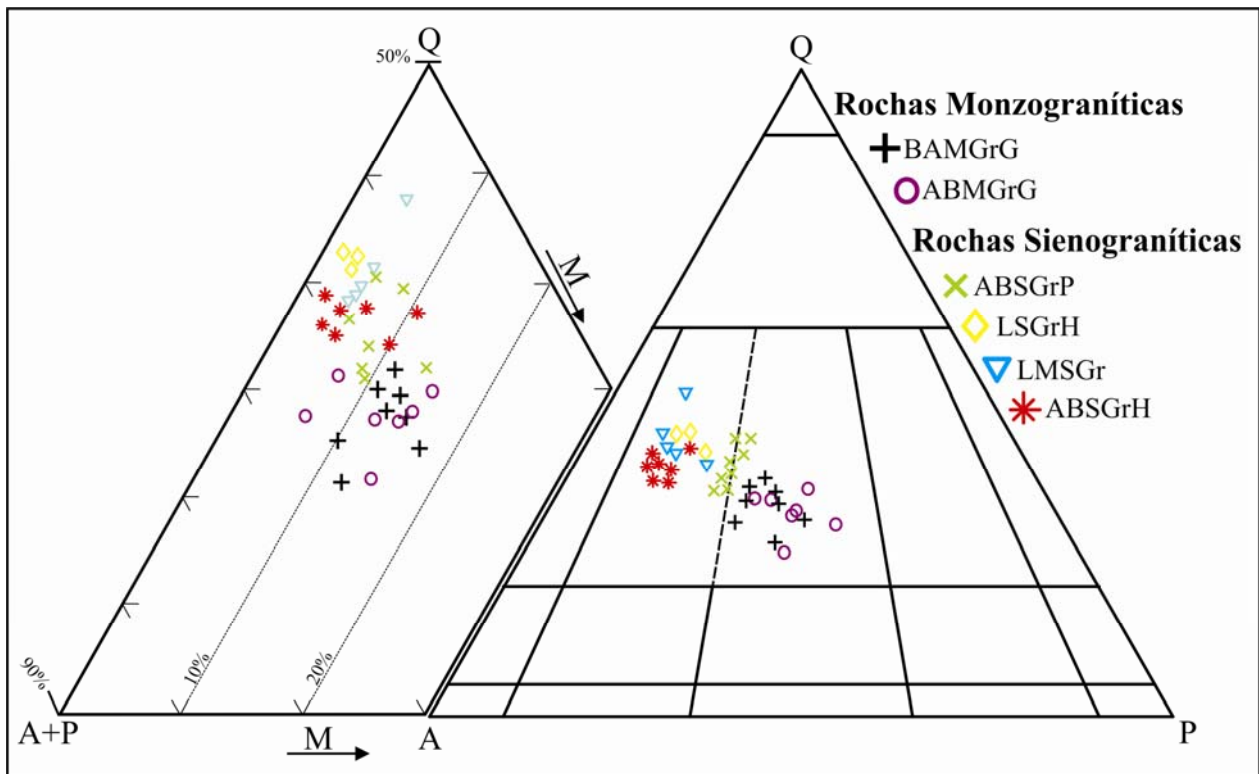


Figura 3- Diagramas modais Q-A-P (Le Maître 2002) e Q-(A+P)-M para as fácies do Granito Seringa. A - álcali feldspato; Q - quartzo; P - plagioclásio; M - máficos; BAMGrG -biotita-anfibólio monzogranito grosso; ABMGrG- anfibólio-biotita monzogranito grosso; ABSGrP – anfibólio-biotita sienogranito porfirítico; LSGrH - leucosienogranito heterogranular; LMSGr - leucomicrosienogranito; ABSGrH – Anfibólio-biotita sienogranito heterogranular.

leucocráticos.

A magnetita geralmente é encontrada em proporções > 1 % nos monzogranitos, e alcança conteúdos de até 0,5 % nas rochas mais evoluídas, no entanto, via de regra, é mais abundante que a ilmenita.

A ausência de titanita magmática, mineral comum nos granitos da Suíte Jamon (Dall’Agnol et al. 2005), é uma feição típica nas rochas do Granito Seringa. Característica semelhante é observada nos granitos da Suíte Serra dos Carajás (Javeir et al. 1995 e Barros et al. 1995).

O diagrama Q-A+P-M permite separar rochas com diferentes conteúdos modais de minerais máficos. As rochas monzograníticas, BAMGrG e ABMGrG, apresentam conteúdos de máficos de 13,2 e 12,2%, respectivamente, e os termos intermediários (ABSGrP) de 8,3%. Nas rochas mais evoluídas (ABSGrH, LSGrH e LMSGr) as concentrações de máficos variam de 6,1%, 4,7% e 4,7%, neste mesmo sentido.

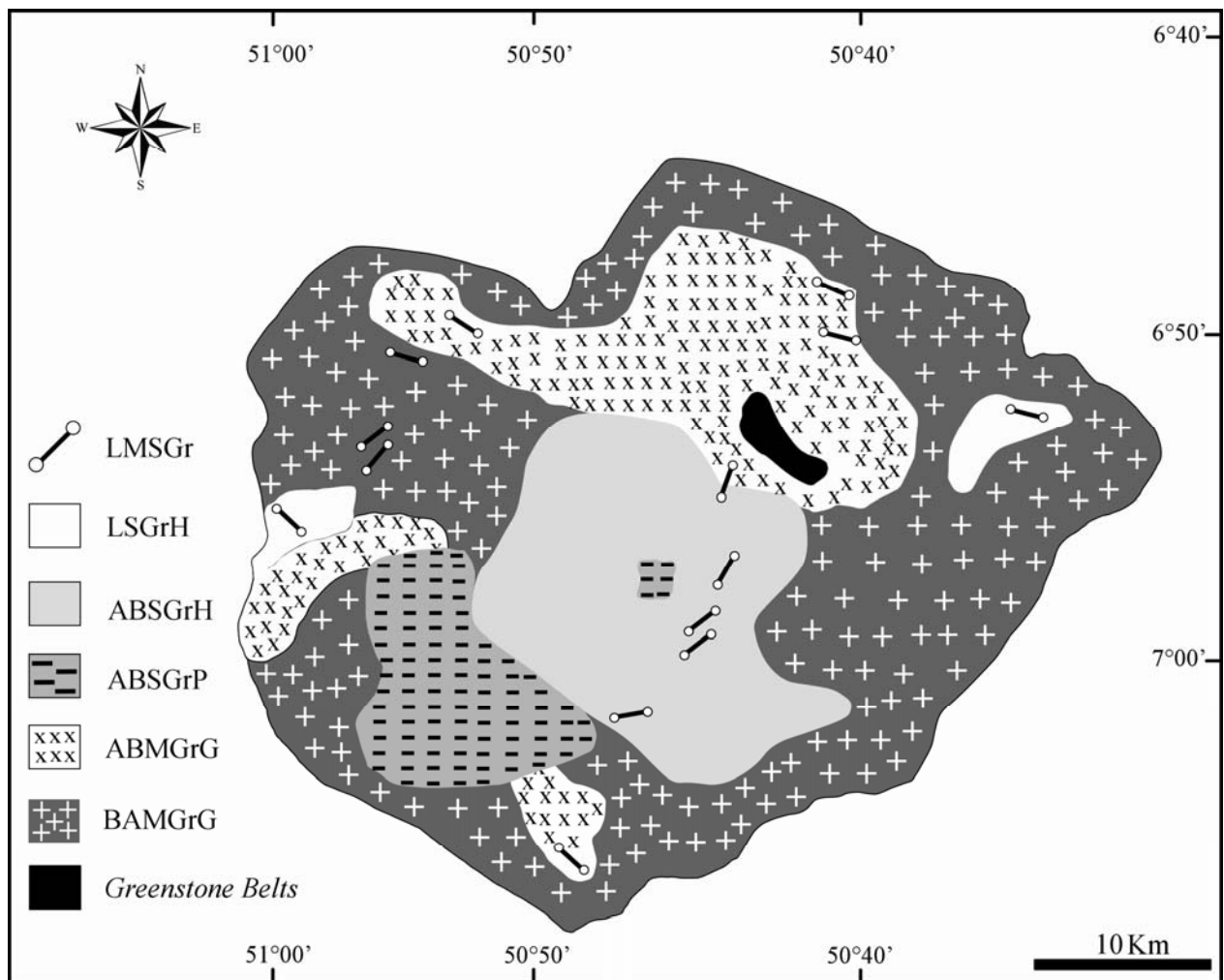


Figura 4 - Mapa geológico do Granito Seringa, mostrando a distribuição espacial das suas diferentes fácies. BAMGrG – biotita-anfibólio monzogranito grosso; ABMGrG- anfibólio-biotita monzogranito grosso; ABSGrP – anfibólio-biotita sienogranito porfirítico; LSGrH - leucosienogranito heterogranular; LMSGr – leucomicrosienogranito; ABSGrH – anfibólio-biotitasienogranito heterogranular.

Os minerais acessórios mais frequentes são: zircão, magnetita, ilmenita, apatita e allanita. Como produtos de alteração pós-magmático ocorrem clorita, sericita, muscovita, epidoto, fluorita e argilo-minerais.

A composição mineralógica das diferentes fácies permite classificar o Granito Seringa como *subsolvus* (Tuttle & Bowen 1958), haja vista a coexistência de FK e plagioclásio como fases primárias independentes.

Os dois conjuntos petrográficos apresentam mineralogia similar, embora as proporções minerais variem muito de uma para outra, sobretudo quanto à proporção de minerais máficos. Nas rochas monzograníticas os contatos entre quartzo e anfibólio são retilíneos e regulares. O anfibólio comumente se amolda aos cristais de quartzo e/ou preenche os espaços entre grãos, sugerindo cristalização posterior ou contemporânea ao quartzo. Anfibólio e biotita ocorrem associados nas rochas monzograníticas de modo a sugerir equilíbrio entre eles. Além disso, o anfibólio está muito bem preservado nessas rochas e não há evidências texturais claras de reações peritéticas entre ele e o líquido para gerar biotita, titanita e quartzo, como freqüentemente é observado nos granitos da Suíte Jamon (Dall'Agnol et al. 1999a; Oliveira 2002 e Almeida 2006). O anfibólio presente nas rochas monzograníticas do Granito Seringa parece ser mais tardio em termos de cristalização que os anfibólios encontrados nos granitos da Suíte Jamon.

Aspectos texturais

Rochas monzograníticas (BAMGrG e ABMGrG).

Ocorrem, mesoscopicamente como rochas isotrópicas, de coloração rosa avermelhada com textura equigranular grossa, apresentando, por vezes, textura rapakivi. Ao microscópio mostram textura granular hipidiomórfica grossa.

Nessas rochas o quartzo mostra três tipos morfológicos distintos: a) Qtz_1 ocorre como cristais euédricos a anédricos, com dimensões por vezes maiores que 1 cm, formando contatos retilíneos e regulares com o feldspato potássico e anfibólio. Localmente mostra inclusões de minerais acessórios e plagioclásio e extinção ondulante; b) Qtz_2 forma cristais finos a médios, angulosos a subarredondados, inclusos nos cristais de feldspato potássico peritítico; c) Qtz_3 apresenta formas vermiculares ou em gotas, constituindo intercrescimentos granofíricos com o feldspato potássico.

O feldspato potássico (FK) forma cristais grossos a médios, anédricos a subédricos. É peritítico, com lamelas sódicas de aspecto variável, desde filmes ondulantes até veios e manchas irregulares. No contato entre cristais peritíticos é comum o desenvolvimento de bordas albíticas ou de incipientes coroas trocadas de albita intergranular. Pseudocoroas de Qtz_2 ao redor do núcleo de cristais de FK zonado são comumente observadas. Essa feição reliquiar foi interpretada por Dall'Agnol et al. (1980) como resultado de reabsorção parcial, com cristalização do FK em duas etapas. As inclusões de FK teriam se formado precocemente, antecedendo plagioclásio e quartzo

enquanto os demais cristais de FK se formariam após o início da cristalização do plagioclásio e mais ou menos simultaneamente com a do quartzo. Sinais de alteração estão evidenciados pela argilização dos cristais de FK, cujo grau aumenta em direção aos ABSGrH.

O plagioclásio (Pl) apresenta-se como cristais subédricos, grossos a médio (3 a 10 mm). Seus contatos são regulares e por vezes interpenetrantes com o quartzo e a biotita, porém irregulares com o FK, o qual normalmente circunda o plagioclásio. Os cristais mostram zoneamento normal com teores de anortita entre An₃₂ e An₂₅, portanto dentro da faixa composicional andesina-oligoclásio. Foram obtidos valores de anortita pouco mais baixo, sobretudo nas bordas de cristais zonados (An₁₂), devido provavelmente a descalcificação. Comumente mostram-se alterados para albita, sericita, muscovita e epidoto.

O anfibólio desenvolve cristais grossos a finos, anédricos a subédricos, englobam freqüentes inclusões de zircão, apatita e opacos, mostram pleocroísmo moderado, variando de verde escuro a verde acastanhado. Descreve contatos retilíneos e regulares com os cristais de quartzo, onde comumente amolda-se e preenche os espaços do mesmo, sugerindo que sua cristalização foi posterior ou contemporânea ao quartzo.

A biotita mostra-se como lamelas médias a finas, anédricas a subédricas, exibindo pleocroísmo fraco a moderado, variando de creme amarelado a marrom escuro, eventualmente com tons avermelhados, provavelmente em função da oxidação. Raramente altera-se para clorita.

Dentre os minerais acessórios primários figuram zircão, apatita, allanita e opacos, estes últimos representados, por magnetita e ilmenita. Zircão e apatita ocorrem como inclusões, principalmente no anfibólio.

Rochas sienograníticas (ABSGrP, ABSGrH, LSGrH, LMSGGr).

Embora agrupadas num só conjunto, mostram diferenças, sobretudo no aspecto textural.

A fácies ABSGrP é marcada por sua coloração rosa esbranquiçada, localmente acinzentada, com fenocristais bem desenvolvidos. Suas características mineralógicas, composição do plagioclásio e morfologia do FK são semelhantes a das rochas monzograníticas.

Apresenta textura porfirítica, caracterizada por fenocristais de FK e plagioclásio, imersos numa matriz fanerítica formada por cristais anédricos a subédricos de FK, plagioclásio, quartzo e proporções variadas de máficos, totalizando cerca de 60% da rocha.

Os fenocristais de quartzo mostram muitas vezes bordas com padrões serrilhados, sugerindo corrosão. Agregados de plagioclásio e biotita cloritizada são comuns.

A fácies ABSGrH é caracterizada por sua coloração intensamente avermelhada, e granulação média. Macroscopicamente é formada por feldspato potássico, quartzo e minerais máficos. Microscopicamente o plagioclásio chega a teores de até 11%. Biotita e anfibólio ocorrem como fases varietais, com dominância da biotita, chegando a ser, por vezes, fase exclusiva. Os intercrescimentos granofíricos podem atingir até 40% da rocha.

A biotita mostra-se alterada, ao longo das clivagens para clorita, óxido de ferro, epidoto e opacos, acompanhando o sentido preferencial das direções de clivagem. Engloba em seu interior pequenas inclusões de quartzo, apatita, minerais opacos e zircão.

As fácies LSGrH e LMSGr mostram grandes semelhanças texturais e mineralógicas, exibem coloração rosada, aspecto maciço e textura granular hipidiomórfica. Diferem quanto à granulação e forma de colocação, onde os LMSGr formam diques que seccionam praticamente todas as demais fácies. A biotita é mais freqüente que o anfibólio, que por sua vez mostra-se como minerais reliquias, de granulação fina, dispersos entre os minerais essenciais. A fácies LSGrH ocorre muito localmente, sempre associada com os BAMGrG e ABMGrG. Mostra grandes semelhanças com estas, principalmente no que diz respeito aos cristais de quartzo e feldspatos, no entanto difere das mesmas quanto ao conteúdo de máficos e, sobretudo na quantidade de intercrescimentos granofíricos, que são muito abundantes nas fácies LSGrH e LMSGr. O plagioclásio possui composição ligeiramente mais sódica (An_{18}) e as alterações do FK são mais marcantes que nas fácies precedentes. A formação de albita em *tabuleiro de xadrez* e albita intergranular com textura em coroas trocadas, é marcante nessas rochas.

GEOQUÍMICA

Elementos maiores

A caracterização geoquímica do Granito Seringa envolveu dezessete amostras (Tabela 2), distribuídas da seguinte forma: BAMGrG (5), ABMGrG (2), ABSGrP (3), ABSGrH (3), LSGrH (2) e LMSGr (2). Os conteúdos de SiO_2 variam de 69,7 a 77,7%, individualizando claramente dois conjuntos. O primeiro, formado pelos membros monzograníticos (BAMGrG e ABMGrG), com valores de SiO_2 mais baixos (média de 70%), e o segundo pelas rochas sienograníticas (ABSGrP, ABSGrH, LSGrH e LMSGr), cujos valores de SiO_2 variam de 74,4 a 77,7%. Os dados

Tabela 2 - Composições químicas das diversas fácies do Granito Seringa.

Fácies	BAMGrG			ABMGrG			ABSGrP			ABSGrH			LSGrH			LMSGr		
Oxidos (% peso)	AC-32	AC-48	AC-59	AC-97	AC-107	AC-28	AC-85	AC-17A	AC-24B	AC-87B	AC-35	AC-42	AC-92	AC-26	AC-45	AC-19	AC-66	
SiO ₂	70,22	70,69	70	70,04	69,77	69,93	70,04	74,48	75,8	75,56	77,77	75,66	77,33	75,17	75,44	75,78	75,81	
TiO ₂	0,64	0,62	0,72	0,59	0,67	0,69	0,7	0,25	0,2	0,26	0,17	0,28	0,17	0,19	0,15	0,2	0,17	
Al ₂ O ₃	12,65	12,69	12,35	13,02	12,39	12,46	12,44	12,67	11,91	11,86	10,72	11,25	11,01	12,07	12,29	11,77	11,83	
Fe ₂ O ₃	4,84	4,56	5,23	4,61	5,13	5,15	5,13	1,92	1,61	1,76	1,74	2,46	1,77	1,84	1,64	1,77	1,81	
FeO	1,56	1,47	1,68	1,48	1,65	1,66	1,65	1,73	1,45	1,58	0,56	0,79	0,57	0,59	0,53	0,57	0,58	
MnO	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	
MgO	0,59	0,56	0,6	0,5	0,67	0,63	0,66	0,16	0,12	0,13	0,08	0,12	0,06	0,09	0,07	0,09	0,05	
CaO	2,08	2	2,04	2,02	1,9	2,06	2,04	1,19	0,93	0,68	0,42	0,82	0,44	0,6	0,44	0,35	0,39	
Na ₂ O	3,38	3,36	3,36	3,7	3,52	3,4	3,26	3,3	2,96	2,79	2,89	3,05	3,08	3,12	3,06	2,78	3,09	
K ₂ O	3,94	4,11	4,2	4,08	4,35	3,98	4,19	4,67	5,24	5,68	4,91	5	5,06	5,73	5,63	6,19	5,81	
P ₂ O ₅	0,19	0,21	0,21	0,18	0,23	0,22	0,22	0,06	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,01	<0,01	0,02	
PF	1,1	0,8	0,8	0,9	1	1,1	0,9	1,1	0,9	1	1	1	0,9	1	1,2	0,9	0,9	
Total	101,2	101,1	101,3	101,2	101,3	101,3	101,3	101,5	101,2	101,4	100,3	100,5	100,4	100,5	100,5	100,4	100,5	
Traços (ppm)																		
Ba	1702	1692	1883	1737	1425	1565	1643	1682	1690	1462	823	1269	721	437	245	582	153	
Rb	108	118,3	117,3	113,2	134,2	119,9	129,7	140,8	140	148	161,4	123,7	171,9	207,9	276	179,1	206,1	
Sr	195,2	190,4	195,5	201,2	175,1	176,4	179,5	146,6	127,4	123,4	47,6	78	43,5	39,6	31,2	36,1	12,8	
Zr	388,7	378,7	370	429,3	421,5	461,1	402,6	229,1	218,2	204	271	387	189	254,7	192,3	283,3	365,4	
Nb	53,3	54,4	62,6	56,8	62	52,8	60,4	32,9	37,6	29,3	98,8	69,6	71,6	82	62,8	52	71,4	
Y	42,3	53	47,9	42,5	53,4	48,6	45,7	35,2	25,1	21,2	93	42,9	50,6	64	57	41,3	48,4	
Ga	20,4	20	20	20	19,5	19,7	18,9	18,3	16,9	15,2	18,2	18,1	18,7	18,8	21,9	16,9	18,1	
Th	9,8	11,2	10,8	11,3	16	10	16,1	8,7	14	8,1	20,5	16,9	20	24,6	29,3	18,7	25	
U	1,8	2,6	1,6	2,6	2,5	2,4	2,5	2,9	2,7	2	4,5	2,6	3,6	5,5	6,5	4,3	5,4	
V	36	32	39	25	35	41	36	19	14	<8	<8	10	<8	11	<8	13	<8	
La	64,5	69,1	76,4	70	73,4	60,3	74,1	40,3	58,6	43,6	115,3	87,5	92,6	121,9	93	74,3	101,9	
Ce	122,8	126,4	144,4	123,7	134,6	112,9	138,9	75,8	100,8	74,8	186,9	162	170	210,2	181,1	152,8	188,7	
Pr	14,4	15,28	17,03	15,29	16,55	14,68	16,19	8,79	11,13	8,4	25,73	19,06	20,4	23,78	19,33	15,52	21,09	
Nd	14,4	14,1	14,9	13,5	14,7	14,6	14,9	10,6	6,5	6	16,9	16,4	18,5	13,7	13,4	11,2	14,4	
Sm	9,08	9,25	10,28	9,34	10,17	9,7	9,97	5,86	5,56	4,47	16,29	10,25	10,95	12,33	9,92	8,24	10,61	
Eu	1,93	1,94	1,96	2,04	1,83	1,88	1,78	1,48	1,47	1,55	0,94	1,11	0,67	0,63	0,49	0,79	0,35	
Gd	7,83	8,38	8,73	8,37	8,92	8,48	8,58	5,35	4,56	3,92	16,2	8,04	9,15	10,49	8,28	6,59	8,62	
Tb	1,27	1,32	1,4	1,32	1,48	1,37	1,36	0,99	0,73	0,63	2,53	1,32	1,49	1,78	1,42	1,12	1,43	
Dy	7,1	7,64	7,71	7,35	8,8	8,01	8	5,78	4,29	3,69	14,31	7,37	8,39	9,98	8,56	6,33	7,88	
Ho	1,44	1,62	1,59	1,6	1,82	1,66	1,57	1,2	0,87	0,74	2,98	1,42	1,69	2,11	1,84	1,36	1,71	
Er	3,93	4,62	4,54	4,4	5,06	4,6	4,53	3,3	2,47	2,09	7,98	3,92	4,82	5,93	5,33	4,01	4,78	
Tm	0,63	0,76	0,74	0,7	0,82	0,7	0,69	0,56	0,41	0,36	1,19	0,7	0,8	0,99	0,94	0,68	0,84	
Yb	4,01	4,56	4,28	4,09	5,14	4,62	4,43	3,46	2,55	2,24	7,33	4,28	4,79	6,02	5,95	4,34	5,18	
Lu	0,62	0,67	0,64	0,64	0,77	0,68	0,67	0,51	0,4	0,34	1,02	0,64	0,7	0,92	0,87	0,63	0,77	
K ₂ O/Na ₂ O	1,17	1,22	1,25	1,10	1,24	1,17	1,29	1,42	1,77	2,04	1,70	1,64	1,64	1,84	1,84	2,23	1,88	
FeO/(FeO+MgO)	4,36	4,10	4,71	4,15	4,62	4,63	4,62	1,73	1,45	1,58	1,57	2,21	1,59	1,66	1,48	1,59	1,63	
A/CNK	1,35	1,34	1,29	1,33	1,27	1,32	1,31	1,38	1,30	1,30	1,30	1,27	1,28	1,28	1,35	1,26	1,27	
K/Rb	303	288	297	299	269	276	268	275	311	319	253	336	244	229	169	287	234	
(La/Yb) _m	10,72	10,10	11,90	11,41	9,52	8,70	11,15	7,76	15,32	12,98	10,49	13,63	12,89	13,50	10,42	11,41	13,11	
(La/Sm) _m	4,37	4,60	4,57	4,61	4,44	3,82	4,57	4,23	6,48	6,00	4,35	5,25	5,20	6,08	5,77	5,55	5,91	
(Gd/Yb) _m	1,37	1,22	1,31	1,42	1,02	1,16	1,15	1,22	1,65	1,98	0,37	0,74	0,40	0,30	0,24	0,52	0,19	
Eu/Eu*	0,70	0,68	0,64	0,71	0,59	0,64	0,59	0,81	0,90	1,14	0,18	0,38	0,21	0,17	0,17	0,33	0,11	

obtidos não mostram continuidade composicional, expondo um nítido “gap” entre os dois conjuntos petrográficos. Isso é mais evidente nos diagramas de variação de Harker (Figura 5).

As rochas monzograníticas apresentam teores relativamente elevados de TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , CaO e P_2O_5 , e mais reduzidos de K_2O , distinguindo-se das rochas sienograníticas. Essas diferenças composicionais, juntamente com os conteúdos mais elevados de minerais máficos das primeiras não favorecem a idéia de uma origem a partir de cristalização fracionada.

Com o aumento de sílica, no sentido das rochas monzograníticas para as sienograníticas, os teores de TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , CaO e P_2O_5 tendem a diminuir, ao passo que aumentam os teores de K_2O . Isso é coerente com as observações petrográficas, as quais mostram que as razões Pl/FK e Anf/Biot (Tabela 1), juntamente com os conteúdos modais de minerais ferromagnesianos, exibem valores decrescentes nesse mesmo sentido.

As rochas do Granito Seringa são ricas em álcalis ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \sim 7,5\%$), com teores de K_2O aproximadamente o dobro de Na_2O , sobretudo nas rochas sienograníticas, refletindo a dominância do feldspato potássico sobre o plagioclásio. Além disso, mostram razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ entre 1 e 2 (Figura 6A), caracterizando as diferentes fácies como relativamente enriquecidas em K_2O .

Embora os elementos maiores mostrem uma correlação linear negativa com o aumento de sílica, com exceção do K_2O , as rochas sienograníticas (ABSGrH e ABSGrP) mostram um *trend* paralelo, especialmente para TiO_2 , MgO , CaO , em comparação com as rochas leucograníticas (LSGrH e LMSGr).

A Figura 6B mostra que o Granito Seringa possui sempre altas razões de $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$ (0,86 a 0,97), as quais tendem a aumentar nas variedades mais ricas em sílica, refletindo a diminuição mais acentuada de MgO em relação a FeO_t nessas rochas. Pode ser classificado como do tipo ferroso (cf. Frost et al. 2001), exibindo comportamento semelhante ao dos granitos tipo A. O Granito Seringa mostra caráter metaluminoso à levemente peraluminoso (Figura 6C) revelado no diagrama ANK versus ACNK (Shand 1951), e é corroborado pelo diagrama (Figura 6D) $\text{Fe} + \text{Mg} + \text{Ti}$ versus $\text{Al} - (\text{K} + \text{Na} + 2\text{Ca})$ de Debon & Le Fort (1988). Além disso, neste último diagrama, percebe-se que com a diminuição dos minerais máficos as rochas passam de metaluminosas (campo IV- hornblenda + biotita) para peraluminosas (campo III- biotita), e que as rochas sienograníticas seriam classificadas geoquimicamente como leucogranitos. As amostras do Granito Seringa tendem a acompanhar o *trend* subalcalino potássico, fugindo totalmente do

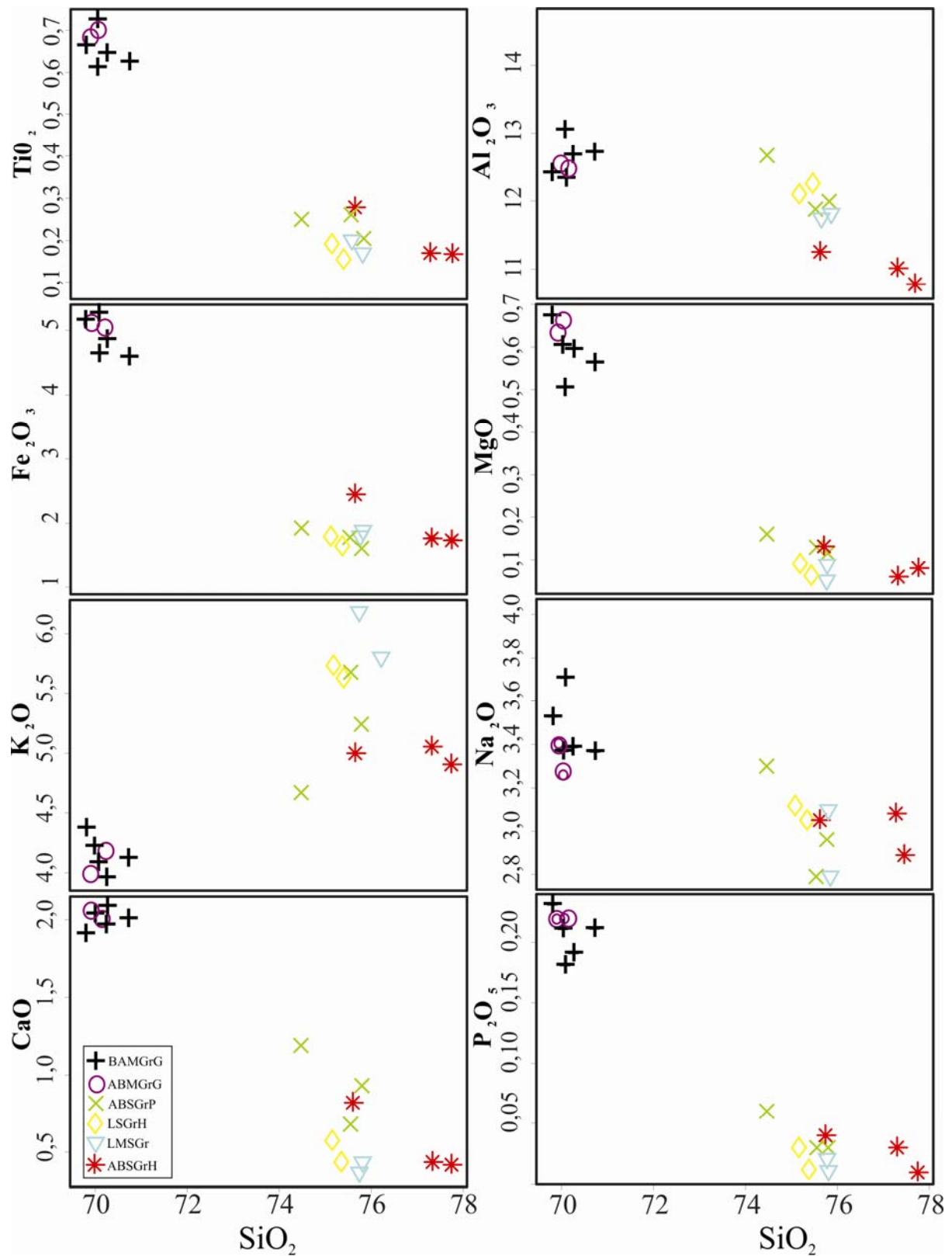


Figura 5 - Diagramas de Harker para os elementos maiores e menores (% em peso) das diversas fácies do Granito Seringa.

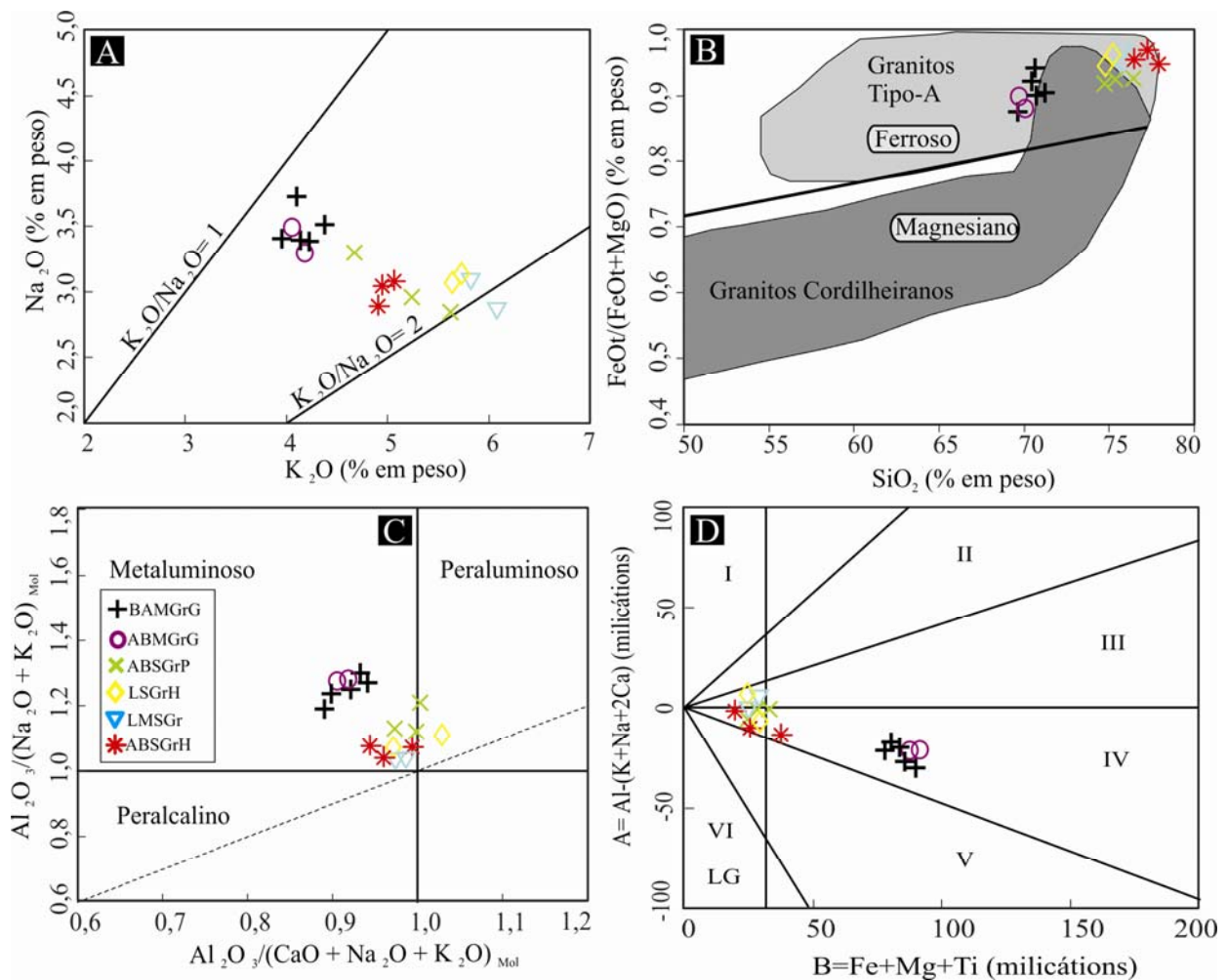


Figura 6- Diagramas geoquímicos para as rochas do Granito Seringa. A) diagrama $\text{Na}_2\text{O} \times \text{K}_2\text{O}$; B) diagrama $\text{FeOt}/(\text{FeOt}+\text{MgO}) \times \text{SiO}_2$ de Frost et al. (2001); C) diagrama (ANK x ACNK) $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})_{\text{mol}} \times \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})_{\text{mol}}$ de Shand. (1951); D) diagrama A x B (Debon & Le Fort. 1988); Campos I – muscovita>biotita, II – biotita>muscovita, III – rochas apenas com biotita, IV – rochas com biotita, anfibólio=piroxênio, V – rochas com clinopiroxênio, VI – rochas ígneas excepcionais e LG – leucogranitóides.

trend cálcico-alcálico. Esse comportamento é visto também nos demais granitos anorogênicos proterozóicos tipo A da Província Amazônia Central (Dall'Agnol et al. 1994).

ELEMENTOS TRAÇOS

Comportamento do Rb, Sr e Ba

O conteúdo dos elementos traços em séries magmáticas varia de acordo com a diferenciação magmática e pode auxiliar na compreensão dos processos envolvidos na mesma.

Biotita e feldspatos são minerais importantes na diferenciação magmática de rochas silicáticas, pois são bons receptores de Rb (Wedepohl 1970).

As variações dos teores de Rb (Figura 7A) são expressivas e tendem a aumentar das rochas monzograníticas para as sienograníticas, mostrando uma correlação positiva com o aumento de sílica das fácies ABMGrG e BAMGrG, para fácies ABSGrP e ABSGrH, até valores mais elevados nas rochas leucograníticas (LSGrH e LMSGr).

Sr e Ba (Figuras 7B,C) convergem em sentido contrário ao Rb, mostrando correlação negativa com o aumento da sílica e acentuada diminuição da fácies ABSGrP e ABSGrH para as fácies leucograníticas. Essa tendência sugere que em líquidos silicáticos o Sr se concentra fundamentalmente em plagioclásios de composições intermediárias (andesina a oligoclásio cálcico) e, subordinadamente, no feldspato potássico. A cristalização do plagioclásio empobreceria o líquido em Sr e a do feldspato potássico, não muito tardia, contribuiria para acentuar essa tendência (cf. Wedepohl 1970).

O Ba é acompanhada mais facilmente o feldspato potássico e as micas, mas teores significativos podem ocorrer em plagioclásios intermediários. No Granito Seringa a diminuição dos teores de Ba deve estar ligada, provavelmente, ao fracionamento de feldspato potássico e biotita.

Comportamento do Zr, Y e Nb

No Granito Seringa, as rochas monzograníticas apresentam os maiores conteúdos de Zr, com valores médios e torno de 400 ppm. As rochas sienograníticas e leucograníticas mostram conteúdos de $Zr \leq 300$ ppm, com exceção das amostras AC-42 e AC-66 com 387 ppm e 365 ppm, respectivamente (Tabela 2). Y e Nb apresentam comportamento muito irregular, formando *trends* subhorizontalizados (Y) a difusos (Nb), partindo das rochas monzograníticas para as sienograníticas. No entanto, estas últimas imprimem padrões verticalizados, decrescendo no sentido ABSGrH-LMSGr-LSGrH-ABSGrP. Segundo Taylor (1965) o Y pode estar contido nos anfibólios e em minerais acessórios cálcicos. Como Y e Nb são compatíveis com hornblenda e zircão, eles poderiam estar presentes em grande parte nesses minerais, muito embora alguns leucogranitos apresentem valores de Y iguais ou superiores aos dos BAMGrG e ABMGrG.

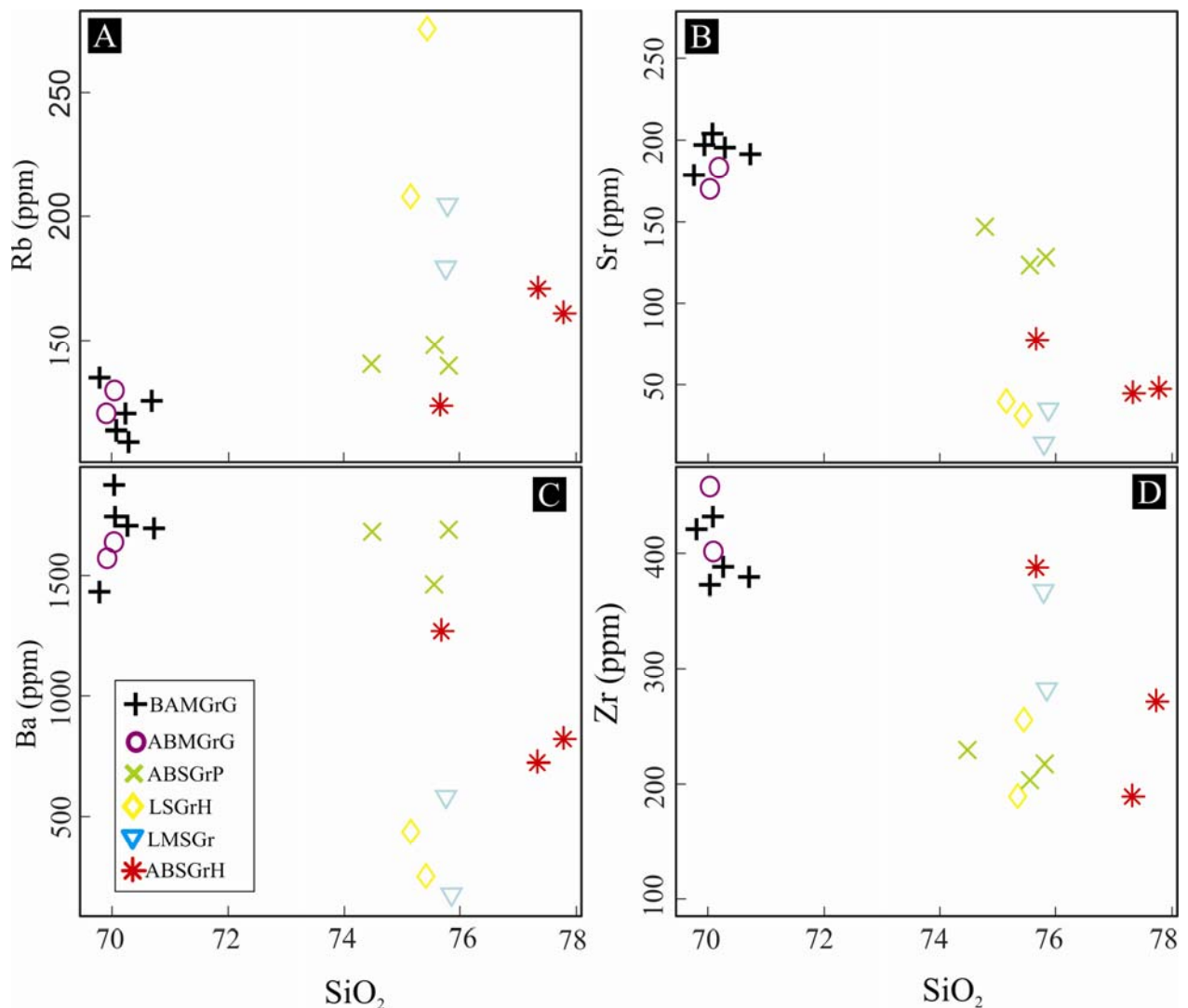


Figura 7- Diagramas de Harker para os elementos traço das amostras do Granito Seringa. Siglas conforme figura 6

Embora existam diversidades petrográficas nas rochas estudadas, os dados químicos não indicam estarem elas relacionadas a um *trend* de diferenciação magmática único, ainda que se possam caracterizar termos menos e mais evoluídos. O *gap* composicional existente entre as rochas monzograníticas e sienograníticas corrobora essa hipótese. Por outro lado, os diques de microgranitos (LMSGr) podem significar o registro de pulsos mais tardios do magma granítico, algumas com composição levemente diferente daquela que gerou o corpo intrusivo principal.

Comportamento dos Elementos Terras Raras

Os dados analíticos dos elementos terras raras (ETR) foram normalizados pelos valores condriticos de Nakamura (1974).

De modo geral, o Granito Seringa mostra padrões de ETR (Figura 8) análogos aos demais granitos anorogênicos que formam a Suíte Serra dos Carajás (Barros et al. 1995; Figura 9), com elevados teores de elementos terras raras leves (ETRL), padrão sub-horizontalizado dos elementos terras raras pesados (ETRP) e moderadas anomalias negativa de európio (Eu), com exceção da fácies ABSGrP. O comportamento geral dos ETR das diferentes fácies do Granito Seringa resulta num padrão levemente inclinado no sentido dos ETRP, indicando que houve um moderado fracionamento dos mesmos.

A fácies LSGrH apresenta maior conteúdo total de ETR (420 ppm), e a mais pronunciada anomalia negativa de Eu ($Eu/Eu^* = 0,17$). O elevado conteúdo modal de allanita, zircão e apatita (Tabela 1) pode explicar em parte esse enriquecimento em ETR e sua anomalia negativa de Eu mais acentuada (Figura 8) sugere que o líquido gerador dessa fácies sofreu um fracionamento expressivo dos feldspatos.

As baixas anomalias negativas de Eu, observadas nas rochas monzograníticas, poderiam sugerir que as rochas sienograníticas derivaram da primeira por simples cristalização fracionada dos feldspatos. Entretanto, essa hipótese não é sustentada pelo fato das rochas sienograníticas, mais evoluídas geoquimicamente, apresentarem maiores conteúdos de ETRL e ETRP, indicando que esta fácies possui uma evolução independente das rochas monzograníticas.

AMBIENTE TECTÔNICO E TIPOLOGIA

Uma das classificações mais difundidas de rochas granitóides baseia-se na fonte de seus magmas. Chappel & White (1974) introduziram o conceito de granitos do tipo I e S, para rochas derivadas de fontes ígneas e metamórficas, respectivamente. No final da década de 70, Loiselle & Wones (1979) introduziram a terminologia de granitos tipo A para designar granitos anorogênicos de natureza alcalina e supostamente anidros. Granito tipo A apresentam valores elevados de SiO_2 (>70%), Fe/Mg, Zr, Nb, Y, Ga, e ETR, com exceção do Eu, e baixos CaO, MgO, Ba e Sr (Whalen *et al.* 1987). Finalmente, White (1979) propôs a terminologia de granitos tipo M para caracterizar granitos de origem mantélica.

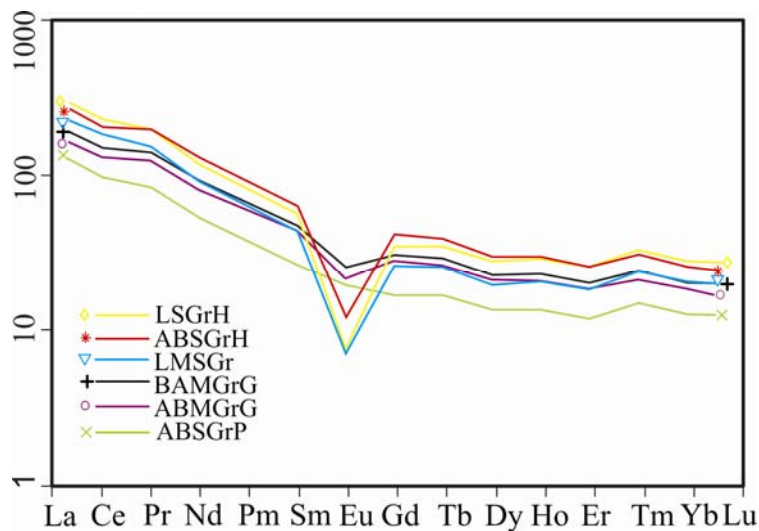


Figura 8 – Média dos padrões de distribuição dos ETR para as amostra representativas das diversas fácies do Granito Seringa. Simbologia das fácies e suas abreviações conforme figura 6.

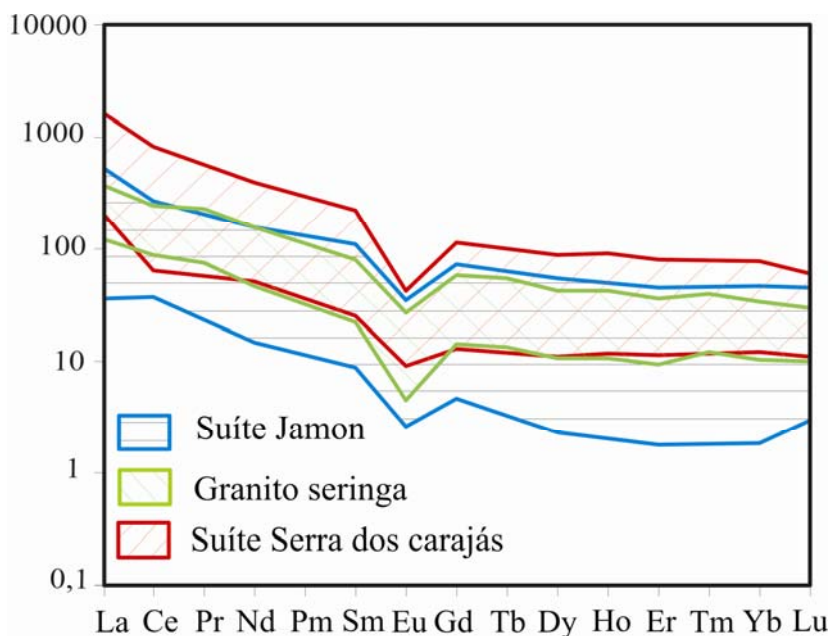


Figura 9 – Diagrama comparativo dos padrões de distribuição dos ETR entre o Granito Seringa e os granitos da Suíte Jamon (Redenção, Bannach, Jamon e Musa) e Suíte Serra dos Carajás (Cigano e Serra dos Carajás).

A gênese de granitos tipo A foi inicialmente explicada a partir de duas hipóteses principais: cristalização fracionada de magmas basálticos alcalinos (Eby 1992) e fusão parcial de crosta granulítica residual (Collins *et al.* 1982).

As características gerais do Granito Seringa são, à primeira vista, compatíveis tanto com granitos tipo I, quanto com granitos tipo A. Dentre elas destacam-se a presença de anfibólio, biotita e magnetita, sua tendência subalcalina, o caráter metaluminoso a fracamente peraluminoso, com coríndon normativo < 1 e seu caráter oxidante. Por outro lado, seus altos teores de SiO_2 (69,7 e 77,7%), $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ (8,04%), Zr, Nb, Y e Ga, suas altas razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (entre 1 e 2) e Ga/Al o aproximam mais do tipo A. Entretanto, seus conteúdos de TiO_2 , CaO , MgO , Sr e Ba são relativamente altos, quando comparados com os granitos tipo A do cinturão australiano (Whalen *et al.* 1987, King *et al.* 1997).

Whalen *et al.* (1987) recomendam o uso da razão Ga/Al como discriminantes de granitos tipo A. Nos diagramas Zr x Ga/Al (Figura 10A) e $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{CaO}$ x $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$ (Figura 10B) verifica-se que o Granito Seringa apresenta afinidade com os granitos tipo A. Além disso, no diagrama Nb-Y de Pearce *et al.* (1984; Figura 10C), o Granito Seringa mostra afinidades geoquímicas com granitos intraplaca, o que é característico de granitos tipo A (Whalen *et al.* 1987).

No diagrama $\text{FeOt}/(\text{FeOt} + \text{MgO})$ versus SiO_2 (Figura 6C), proposto por Frost *et al.* (2001) para classificar granitóides com base nas condições de oxidação, as amostras do Granito Seringa incidem no campo dos granitos ferrosos semelhante aos granitos tipo A. Segundo Eby (1992), granitos tipo A podem ser divididos geoquimicamente em dois grupos. O primeiro (A_1) representa os diferenciados de magmas derivados de uma fonte semelhante a basaltos de ilhas oceânicas (OIB), mas colocados em ambiente de *rift* continental ou de magmatismo intraplaca (*hot spot*). O segundo (A_2) representaria magmas derivados parcial ou totalmente de fontes da crosta continental que teria atravessado um ciclo de colisão continente-continente ou magmatismo arco de ilha (IAB). Segundo essas características, o Granito Seringa se enquadra no subtipo A_2 (Figura 10 D), sugerindo fonte crustal para o mesmo.

As variáveis geoquímicas e petrogenéticas dos granitos tipo A são assuntos controversos. Os granitos tipo A, da série magnetita, oxidados definidos por Anderson & Bender (1989) são os mais problemáticos, uma vez que não seguem rigorosamente a original definição do termo e se aproximam, em alguns aspectos, dos granitos cálcico-alcalinos e granitos tipo I. Partindo dessas controvérsias, Dall'Agnol e Oliveira (2007) propuseram diagramas geoquímicos envolvendo óxidos de elementos maiores afim de distinguir granitos tipo A de granitos cálcico-alcalinos, bem como granitos oxidados de granitos reduzidos.

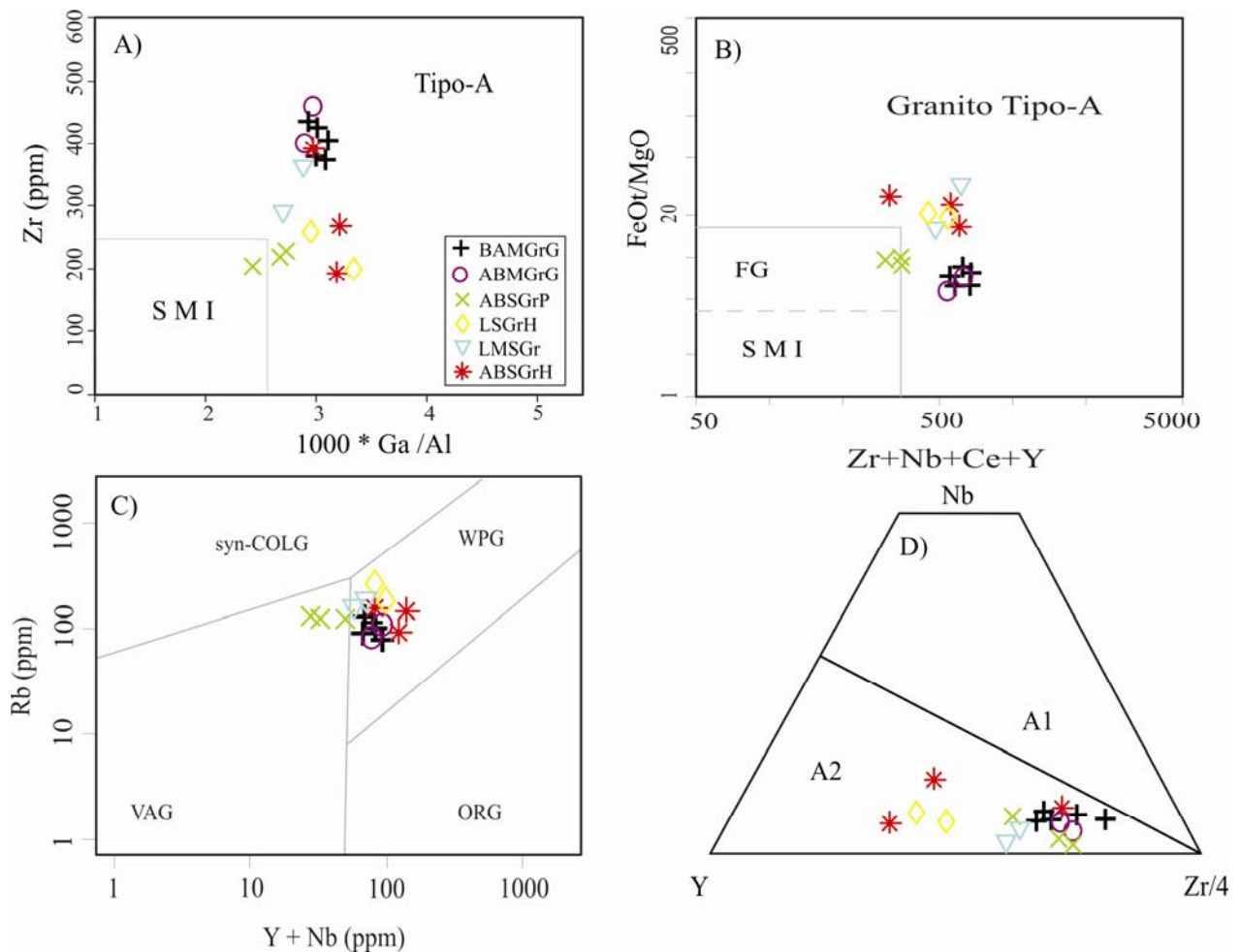


Figura 10 – Diagramas de elementos traços das rochas do Granito Seringa. A) diagrama Zr x Ga/Al (Whalen et al. 1987). B) diagrama $FeOt/MgO$ x $Zr+Nb+Ce+Y$ (Whalen et al. 1987). M, I e S: média dos granitos tipo I, M e S; FG: granitos félsicos fracionados. C) diagrama Rb x Nb + Y (Pearce et al. 1984). Campos syn-COLG: Granitóides Sin-colisionais, VAG: Granitóides de Arcos Vulcânicos, ORG: Granitóides de Cadeias Oceânicas e WPG: Granitóides intraplacas. D) diagrama Y-Nb-Zr/4 de Eby (1992).

Nos diagramas $CaO/(FeOt+MgO+TiO_2)$ x $CaO+Al_2O_3$ (Figura 11A) e $CaO/(FeOt+MgO+TiO_2)$ x Al_2O_3 (Figura 11B) o Granito Seringa plota predominantemente no campo dos granitos Tipo A. Nos diagramas $FeOt/(FeOt + MgO)$ x Al_2O_3 (Figura 11C) e $FeOt/(FeOt+ MgO)$ x $Al_2O_3/(K_2O/Na_2O)$ (Figura 11D) nota-se que o mesmo apresenta comportamento duplo, com as rochas monzograníticas incidindo no campo dos granito tipo A oxidado e as rochas sienograníticas no campo dos granitos tipo A reduzido.

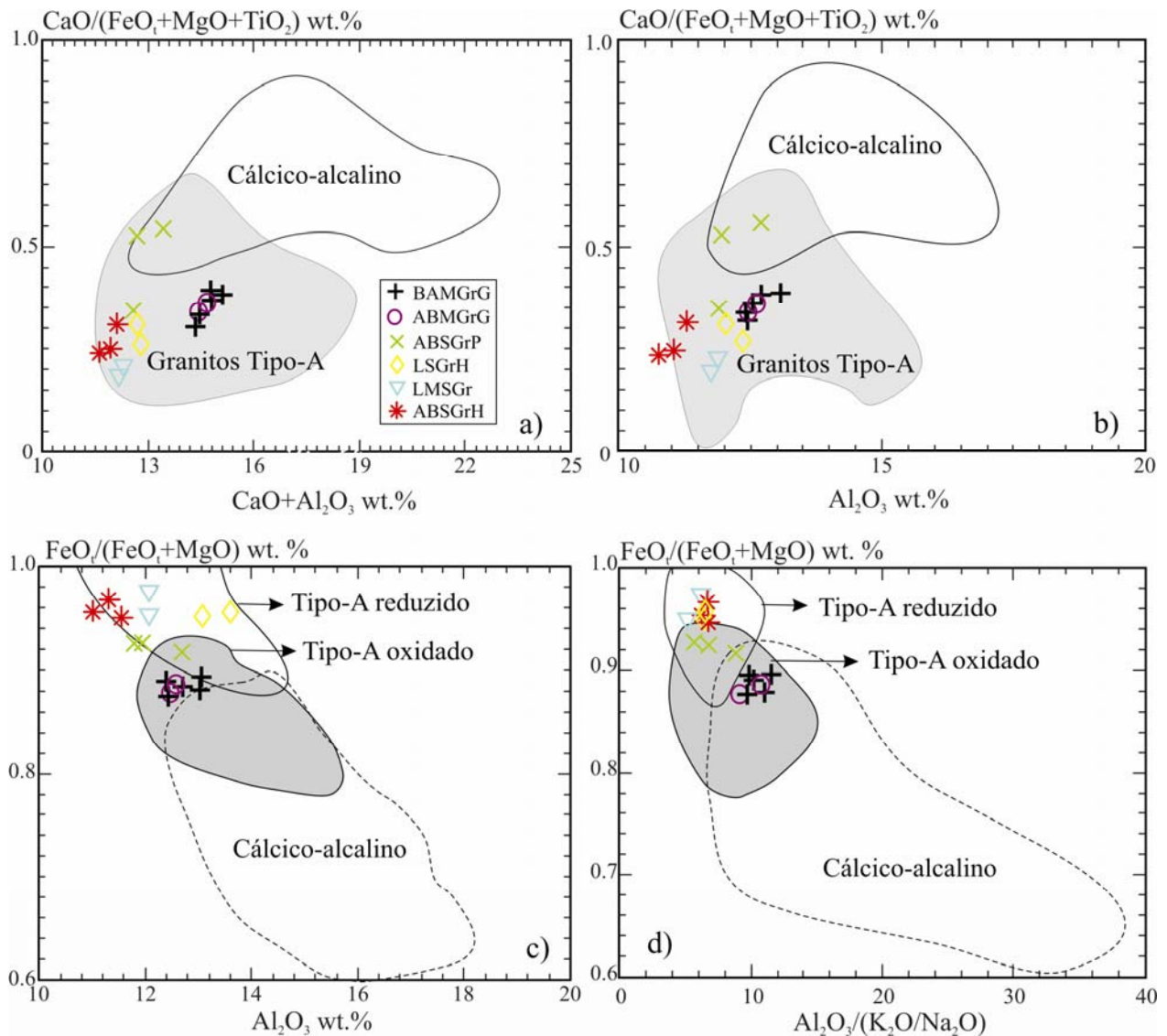


Figura 11 – Diagramas geoquímicos (modificado de Dall’Agnol & Oliveira 2007) mostrando os campos composicionais de granitos tipo A e cálcico-alcálicos (A e B) e granitos Tipo A oxidados/reduzidos e cálcico-alcálicos (C e D). A) $\text{CaO}/(\text{FeO}_t + \text{MgO} + \text{TiO}_2) \times \text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$; B) $\text{CaO}/(\text{FeO}_t + \text{MgO} + \text{TiO}_2) \times \text{Al}_2\text{O}_3$; C) $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO}) \times \text{Al}_2\text{O}_3$; D) $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO}) \times \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$.

CONCLUSÕES

O Granito Seringa, com cerca de 2250 km² de superfície aflorante, representa o maior batólito anorogênico da PMC. Ocorre sob forma subcircular e secciona unidades arqueanas diversas, formando contatos discordantes, que somados aos diversos enclaves máficos, indicam evidências de alto contraste de viscosidade entre as unidades.

A integração de dados geológicos, petrográficos e geoquímicos revelou a existência de dois grandes conjuntos de rochas, divididos em seis fácies petrográficas distintas. O primeiro, formado por rochas monzograníticas, é representado por bitotita-anfibólio monzogranito grosso (BAMGrG) e anfibólio-bitotita monzogranito grosso (ABMGrG) e o segundo, constituído de rochas sienograníticas, é formado por anfibólio-biotita sienogranito porfirítico (ABSGrP), leucosienogranito heterogranular (LSGrH), leucomicrosienogranito (LMSGr) e anfibólio-biotita sienogranito heterogranular (ABSGrH). A ocorrência de duas fases feldspáticas distintas permite classificar o Granito Seringa como um granito *subsolvus*. A distribuição espacial de suas fácies petrográficas mostra um zoneamento concêntrico, com as rochas mais ricas em máficos situadas predominantemente nas bordas do corpo e as fácies mais leucocráticas no centro.

As características petrográficas e as evidências geoquímicas não permitem supor a existência de um *trend* único de evolução através de diferenciação magmática para o granito Seringa, ainda que se possa caracterizar termos mais e menos evoluídos.

A presença de um *gap* composicional entre as rochas monzograníticas e sienograníticas, evidente em todos os diagramas de variação, aponta neste sentido. Os dados petrográficos e geoquímicos sugerem que Granito Seringa pode ter sido formado por, pelo menos, três diferentes pulsos magmáticos. O primeiro estaria representado pelas rochas monzograníticas, que mostram um pequeno *trend* evolutivo, partindo de rochas mais ricas em anfibólio (BAMGrG) para rochas mais ricas em biotita (ABMGrG). O segundo, teria formado as rochas sienograníticas (ABSGrP e ABSGrH) e o terceiro, seria responsável pela geração de líquidos magmáticos mais evoluídos e mais desprovidos em máficos, geradores das rochas leucograníticas.

O Granito Seringa possui características metaluminosas a levemente peraluminosas, e natureza subalcalina potássica. Suas razões K_2O/Na_2O situadas entre 1 e 2 e $FeO_t/(FeO_t+MgO)$ entre 0,87 a 0,97 são relativamente elevadas, e tendem a aumentar gradualmente das rochas monzograníticas para as sienograníticas. Mostra afinidades com granitos ferrosos (Frost et al. 2001) e tipo A (Whalen et al. 1987) incidindo exclusivamente no campo dos granitos do subtipo A2, (Eby 1992), o que sugere fonte crustal para o mesmo.

As variações dos teores de Rb são expressivas e tendem a aumentar das rochas monzograníticas para as sienograníticas, mostrando uma correlação positiva com o aumento de sílica das fácies ABMGrG e BAMGrG para fácies ABSGrP e ABSGrH, até valores mais elevados nas rochas leucograníticas (LSGrH e LMSGr). Sr e Ba convergem em sentido contrário

ao Rb, mostrando correlação negativa com o aumento da sílica e acentuada diminuição das fácies ABSGrP e ABSGrH para as fácies leucograníticas. Essa tendência sugere que, em líquidos silicáticos, o Sr se concentra fundamentalmente em plagioclásios de composições intermediárias (andesina a oligoclásio cálcico) e, subordinadamente, no feldspato potássico.

Os ETR mostram padrão de fracionamento moderado para os ETRL, e sub-horizontalizado para os ETRP. As anomalias negativas de Eu são fracas nas rochas monzograníticas e moderadas a acentuadas nas sienograníticas e leucomonzograníticas, respectivamente, com exceção dos ABSGrP. A primeira vista este padrão poderia sugerir que as rochas sienograníticas derivaram dos monzogranitos por cristalização fracionada, no entanto, essa hipótese não tem sustentação, pois as rochas sienograníticas, mais evoluídas geoquimicamente, apresentam conteúdos mais elevados de ETRL e ETRP, indicando que esta fácies possui uma evolução particular, independente das rochas monzograníticas.

Em linhas gerais, o Granito Seringa apresenta grandes semelhanças com os granitos da Suíte Serra dos Carajás (Barros et al. 1995, Dall'Agnol et al. 1994, Javier Rios et al. 1995). São granitos isotrópicos, intraplacas, de nível crustal elevado, tendo sido colocados numa crosta rígida, cortando discordantemente suas rochas encaixantes. Em termos modais variam de monzogranitos a sienogranitos e são igualmente desprovidos de titanita magmática como fase acessória. Apresentam, ainda, superposição nos padrões de ETR e valores análogos de susceptibilidade magnética (Paiva Jr et al. Submetido).

Com base nos dados obtidos e nas observações acima admite-se que o Granito Seringa apresenta maiores semelhanças petrográficas, geoquímicas e de suscetibilidade magnética com as rochas da Suíte Serra dos Carajás, do que com as das duas outras suítes, podendo ser enquadrado nesta importante suíte granitóide.

Agradecimentos Aos pesquisadores e alunos do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides (GPPG) pelo apoio nas diversas etapas deste trabalho; ao CNPq pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor; ao Instituto de Geociências (IG-UFGA) pelo suporte técnico e laboratorial. Este artigo é uma contribuição aos Projetos PROCAD e PRONEX/CNPq (Proj. 103/98 – Proc. 66.2103/1998-0).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J.A.C., 2005. Geologia, petrografia e geoquímica do granito anorogênico Bannach, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, PA. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil, 171p.
- 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, PA. *Rev. Bras. Geoc.* **36** (2): 282-295.
- ALTHOFF, F.J., BARBEY, P., BOULLIER, A.M. 2000. 2.8-3.0 Ga plútonism and deformation in the SE Amazonian craton: the Archean granitoids of Marajoara (Carajás Mineral province, Brazil). *Precambrian Research*, 104: p. 187-206.
- ANDERSON, J.L. & BENDER, E.E. 1989. Nature and origin of Proterozoic A-Type granitic magmatism in the southwestern United States of America. In: R. Gorbatshev (Editor), *Proterozoic Geochemistry*. *Lithos*, 23:19-52.
- ARAÚJO, O.J.B & MAIA, R.G.N. 1991. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Programa Grande Carajás. Folhas SB-22-Z-A. Estado do Pará. Brasília. DNPM/CPRM. 164p (Texto Explicativo).
- AVELAR, V.G.; LAFON, J.M.; MACAMBIRA, E.M.B. 1996. Geocronologia Pb-Pb em zircão do magmatismo ácido dos Terrenos Granito-Greenstone de Rio Maria da região de Tucumã, sul do Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia., 39. Salvador, 1996. Boletim de resumos expandido.
- BARROS, C.E.M., DALL'AGNOL, R., VIEIRA, E.A.P., MAGALHÃES, M.S., 1995. Granito Central da Serra dos Carajás: avaliação do potencial metalogenético para estanho com base em estudos da borda oeste do corpo. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra* 7, 93– 123.
- CHAPPELL, B.W. & WHITE, A.J.R. 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8:173-174.
- COLLINS, W.J., BEAMS, S. D., WHITE, A. J. R., CHAPPELL, B. W. 1982. Nature and Origin of A-type granites with particular reference to Southeastern Australia. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **80**: 189-200.

- DALL'AGNOL, R., OLIVEIRA, D.C., 2007. Oxidized, magnetite-series, rapakivi-type granites of Carajás, Brazil: implications for classification and petrogenesis of A-type granites. *Lithos* 2007.
- DALL'AGNOL, R. 1980. Etudes sur des granites du type "Rondonian" en Amazonie Orientale et leurs transformations tardi-magmatiques. Toulouse, Labor. Geól. Petrol. /Univ. Paul Sabatier. 348p. (Tese de Doutorado).
- DALL'AGNOL, R., LAFON, J.M., MACAMBIRA, M.J.B. 1994. Proterozoic anorogenic magmatism in the Central Amazonian province, Amazonian Craton. Geochronological, Petrological and Geochemical aspects. *Mineralogy and Petrology*, **50**:113-138.
- DALL'AGNOL, R., RAMÖ, O. T., MAGALHÃES, M. S., MACAMBIRA, M. J. B. 1999A. Petrology of the anorogenic, oxidised Jamon and Musa granites, Amazonian Craton: implications for the genesis of Proterozoic, A-type Granites. *Lithos*. 46: p. 431-462
- DALL'AGNOL, R., SCAILLET, B., PICHAVANT, M. 1999c. Evolution of A-type granite magmas: an experimental study of the Lower Proterozoic Jamon Granite, eastern Amazonian craton, Brazil. *Journal of Petrology*. **40** (11): 1673-1698.
- DALL'AGNOL, R., TEIXEIRA, N.P., RĂMÖ, O.T., MOURA, C.A.V., MACAMBIRA, M.J.B., OLIVEIRA, D.C., 2005. Petrogenesis of the Paleoproterozoic, rapakivi, A-type granites of the Archean Carajás Metallogenic Province, Brazil. *Lithos* 80, 101-129.
- DALL'AGNOL, R., OLIVEIRA, M.A., ALMEIDA, J.A.C., ALTHOFF, F.J., LEITE, A.A.S., OLIVEIRA, D.C., BARROS, C.E.M., 2006. Archean and Paleoproterozoic granitoids of the Carajás metallogenetic 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, PRONEXUFPA/SBG-NO, 150p.
- Debon F., Le Fort P., Sabaté P. 1988. Uma classificação químico-mineralógica das rochas plutônicas comuns e suas associações, método e aplicações. *Revista Brasileira de Geociências*, **18**(2):122-133.
- DOCEGEO (Rio Doce Geologia e Mineração - Distrito Amazônia) 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás, Pará. In: CONG. BRAS. GEOL., 35, Belém. Anexos. Belém, SBG. Vol. Província Mineral de Carajás-Litoestratigrafia e Principais Depósitos Minerais. p. 11-54.

- EBY G.N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications, *Geology* **20**, pp. 641–644.
- FROST, B.R, BARNES, C.G., COLLINS, W.J., ARCULUS, R.J, ELLIS, D.J, FROST, C.D. 2001. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology* **40**: 261-293.
- JAVIER RIOS, F., VILLAS, R.N., DALL'AGNOL, R., 1995. O Granito Serra dos Carajás: fácies petrográficas e avaliação do potencial metalogenético para estanho no setor norte. *Revista Brasileira de Geociências* **25**, 20–31.
- KING, P.L.; WHITE, A.J.R.; CHAPPELL, B.W.; ALLEN, C.M. 1997. Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia, *J. Petrol.* **38**, pp. 371–391.
- LAFON, F.M; MACAMBIRA, M.J.B, SCHELLER, T.; GARCIA, R. 1888. Relatório sobre o estudo geocronológico Rb-Sr do maciço granítico da Serra da Seringa e dos Granulitos da Serra do Pium. (PA). Relatório Final. Belém, FADESP/CPRM. 23p.
- LEITE, A. A. S. 2001. Geoquímica, petrogênese e evolução estrutural dos granitóides arqueanos da região de Xinguara, SE do Cráton Amazônico. Belém, Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA. 330p.
- LEITE, A.A.S., DALL'AGNOL, R., MACAMBIRA, M.J.B., ALTHOFF, F.J. 2004. Geologia e geocronologia dos granitóides arqueanos da região de Xinguara e suas implicações na evolução do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*, **34** (4): 447-458.
- LOISELLE, M.C., WONES, D.R., 1979. Characteristics and origin of anorogenic granites. *Geological Society of America Abstracts with Programs* **11**, 468.
- MACAMBIRA M.J.B., LAFON J.M. 1995. Geocronologia da Província Mineral de Carajás; Síntese dos dados e novos desafios. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, Belém, (7): 263-287.
- MARRE, J. 1982. *Methodes d'analyse structural des granitoids*. Bureau dès Recherche Géologiques et Minières, 128p.(Manuels & Methodes, 3).
- NAKAMURA N. 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, **38**:757-775.

- OLIVEIRA, D.C., DALL'AGNOL, R., BARROS, C.E.M., FIGUEIREDO, M.A.B.M., 2002. Petrologia magnética do Granito Paleoproterozóico Redenção, SE do Cráton Amazônico. In: Klein, E.L., Vasquez, M.L., Rosa-Costa, L.T. (Eds.) Contribuições à Geologia da Amazônia. Sociedade Brasileira de Geologia Núcleo Norte, Belém, vol. 3, p. 115-132.
- OLIVEIRA M.A., DALL'AGNOL R., ALTHOFF F. 2006. 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 Geologia, pg. 313 – 326.
- PAIVA JR. A. L. Submetido. 2009. Geologia, Petrografia, Geocronologia e Geoquímica do Granito Anorogênico Seringa Província Mineral de Carajás, SSE do Pará. *Revista Brasileira de Geociências*.
- PEARCE, J.A, HARRIS, N.B.W, TINDLE, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrology*, **25**: 956-983.
- PIMENTEL M.M., MACHADO N. 1994. Geocronologia U-Pb dos Terrenos granito-greenstone de Rio Maria, Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camboriú, 1988. *Boletim de Resumos Expandidos*. Camboriú, SBG. p. 390-391.
- PITCHER, W.S. & BERGER, A.R. 1972. The controls of contact metamorphism. In: W.S. PITCHER & A.R. BEGER (Editors), *The geology of Donegal: a study of granite emplacement and unroofing*. New York, John Wiley & Sons. pp. 302-327.
- SHAND, S.J. 1951. Eruptive rocks their genesis, composition, classification and their relation to ore deposit. 4ed., London, 488p.
- SILVA, G.G., LIMA, M.I.C., ANDRADE, A.R.F., ISSLER, R.S., GUIMARÃES, G. 1974. Folhas SB-22 Araguaia e parte da SC-22 Tocantins. Geologia. In: Brasil-MME. Projeto Radam Brasil. Folhas SC-22-Tocantins. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, DNPM. v. 4, p. 1-143 (Lev. Rec. Nat.).
- TAYLOR, S.R., 1965. The Application Of Trace Element Data To Problems In Petrology. IN: L.H. AHRENS, K. RANKAMA, S.K. RUNCON (EDITORS), *Physics And Chemistry Of The Earth* . London. Pergamon Press. PP. V. 6, 133-213.
- TEXEIRA, N. P., BELLO, R.M.S., BETTENCOURT, J. S. 2002. Inclusões fluidas do maciço granítico Antônio, Suíte Intrusiva Velho Guilherme, Província Estanífera do Sul do Pará. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(1): 135-146.

- TUTTLE, O.F. & BOWEN, N.L. 1958. Origin Of Granite In The Light Of Experimental Studies In The System $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - KAlSi_3O_8 - SiO_2 - H_2O . [Sl:S.N.]. 153p. (Geological Society Of America Memoir, **74**).
- WEDEPOHL, K.H., 1970. *Rubidium, Handbook of geochemistry*. Berlin, Springer -Verlag, pp. 37-B - 37-N.
- WHALEN, J.W., CURRIE, K.L., CHAPPEL, B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral. Petrol.* **95**: 407-419.
- WHITE, A.J.R. 1979. Sources of granitic magmas. *Geol. Soc. Am. Abst.* **11**: 539.
- WONES, D.R. 1989. Significance of the assemblage titanite + magnetita + quartz in granitic rocks. *American Mineralogist*, **74**: 744-749.

CAPÍTULO – 3

PETROLOGIA MAGNÉTICA E GEOCRONOLOGIA DO BATÓLITO ANOROGÊNICO SERINGA, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS, SSE DO PARÁ.

Antonio Lima de Paiva Júnior

Cláudio Nery Lamarão

Hilton Túlio Costi

Marco Antonio Galarza

Submetido: REVISTA BRASILEIRA DE GEOLOGIA (RBG).



De: Alberto Pio Fiori <fiori@ufpr.br>

Para: Antonio Lima Paiva Jr <antoniollima@gmail.com>

Data: 10 de julho de 2009 10:10

Assunto: [RBG] Agradecimento pela Submissão

Antonio Lima Paiva Jr,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "PETROLOGIA MAGNÉTICA E GEOCRONOLOGIA DO BATÓLITO ANOROGÊNICO SERINGA, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS, SSE DO PARÁ." para Revista Brasileira de Geociências. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:

<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/rbg/author/submission/14751>

Login: antoniollima

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

PETROLOGIA MAGNÉTICA E GEOCRONOLOGIA DO BATÓLITO ANOROGÊNICO SERINGA, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS, SSE DO PARÁ.

Antonio Lima de Paiva Júnior^{1,2}, Claudio Nery Lamarão^{1,3}, Hilton Túlio Costi^{1,4}, Marco Antonio Galarza⁵

1- Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides, Universidade Federal do Pará, Caixa Postal 8608, 66075-100 – Belém, PA, Brasil.

2- Estudante do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará. Email: antoniollima@gmail.com

3- Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará. Email: lamarao@ufpa.br

4- Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém – PA. Email: túlio@museu-goeldi.br

5- Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Isso) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará. Email: antogt@ufpa.br

Resumo

O Granito Seringa, com cerca de 2250 km² de superfície aflorante, representa o maior batólito anorogênico da Província Mineral de Carajás. É intrusivo em unidades arqueanas do Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria, sudeste do Cráton Amazônico. É constituído por dois grandes conjuntos de rochas monzograníticas e sienograníticas. Os dados de suscetibilidade magnética (SM) do Granito Seringa permitiram identificar quatro populações com diferentes características magnéticas, onde os valores mais altos de SM relacionam-se às fácies menos evoluídas e os mais baixos às fácies sienograníticas, sobretudo leucograníticas. Magnetita, ilmenita, apatita, zircão, epidoto, fluorita, monazita e xenotímio são fases acessórias presentes. A análise textural dos óxidos de Fe e Ti permitiu distinguir cinco tipos de ilmenita: *trellis*, *sanduíche*, composta interna/externa, mancha e individual. Feições texturais sugerem que titanomagnetita, ilmenita composta interna e externa foram originadas durante o estágio inicial da cristalização. A ilmenita foi desestabilizada e parcialmente substituída por titanita ainda no

estágio magmático. Durante o estágio *subsólido*, a titanomagnetita foi afetada por processo de exsolução-oxidação e deu origem a intercrescimentos de magnetita quase pura com ilmenita (*trellis*, *mancha* e *sanduíche*). Pode-se inferir que as condições de fugacidade de oxigênio (fO_2) que prevaleceram durante a formação do maciço Seringa foram, possivelmente, inferiores às do tampão NNO, mas superiores às daquelas do tampão FMQ. O Granito Seringa apresentou idade de cristalização de 1895 ± 1 Ma pelo método Pb-Pb em zircão, coincidente com a dos demais granitos anorogênicos da PMC.

Palavras-chave: petrologia magnética, suscetibilidade magnética, Granito Seringa, tipo A oxidado.

Abstract *MAGNETIC PETROLOGY AND GEOCHRONOLOGY OF THE ANOROGENIC SERINGA BATHOLITH, CARAJÁS MINERAL PROVINCE, SSE OF THE PARÁ.*

The Seringa Granite, with 2250 km² of outcropping area, represents the biggest anorogenic batholith of the Carajás Mineral Province (CMP). It is intrusive in Archean units of the Rio Maria Granite-Greenstone Terrain, located in the southeastern of the Amazonian craton. The Seringa Granite is formed by two great petrographic groups, monzogranites and syenogranites. The magnetic susceptibility (MS) data of Seringa Granite identified four populations with different magnetic characteristics, in which the highest values of MS are related to the less evolved facies and the lowest values to the syenogranitic facies, mainly leucogranites. Magnetite, ilmenite, apatite, zircon, epidote, fluorite, monazite and xenotime are accessory phases identified in Seringa Granite. The textural analysis of their oxides has distinguished five forms of ilmenite: *trellis*, *sandwich*, *composite internal/external*, *patch* and *individual*. Textural features suggest that titanomagnetite and individual and composite ilmenite crystallized in early magmatic stage. The Ilmenite was destabilized and partially replaced by titanite still in the magmatic stage. During the *subsólido* stage, titanomagnetite was transformed by oxidation-exsolution in intergrowths of almost pure magnetite and ilmenite (*sandwich*, *patch*, and *trellis* ilmenite). We can infer that oxygen fugacity conditions (fO_2) that prevailed during the formation of Seringa massive were possibly below the NNO buffer, but higher than the FMQ buffer. The Seringa Granite showed Pb-Pb zircon age of 1895 ± 1 Ga, considered its crystallization age, and coincident with the other anorogenic plutons of the CMP.

Keywords: magnetic petrology, magnetic susceptibility, Seringa Granite, oxidized A-type.

INTRODUÇÃO

A petrologia magnética é uma extensão da petrologia que associa o estudo das propriedades magnéticas com a petrologia convencional (Wasilewski & Warner 1988, Frost 1991). Essa linha de pesquisa faz uso dos dados de suscetibilidade magnética (SM) integrados à caracterização dos minerais óxidos de Fe e Ti. Estudos específicos de SM têm auxiliado na definição do potencial metalogenético de granitóides e permitido a identificação de áreas propícias à concentração de minérios (Ishihara 1981, Hattori 1987, Magalhães 1991).

A assinatura magnética de uma rocha está diretamente relacionada ao seu conteúdo de minerais ferromagnéticos, daí a importância de identificar as fases minerais denominadas opacas (Buddington & Lindsley 1964, Haggerty 1981a), nas quais se inclui a magnetita, principal mineral ferromagnético, bem como determinar os fatores que controlam o equilíbrio dessas fases (Buddington & Lindsley 1964, Spencer & Lindsley 1981).

Na região amazônica, diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos sistematicamente nesta linha de pesquisa pelo Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides (GPPG) da Universidade Federal do Pará. O GPPG tem concentrado suas atividades em rochas graníticas do sudeste do Pará, no Cráton Amazônico, mais intensamente nas rochas que compõem a Suíte Jamon (Dall'Agnol et al. 1988, Dall'Agnol & Oliveira 2007, Almeida et al. 2007) e em menor escala nas rochas das suítes Serra dos Carajás (Magalhães & Dall'Agnol 1993) e Velho Guilherme (Magalhães 1991).

No entanto, o Granito Seringa, objeto deste estudo enquadrado na Suíte Serra dos Carajás (Paiva Jr et al. submetido), não apresentava até o momento estudos voltados para essa linha de pesquisa. O presente trabalho tem como objetivo relacionar o comportamento magnético com os processos magmáticos e pós-magmáticos atuantes ao longo da evolução do Granito Seringa, bem como discutir as relações de SM e dos minerais óxidos de Fe e Ti, integrado-os com os dados de petrografia e geoquímica.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Várias intrusões graníticas marcam o evento final de formação do segmento crustal hoje representado pela Província Mineral de Carajás. De idade essencialmente arqueana, esse segmento se consolidou em tempos paleoproterozóicos quando foi afetado por eventos

distensivos marcados pela intrusão, por volta de 1,88 Ga, de granitos anorogênicos, dentre os quais se destaca o batólito granítico Seringa.

O Granito Seringa está localizado na porção noroeste do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria (TGGRM; Figura 1), borda sudeste do Cráton Amazônico, dentro da Província Mineral de Carajás. O TGGRM é formado por *greenstone belts* (Supergrupo Andorinhas) e por quatro grupos de granitóides arqueanos (Pimentel & Machado 1994, Macambira & Lafon 1995, Althoff et al. 2000, Leite 2001, Leite et al. 2004, Dall'Agnol et al. 2006): (1) Série tonalítica-trondhjêmica mais antiga (2,98 a 2,93 Ga), representada pelo Tonalito Arco Verde e Complexo Tonalítico Caracol; (2) granitóides predominantemente granodioríticos com alto Mg (2,87 Ga), formados pelo Granodiorito Rio Maria e rochas intermediárias e máficas associadas de afinidade sanukitóide; (3) Série tonalítica-trondhjêmica mais jovem (2,87 a 2,86 Ga), composta pelos Trondhjemitos Água Fria e Mogno; e (4) leucogranitos cálcico-alcálicos potássicos (2,93 a 2,86 Ga), representados pelos granitos Xinguara, Mata Surrão, Guarantã e similares. As diversas unidades do TGGRM são cobertas por metassedimentos de idade arqueana do Grupo Rio Fresco e cortados por granitos anorogênicos paleoproterozóicos da Suíte Jamon.

ASPECTOS GEOLÓGICOS E PETROGRÁFICOS

O Granito Seringa está localizado na porção sul-sudeste do estado do Pará, entre os municípios de Ourilândia do Norte e Água Azul do Norte. Sua parte central é formada por conjuntos de morros e serras íngremes elevadas, chegando à altitude de mais de 700m. É intrusivo em unidades arqueanas (Figura 2), seccionando a sudoeste rochas metavulcano-sedimentares, caracterizadas como um conjunto de *greenstone-belts*, pertencentes ao Grupo Tucumã (GT), enquanto a sudeste secciona o Trondhjemito Mogno (TM) e a norte o Granodiorito Rio Maria (GRM). Os contatos entre o Granito Seringa e suas encaixantes são em geral bruscos e bem marcados que, somados aos padrões geomorfológicos, mostram um forte contraste entre as mesmas. Nas zonas de contatos é comum a presença de enclaves angulosos englobados pelo Granito Seringa. Diques félsicos de orientação preferencial NE-SW e NW-SE cortam tanto as diferentes fácies do Granito Seringa quanto as unidades arqueanas. Na borda sudoeste, no limite entre o Granito Seringa e as rochas metavulcânicas foram registradas ocorrências de granitóides levemente foliados, com fenocristais de feldspatos alinhados, classificados como quartzo dioritos.

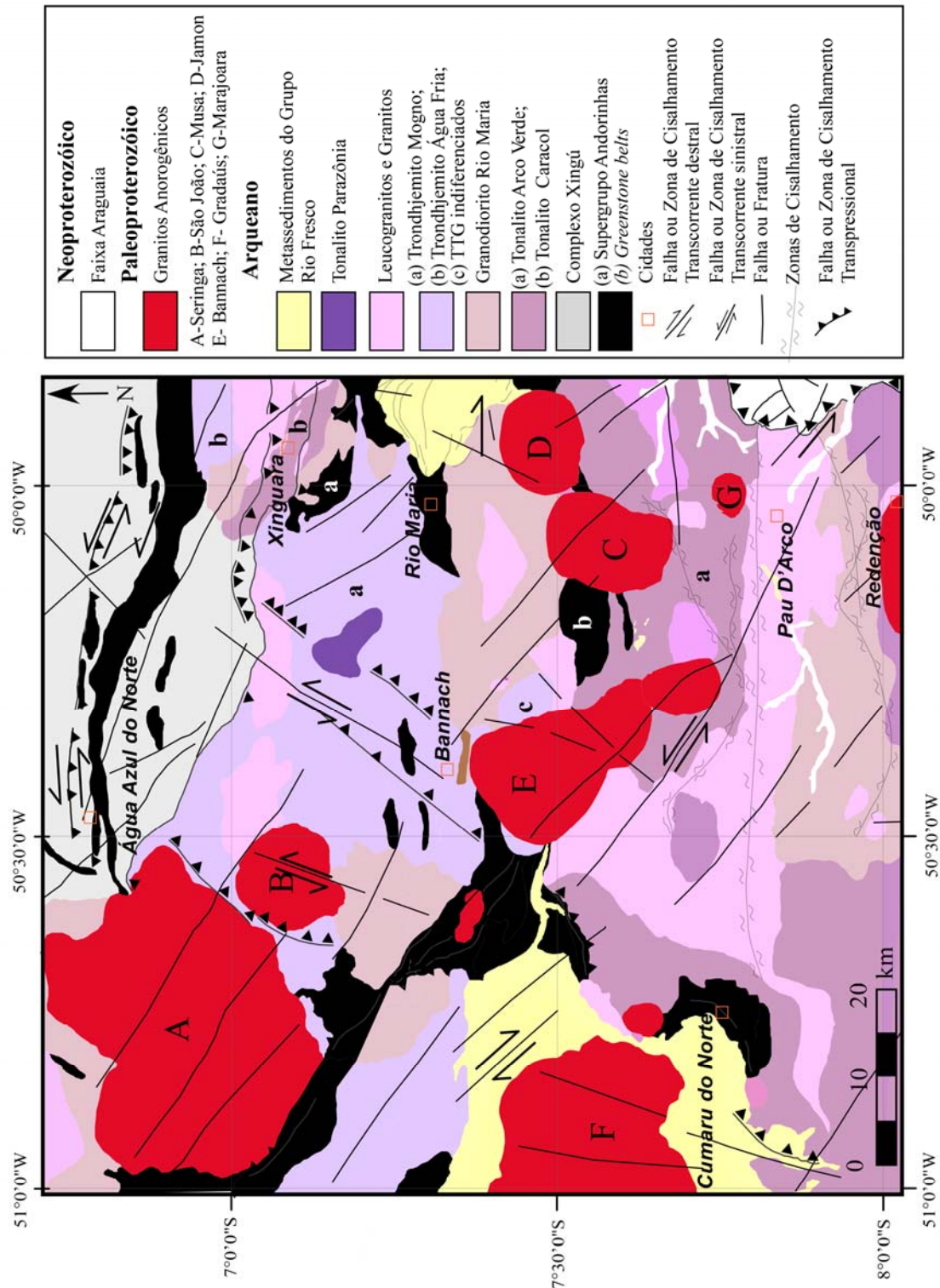


Figura 1 - Mapa geológico do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria (Almeida et al. 2008, modificado; Fontes: Huhn et al. 1988, Souza 1994, Santos & Pena Filho 2000, Althoff et al. 2000, Leite 2001).

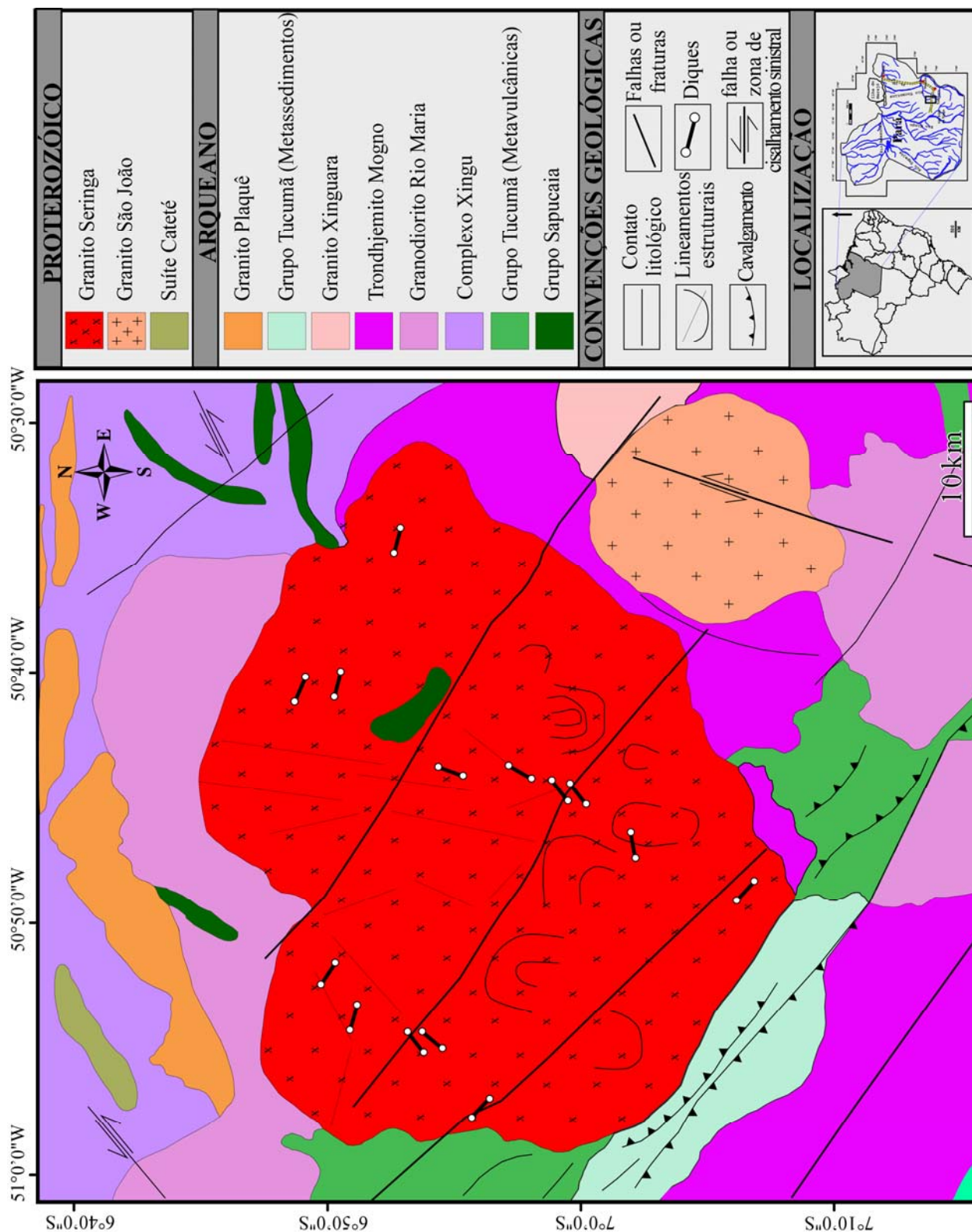


Figura 2 - Mapa geológico da região de ocorrência do Granito Seringa (Modificado de CPRM, 2004)

O Granito Seringa é formado essencialmente por dois conjuntos de rochas, monzograníticas e sienograníticas, de coloração vermelho rosada e granulação fina a predominantemente grossa. Variedades rapakivi ocorrem localmente, por vezes associadas às rochas monzograníticas. Não mostra sinais de deformação, exceto a presença dos planos de fraturas que as atravessam em diferentes direções.

Os dois conjuntos petrográficos tiveram suas composições modais registradas em quarenta e uma amostras (Paiva Jr submetido) que foram plotadas em diagramas Q-A-P e Q-A+P-M (Figura 3), configurando as diferentes fácies do corpo (Figura 4). O Granito Seringa é formado por seis fácies petrográficas (Figura 4), dividido em dois grupos de rocha: A) rochas monzograníticas, representadas por bitotita-anfibólio monzogranito grosso (BAMGrG) e anfibólio-bitotita monzogranito grosso (ABMGrG); B) rochas sienograníticas, representadas por anfibólio-biotita sienogranito porfirítico (ABSGrP), leucosienogranito heterogranular (LSGrH), leucomicrosienogranito (LMSGr) e anfibólio-biotita sienogranito heterogranular (ABSGrH).

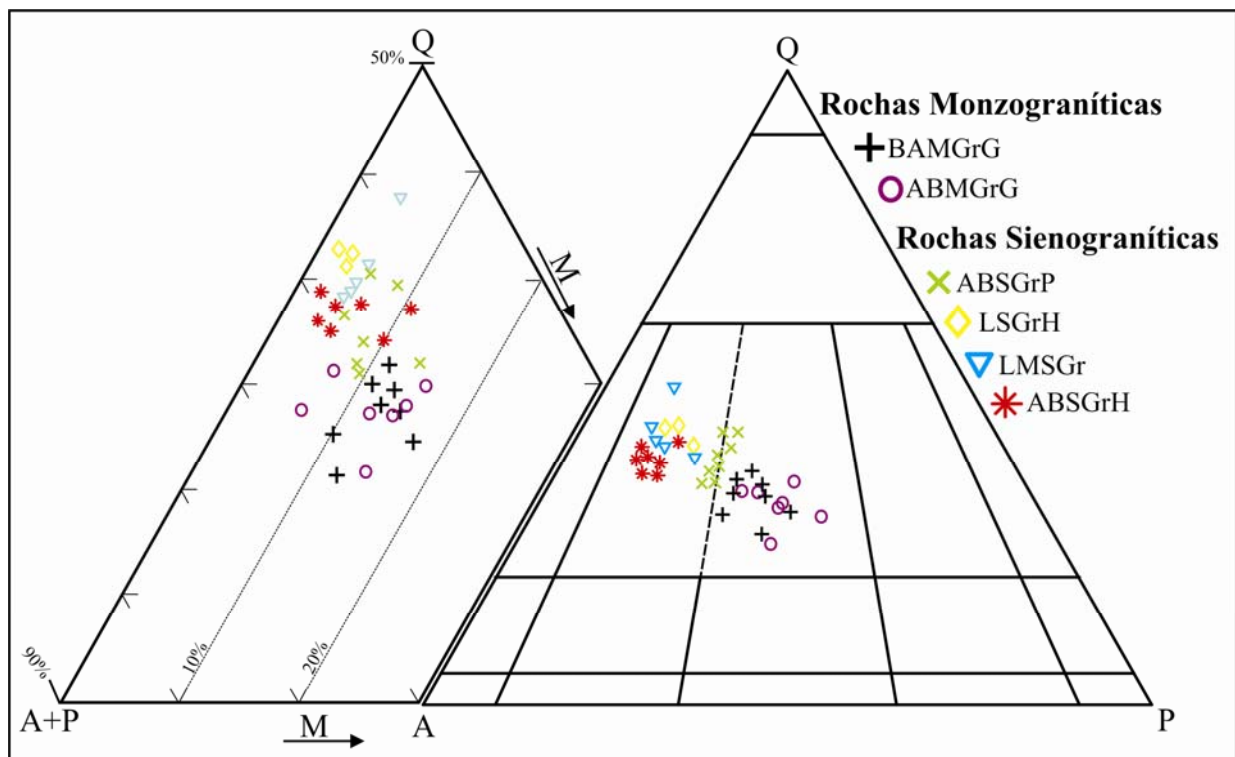


Figura 3 - Diagramas modais Q-A-P (Le Maître 2002) e Q-(A+P)-M para as fácies do Granito Seringa. A - álcali feldspato; Q - quartzo; P - plagioclásio; M - máficos; BAMGrG -biotita-anfibólio monzogranito grosso; ABMGrG- anfibólio-biotita monzogranito grosso; ABSGrP – anfibólio-biotita sienogranito porfirítico; LSGrH - leucosienogranito heterogranular; LMSGr - leucomicrosienogranito; ABSGrH – anfibólio-biotita sienogranito heterogranular.

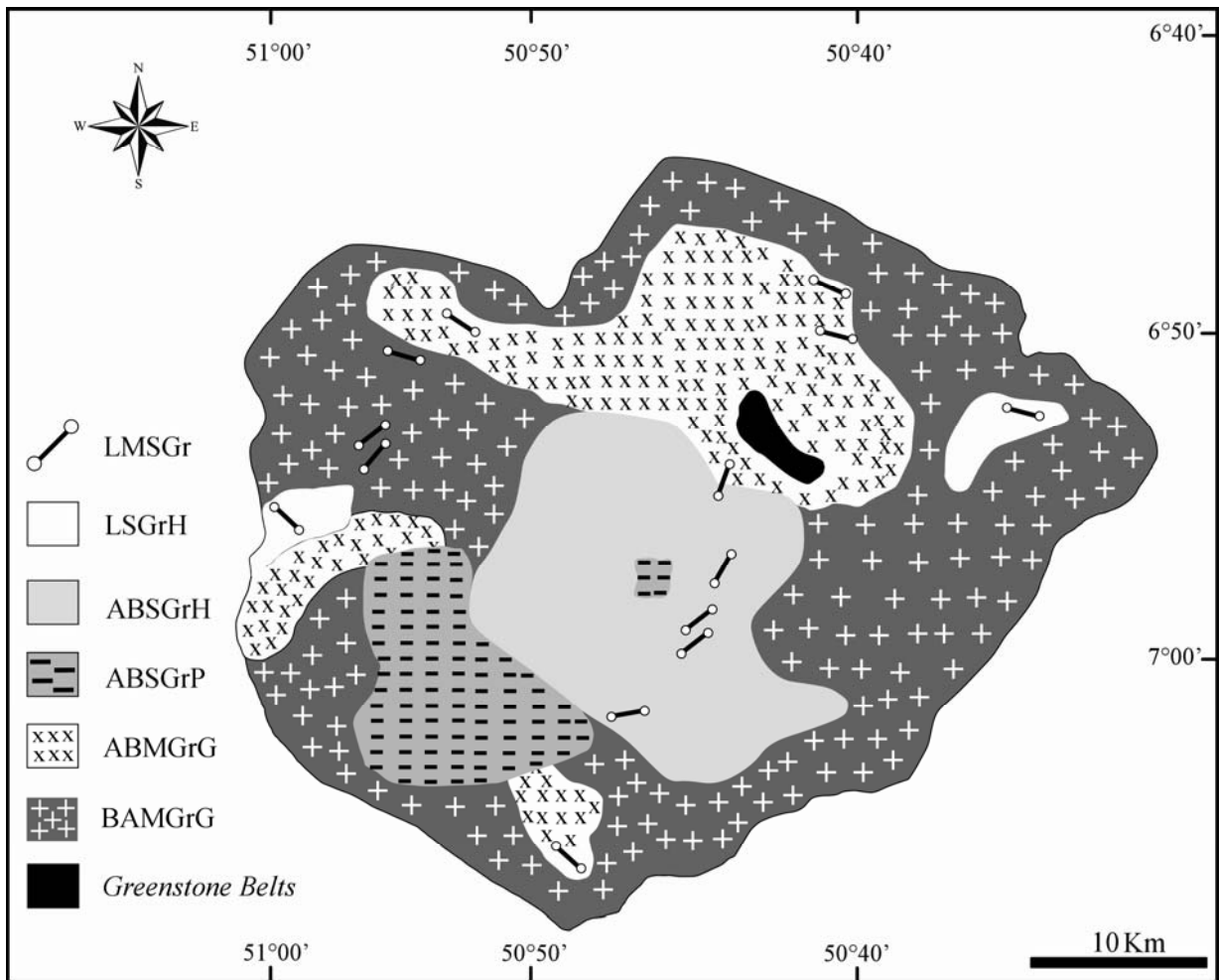


Figura 4 - Mapa geológico do Granito Seringa, mostrando a distribuição espacial das suas diferentes fácies. BAMGrG – biotita-anfibólio monzogranito grosso; ABMGrG- anfibólio-biotita monzogranito grosso; ABSGrP – anfibólio-biotita sienogranito porfirítico; LSGrH - leucosienogranito heterogranular; LMSGr – leuco microsienogranito; ABSGrH – anfibólio-biotita sienogranito heterogranular.

As texturas registradas são variáveis, apresentando termos equigranulares de granulação grossa (BAMGrG, ABMGrG e ABSGrP), passando para termos de granulação média (ABSGrH) e finalizando com rochas de granulação fina (LSGrH e LMSGr).

A mineralogia essencial é representada por quartzo, feldspato potássico e plagioclásio. Biotita e anfibólio são as fases máficas, às vezes em quantidades expressivas nos BAMGrG e ABMGrG e bem reduzidas nos tipos mais leucocráticos.

A magnetita geralmente é encontrada em proporções >1% nos monzogranitos, e alcança conteúdos de até 0,5% nas rochas mais evoluídas, sendo, no entanto, superiores às proporções de ilmenita. A ausência de titanita magmática nas rochas do Granito Seringa indica comportamento semelhante ao dos granitos da Suíte Serra dos Carajás (Javeir et al. 1995 e Barros et al. 1995) e

difere dos granitos da Suíte Jamon (Dall'Agnol et al. 2005). Os minerais acessórios mais frequentes são zircão, magnetita, ilmenita, apatita e allanita. Como produtos de alteração pós-magmático ocorrem clorita, sericita, muscovita, epidoto, fluorita e argilo-minerais.

Nas rochas monzograníticas os contatos entre quartzo e anfibólio são retilíneos e regulares. O anfibólio comumente se amolda aos cristais de quartzo e/ou preenche os espaços entre grãos, sugerindo cristalização posterior ou contemporânea ao quartzo. Anfibólio e biotita ocorrem associados nas rochas monzograníticas de modo a sugerir equilíbrio entre eles. Além disso, o anfibólio está muito bem preservado nessas rochas e não há evidências texturais claras de reações peritéticas entre ele e o líquido para gerar biotita, titanita e quartzo, como frequentemente é observado nos granitos da Suíte Jamon (Dall'Agnol et al. 1999 e Almeida et al. 2006).

A figura 4 mostra a distribuição espacial das diferentes fácies que compõem o Granito Seringa, indicando um zoneamento grosseiramente concêntrico, onde as fácies menos evoluídas, enriquecidas em anfibólio e biotita, localizam-se nas partes distais do corpo, e as mais evoluídas no centro do corpo, com exceção dos LSGrH que ora ocorrem no extremo oeste, ora no extremo leste.

MÉTODOS DE TRABALHO

Após estudos petrográficos, foram selecionadas cento e duas amostras representativas das diferentes fácies do Granito Seringa para avaliação do seu comportamento magnético. As medidas de SM foram efetuadas com o suscetibilímetro SI-1 (fabricado pela *Saphire Instruments*), pertencente ao Laboratório de Petrologia Magnética (LPM) do Instituto de Geociências (IG) da UFPA. As amostras analisadas foram previamente serradas para a obtenção de superfícies planas, favoráveis a utilização de um sensor retangular do tipo bobina plana, de aproximadamente 2x3 cm, para a realização das medidas de SM. Os valores de SM obtidos com a bobina plana foram multiplicados por um fator de correção de 1,7, determinado em estudos anteriores (Oliveira et al. 2002, Figueiredo et al. 2003, Nascimento 2006). Este fator visa compensar diferenças observadas entre medidas com bobinas planas e cilíndricas e foi determinado a partir de medidas comparativas em padrões. Os dados de SM foram tratados estatisticamente no programa *MINITAB* versão 15, que permite a elaboração de gráfico de probabilidade, histograma e polígono de frequência, os quais serviram de base para as interpretações. A petrografia e a caracterização dos minerais opacos presentes nas rochas

estudadas foram complementadas com estudos de microscopia eletrônica de varredura (MEV) no Museu Paraense Emílio Goeldi em treze lâminas polidas representativas das diferentes fácies do Granito Seringa.

As datações geocronológicas foram obtidas no Laboratório de Geologia Isotópica (PARÁ-ISO) do IG da UFPA pelo método de evaporação de Pb em monocristais de zircão utilizando-se duplo filamento (Köber 1987). Esse método consiste na separação, seleção e análise desses cristais no espectrômetro FINNIGAN MAT 262 e posterior tratamento dos dados isotópicos obtidos. A técnica analítica utiliza um filamento de evaporação com o zircão posicionado em frente a um filamento de ionização. O filamento de evaporação é aquecido gradativamente a partir 1450°C, com duração de cinco minutos para cada etapa. Nessas etapas, ocorre a liberação do Pb do retículo cristalino do zircão, o qual se deposita no filamento de ionização. Em seguida, o filamento de ionização, mantido em temperatura ambiente, é aquecido a uma temperatura em torno de 1050°C. As intensidades das emissões dos diferentes isótopos de Pb são medidas em baixa intensidade de sinal, com um contador de íons (monocoletor), em cinco varreduras das massas 206, 207, 208, 206, 207 e 204. Cada conjunto de cinco varreduras define um bloco obtido no contador de íons que fornece 18 razões $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Em seguida, a partir das médias dessas razões defini-se uma idade para cada etapa de evaporação. A cada uma destas etapas são obtidos até cinco blocos de dados, cuja média das razões $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ define uma idade correspondente para cada etapa. Esses dados são representados em um diagrama Idade (Ma) *versus* Etapas de Evaporação. Das idades obtidas nas diferentes etapas de evaporação, em geral são utilizadas àquelas correspondentes às obtidas em temperaturas mais altas, pois nesse caso, o Pb analisado é teoricamente proveniente das porções mais retentivas do cristal de zircão e, portanto, mais representativas da idade de cristalização do mineral. Os resultados são apresentados com desvio padrão e as correções do Pb comum inicial realizadas mediante uso do modelo de evolução do Pb em estágio duplo proposto por Stacey & Kramers (1975), utilizando a razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Os dados obtidos são tratados estatisticamente segundo critérios metodológicos estabelecidos por Gaudette *et al.* (1998), dentre os quais se excluem blocos com razões isotópicas $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} > 0,0004$ com desvios padrões superiores a 2 em relação à média das idades dos cristais de zircão, e blocos, etapas de evaporação e/ou cristais que apresentarem idades discordantes da média das idades obtidas nas temperaturas mais altas da maioria das análises.

SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA (SM)

Os valores de SM do Granito Seringa (Tabela 1) variam de $1,315 \times 10^{-3}$ a $20,035 \times 10^{-3}$, com média de $6,2801 \times 10^{-3}$. A utilização dos dados de SM em diagramas requer escala logarítmica, uma vez que a partir dos dados logaritmados há uma melhor estabilização da variância (Larsson 1977) e seus valores de SM são expressos em unidades de volume (SIv). Os dados de SM foram avaliados com base em histograma e polígono de frequência (Figura 5A; 5B) e revelaram uma distribuição claramente bimodal do conjunto de amostras do corpo, observando-se dois picos distintos nos valores de log -2,45 e -2,15, com a maior parte das amostras (64%) concentrando-se entre o log de -2,48 a -2,01. A distribuição dos valores de SM logaritmados permitiu elaborar o gráfico de probabilidade normal (Figura 5C), o qual permitiu diferenciar quatro populações magnéticas, denominadas A, B, C e D com diferentes características magnéticas, as quais foram definidas a partir de segmentos de reta com diferentes inclinações que unem grupos de intervalos alinhados segundo esses mesmos segmentos, partindo dos menores para os maiores valores de SM.

RELAÇÕES ENTRE SM E FÁCIES PETROGRÁFICAS

Ressalta-se uma correlação levemente positiva entre os dados de SM e os valores modais das diferentes fácies do Granito Seringa, muito embora o mesmo não tenha sua evolução magmática explicada por cristalização fracionada, o que evidentemente resultaria num *trend* contínuo dos valores de SM das rochas menos evoluídas para as mais evoluídas.

O histograma de frequência (Figura 5A) mostra que as rochas monzograníticas (BAMGrG e ABMGrG), as quais apresentam maior conteúdo de minerais máficos e opacos, revelam os maiores valores de SM. Entretanto, algumas rochas da fácies ABSGrP mostram, por vezes, valores semelhantes e até mesmo superiores ao das rochas monzograníticas (Tabela 1; Figura 5C). Tais rochas exibem ampla distribuição dos valores de SM, desde log de -2,79 a -1,69 (Tabela 1; AC-22 e AC-103, respectivamente), e em linhas gerais, fogem do comportamento das demais rochas sienograníticas.

Os menores valores de SM são apresentados pelas rochas sienograníticas, especialmente os leucogranitos (LSGrH e LMSGr), pois são rochas mais pobres em máficos e opacos e, provavelmente, derivadas de líquidos magmáticos mais evoluídos.

Tabela 1- Dados de suscetibilidade magnética (SM) do Granito Seringa. Siglas conforme Figura 3. K – valor médio de SM em volume de cada amostra no sistema internacional.

População	Amostra	K (SI)(x10 ⁻³)	Log K (Siv)	Fácies	População	Amostra	K (SI)(x10 ⁻³)	Log K (Siv)	Fácies
A	AC-72	1,3153	-2,8810	ABSGrH	C	AC-65	5,6533	-2,2477	LMSGr
	AC-22	1,5982	-2,7964	ABSGrP		AC-54	5,6590	-2,2473	ABMGrG
	AC-106	1,6820	-2,7742	LMSGr		AC-29	5,6648	-2,2468	LMSGr
	AC-19	1,8700	-2,7281	LMSGr		AC-96	5,6978	-2,2443	BAMGrG
	AC-31	2,1600	-2,6655	LSGrH		AC-36	5,7993	-2,2366	ABSGrH
	AC-40	2,3860	-2,6223	LSGrH		AC-17b	5,8842	-2,2303	LSGrH
B	AC-08a	2,6620	-2,5814	LSGrH		AC-62a	5,8994	-2,2294	BAMGrG
	AC-94	2,6402	-2,5784	ABSGrH		AC-43	6,1711	-2,2096	ABMGrG
	AC-04a	2,7050	-2,5678	LSGrH		AC-84b	6,2521	-2,2040	LMSGr
	AC-10	2,7530	-2,5602	LSGrH		AC-83b	2,1991	-2,1991	LMSGr
	AC-81	2,9470	-2,5306	LSGrH		AC-87a	6,3550	-2,1969	ABMGrG
	AC-108b	2,9771	-2,5262	LMSGr		AC-105a	6,6454	-2,1775	LSGrH
	AC-90	3,0672	-2,5133	ABSGrH		AC-64	6,7793	-2,1688	BAMGrG
	AC-110b	3,1244	-2,5052	ABSGrH		AC-28	6,8140	-2,1666	ABMGrG
	AC-68	3,2973	-2,4818	LSGrH		AC-24c	6,8316	-2,1655	LSGrH
	AC-69	3,2973	-2,4818	BAMGrG		AC-56	6,9858	-2,1558	ABMGrG
	AC-48	3,3477	-2,4753	BAMGrG		AC-61a	7,0819	-2,1499	LMSGr
	AC-91	3,4953	-2,4565	BSGrH		AC-16c	7,1796	-2,1439	LSGrH
	AC-45	3,525	-2,4528	LSGrH		AC-44	7,2360	-2,1405	ABMGrG
	AC-46	3,5618	-2,4483	LSGrH		AC-83a	7,2596	-2,1391	ABMGrG
	AC-26	3,5896	-2,4450	LSGrH		AC-20a	7,2750	-2,1382	ABSGrP
	AC-37	3,5974	-2,4440	ABSGrH		AC-79	7,2820	-2,1378	BAMGrG
	AC-67b	3,6240	-2,4408	BAMGrG		AC-18	7,3126	-2,1359	BAMGrG
	AC-34	3,6302	-2,4401	ABSGrH		AC-85	7,7326	-2,1116	ABMGrG
	AC-97	3,7798	-2,4225	BAMGrG		AC-23	7,4486	-2,1279	ABSGrP
	AC-39	3,8057	-2,4196	ABSGrH		AC-12	7,6965	-2,1137	ABMGrG
	AC-42	3,8399	-2,4157	ABSGrH		AC-95	7,7401	-2,1113	BAMGrG
	AC-41	3,8889	-2,4102	ABSGrH		AC-78	7,8528	-2,1050	BAMGrG
	AC-35	4,0408	-2,3935	ABSGrH		AC-13	7,9382	-2,1003	ABMGrG
	AC-105b	4,1575	-2,3812	BAMGrG		AC-108a	7,9742	-2,0983	LMSGr
	AC-17a	4,1899	-2,3777	ABSGrP		AC-47	8,0993	-2,0916	ABMGrG
	AC-27	4,2484	-2,3718	LSGrH		AC-57	8,1858	-2,0869	BAMGrG
	AC-66	4,2537	-2,3712	LMSGr		AC-86	8,2521	-2,0834	ABSGrP
	AC-84a	4,3407	-2,3624	ABMGrG		AC-58	8,4476	-2,0733	BAMGrG
	AC-38	4,3527	-2,3612	ABSGrP		AC-61b	8,5209	-2,0695	LMSGr
	AC-84a	4,3407	-2,3624	ABSGrP		AC-63	8,8793	-2,0516	BAMGrG
	AC-24b	4,3618	-2,3603	ABSGrP		AC-55	8,9062	-2,0503	BAMGrG
	AC-38	4,3627	-2,3612	ABSGrP		AC-84c	9,1060	-2,0407	ABMGrG
	AC-07	4,3787	-2,3587	LSGrH		AC-59	9,2121	-2,0356	BAMGrG
	AC-67a	4,7429	-2,3240	ABSGrP		AC-60	9,3513	-2,0291	BAMGrG
	AC-24a	4,8234	-2,3166	ABMGrG		AC-53	9,3531	-2,0290	BAMGrG
	AC-92	4,8930	-2,3104	BSGrH		AC-15	9,4470	-2,0247	BAMGrG
	AC-88	4,8964	-2,3101	ABSGrP		AC-62b	9,5575	-2,0197	BAMGrG
	AC-33	4,9007	-2,3097	LSGrH		AC-103b	9,5579	-2,0196	ABSGrP
	AC-21b	4,9598	-2,3046	ABSGrP		AC-87b	9,6159	-2,0170	ABSGrP
C	AC-20b	5,0893	-2,2933	LMSGr	D	AC-14	9,8886	-2,0049	BAMGrG
	AC-11a	5,1326	-2,2897	ABMGrG		AC-82	10,6144	-1,9741	ABMGrG
	AC-21a	5,2465	-2,2801	LSGrH		AC-25	12,5941	-1,8998	BAMGrG
	AC-16b	5,542	-2,2569	ABSGrP		AC-32	12,7666	-1,8939	BAMGrG
	AC-16a	5,535	-2,2563	ABSGrP		AC-52b	15,7937	-1,8015	ABMGrG
	AC-09	5,598	-2,2520	LMSGr		AC-103a	20,0353	-1,6982	ABSGrP

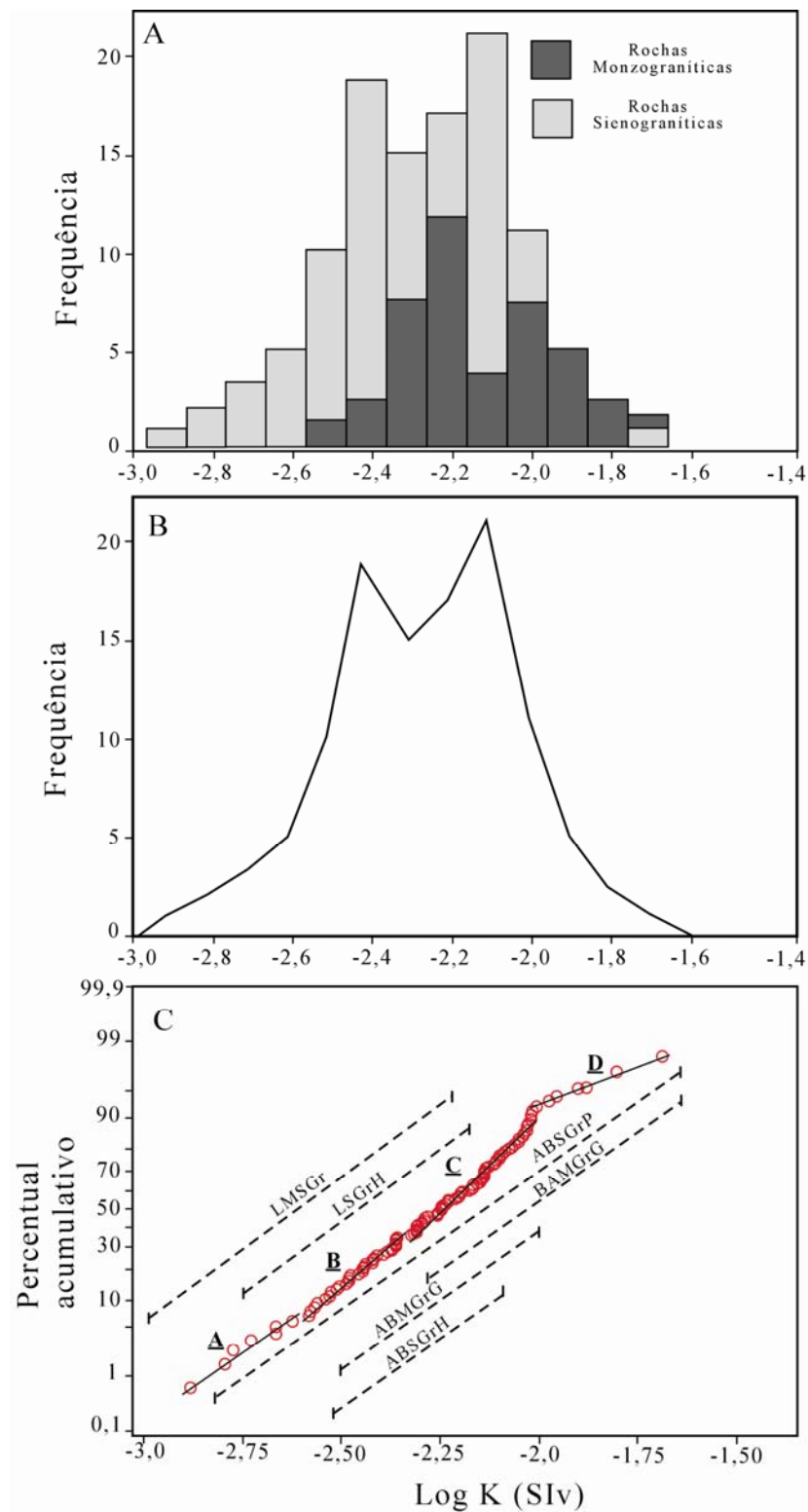


Figura 5- Gráficos de suscetibilidade magnética do Granito Seringa. A: histograma de frequência mostrando a distribuição das rochas sienograníticas e monzograníticas; B: polígono de frequência revelando dois picos; C: gráfico de probabilidade normal. Os segmentos pontilhados indicam os valores de SM das quatro populações magnéticas.

Os dados magnéticos das diferentes fácies do Granito Seringa foram estabelecidos a partir de diferentes seguimentos de reta e podem ser resumidos da seguinte forma: A população A é formada por rochas fracamente magnéticas que apresentam valores de SM situados no intervalo de $1,3153 \times 10^{-3}$ a $2,3860 \times 10^{-3}$, com média de $1,8353 \times 10^{-3}$ (Tabela 1). Essa pequena população magnética representa apenas 6% do total das amostras estudadas, caracteriza-se por ser dominada pelas rochas sienograníticas, especialmente os leucogranitos (LSGrH e LMSGr).

A população B, representada por 38% das amostras estudadas, é responsável pelo pico definido por rochas de baixos valores de SM, situados no intervalo de $2,6620 \times 10^{-3}$ a $4,9598 \times 10^{-3}$, com média de $3,8308 \times 10^{-3}$ (Tabela 1). É formada majoritariamente por rochas sienograníticas (82%), onde seus menores índices são revelados pelas rochas leucograníticas.

A população C representa o segundo pico de SM (Figura 5B), definido por rochas que apresentam valores intermediários, dominadas pelas variedades monzograníticas, embora ocorram quantidades significativas de sienograníticas (46%), principalmente os leucogranitos (LSGrH e LMSGr), provavelmente mais ricos em minerais máficos e opacos. Apresenta valores de SM situados no intervalo de $5,0893 \times 10^{-3}$ a $9,6159 \times 10^{-3}$, com média de $7,1948 \times 10^{-3}$.

A população D compreende valores de SM variando de $9,8886 \times 10^{-3}$ a $20,0353 \times 10^{-3}$, com média de $17,0719 \times 10^{-3}$. Engloba apenas 6% das amostras estudadas e é formada predominantemente por BAMGrG e ABMGrG, com subordinado ABSGrP. Esta população reúne as amostras mais magnéticas do Granito Seringa, que por sua vez, mostram maior conteúdo modal de minerais máficos e opacos.

RELAÇÃO ENTRE SM E COMPOSIÇÃO MODAL

Os diagramas de variação de SM versus composição modal (Figura 6) das diversas fácies do Granito Seringa mostram, em geral, comportamento semelhante. Exibem uma moderada correlação positiva, com exceção da Figura 6F, que mostra correlação negativa dos valores de SM versus a somatória de quartzo mais feldspato potássico.

O Granito Seringa mostra conteúdos modais expressivos de minerais opacos (Tabela 2), variando de 2,6% (BAMGrG) a 0,3% (LSGrH) e originando uma moderada correlação com os valores de SM, onde a mesma aumenta no sentido dos sienogranitos (mais precisamente dos leucogranitos) para os monzogranitos (Figura 6A). Essa mesma relação se torna mais nítida quando comparamos valores de SM com conteúdos modais de minerais máficos (Figura 6B).

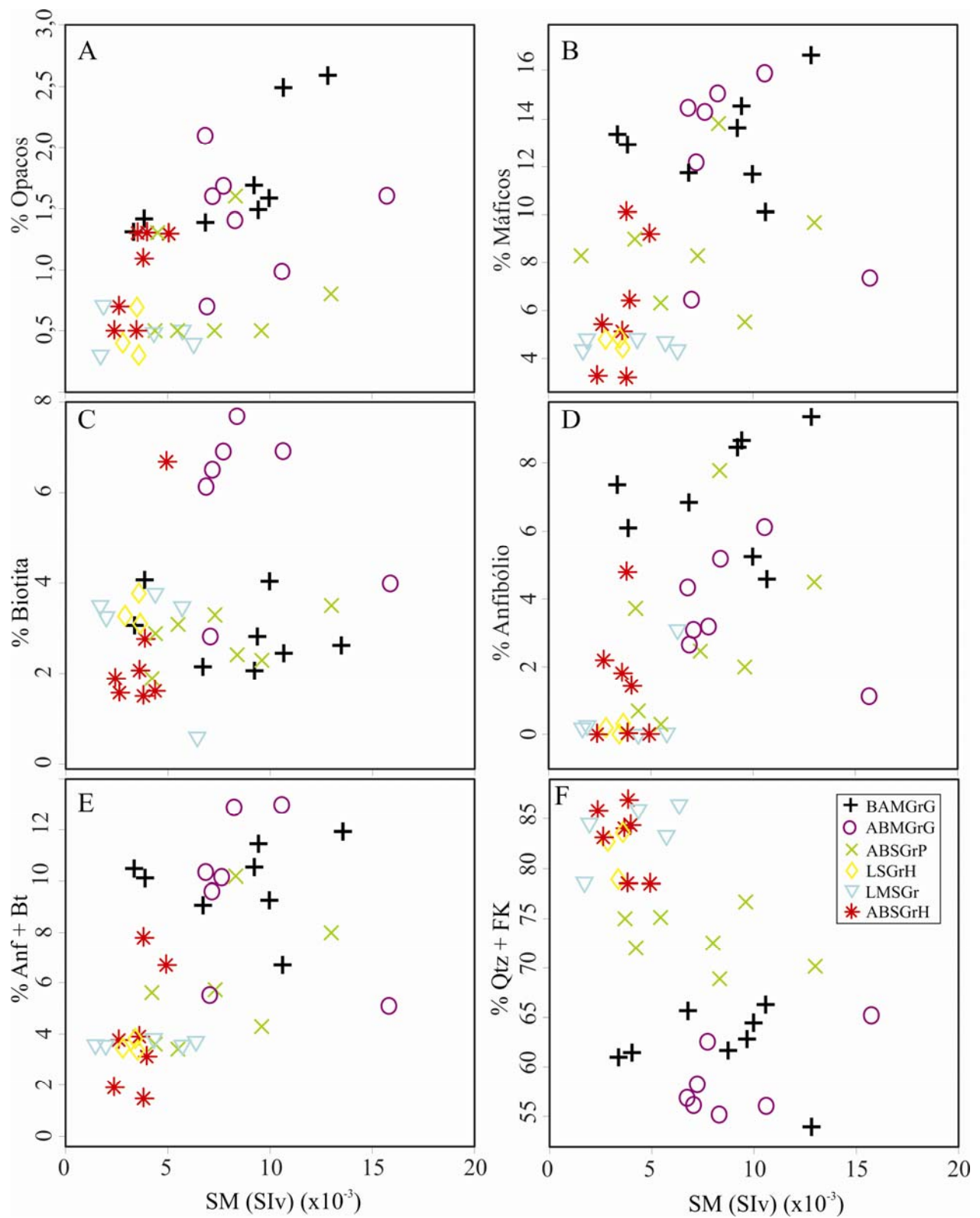


Figura 6 – Diagramas apresentando o comportamento entre valores de SM e conteúdos modais de: A) Opacos, B) Máficos, C) Biotita, D) Anfíbolio, E) Anfíbolio + biotita, F) Quartzo + feldspato potássico.

Tabela 2 – Composições modais e valores de SM das diferentes fácies do Granito Seringa

Fácies	Amostra	Q	A	P	A+P	Q+A	M	Opc	Maf.	Anf.	Biot.	Anf+Biot	SM
BAMGrG	AC-14	32,5	32,1	23,7	55,8	64,6	11,6	1,6	11,6	5,3	4	9,3	9,9
	AC-32	25,6	28,4	28,7	57,1	54	17,3	2,6	17,3	9,4	2,6	12	12,8
	AC-48	29,5	31,6	25,3	56,9	61,1	13,4	1,3	13,4	7,3	3,1	10,4	3,3
	AC-53	28,6	34,3	22,5	56,8	62,9	14,6	1,5	14,6	8,7	2,8	11,5	9,4
	AC-59	24,1	38,1	32,5	70,6	62,2	13,7	1,7	13,7	8,5	2,1	10,6	9,2
	AC-64	31,3	34,5	22,4	56,9	65,8	11,8	1,4	11,8	6,9	2,2	9,1	6,8
	AC-97	29,1	32,1	25,7	57,8	61,2	13	1,4	13	6,1	4,1	10,2	3,8
	AC-107	26,7	39,6	23,5	63,1	66,3	10,1	2,5	10,1	4,2	2,5	6,7	10,6
ABMGrG	AC-12	28,6	34,0	23,1	57,1	62,6	14,3	1,7	14,3	3,2	6,9	10,1	7,7
	AC-28	26,9	29,8	28,8	58,6	56,7	14,4	2,1	14,4	4,3	6,1	10,4	6,8
	AC-44	27,2	31,1	29,5	60,6	58,3	12,2	1,6	12,2	3,1	6,5	9,6	7,2
	AC-52B	31,1	34,1	27,5	61,6	65,2	7,3	1,6	7,3	1,1	4	5,1	15,8
	AC-56	27,5	28,7	37,3	66	56,2	6,4	0,7	6,4	2,7	2,8	5,5	7,0
	AC-82	29,4	26,5	28,2	54,7	55,9	15,9	1	15,9	6,1	6,9	13	10,6
	AC-85	21,4	33,7	29,8	63,5	55,1	15	1,4	15	5,2	7,7	12,9	8,3
ABSGrP	AC-16A	38,2	36,8	21,2	55,3	75	6,3	0,5	6,3	0,3	3,1	3,4	5,5
	AC-24B	36,7	38,3	21,5	58,8	75	5,1	0,5	5,1	0,7	2,9	3,6	4,4
	AC-87B	40,9	35,8	18,5	54,3	76,7	5,5	0,5	5,5	2	2,3	4,3	9,6
	AC-109	31,5	38,7	20,1	58,8	70,2	9,7	0,8	9,7	4,5	3,5	8	13,0
	AC-20A	34,2	38,3	19,2	57,5	72,5	8,3	0,5	8,3	2,4	3,3	5,7	7,3
	AC-17A	31,6	40,4	19,0	59,4	72	9	1,3	9	3,7	1,9	5,6	4,2
	AC-86	32,1	36,8	17,2	54	68,9	13,8	1,6	13,8	7,8	2,4	10,2	8,3
LSGrH	AC-26	41,0	42,7	11,8	54,5	83,7	4,5	0,3	4,5	0,3	3,1	3,4	3,6
	AC-10	41,3	41,6	12,2	53,8	82,9	4,8	0,4	4,8	0,2	3,3	3,5	2,8
	AC-45	38,4	40,4	16,1	56,5	78,8	4,9	0,7	4,9	0	3,8	3,8	3,5
LMSGr	AC-19	39,7	44,9	10,5	55,4	84,6	4,8	0,7	4,8	0,2	3,3	3,5	1,9
	AC-66	41,6	44,3	9,1	53,4	85,9	4,9	0,5	4,9	0	3,8	3,8	4,3
	AC-106	37,6	40,9	16,9	57,8	78,5	4,4	0,3	4,4	0,1	3,4	3,5	1,7
	AC-29	39,1	44,1	12,1	56,2	83,2	4,7	0,5	4,7	0	3,5	3,5	5,7
	AC-83B	47,8	38,7	8,9	47,6	86,5	4,4	0,4	4,4	3,1	0,6	3,7	6,3
ABSGrH	AC-35	38,1	46,3	9,0	55,3	84,4	6,4	1,3	6,4	1,5	1,6	3,1	4,0
	AC-39	37,8	49,2	9,8	59	87	3,2	1,3	3,2	0	1,5	1,5	3,8
	AC-42	38,3	40,1	11,5	51,6	78,4	10,1	1,1	10,1	4,8	3	7,8	3,8
	AC-40	36,0	49,8	10,7	60,5	85,8	3,3	0,5	3,3	0	1,9	1,9	2,4
	AC-37	36,3	47,6	10,9	58,5	83,9	5,1	0,5	5,1	1,8	2,1	3,9	3,6
	AC-94	36,3	46,9	11,3	58,2	83,2	5,4	0,7	5,4	2,2	1,6	3,8	2,6
	AC-92	34,6	43,9	12,2	56,1	78,5	9,2	1,3	9,2	0	6,7	6,7	4,9

BAMGrG – biotita-anfíbólio monzogranito grosso; ABMGrG- anfíbólio-biotita monzogranito grosso; ABSGrP – anfíbólio-biotita sienogranito porfirítico; LSGrH - leucosienogranito heterogranular; LMSGr – leucomicrosienogranito; ABSGrH – anfíbólio-biotita sienogranito heterogranular. Q-quartzo, A- feldspato potássico, P- plagioclásio, M- máficos, Anf- anfíbólio, Biot.- biotita, SM- suscetibilidade magnética.

Isso indica que, quanto maior a quantidade modal de ferromagnesianos, provavelmente maiores serão as proporções modais de opacos e também de magnetita e, conseqüentemente, maior será o valor de SM.

Os dados de SM versus o conteúdo modal de biotita, anfíbólio e biotita mais anfíbólio (Figuras 6B,C e D) mostram uma grande superposição de valores, separando-se apenas os termos menos evoluídos (monzogranitos) dos mais evoluídos (sienogranitos). As afinidades

mineralógicas entre determinadas fácies, imprecisões nas medidas de SM e de conteúdo modal, podem justificar as superposições observadas entre as diferentes fácies (Almeida et al. 2007). Além disso, a presença de outros minerais opacos que não a magnetita, podem explicar variações nos valores de SM em amostras com conteúdos semelhantes de opacos. Outro ponto a considerar, é a influência da variação no tamanho dos cristais de magnetita, que poderiam provocar oscilações nos valores de SM em amostras com a mesma quantidade deste mineral (Clark 1999).

Embora ocorram superposições entre as fácies, observa-se, de modo geral, uma separação entre as rochas monzograníticas e sienograníticas. Essa idéia é corroborada pela Figura 6F, que mostra um claro aumento dos valores de SM com a diminuição dos valores de quartzo mais feldspato potássico.

RELAÇÃO ENTRE SM E COMPOSIÇÃO QUÍMICA

As composições geoquímicas das fácies do Granito Seringa (Paiva Jr et al. submetido) estão resumidas na Tabela 3 mostrando teores de alguns elementos maiores (Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , K_2O e SiO_2) e valores de SM.

A distribuição dos valores de SM versus dados geoquímicos do Granito Seringa mostram claramente um *gap* composicional entre as rochas monzograníticas e sienograníticas, formando dois conjuntos distintamente magnéticos, embora ocorram pequenas superposições (Figura 7). Desta forma, pode-se estabelecer uma leve correlação negativa entre os valores de SM com os teores de SiO_2 e K_2O (Figura 7A e B), ressaltando o *gap* composicional mencionado anteriormente. Entretanto, para os demais óxidos (Fe_2O_3 , FeO , MgO e CaO) esta correlação é positiva (Figura 7C,D,E e F), ressaltando a relação entre as variações de SM e as dos conteúdos de óxidos presentes nos minerais máficos, o que confirma os dados modais anteriores. Em linhas gerais, as rochas do Granito Seringa apresentam valores de SM que aumentam no sentido LMSG-LSGrH-ABSG-ABSGP-ABMGrG-BAMGrG, partindo de termos mais evoluídos geoquimicamente (sienogranitos) para termos menos evoluídos (monzogranitos).

Mesmo não se tratando, muito provavelmente, de um único líquido magmático evoluído por cristalização fracionada (Paiva Jr et al. submetido), pode-se presumir que o Granito Seringa teve sua evolução marcada por dois ou mais pulsos magmáticos, os quais geraram rochas mineralogicamente semelhantes, porém geoquímica e magneticamente distintas.

Tabela 3 – Composição geoquímica (resumida) e valores de SM das diferentes fácies do Granito Seringa.

Fácies	Amostra	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	K ₂ O	SiO ₂	SM
BAMGrG	AC-32	4,84	4,36	0,59	2,08	3,94	70,22	12,8
	AC-48	4,56	4,10	0,56	2,00	4,11	70,69	3,3
	AC-59	5,23	4,71	0,60	2,04	4,20	70,00	9,2
	AC-97	4,61	4,15	0,50	2,02	4,08	70,04	3,8
	AC-107	5,13	4,62	0,67	1,90	4,35	69,77	10,6
ABMGrG	AC-28	5,15	4,63	0,63	2,06	3,98	69,93	6,8
	AC-85	5,13	4,62	0,66	2,04	4,19	70,04	8,3
ABSGrP	AC-24B	1,61	1,45	0,12	0,93	5,24	75,80	4,4
	AC-87B	1,76	1,58	0,13	0,68	5,68	75,56	9,6
	AC-17A	1,92	1,73	0,16	1,19	4,67	74,48	4,2
LSGrH	AC-26	1,84	1,66	0,09	0,60	5,73	75,17	3,6
	AC-45	1,64	1,48	0,07	0,44	5,63	75,44	3,5
LMSGGr	AC-19	1,77	1,59	0,09	0,35	6,19	75,78	2,1
	AC-66	1,81	1,63	0,05	0,39	5,81	75,81	4,3
ABSGrH	AC-35	1,74	1,57	0,08	0,42	4,91	77,77	4,0
	AC-42	2,46	2,21	0,13	0,82	5,00	75,66	3,8
	AC-92	1,77	1,59	0,06	0,44	5,06	77,33	4,9

Tal idéia é fortalecida pela leve correlação negativa observada entre os valores de SM e os óxidos de SiO₂ e K₂O (Figura 7A e B), justificando os baixos valores de SM para as rochas mais evoluídas; enquanto que as fácies mais ricas em Fe₂O₃, FeO, MgO e CaO seriam mais precoces, derivadas de líquidos menos evoluídos e com SM mais elevada.

MINERAIS OPACOS

As análises semi-quantitativas (EDS) realizadas através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) em minerais opacos do Granito Seringa revelaram a presença de magnetita (Mt) e ilmenita (Ilm), além das fases minerais acessórias representadas por apatita, zircão, epidoto, fluorita, monazita e xenotímio. Os minerais opacos estão comumente associados a agregados de minerais máficos, sobretudo anfibólio e biotita. Embora o Granito Seringa seja formado por diferentes fácies petrográficas, as descrições dos minerais óxidos de Fe e Ti serão apresentadas de forma única, englobando todas as suas fácies.

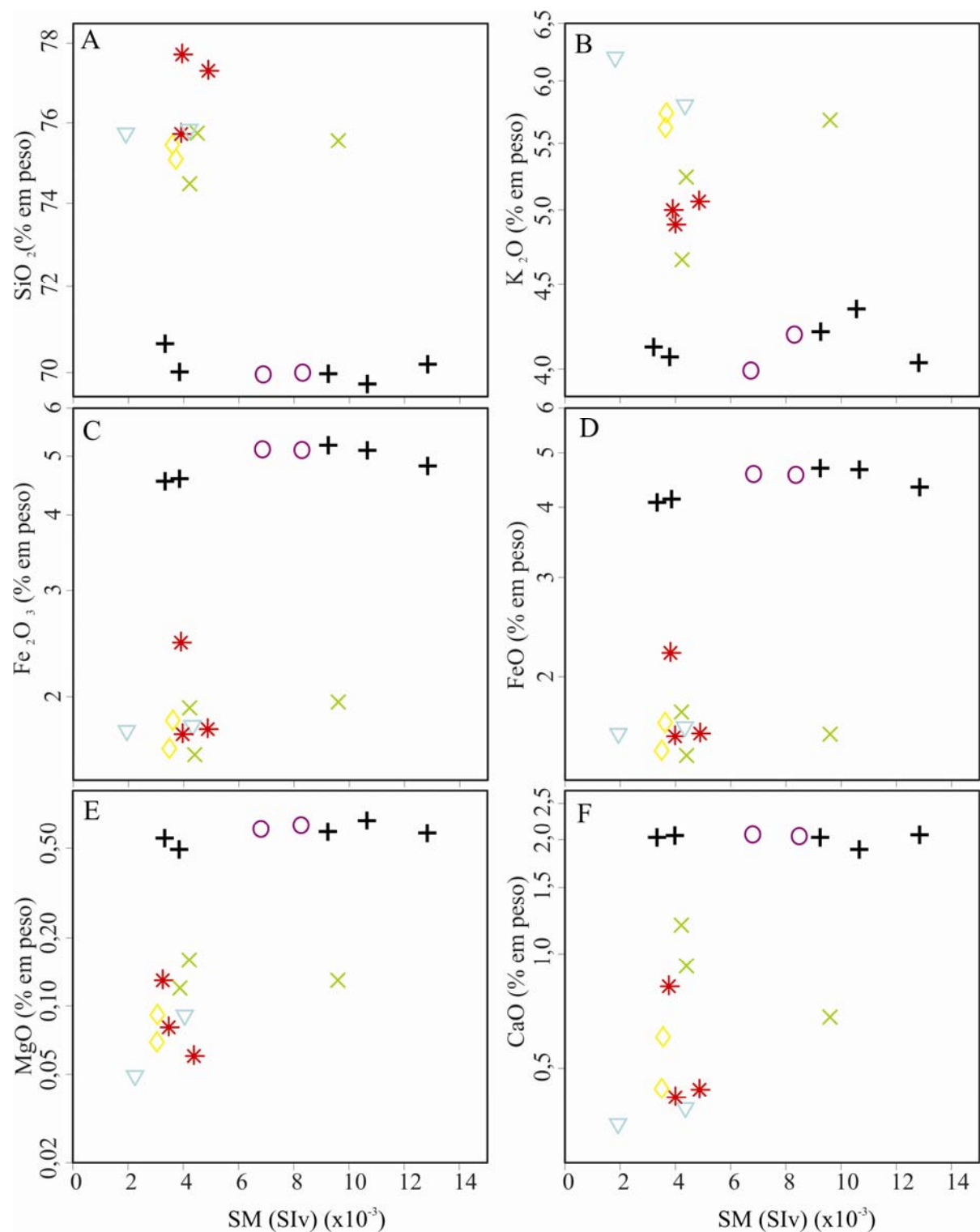


Figura 7 – Diagramas mostrando as relações entre valores de SM e o conteúdo de: A) SiO_2 , B) K_2O , C) Fe_2O_3 , D) FeO , E) MgO , F) CaO . Simbologia e siglas conforme figura 3.

Magnetita A Magnetita mostra-se como finos cristais euédricos a anédricos, freqüentemente associada a agregados de minerais máficos (Figura 8E), onde desenvolve contatos retilíneos a irregulares. Comumente ocorre intercrescida com ilmenita do tipo *trellis* (Ilm T; Figura 8A), formando uma espécie de “bandamento”, variando de fino a grosso. Ocorrem com menor freqüência inclusas em minerais fêlsicos, principalmente nas fácies mais pobres em máficos (LSGrH e LMSGGr).

Ilmenita ilmenita ocorre em todas as fácies petrográficas, predominantemente nas rochas monzograníticas, embora seja comum nas rochas sienograníticas, porém com cristais menos desenvolvidos e mais fraturados. A ilmenita apresenta formas subédricas a anédricas e, de acordo com Buddington & Lindsley (1964), Haggerty (1981a) e Dall’Agnol et al. (1997), foram observados as seguintes os tipos texturais:

- 1- Ilmenita *trellis* (Ilm T) ou treliça (Figura 8A), corresponde às lamelas de intercrescimento com magnetita, procedente de oxi-exsolução.
- 2- Ilmenita *composite* ou composta (Ilm C), representa cristais de Ilm em contato com cristais de Mt, seja ela interna (Ilm Cint; Figura 8B) ou externa (Ilm Cext; Figura 8C, I).
- 3- Ilmenita individual (Ilm I), representa os cristais que não são intercrescidos nem mostram contato com a Mt (Figura 8G).
- 4- Ilmenita *Sanduiche* (Ilm S), é mostrada como faixas contínuas no interior da magnetita (Figura 8D).
- 5- Ilmenita *Patch* ou em manchas (Ilm P), é presente como manchas irregulares no interior da magnetita (Figura 8F), possivelmente oriunda da oxi-exsolução.

As Ilm C e Ilm I ocorrem com maior freqüência nos monzogranitos, embora sejam também observadas nos sienogranitos. Ambos os tipos podem cristalizar diretamente a partir do magma (Haggerty 1981a). Outras hipóteses têm sido discutidas para explicar a origem de Ilm C como, por exemplo, a partir da magnetita com Ti, seja através do processo de difusão (Buddington & Lindsley 1964, Wright 1961 *apud* Haggerty 1981a) seja por exsolução-oxidação (Buddington & Lindsley 1964).

A Ilm T desenvolve-se em até três planos distintos no mesmo cristal de magnetita (Buddington & Lindsley 1964, Haggerty 1981). Os baixos teores de Ti observados nos cristais de magnetita do Granito Seringa (obtidos por EDS em MEV) e a associação com diversos tipos texturais de ilmenita, indica que a assembléia magnetita-ilmenita foi derivada de titanomagnetita

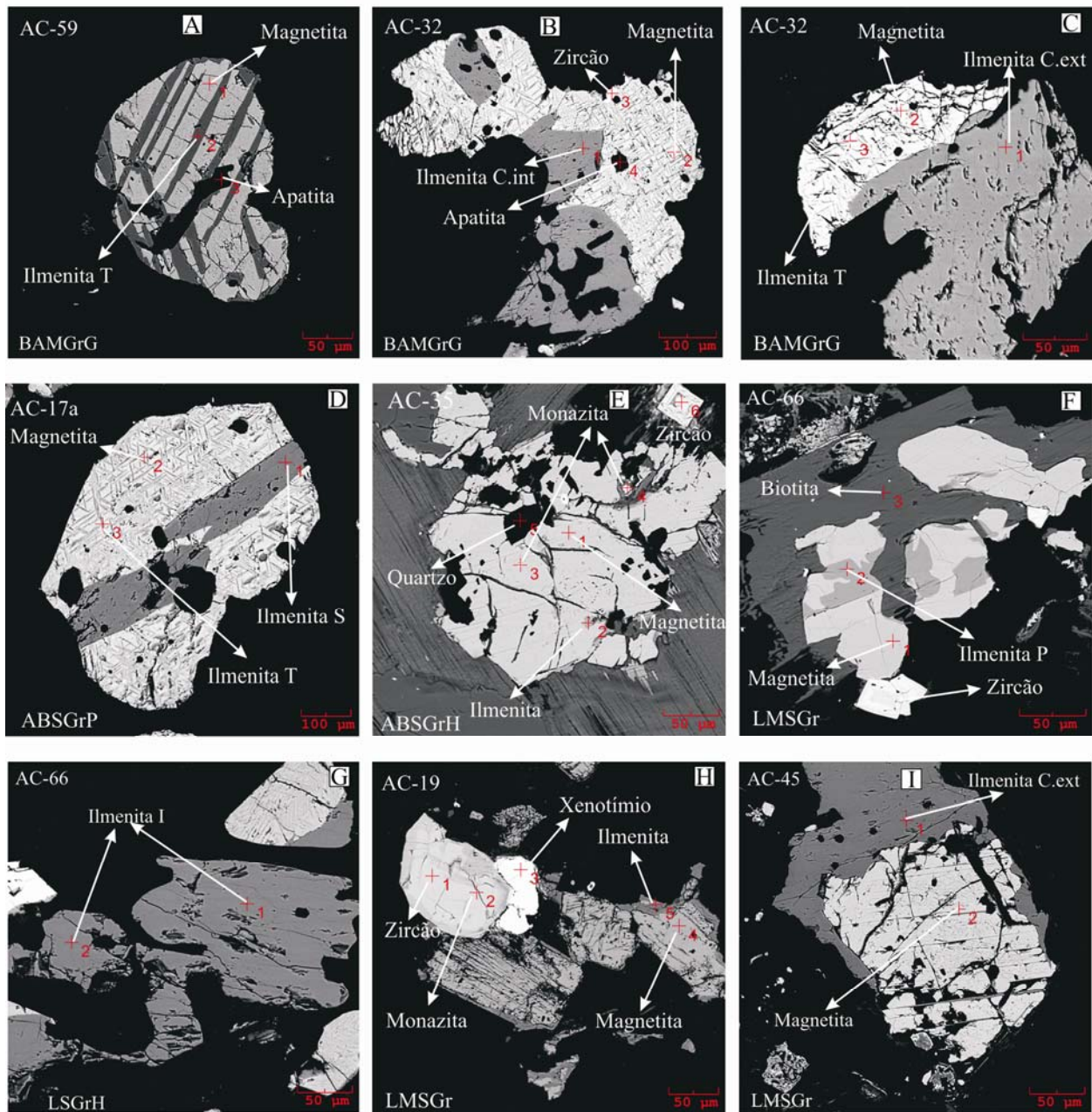


Figura 8: Imagens de elétrons retro-espalhados dos principais minerais opacos e acessórios identificadas no Granito Seringa obtidas em microscópio eletrônico de varredura: A) Magnetita intercrescida com Ilmenita *trellis*, (Ilmenita T) B) Magnetita associada com ilmenita composta externa (Ilmenita Cext) e finas lamelas de ilmenita *trellis*, C) Magnetita associada com ilmenita composta interna (Ilmenita Cint), com inclusões de zircão e apatita, D) Cristal de Ilmenita sanduíche (Ilmenita S) no centro de cristal de magnetita, E) Cristal de magnetita incluído em biotita, com pequenas inclusões de monazita e ilmenita. F) Intercrescimento entre magnetita e ilmenita *Patch* (Ilmenita P), associado com biotita, G) Cristais de ilmenita individual (Ilmenita I) incluído em feldspato potássico, H) Cristais de magnetita moderadamente oxidados, associados com zircão, monazita e xenotímio, I) Magnetita associada com ilmenita composta externa.

(solução sólida entre ulvoespínélio e magnetita). Este processo, que leva à transformação da titanomagnetita primária em intercrescimentos de magnetita com ilmenita, ocorre através de uma série complexa de reações de reequilíbrio durante o resfriamento e não envolve apenas exsolução, mas também oxidação de modo a transformar o componente ulvoespínélio da titanomagnetita em ilmenita. Segundo Buddington & Lindsley (1964), essa transformação ocorre a temperaturas inferiores a 620°C, caracterizando uma reação no estágio *subsólidus*. O processo de oxi-exsolução pode ser explicado, segundo Buddington & Lindsley (1964), pela seguinte reação:



A hematita foi observada através de luz refletida em microscópio óptico, uma vez que em MEV não é possível distinguir o Fe^{+2} do Fe^{+3} , separando respectivamente, magnetita de hematita. Hematita apresenta-se com maior abundância nas rochas sienograníticas, onde exibe formas irregulares, desenvolvendo-se como martita, por meio do processo de martitização. São finos cristais, oriundos da transformação de magnetita, que se desenvolvem ao longo dos planos de contato entre Ilm T e Mt, sugerindo que a hematita é posterior ao processo de oxi-exsolução. De acordo com essas informações e, considerando-se a temperatura mínima de formação da ilmenita em treliça (Lindsley 1981, Spencer & Lindsley 1981), admite-se que a martita tenha se formado em temperaturas inferiores a 620°C e, portanto, também em condições *subsólidus*.

SEQUÊNCIA DE FORMAÇÃO DOS MINERAIS OPACOS

As evidências texturais indicam que a associação primária de minerais opacos do Granito Seringa é formada pela cristalização precoce de ilmenita (tipos I e C) e titanomagnetita. A associação Mt + Ilm, bem como hematita, são fases secundárias, caracterizadas pela formação de intercrescimentos de magnetita e ilmenita *trellis*, em mancha e *sanduíche*. Com a diminuição da temperatura ocorre a transformação de magnetita para martita. Com base nas relações texturais supracitadas, pode-se propor a seguinte sequência de formação dos minerais opacos:

1. Cristalização de titanomagnetita e ilmenita (Ilm I e Ilm C);
2. Oxi-exsolução de titanomagnetita produzindo magnetita e ilmenita *trellis*, em mancha e *sanduíche*.
3. Martitização parcial da magnetita.

GEOCRONOLOGIA Pb-Pb EM ZIRCÃO

O Granito Seringa foi objeto de alguns estudos geocronológicos (Basei 1974: K/Ar = 1810 Ma, Rb/Sr = 1708 a 1614 Ma; Gomes et al. 1975: Rb/Sr = 1710 a 1620 Ma; Lafon et al. 1988: Rb-Sr = 1730 ± 50 Ma). Avelar et al. (1994) realizaram datações pelo método Pb-Pb em zircão obtendo idade de 1892 ± 5 Ma, mostrando que os cronômetros Rb-Sr e K/Ar comportaram-se como sistemas isotópicos abertos, fornecendo idades sem significado geológico. No entanto, estes trabalhos, não mostraram nenhum controle faciológico petrográfico que permitisse identificar qual fácies do batólito estava sendo datada, a fim de sugerir, uma idade de cristalização para o referido granito.

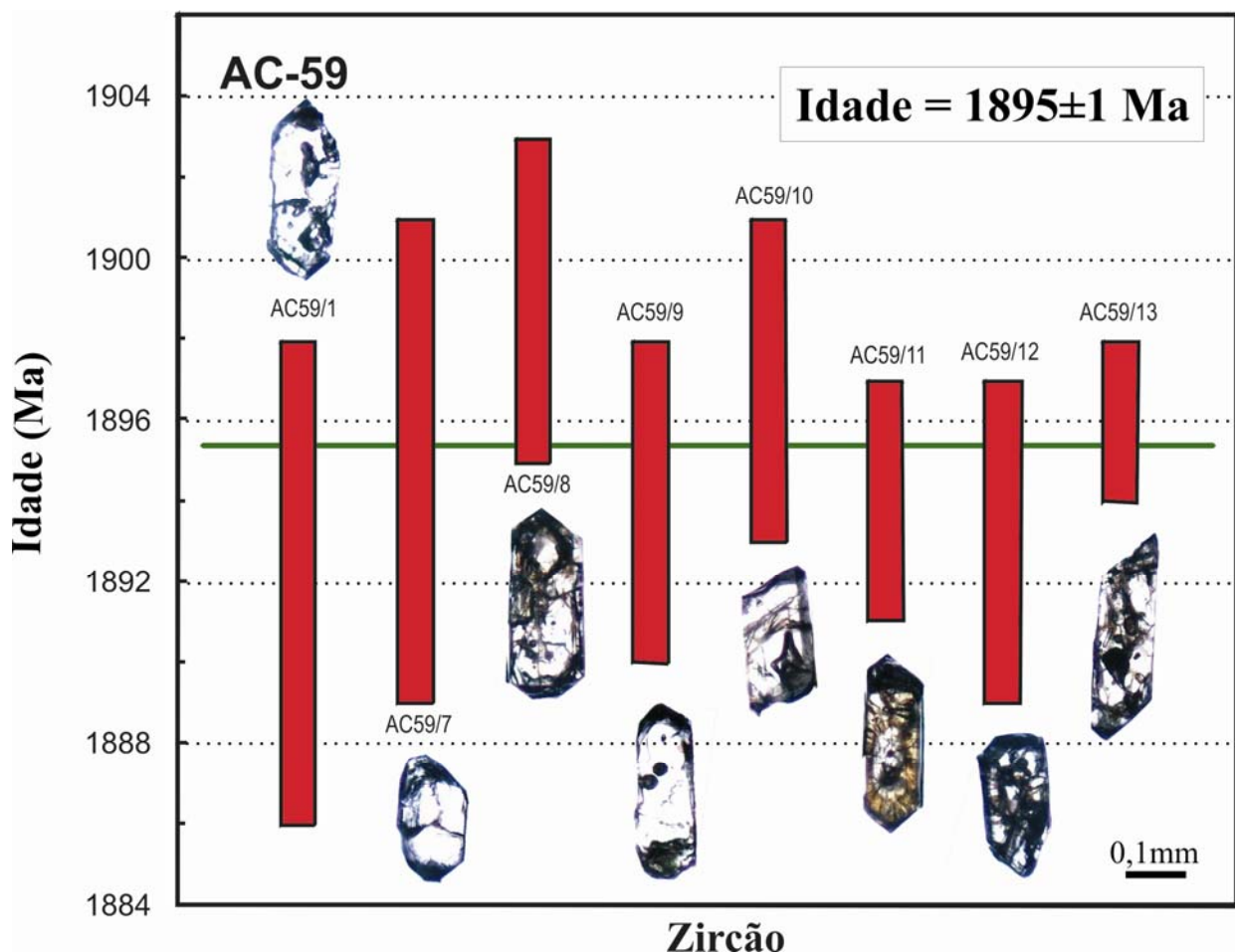


Figura 9 - Diagrama de barras mostrando a idade média dos cristais de zircão da amostra AC-59, do Granito Seringa.

Com base nesses argumentos foi selecionada uma amostra (AC-59) representativa da fácies dominante do corpo Seringa (BAMGrG) para datação através do método de evaporação do Pb em monocristal de zircão.

Foram selecionados quarenta e oito cristais de zircão provenientes da fração 180-125µm. Eles exibem coloração marrom clara a média, são translúcidos, prismáticos bipiramidais, por vezes subarredondados, raramente zonados, moderadamente microfraturados e exibem finas inclusões opacas e transparentes (Figura 9). A partir desse conjunto foram analisados oito cristais com sinal de Pb suficientemente intenso para determinação das razões isotópicas, além de mostrar valores da razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ inferior a 0,0004 (tabela 4). Após a correção subjetiva das razões dos oito cristais de zircão, foi calculada uma idade média ponderada de revelando 1895 ± 1 Ma, interpretada como a idade de cristalização do Granito Seringa. Esta idade é coincidente com a obtida por Avelar et al. (1994) para este corpo e um pouco mais antiga que a dos granitos anorogênicos que formam a PMC (cf. Dall'Agnol et al. 2005).

Tabela 4- Resultados isotópicos obtidos pelo método de evaporação do Pb em monocristais de zircão do Granito Seringa.

Zircão	Temp.	Razoes	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2s	$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$	2s	Idade	2s
AC59/1	1450	30/30	0,000216	0,000018	0,11576	0,00036	1892	6
	*1450	0/8	0,000025	0,000030	0,1149	0,00049	1879	8
AC59/7	*1500	0/8	0,000196	0,000080	0,11513	0,00154	1882	24
	1550	22/22	0,000466	0,000019	0,11596	0,00039	1895	6
AC59/8	#1450	0/4	0,003007	0,000102	0,09681	0,00153	1564	30
	1500	32/32	0,000144	0,000025	0,11618	0,00024	1899	4
AC59/9	1500	24/24	0,000081	0,000057	0,11587	0,00027	1894	4
AC59/10	1450	34/34	0,000436	0,000016	0,11608	0,00027	1897	4
AC59/11	*1450	0/32	0,000440	0,000016	0,11332	0,00041	1854	7
	1500	34/34	0,000061	0,000009	0,11591	0,00017	1894	3
AC59/12	*1450	0/24	0,000200	0,000004	0,11287	0,00033	1846	5
	1500	38/38	0,000055	0,000005	0,1158	0,00023	1893	4
AC59/13	*1450	0/4	0,000259	0,000060	0,11019	0,00254	1803	42
	1500	22/22	0,000071	0,000014	0,11589	0,00031	1894	5
	1550	30/30	0,000045	0,000003	0,11605	0,00018	1896	3
$\Sigma = 266/342$			Média Ponderada = 1895			1		

(c) - razão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ corrigida do Pb comum; (*) - etapa de evaporação eliminada subjetivamente; (#) - etapa de evaporação eliminada por apresentar razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ superior a 0,0005.

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Os valores moderados de SM, os conteúdos modais de opacos $> 0,1 \%$, a presença constante de magnetita em todas as fácies, bem como as razões $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ (rocha total) próximas a um (Paiva Jr et al. submetido) são características que permitem classificar o Granito Seringa como granito da série a magnetita de acordo com a definição de (Ishihara 1981).

A análise dos dados de SM do Granito Seringa permitiu identificar quatro populações (A, B, C e D), com diferentes características magnéticas, as quais se correlacionam moderadamente das rochas monzograníticas para as sienograníticas. Os valores mais altos de SM relacionam-se às fácies menos evoluídas, relativamente ricas em anfibólio, enquanto os valores mais baixos ocorrem nas fácies leucograníticas com maior conteúdo de sílica. De modo geral, as amostras das fácies mais ricas em anfibólio concentram-se nas populações D e C de mais alta SM, enquanto as de valores intermediários correspondem à população B e as de menores valores à população A, associadas majoritariamente aos leucogranitos. Em linhas gerais, as rochas do Granito Seringa apresentam valores de SM que aumentam no sentido LMSGGr-LSGrH-ABSGrH-ABSGrP-ABMGrG-BAMGrG, partindo de termos mais evoluídos geoquimicamente (sienogranitos) para termos menos evoluídos (monzogranitos).

O Granito Seringa apresenta valores de SM que variam de $1,3153 \times 10^{-3}$ a $20,0353 \times 10^{-3}$ e revelam uma distribuição bimodal do conjunto de amostras; observa-se dois picos distintos nos valores de log -2,45 e -2,15, com a maior parte das amostras (64%) concentrando-se entre o log de -2,48 a -2,01. No diagrama comparativo que relaciona log de SM versus número de amostras (Figura 10), foram plotados os dados do Granito Seringa, juntamente com a média de SM dos granitos que formam as suítes Jamon, Serra dos Carajás e Velho Guilherme. Observa-se que o campo representativo do Granito Seringa se sobrepõe ao campo formado pelas rochas mais evoluídas da suíte Jamon, porém coincide quase que em sua totalidade com os valores de SM da Suíte Serra dos Carajás, justificando assim, a inclusão do Granito Seringa na referida suíte.

Os principais minerais óxidos de Fe e Ti formados durante o estágio inicial da cristalização do magma Seringa são titanomagnetita, ilmenita individual e ilmenita composta. Os demais tipos texturais de ilmenita (ilmenita em treliça, em manchas e sanduíche) juntamente com a magnetita pobre em titânio, foram originados no estágio *subsolidus* por processos de oxi-exsolução de cristais de titanomagnetita originais. Em condições de fugacidade de oxigênio mais

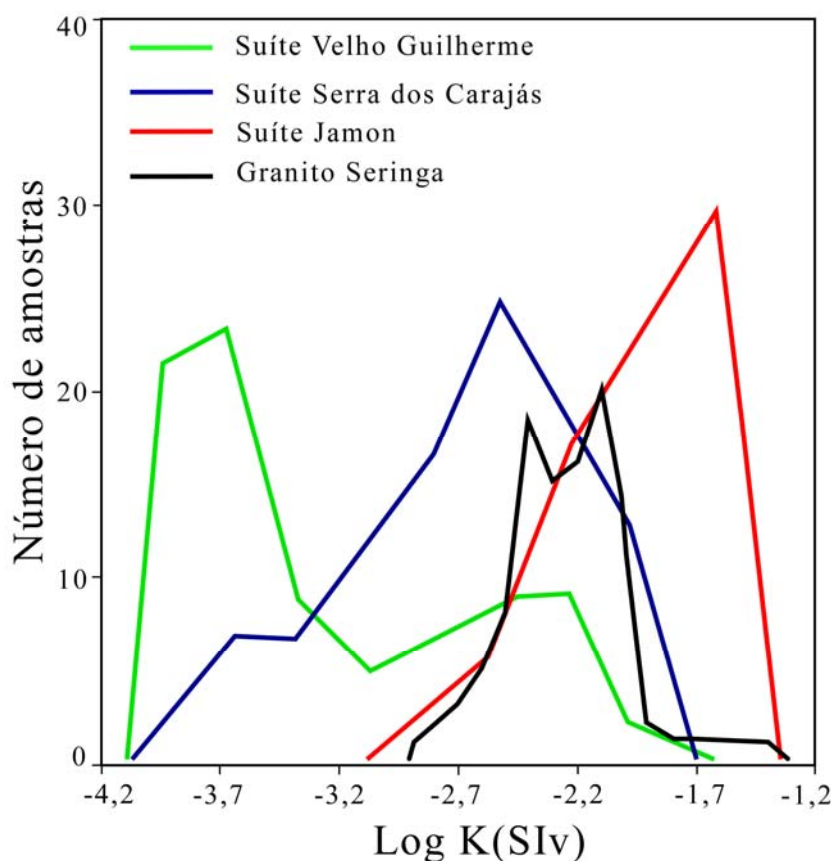


Figura 10 – Histograma de frequência comparativo dos valores de SM do Granito Seringa e dos granitos das suítes Jamon, Serra dos Carajás e Velho Guilherme (Modificado de Dall’Agnol et al. 2005).

elevadas e a temperaturas mais baixas a magnetita pobre em titânio foi afetada por processos de martitização, dando origem a hematita.

O batólito Seringa, apesar de ser um granito com magnetita, apresenta comportamento diferente dos granitos Jamon (Dall’Agnol et al. 1995), Redenção (Oliveira 2006) e Bannach (Almeida et al. 2007) pertencentes a Suíte Jamon. No entanto, mostra grandes similaridades petrográficas (Paiva Jr et al. submetido) e magnéticas com os granitos da Suíte Serra dos Carajás.

As transformações dos cristais de magnetita (martitização), bem como as quantidades expressivas de ilmenita, podem ser interpretadas como alguns dos fatores responsáveis pelo comportamento magnético observado no Granito Seringa. Por analogia com os granitos Central e Cigano (Magalhães et al. 1992) da suíte Serra dos Carajás, pode-se inferir que as condições de fO_2 que prevaleceram durante a formação do maciço Seringa foram, possivelmente, inferiores às do tampão NNO, mas superiores àquelas do tampão FMQ.

Os dados geocronológicos Pb-Pb em zircão forneceram idade de 1895 ± 1 Ma. Esse valor, interpretado como a idade de cristalização do Granito Seringa, é coincidente com aquele obtido por Avelar et al. (1994), e com os demais granitos anorogênicos que formam a PMC.

Agradecimentos Aos pesquisadores e alunos do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides (GPPG) pelo apoio nas diversas etapas deste trabalho; Ao Dr Hilton Túlio Costi pela obtenção de imagens em MEV; ao Dr. Marco Antonio Galarza pela ajuda na obtenção dos dados geocronológicos; ao CNPq pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor; ao Instituto de Geociências (IG-UFPA) pelo suporte técnico e laboratorial. Este artigo é uma contribuição aos Projetos PROCAD e PRONEX/CNPq (Proj. 103/98 – Proc. 66.2103/1998-0).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. *Revista Brasileira de Geociências*.
- ALMEIDA, J.A.C. GUIMARÃES, F.V. DALL'AGNOL, R., 2007. Petrologia magnética do Granito Anorogênico Bannach, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, Pará. *Revista Brasileira de Geociências*.
- ALTHOFF, F.J., BARBEY, P., BOULLIER, A.M. 2000. 2.8-3.0 Ga plútonism and deformation in the SE Amazonian craton: the Archean granitoids of Marajoara (Carajás Mineral province, Brazil). *Precambrian Research*, 104: p. 187-206.
- AVELAR, V.G.; LAFON, J.M.; SCHELLER, T.; ARAÚJO, O.J.B.; MACAMBIRA, E.M.B. 1994. Geocronologia Pb-Pb por evaporação de zircão e Rb-Sr em rocha total do Granito Seringa, Província Mineral de Carajás. In: Congresso Brasileiro de Geologia., 38. Balneário Camboriú, 1994. Boletim de Resumos Expandidos. Camboriú. V.2.p. 387-389.
- BARROS, C.E.M., DALL'AGNOL, R., VIEIRA, E.A.P., MAGALHÃES, M.S., 1995. Granito Central da Serra dos Carajás: avaliação do potencial metalogenético para estanho com base em estudos da borda oeste do corpo. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra* 7, 93– 123.
- BASEI, M.A.S (1974). Estudo Geocronológico do Magmatismo da Amazônia. In: Cong. Bras. De Geologia, 28, Porto Alegre, SBGEO, Out 1974, V 6, P 287-296.
- BUDDINGTON A.F. & LINDSLEY D.H. 1964. Iron-Titanium oxide minerals and synthetic equivalents. *Journal of Petrology*, 5(2): 310-357.
- CLARK D. A. 1999. Magnetic Petrology of igneous intrusions: implications for exploration and magnetic interpretation. *Exploration Geophysics*, 30:5-26.
- CPRM 2004. Programa de Levantamentos Básicos do Brasil, Folha Araguaia (SB-22). Estado do Pará. 120 Pag. (Relatório Técnico).
- DALL'AGNOL, R., OLIVEIRA, D.C., 2007. Oxidized, magnetite-series, rapakivi-type granites of Carajás, Brazil: implications for classification and petrogenesis of A-type granites. *Lithos* 2007.
- DALL'AGNOL, R., SOUZA, Z.S., ALTHOFF, F.J., BARROS, C.E.M., LEITE, A.A.S., Jorge João, X.S. 1997a. General aspects of the granitogenesis of the Carajás metallogenic province.

- Intern. Symp. On Gran. And Associated Mineralizations, 2. Salvador. Excursions Guide.. Salvador: Superintendência de Geologia e Recursos Minerais-SGRM. p.135-161.
- DALL'AGNOL, R., SAUCK, W.A., GONÇALEZ, M.G.B. 1988. Suscetibilidade magnética em granitóides da Amazônia: Um estudo preliminar. In: Congresso Brasileiro Geologia, 35. Belém, 1988. Anais. Belém, SBG. v. 3, p. 1664-1173.
- DALL'AGNOL, R., RAMÖ, O. T., MAGALHÃES, M. S., MACAMBIRA, M. J. B. 1999. Petrology of the anorogenic, oxidised Jamon and Musa granites, Amazonian Craton: implications for the genesis of Proterozoic, A-type Granites. *Lithos*. 46: p. 431-462.
- DALL'AGNOL, R., TEIXEIRA, N.P., RÄMÖ, O.T., MOURA, C.A.V., MACAMBIRA, M.J.B., OLIVEIRA, D.C., 2005. Petrogenesis of the Paleoproterozoic, rapakivi, A-type granites of the Archean Carajás Metallogenic Province, Brazil. *Lithos* 80, 101-129.
- DALL'AGNOL, R., OLIVEIRA, M.A., ALMEIDA, J.A.C., ALTHOFF, F.J., LEITE, A.A.S., OLIVEIRA, D.C., BARROS, C.E.M., 2006. Archean and Paleoproterozoic granitoids of the Carajás metallogenetic 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, PRONEXUFPA/SBG-NO, 150p.
- FIGUEIREDO, M.A.B.M., DALL'AGNOL, R., LAMARÃO, C.N, OLIVEIRA, D.C. 2003. Petrologia magnética do granito São Jorge Antigo, Província Aurífera do Tapajós. *Revista Brasileira de Geociências*, 33 (2):149-158.
- FROST, B. R. 1991. Magnetic petrology: factors that control the occurrence of magnetite in crustal rocks. In: LINDSLEY, D. H. ed. *Oxide minerals: petrologic and magnetic significance*. Washington. Miner. Soc. Am., p. 489-509.
- GAUDETTE H.E., LAFON J.M., MACAMBIRA M.J.B., MOURA C.A.V., SCHELLER T. 1998. Comparison of single filament Pb evaporation/ionization zircon ages with conventional U-Pb results: examples from Precambrian of Brazil. *Jour. South. Amer. Earth. Scien.*, 11:351-363.
- GOMES, C. et al (1975). Radiometric Ages From Serra dos Carajás, norte do Brasil. *Geological Society of American Bulletin*. 86: p. 939-942, July, 1975.
- HAGGERTY, S. E. 1981a. Opaque mineral oxides in basalts. In: RUMBLEHI, D. *Oxide minerals*. 2nd ed. Washington. Miner. Soc. Am., Hg 1-Hg 100.

- HATTORI, K. 1987. Magnetic felsic intrusions associated with Canadian Archean gold deposits. *Geology*, 15:1107-1111.
- ISHIHARA, S. 1981. The granitoid series and mineralization. In: SKINNER, B. J. (ed.) *Economic Geology*, 75th anniversary volume, p.458-484.
- JAVIER RIOS, F., VILLAS, R.N., DALL'AGNOL, R., 1995. O Granito Serra dos Carajás: fácies petrográficas e avaliação do potencial metalogenético para estanho no setor norte. *Revista Brasileira de Geociências* 25, 20–31.
- KÖBER B. 1987. Single grain evaporation combined with Pb emitter bedding $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ investigations using thermal ion mass spectrometry and implications to zirconology. *Cont. Min. Petr.*, **96**:63-71.
- LAFON, F.M; MACAMBIRA, M.J.B, SCHELLER, T.; GARCIA, R. 1888. Relatório sobre o estudo geocronológico Rb-Sr do maciço granítico da Serra da Seringa e dos Granulitos da Serra do Pium. (PA). Relatório Final. Belém, FADESP/CPRM. 23p.
- LARSSON, L.O. 1977. Statistical treatment of in-situ measurements of magnetic susceptibility. *Sveriges Geologiska Undersohing*, **C727**:3-22.
- LEITE, A. A. S. 2001. Geoquímica, petrogênese e evolução estrutural dos granitóides arqueanos da região de Xinguara, SE do Cráton Amazônico. Belém, Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA. 330p.
- LEITE, A.A.S., DALL'AGNOL, R., MACAMBIRA, M.J.B., ALTHOFF, F.J. 2004. Geologia e geocronologia dos granitóides arqueanos da região de Xinguara e suas implicações na evolução do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*, **34** (4): 447-458.
- LINDSLEY, D.H. 1981. Some experiments pertaining to the magnetite-Ulvospinel miscibility gap. *Am. Mineral.*, **66**:759-762.
- MACAMBIRA M.J.B., LAFON J.M. 1995. Geocronologia da Província Mineral de Carajás; Síntese dos dados e novos desafios. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, Belém, (7): 263-287.
- MAGALHÃES, M. S. & DALL'AGNOL, R. 1993. Estudos de minerais opacos e suscetibilidade magnética nos granitos Musa e Jamon (região de Ris Maria - SE do Pará) e suas implicações petrológicas. *Rev. Bras. Geoc.*, 22(2): 184-197.

- MAGALHÃES, M.S. 1991. Minerais opacos e suscetibilidade magnética de granitóides da Amazônia Oriental: Implicações Petroológicas. Belém, 274 p. (Tese de Mestrado UFPA-Centro de Geociências).
- MAGALHÃES, M.S & DALL'AGNOL, R. 1992. Estudos de minerais opacos e suscetibilidade magnética nos Granitos Musa e Jamon (Região de Rio Maria - SE do Pará) e suas implicações petrológicas. *Revista Brasileira de Geociências.*, Belém. 22(2):184-197.
- NASCIMENTO F.G.C. 2006. Petrologia magnética das associações magmáticas arqueanas da Região de Canaã dos Carajás – PA. Belém. Dissertação de Mestrado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 177 p.
- OLIVEIRA M.A., DALL'AGNOL R., ALTHOFF F. 2006. 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 Geologia*, pg. 313 – 326.
- OLIVEIRA D.C., DALL'AGNOL R., BARROS C.E.M., FIGUEIREDO M.A.B.M., 2002. Petrologia magnética do Granito Paleoproterozóico Redenção, SE do Cráton Amazônico. In: E.L Klein, M.L. Vasquez, L.T. Rosa-Costa (eds.) *Contribuições à Geologia da Amazônia*. Sociedade Brasileira de Geologia Núcleo Norte, Belém, vol. 3, p. 115-132.
- PAIVA JR. et al (submetido). 2009. Geologia, Petrografia, e Geoquímica do batólito Anorogênico Seringa Província Mineral de Carajás, SSE do Pará. *Revista Brasileira de Geociências*.
- PIMENTEL M.M., MACHADO N. 1994. Geocronologia U-Pb dos Terrenos granito-greenstone de Rio Maria, Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camboriú, 1988. *Boletim de Resumos Expandidos*. Camboriú, SBG. p. 390-391.
- SPENCER K.J. & LINDSLEY D.H. 1981. A solution model for coexisting iron-titanium oxides. *American Mineralogist*, **66**:1189-1201.
- STACEY J.S. & KRAMERS J.D. 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two stage model. *Earth Plan. Sci. Lett.*, **26**:207-221.
- WASILEWSKI P. & WARNER R. 1988. Magnetic petrology of deep crustal rocks-Ivrea Zone, Italy. *Earth Plan. Sci. Letters*, **87**:347-361.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

O Granito Seringa, com cerca de 2250 km² de superfície aflorante, representa o maior batólito anorogênico da Província Mineral de Carajás. Ocorre sob forma subcircular e secciona unidades arqueanas correlacionadas ao Trondhjemitó Mogno, Granodiorito Rio Maria e Grupo Tucumã, formando contatos discordantes que somados aos diversos enclaves máficos existentes, indicam evidências de alto contraste de viscosidade entre as unidades.

A integração de dados geológicos, petrográficos e geoquímicos revelou a existência de dois grandes conjuntos de rochas, divididos em seis fácies petrográficas distintas. O primeiro, formado por rochas monzograníticas, é representado por bitotita-anfibólio monzogranito grosso (BAMGrG) e anfibólio-bitotita monzogranito grosso (ABMGrG) e o segundo, constituído de rochas sienograníticas, é formado por anfibólio-biotita sienogranito porfirítico (ABSGrP), leucosienogranito heterogranular (LSGrH), leucomicrosienogranito (LMSGGr) e anfibólio-biotita sienogranito heterogranular (ABSGrH). A ocorrência de duas fases feldspáticas distintas permite classificar o Granito Seringa como um granito *subsolvus*.

A distribuição espacial de suas fácies petrográficas mostra um zoneamento concêntrico, com as rochas mais ricas em máficos situadas predominantemente nas bordas do corpo e as leucocráticas no centro.

O Granito Seringa apresenta valores de SM que variam de $1,3153 \times 10^{-3}$ a $20,0353 \times 10^{-3}$ e revelam uma distribuição bimodal do conjunto de amostras, onde observam-se dois picos distintos nos valores de log -2,45 e -2,15, com a maior parte das amostras (64%) concentrando-se entre o log de -2,48 e -2,01. A análise dos dados de SM permitiu identificar quatro populações (A, B, C e D), com diferentes características magnéticas, as quais se correlacionam moderadamente das rochas monzograníticas para as sienograníticas. Os valores mais altos de SM relacionam-se às fácies menos evoluídas, relativamente ricas em anfibólio, enquanto os valores mais baixos ocorrem nas fácies leucograníticas com maior conteúdo de sílica. De modo geral, as amostras das fácies mais ricas em anfibólio concentram-se nas populações D e C de mais alta SM, enquanto as de valores intermediários correspondem à população B e as de menores valores à população A, associadas majoritariamente aos leucogranitos. Em linhas gerais, as rochas do Granito Seringa apresentam valores de SM que aumentam no sentido LMSGGr-LSGrH-ABSGrH-ABSGrP-ABMGrG-BAMGrG, partindo de termos mais evoluídos geoquimicamente (sienogranitos) para termos menos evoluídos (monzogranitos).

Os valores moderados de SM, os conteúdos modais de opacos $> 0,1 \%$, a presença constante de magnetita em todas as fácies, bem como as razões $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ (rocha total) próximas a um (Paiva Jr submetido) são características que permitem classificar o Granito Seringa como um granito da série a magnetita de acordo com a definição de Ishihara (1981).

Os principais minerais óxidos de Fe e Ti formados durante o estágio inicial da cristalização do magma Seringa são titanomagnetita, ilmenita individual e ilmenita composta. Os demais tipos texturais de ilmenita (ilmenita em treliça, em manchas e sanduíche) juntamente com a magnetita pobre em titânio, foram originados no estágio *subsolidus* por processos de oxidação de cristais de titanomagnetita originais. Em condições de fugacidade de oxigênio mais elevadas e a temperaturas mais baixas a magnetita pobre em titânio foi afetada por processos de martitização, dando origem a hematita.

O batólito Seringa, apesar de ser um granito com magnetita, apresenta comportamento diferente dos granitos Jamon (Dall'Agnol et al. 1995), Redenção (Oliveira 2006) e Bannach (Almeida et al. 2007) pertencentes a Suíte Jamon. No entanto, mostra grandes similaridades petrográficas (Paiva Jr. submetido) e magnéticas com os granitos da Suíte Serra dos Carajás, como mostra o diagrama comparativo que relaciona log de SM versus número de amostras do Granito Seringa, juntamente com a média de SM dos granitos que formam as suítes Jamon, Serra dos Carajás e Velho Guilherme. Neste diagrama, o campo representativo do Granito Seringa se sobrepõe ao das rochas mais evoluídas da suíte Jamon, porém coincide em sua quase totalidade com os valores de SM da Suíte Serra dos Carajás.

As transformações dos cristais de magnetita (martitização), bem como as quantidades expressivas de ilmenita, podem ser interpretadas como alguns dos fatores responsáveis pelo comportamento magnético observado no Granito Seringa. Por analogia com os granitos Central e Cigano (Magalhães et al. 1992) da suíte Serra dos Carajás, pode-se inferir que as condições de fugacidade do oxigênio ($f\text{O}_2$) que prevaleceram durante a formação do maciço Seringa foram, provavelmente, inferiores às do tampão NNO, mas superiores às daquelas do tampão FMQ.

Os dados geocronológicos Pb-Pb em zircão forneceram idade de 1895 ± 1 Ma. Esse valor, interpretado como a idade de cristalização do Granito Seringa, é coincidente com aquele obtido por Avelar et al. (1994) e com os demais granitos anorogênicos que formam a PMC.

As características petrográficas e as evidências geoquímicas não permitem supor a existência de um *trend* único de evolução através de diferenciação magmática para o granito Seringa, ainda que se possam caracterizar termos mais e menos evoluídos.

O Granito Seringa possui características metaluminosas a levemente peraluminosas, e natureza subalcalina potássica. Suas razões K_2O/Na_2O situadas entre 1 e 2 e $FeO_t/(FeO_t+MgO)$ entre 0,87 a 0,97 são relativamente elevadas, e tendem a aumentar gradualmente das rochas monzograníticas para as sienograníticas. Mostra afinidades com granitos ferrosos (Frost et al. 2001) e tipo A (Whalen et al. 1987) incidindo exclusivamente no campo dos granitos do subtipo A2 (Eby 1992), o que sugere fonte crustal para o mesmo.

As variações dos teores de Rb são expressivas e tendem a aumentar das rochas monzograníticas para as sienograníticas, mostrando uma correlação positiva com o aumento de sílica das fácies ABMGrG e BAMGrG para fácies ABSGrP e ABSGrH, até valores mais elevados nas rochas leucograníticas (LSGrH e LMSGr). Sr e Ba convergem em sentido contrário ao Rb, mostrando correlação negativa com o aumento da sílica e acentuada diminuição das fácies ABSGrP e ABSGrH para as fácies leucograníticas. Essa tendência sugere que, em líquidos silicáticos, o Sr se concentra fundamentalmente em plagioclásios de composições intermediárias (andesina a oligoclásio cálcico) e, subordinadamente, no feldspato potássico.

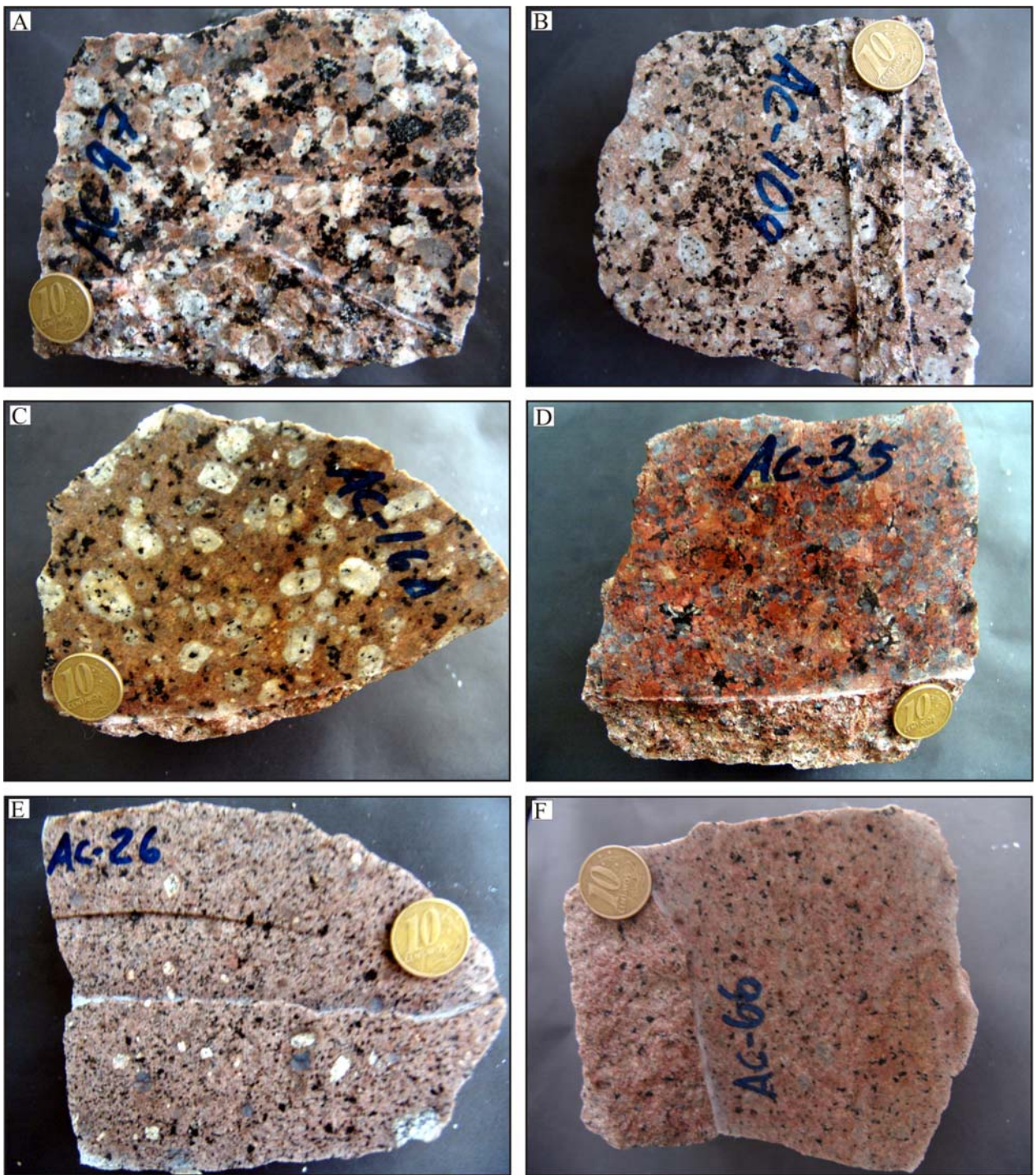
Os ETR mostram padrão de fracionamento moderado para os ETRL e sub-horizontalizado para os ETRP. As anomalias negativas de Eu são fracas nas rochas monzograníticas e moderadas a acentuadas nas sienograníticas e leucomonzograníticas, respectivamente, com exceção dos ABSGrP. A primeira vista este padrão poderia sugerir que as rochas sienograníticas derivaram dos monzogranitos por cristalização fracionada, no entanto, essa hipótese não tem sustentação, pois as rochas sienograníticas, mais evoluídas geoquimicamente, apresentam conteúdos mais elevados de ETRL e ETRP, indicando que esta fácies possui uma evolução particular, independente das rochas monzograníticas. A presença do *gap* composicional entre as rochas monzograníticas e sienograníticas, evidente em todos os diagramas de variação, aponta neste sentido. Os dados petrográficos e geoquímicos sugerem que Granito Seringa pode ter sido formado por, pelo menos, três diferentes pulsos magmáticos. O primeiro estaria representado pelas rochas monzograníticas, que mostram um pequeno *trend* evolutivo, partindo de rochas mais ricas em anfibólio (BAMGrG) para rochas mais ricas em biotita (ABMGrG). O segundo, teria formado as rochas sienograníticas (ABSGrP e ABSGrH) e o terceiro, seria responsável pela

geração de líquidos magmáticos mais evoluídos e mais desprovidos em máficos, geradores das rochas leucograníticas.

Com base nos dados obtidos e nas observações acima admite-se que o Granito Seringa apresenta maiores semelhanças petrográficas, geoquímicas e de suscetibilidade magnética com as rochas da Suíte Serra dos Carajás, podendo ser enquadrado nesta importante suíte granitóide.

O trabalho realizado, integrando dados de campo, minerais opacos, suscetibilidade magnética, petrografia e geoquímica, possibilitou o entendimento e o aprofundamento de diversas questões de interesse petrológico como a identificação e caracterização de diferentes fácies petrográficas, a classificação de rochas graníticas segundo tipos definidos em outras suítes graníticas, as relações entre minerais óxidos de Fe e Ti, a suscetibilidade magnética das rochas, os processos magmáticos e tardi a pós-magmáticos envolvidos, as condições de fugacidade do oxigênio, dentre outras, contribuindo para a caracterização e melhor compreensão da evolução magmática do corpo estudado.

ANEXOS



Anexo 1 – Fotografias mesoscópicas das diferentes fácies do Granito Seringa. A) Biotita-anfibólio monzogranito grosso (BAMGrG); B) Anfibólio-biotita monzogranito grosso (ABMGrG); C) Anfibólio-biotita sienogranito porfirítico (ABSGrP); D) Anfibólio-biotita sienogranito heterogranlar; E) Leucosienogranito heterogranular (LSGrH) e F) Leucomicro-sienogranito (LMSGGr).



Anexo 1 – Fotografias dos aspectos dos litotipos e relações de contato. G) Relação de contato dos diques de LMSGr com os ABSGrP.H) Aspecto textural da fácies dominante (BAMGrG); I) Aspecto textural da fácies LMSGr; J) Feições de alinhamento magmático dos fenocristais de feldspato potássico e Plagioclásio; K) enclave subarredondado de rocha máfica no interior do granito; L) Dique de LMSGr seccionando os BAMGrG.



Anexo 1 – Aspectos texturais litológicos e vista panorâmica. M) Aspecto textural da fácies LMSGr que ora ocorre como diques ora como blocos isolados; N) Rocha granodiorítica, encaixante a norte do Granito Seringa; O) Aspecto geral da fácies ABMGrG; P) Aspecto geral da fácies ABSGrH; Q) Vista panorâmica a noroeste, mostrando o conjunto de serras alinhadas e suas encaixantes. R) Vista panorâmica a nordeste mostrando a janela do embasamento e ao fundo o conjunto de morros do Granito Seringa.



Anexo 1 – Fotografias mostrando as diferentes relações de contato. S) Contato norte do Granito Seringa com os granodioritos, provavelmente pertencentes ao Granodiorito Rio Maria; T) Afloramento de LMSGr seccionando a fácies dominante do Granito (BAMGrG); U) Enclave anguloso de rocha máfica englobado pelo Granito Seringa. Notar o contato brusco e retilíneo entre as duas unidades, revelando alto contraste de viscosidade e temperatura entre as mesmas; V) Autólito subarredondado de ABMGrG englobado pela fácies ABSGrP.

Anexo 2 – Tabela geral dos dados de Suscetibilidade Magnética (SM) do Granito Seringa.

Amostra	Ciclo	SM 1	SM 2	SM Média	SM REAL	Erro
AC-04a	1	1,8497 E-3	1,7573 E-3	1,8035 E-3	0,0018035	4,617 E-5
	2	1,5396 E-3	1,5816 E-3	1,5592 E-3	0,0015592	2,234 E-5
	3	1,4158 E-3	1,4108 E-3	1,4133 E-3	0,0014133	2,457 E-6
	4	1,5250 E-3	1,5061 E-3	1,5155 E-3	0,0015155	9,438 E-6
	5	2,0065 E-3	2,0949 E-3	2,0507 E-3	0,0020507	4,419 E-5
	6	1,4237 E-3	1,4028 E-3	1,4133 E-3	0,0014133	1,042 E-5
	7	1,4158 E-3	1,3502 E-3	1,3830 E-3	0,001383	3,277 E-5
					0,001591214	
AC-07	1	2,9509 E-3	2,9986 E-3	2,9748 E-3	0,0029748	2,385 E-5
	2	2,7265 E-3	2,6093 E-3	2,6679 E-3	0,0026679	5,860 E-5
	3	2,9241 E-3	2,9777 E-3	2,9509 E-3	0,0029509	2,683 E-5
	4	2,4733 E-3	2,4643 E-3	2,4688 E-3	0,0024688	4,423 E-6
	5	2,0959 E-3	2,0850 E-3	2,0905 E-3	0,0020905	5,432 E-6
	6	2,2656 E-3	2,3273 E-3	2,3015 E-3	0,0023015	2,582 E-5
					0,002575733	
AC-08a	1	1,5349 E-3	1,4992 E-3	1,5170 E-3	0,001517	1,787 E-5
	2	4,5697 E-3	1,5468 E-3	1,5582 E-3	0,0015582	1,142 E-5
	3	1,8020 E-3	1,7295 E-3	1,7658 E-3	0,0017658	3,624 E-5
	4	1,3026 E-3	1,2082 E-3	1,2552 E-3	0,0012552	4,716 E-5
	5	1,4525 E-3	1,4227 E-3	1,4376 E-3	0,0014376	1,490 E-5
	6	1,7653 E-3	1,6759 E-3	1,7206 E-3	0,0017206	4,468 E-5
					0,0015424	
AC-09	1	3,1396 E-3	3,1604 E-3	3,1401 E-3	0,0031401	1,087 E-6
	2	3,5518 E-3	3,5726 E-3	3,5622 E-3	0,0035622	1,046 E-5
	3	3,0482 E-3	3,1168 E-3	3,0825 E-3	0,0030825	3,425 E-5
	4	3,7236 E-3	3,7832 E-3	3,7534 E-3	0,0037534	2,980 E-5
	5	3,1317 E-3	3,3372 E-3	3,2374 E-3	0,0032374	1,028 E-4
	6	3,1873 E-3	3,1505 E-3	3,1680 E-3	0,003168	1,838 E-5
	7	3,0949 E-3	3,1187 E-3	3,1068 E-3	0,0031068	1,191 E-5
					0,003292914	
AC-10	1	1,9341 E-3	2,1009 E-3	2,0175 E-3	0,0020175	8,341 E-5
	2	1,7414 E-3	1,7891 E-3	1,7653 E-3	0,0017653	2,383 E-5
	3	1,5567 E-3	1,5200 E-3	1,5384 E-3	0,0015384	1,837 E-5
	4	1,3175 E-3	1,2956 E-3	1,3065 E-3	0,0013065	1,092 E-5
	5	1,7057 E-3	1,6511 E-3	1,6784 E-3	0,0016784	2,731 E-5
	6	1,9162 E-3	1,9509 E-3	1,9336 E-3	0,0019336	1,737 E-5
	7	1,4227 E-3	1,3095 E-3	1,3661 E-3	0,0013661	5,659 E-5
	8	1,3641 E-3	1,3324 E-3	1,3482 E-3	0,0013482	1,589 E-5
					0,00161925	
AC-11a	1	2,7692 E-3	2,8675 E-3	2,8183 E-3	0,0028183	4,915 E-5
	2	2,4951 E-3	2,5011 E-3	2,4981 E-3	0,0024981	2,973 E-6

	3	2,6123 E-3	2,5944 E-3	2,6033 E-3	0,0026033	8,973 E-6
	4	3,2965 E-3	3,3343 E-3	3,3154 E-3	0,0033154	1,885 E-5
	5	3,8497 E-3	4,0106 E-3	3,9302 E-3	0,0039302	8,045 E-5
	6	2,6590 E-3	2,6878 E-3	2,6734 E-3	0,0026734	1,438 E-5
	7	3,2866 E-3	3,3045 E-5	3,2955 E-3	0,0032955	8,932 E-6
					0,003019171	
AC-12	1	4,3940 E-3	4,3274 E-3	4,3607 E-3	0,0043607	3,327 E-5
	2	3,3829 E-3	3,3799 E-3	3,3814 E-3	0,0033814	1,350 E-6
	3	5,1807 E-3	5,1718 E-3	5,1797 E-3	0,0051797	6,265 E-7
	4	5,1578 E-3	5,2135 E-3	5,1875 E-3	0,0051875	2,777 E-5
					0,004527325	
AC-13	1	5,2443 E-3	5,2929 E-3	5,2686 E-3	0,0052686	2,433 E-5
	2	3,7613 E-3	3,8239 E-3	3,7926 E-3	0,0037926	3,130 E-5
	3	4,3284 E-3	4,2063 E-3	4,2674 E-3	0,0042674	6,106 E-5
	4	5,3317 E-3	5,3674 E-3	5,3496 E-3	0,0053496	1,797 E-5
					0,00466955	
AC-14	1	5,9376 E-3	5,8006 E-3	5,8691 E-3	0,0058691	6,854 E-5
	2	5,5234 E-3	5,5075 E-3	5,5154 E-3	0,0055154	7,883 E-6
	3	5,5800 E-3	5,8254 E-3	5,7027 E-3	0,0057027	1,227 E-4
	4	6,3330 E-3	6,1989 E-3	6,2660 E-3	0,006266	6,707 E-5
	5	5,0863 E-3	5,0257 E-3	5,0560 E-3	0,005056	5,033 E-5
	6	6,5864 E-3	6,5377 E-3	6,5620 E-3	0,006562	2,430 E-5
	7	5,7380 E-3	5,7549 E-3	5,7464 E-3	0,0057464	8,649 E-6
					0,0058168	
AC-15	1	6,1095 E-3	6,2019 E-3	6,1557 E-3	0,0061557	4,615 E-5
	2	4,8529 E-3	4,8797 E-3	4,8663 E-3	0,0048663	1,339 E-5
	3	5,6833 E-3	5,6148 E-3	5,6491 E-3	0,0056491	3,431 E-5
					0,005557033	
AC-16a	1	4,5549 E-3	4,6036 E-3	4,5792 E-3	0,0045792	2,437 E-5
	2	2,6778 E-3	2,6897 E-3	2,6838 E-3	0,0026838	5,904 E-5
	3	3,4723 E-3	3,4683 E-3	3,4703 E-3	0,0034703	2,063 E-6
	4	3,5518 E-3	3,6441 E-3	3,5979 E-3	0,0035979	4,618 E-5
	5	3,0234 E-3	2,9370 E-3	2,9802 E-3	0,0029802	4,320 E-5
	6	2,7687 E-3	2,7056 E-3	2,7369 E-3	0,0027369	3,128 E-5
	7	3,3213 E-3	3,1187 E-3	3,2200 E-3	0,00322	1,013 E-5
	8	2,7682 E-3	2,5706 E-3	2,6694 E-3	0,0026694	9,880 E-5
	9	3,4197 E-3	3,3869 E-3	3,4033 E-3	0,0034033	1,640 E-5
					0,003260111	
AC-16b	1	3,3025 E-3	3,4445 E-3	3,3735 E-3	0,0033735	7,100 E-5
	2	3,5279 E-3	3,5359 E-3	3,5319 E-3	0,0035319	3,917 E-6
	3	3,5815 E-3	3,5100 E-3	3,5458 E-3	0,0035458	3,574 E-5
	4	2,6937 E-3	2,6947 E-3	2,6942 E-3	0,0026942	3,297 E-7
	5	3,3084 E-3	3,2757 E-3	3,2920 E-3	0,003292	1,637 E-5
	6	3,1227 E-3	3,0741 E-3	3,0984 E-3	0,0030984	2,435 E-5
					0,003255967	

AC-16c	1	4,8132 E-3	4,7685 E-3	4,7908 E-3	0,0047908	2,241 E-5
	2	3,8567 E-3	3,8577 E-3	3,8572 E-3	0,0038572	5,345 E-7
	3	4,0205 E-3	3,9937 E-3	4,0071 E-3	0,0040071	1,339 E-5
	4	4,6085 E-3	4,5857 E-3	4,5971 E-3	0,0045971	1,137 E-5
	5	3,6918 E-3	3,6540 E-3	3,6729 E-3	0,0036729	1,886 E-5
	6	4,5499 E-3	4,5370 E-3	4,5435 E-3	0,0045435	6,415 E-6
	7	4,1487 E-3	4,0404 E-3	4,0945 E-3	0,0040945 0,0042233	5,411 E-5
AC-17a	1	2,7851 E-3	2,7950 E-3	2,7900 E-3	0,00279	4,935 E-6
	2	2,2220 E-3	2,2359 E-3	2,2290 E-3	0,002229	6,977 E-6
	3	2,4137 E-3	2,3362 E-3	2,3749 E-3	0,0023749 0,002464633	3,873 E-5
AC-17b	1	3,4495 E-3	3,4008 E-3	3,4251 E-3	0,0034251	2,432 E-5
	2	3,3452 E-3	3,2965 E-3	3,3208 E-3	0,0033208	2,431 E-5
	3	3,8547 E-3	3,7712 E-3	3,8130 E-3	0,003813	4,170 E-5
	4	3,2707 E-3	3,2459 E-3	3,2583 E-3	0,0032583	1,242 E-5
	5	3,2409 E-3	3,3045 E-3	3,2727 E-3	0,0032727	3,177 E-5
	6	3,6928 E-3	3,6630 E-3	3,6779 E-3	0,0036779 0,0034613	1,489 E-5
AC-18	1	5,1410 E-3	4,9771 E-3	5,0590 E-3	0,005059	8,195 E-5
	2	4,2579 E-3	4,1169 E-3	4,1874 E-3	0,0041874	7,053 E-5
	3	3,3662 E-3	3,9864 E-3	4,1313 E-3	0,0041313	2,349 E-5
	4	4,0017 E-3	4,1030 E-3	4,0523 E-3	0,0040523	5,067 E-5
	5	4,4576 E-3	4,5420 E-3	4,4998 E-3	0,0044998	4,218 E-5
	6	4,9780 E-3	5,0009 E-3	4,9895 E-3	0,0049895	1,144 E-5
	7	4,3662 E-3	4,4218 E-3	4,3940 E-3	0,004394	2,782 E-5
	8	3,0403 E-3	3,1376 E-3	3,0990 E-3	0,003099 0,004301538	4,867 E-5
AC-19	1	1,1197 E-3	1,0643 E-3	1,0911 E-3	0,0010911	2,681 E-5
	2	1,0653 E-3	1,0087 E-3	1,0370 E-3	0,001037	2,830 E-5
	3	1,1765 E-3	1,1685 E-3	1,1725 E-3	0,0011725 0,0011002	3,994 E-5
AC-20a	1	4,1894 E-3	4,1924 E-3	4,1904 E-3	0,0041904	7,669 E-7
	2	3,8348 E-3	3,9222 E-3	3,8785 E-3	0,0038785	4,370 E-5
	3	4,7734 E-3	4,7655 E-3	4,7694 E-3	0,0047694 0,004279433	3,906 E-6
AC-20b	1	2,4544 E-3	2,5080 E-3	2,4812 E-3	0,0024812	2,681 E-5
	2	2,8913 E-3	2,9072 E-3	2,8993 E-3	0,0028993	7,936 E-6
	3	3,1843 E-3	3,1644 E-3	3,1744 E-3	0,0031744	9,873 E-6
	4	3,0760 E-3	3,1873 E-3	3,1317 E-3	0,0031317	5,561 E-5
	5	3,6054 E-3	3,5557 E-3	3,5806 E-3	0,0035806	2,485 E-5
	6	2,8188 E-3	2,6550 E-3	2,7369 E-3	0,0027369	8,192 E-5
	7	2,6510 E-3	2,6351 E-3	2,6431 E-3	0,0026431	7,946 E-6
	8	3,3392 E-3	3,2657 E-3	3,3025 E-3	0,0033025	3,674 E-5

					0,002993713	
AC-21a	1	3,6540 E-3	3,5398 E-3	3,5969 E-3	0,0035969	5,710 E-5
	2	2,9142 E-3	2,9966 E-3	2,9554 E-3	0,0029554	4,123 E-5
	3	3,2220 E-3	3,2081 E-3	3,2151 E-3	0,0032151	6,953 E-6
	4	3,1605 E-3	3,2012 E-3	3,1808 E-3	0,0031808	2,037 E-3
	5	2,9112 E-3	2,9191 E-3	2,9152 E-3	0,0029152	3,950 E-6
	6	2,9807 E-3	2,9906 E-3	2,9857 E-3	0,0029857	5,000 E-6
	7	2,9817 E-3	2,9430 E-3	2,9623 E-3	0,0029623	1,938 E-5
	8	2,9013 E-3	2,8543 E-3	2,8779 E-3	0,0028779	2,332 E-5
					0,003086163	
AC-21b	1	2,8069 E-3	2,7314 E-3	2,7692 E-3	0,0027692	3,772 E-5
	2	2,9380 E-3	2,7682 E-3	2,8531 E-3	0,0028531	8,491 E-5
	3	2,6411 E-3	2,6977 E-3	2,6694 E-3	0,0026694	2,829 E-5
	4	2,8625 E-3	2,8596 E-3	2,8610 E-3	0,002861	1,546 E-6
	5	3,5647 E-3	3,5597 E-3	3,5622 E-2	0,0035622	2,587 E-6
	6	2,8169 E-3	2,7573 E-3	2,7871 E-3	0,0027871	2,981 E-5
					0,002917	
AC-22	1	1,5061 E-3	1,4078 E-3	1,4570 E-3	0,001457	4,915 E-5
	2	1,2390 E-3	1,1566 E-3	1,1978 E-3	0,0011978	4,120 E-5
	3	1,1933 E-3	1,2410 E-3	1,2172 E-3	0,0012172	2,393 E-5
	4	1,0017 E-3	9,0046 E-4	9,5109 E-4	0,00095109	5,063 E-5
	5	6,3339 E-4	5,9566 E-4	6,1425 E-4	0,00061425	1,886 E-5
	6	7,4359 E-4	6,3438 E-4	6,8898 E-4	0,00068898	5,461 E-5
	7	7,8231 E-4	7,2075 E-4	7,5153 E-4	0,00075153	3,078 E-5
	8	6,6615 E-4	6,2048 E-4	6,4331 E-4	0,00064331	2,283 E-5
					0,000940145	
AC-23	1	2,6887 E-3	2,7205 E-3	2,7046 E-3	0,0027046	1,589 E-5
	2	1,28773 E-3	1,8487 E-3	1,8730 E-3	0,001873	2,432 E-5
	3	3,7767 E-2	2,2469 E-3	2,0007 E-2	0,020007	1,776 E-2
	4	2,8526 E-3	2,9926 E-3	2,9226 E-3	0,0029226	7,002 E-5
	5	2,1634 E-3	2,0830 E-3	2,1232 E-3	0,0021232	4,021 E-5
	6	2,1237 E-3	2,0800 E-3	2,1019 E-3	0,0021019	2,184 E-5
	7	2,6292 E-3	2,7305 E-3	2,6798 E-3	0,0026798	5,065 E-5
	8	1,9033 E-3	1,9231 E-3	1,9132 E-3	0,0019132	9,915 E-5
	9	3,1088 E-3	3,1078 E-3	3,1083 E-3	0,0031083	8,475 E-5
					0,004381511	
AC-24a	1	3,1346 E-3	3,0969 E-3	3,1158 E-3	0,0031158	1,884 E-5
	2	2,8010 E-3	2,6083 E-3	2,7046 E-3	0,0027046	9,632 E-5
	3	2,1337 E-3	2,1654 E-3	2,1495 E-3	0,0021495	1,586 E-5
	4	2,3243 E-3	2,2667 E-3	2,2955 E-3	0,0022955	2,880 E-5
	5	4,0404 E-3	4,1497 E-3	3,0950 E-3	0,003095	5,463 E-5
	6	2,9350 E-3	2,9370 E-3	2,9360 E-3	0,002936	3,081 E-7
	7	3,5974 E-3	3,4852 E-3	3,5413 E-3	0,0035413	5,611 E-5
	8	2,8069 E-3	2,9142 E-3	2,8605 E-3	0,0028605	5,362 E-5
					0,002837275	

AC-24b	1	2,5378 E-3	2,4812 E-3	2,5095 E-3	0,0025095	2,830 E-5
	2	2,6302 E-3	2,5606 E-3	2,5954 E-3	0,0025954	3,476 E-5
	3	2,6073 E-3	2,5775 E-3	2,5924 E-3	0,0025924	1,492 E-5
					0,002565767	
AC-24c	1	4,2073 E-3	4,1248 E-3	4,1660 E-3	0,004166	4,122 E-5
	2	3,3958 E-3	3,3789 E-3	3,3874 E-3	0,0033874	8,516 E-5
	3	3,3323 E-3	6,1214 E-3	4,7269 E-3	0,0047269	1,395 E-3
	4	3,9093 E-3	3,8845 E-3	3,8969 E-3	0,0038969	1,242 E-5
	5	3,9967 E-3	4,2013 E-3	4,0990 E-3	0,004099	1,023 E-5
	6	3,9143 E-3	3,7563 E-3	3,8353 E-3	0,0038353	7,896 E-5
					0,004018583	
AC-25	1	8,6273 E-3	8,6045 E-3	8,6159 E-3	0,0086159	1,135 E-5
	2	6,8417 E-3	6,9470 E-3	6,8944 E-3	0,0068944	5,265 E-5
	3	5,3108 E-3	5,3049 E-3	5,3078 E-3	0,0053078	3,430 E-6
	4	6,8785 E-3	6,7871 E-3	6,8328 E-3	0,0068328	4,573 E-5
	5	7,7042 E-3	7,7886 E-3	7,7464 E-3	0,0077464	4,226 E-5
	6	7,8820 E-3	7,9248 E-3	7,9034 E-3	0,0079034	2,121 E-5
	7	8,0649 E-3	8,0231 E-3	8,0440 E-3	0,008044	2,073 E-5
	8	7,9287 E-3	7,9148 E-3	7,9218 E-3	0,0079218	6,409 E-5
					0,007408313	
AC-26	1	1,8447 E-3	1,8467 E-3	1,8457 E-3	0,0018457	6,169 E-7
	2	2,2896 E-3	2,2975 E-3	2,2935 E-3	0,0022935	3,982 E-6
	3	2,0691 E-3	2,0344 E-3	2,0517 E-3	0,0020517	1,738 E-5
	4	2,1833 E-3	2,1793 E-3	2,1813 E-3	0,0021813	2,072 E-6
	5	2,1972 E-3	2,1714 E-3	2,1843 E-3	0,0021843	1,292 E-5
	6	2,1793 E-3	2,1545 E-3	2,1669 E-3	0,0021669	1,242 E-5
	7	2,0661 E-3	2,0483 E-3	2,0572 E-3	0,0020572	8,948 E-6
					0,002111514	
AC-27	1	2,2915 E-3	2,2776 E-3	2,2846 E-3	0,0022846	7,007 E-6
	2	2,6887 E-3	2,7523 E-3	2,7205 E-3	0,0027205	3,177 E-5
	3	2,4474 E-3	2,4107 E-3	2,4291 E-3	0,0024291	1,836 E-5
	4	2,4087 E-3	2,3720 E-3	2,3903 E-3	0,0023903	1,837 E-5
	5	3,3908 E-3	2,3362 E-3	2,3635 E-3	0,0023635	2,730 E-5
	6	2,2707 E-3	2,3779 E-3	2,3243 E-3	0,0023243	5,363 E-5
	7	2,6619 E-3	2,6172 E-3	2,6396 E-3	0,0026396	2,234 E-5
	8	2,9549 E-3	2,7265 E-3	2,8407 E-3	0,0028407	1,142 E-4
					0,002499075	
AC-28	1	4,4526 E-3	4,4099 E-3	4,4312 E-3	0,0044312	2,132 E-5
	2	4,6284 E-3	4,5077 E-3	4,5678 E-3	0,0045678	6,060 E-5
	3	3,2032 E-3	3,2280 E-3	3,2156 E-3	0,0032156	1,245 E-5
	4	3,7822 E-3	3,8547 E-3	3,8184 E-3	0,0038184	3,625 E-5
					0,00400825	
AC-29	1	3,2310 E-3	3,2191 E-3	3,2250 E-3	0,003225	5,974 E-5
	2	3,4336 E-3	3,4505 E-3	3,4420 E-3	0,003442	8,435 E-6
	3	3,0760 E-3	3,1029 E-3	3,0895 E-3	0,0030895	1,342 E-5

	4	3,3084 E-3	3,3164 E-3	3,2124 E-3	0,0032124	3,994 E-6
	5	3,5220 E-3	3,5349 E-3	3,5248 E-3	0,0035248	6,462 E-6
	6	3,5667 E-3	3,5604 E-3	3,5135 E-3	0,0035135	5,313 E-5
	7	3,3601 E-3	3,2767 E-3	3,3184 E-3	0,0033184	4,170 E-5
					0,003332229	
AC-31	1	1,1943 E-3	1,2440 E-3	1,2192 E-3	0,0012192	2,482 E-5
	2	1,1546 E-3	1,2122 E-3	1,1834 E-3	0,0011834	2,878 E-5
	3	1,4704 E-3	1,4237 E-3	1,4470 E-3	0,001447	2,333 E-5
	4	1,2331 E-3	1,1308 E-3	1,1819 E-3	0,0011819	5,113 E-5
	5	1,2638 E-3	1,2559 E-3	1,2599 E-3	0,0012599	3,974 E-6
	6	1,4714 E-3	1,4584 E-3	1,4649 E-3	0,0014649	6,450 E-6
	7	1,1139 E-3	1,0970 E-3	1,1055 E-3	0,0011055	8,448 E-6
	8	1,2758 E-3	1,3343 E-3	1,3050 E-3	0,001305	2,929 E-5
					0,00127085	
AC-32	1	8,6591 E-3	8,7684 E-3	8,7183 E-3	0,0087183	5,464 E-5
	2	9,9163 E-3	9,9859 E-3	9,9511 E-3	0,0099511	3,469 E-5
	3	6,1125 E-3	5,5621 E-3	5,8373 E-3	0,0058373	2,752 E-4
	4	5,5393 E-3	5,5254 E-3	5,5323 E-3	0,0055323	6,937 E-6
					0,00750975	
AC-33	1	2,9817 E-3	2,9946 E-3	2,9882 E-3	0,0029882	6,399 E-6
	2	3,4352 E-3	3,3482 E-3	3,3919 E-3	0,0033919	4,370 E-5
	3	2,8377 E-3	2,8218 E-3	2,8298 E-3	0,0028298	7,881 E-6
	4	3,1257 E-3	3,0860 E-3	3,1058 E-3	0,0031058	1,989 E-5
	5	2,6659 E-3	2,7215 E-3	2,6937 E-3	0,0026937	2,782 E-5
	6	2,6679 E-3	2,7046 E-3	2,6863 E-3	0,0026863	1,838 E-5
	7	2,7702 E-3	2,7652 E-3	2,7677 E-3	0,0027677	2,393 E-6
	8	2,5755 E-3	2,6222 E-3	2,5989 E-3	0,0025989	2,333 E-5
					0,002882788	
AC-34	1	2,0512 E-3	2,0463 E-3	2,0488 E-3	0,0020488	2,474 E-6
	2	1,7355 E-3	1,6491 E-3	1,6923 E-3	0,0016923	4,319 E-5
	3	2,1207 E-3	2,1386 E-3	2,1297 E-3	0,0021297	8,968 E-6
	4	2,3789 E-3	2,3342 E-3	2,3566 E-3	0,0023566	2,236 E-6
	5	1,9221 E-3	1,9728 E-3	1,9475 E-3	0,0019475	2,532 E-5
	6	2,2151 E-3	2,2349 E-3	2,2250 E-3	0,002225	9,935 E-6
	7	2,3769 E-3	2,3213 E-3	2,3491 E-3	0,0023491	2,780 E-5
	8	2,3759 E-3	2,2925 E-3	2,3342 E-3	0,0023342	4,170 E-5
					0,0021354	
AC-35	1	1,7881 E-3	1,8149 E-3	1,8015 E-3	0,0018015	1,341 E-5
	2	1,2529 E-3	1,1884 E-3	1,2207 E-3	0,0012207	3,227 E-5
	3	1,2906 E-3	1,2579 E-3	1,2743 E-3	0,0012743	1,638 E-5
	4	1,0395 E-3	1,1060 E-3	1,0627 E-3	0,0010627	3,326 E-5
	5	1,5419 E-3	1,5975 E-3	1,5697 E-3	0,0015697	2,780 E-5
	6	9,5506 E-4	9,2925 E-4	9,4215 E-4	0,0094215	1,291 E-5
	7	1,8775 E-3	1,8834 E-3	1,8804 E-3	0,0018804	2,971 E6
	8	1,6531 E-3	1,6064 E-3	1,6297 E-3	0,0016297	2,333 E-5
	9	1,5965 E-3	1,4674 E-3	1,5319 E-3	0,0015319	6,454 E-5

					0,002376933	
AC-36	1	3,2916 E-3	3,2121 E-3	3,2518 E-3	0,0032518	3,973 E-5
	2	4,1278 E-3	4,1477 E-3	4,1377 E-3	0,0041377	9,837 E-6
	3	4,3543 E-3	4,3364 E-3	4,3453 E-3	0,0043453	8,864 E-6
	4	2,7305 E-3	2,7473 E-3	2,7389 E-3	0,0027389	8,426 E-6
	5	2,9906 E-3	3,2349 E-3	3,1128 E-3	0,0031128	1,221 E-4
	6	3,4862 E-3	3,4385 E-3	3,4624 E-3	0,0034624	2,384 E-5
	7	3,4852 E-3	3,4326 E-3	3,4589 E-3	0,0034589	2,632 E-5
	8	2,8139 E-3	2,7523 E-3	2,7831 E-3	0,0027831	3,078 E-5
					0,003411363	
AC-37	1	2,8764 E-3	2,7900 E-3	2,8332 E-3	0,0028332	4,320 E-5
	2	2,3769 E-3	2,4723 E-3	2,4246 E-3	0,0024246	4,766 E-5
	3	2,1466 E-3	2,2886 E-3	2,2176 E-3	0,0022176	7,100 E-5
	4	1,4555 E-3	1,4952 E-3	1,4753 E-3	0,0014753	1,986 E-5
	5	2,0344 E-3	2,0195 E-3	2,0269 E-3	0,0020269	7,432 E-5
	6	2,2965 E-3	2,2290 E-3	2,2627 E-3	0,0022627	3,370 E-5
	7	2,0721 E-3	2,0924 E-3	2,0507 E-3	0,0020507	2,135 E-5
	8	2,0572 E-3	2,0701 E-3	2,0636 E-3	0,0020636	6,447 E-6
	9	1,7077 E-3	1,6729 E-3	1,6903 E-3	0,0016903	1,739 E-5
					0,0021161	
AC-38	1	2,5368 E-3	2,5855 E-3	2,5611 E-3	0,0025611	2,433 E-5
	2	2,2786 E-3	2,5289 E-3	2,4037 E-3	0,0024037	1,251 E-4
	3	3,4673 E-3	3,6154 E-3	3,5364 E-3	0,0035364	6,902 E-5
	4	2,2796 E-3	2,2280 E-3	2,2538 E-3	0,0022538	2,582 E-5
	5	2,0969 E-3	2,1227 E-3	2,1153 E-3	0,0021153	1,838 E-5
	6	2,5239 E-3	2,4603 E-3	2,4921 E-3	0,0024921	3,177 E-5
					0,0025604	
AC-39	1	1,9261 E-3	2,1217 E-3	2,0239 E-3	0,0020239	9,781 E-5
	2	2,7126 E-3	2,6599 E-3	2,6863 E-3	0,0026863	2,633 E-5
	3	2,5557 E-3	2,6470 E-3	2,6014 E-3	0,0026014	4,569 E-5
	4	2,9599 E-3	3,0671 E-3	3,0135 E-3	0,0030135	5,326 E-5
	5	1,4575 E-3	1,4485 E-3	1,4530 E-3	0,001453	4,442 E-6
	6	2,4901 E-3	2,4882 E-3	2,4891 E-3	0,0024891	9,723 E-7
	7	1,7216 E-3	1,6362 E-3	1,6789 E-3	0,0016789	4,270 E-5
	8	1,9430 E-3	1,9827 E-3	1,9629 E-3	0,0019629	1,985 E-5
					0,002238625	
AC-40	1	1,3492 E-3	1,3512 E-3	1,3502 E-3	0,0013502	1,006 E-6
	2	1,1199 E-3	1,0692 E-3	1,0946 E-3	0,0010946	2,532 E-5
	3	1,3212 E-3	1,3403 E-3	1,3309 E-3	0,0013309	9,428 E-6
	4	1,9648 E-3	1,7136 E-3	1,8392 E-3	0,0018392	1,256 E-4
					0,001403725	
AC-41	1	1,4633 E-3	1,7236 E-3	1,7434 E-3	0,0017434	1,987 E-5
	2	2,2161 E-3	2,2012 E-3	2,2086 E-3	0,0022086	7,492 E-6
	3	2,5299 E-3	2,5448 E-3	2,5373 E-3	0,0025373	7,447 E-6
	4	2,9082 E-3	2,8238 E-3	2,8660 E-3	0,002866	4,219 E-5

	5	2,2905 E-3	2,2310 E-3	2,2608 E-3	0,0022608	2,979 E-5
	6	2,4693 E-3	2,2998 E-3	2,4345 E-3	0,0024345	3,476 E-5
	7	2,1118 E-3	2,0939 E-3	2,1029 E-3	0,0021029	8,953 E-6
	8	2,2061 E-3	2,0880 E-3	2,1471 E-3	0,0021471	5,908 E-5
					0,002287575	
AC-42	1	2,1893 E-3	2,2002 E-3	2,1947 E-3	0,0021947	5,468 E-6
	2	2,3948 E-3	2,3640 E-3	2,3794 E-3	0,0023794	1,541 E-5
	3	2,2588 E-3	2,1366 E-3	2,1977 E-3	0,0021977	6,106 E-5
	4	2,2617 E-3	2,2647 E-3	2,2632 E-3	0,0022632	1,358 E-6
					0,00225875	
AC-43	1	4,7099 E-3	4,8191 E-3	4,7645 E-3	0,0047645	5,463 E-5
	2	3,1009 E-3	3,1207 E-3	3,1108 E-3	0,0031108	9,942 E-6
	3	3,9466 E-3	3,8567 E-3	3,9014 E-3	0,0039014	4,470 E-5
	4	4,4258 E-3	4,4357 E-3	4,4307 E-3	0,0044307	4,947 E-6
	5	3,4217 E-3	3,4058 E-3	3,4137 E-3	0,0034137	7,923 E-6
	6	3,2409 E-3	3,2359 E-3	3,2384 E-3	0,0032384	2,272 E-6
	7	3,6153 E-3	2,5845 E-3	2,5999 E-3	0,0025999	1,541 E-5
	8	3,6441 E-3	3,5180 E-3	3,5811 E-3	0,0035811	6,306 E-5
					0,003630063	
AC-44	1	3,7812 E-3	3,7792 E-3	3,7802 E-3	0,0037802	5,250 E-7
	2	3,2439 E-3	3,3631 E-3	3,3035 E-3	0,0033035	5,959 E-5
	3	3,5011 E-3	3,4713 E-3	3,4862 E-3	0,0034862	1,492 E-5
	4	4,5867 E-3	4,5221 E-3	4,5544 E-3	0,0045544	3,231 E-5
	5	4,4675 E-3	4,5728 E-3	4,5201 E-3	0,0045201	5,264 E-5
	6	4,8151 E-3	5,0943 E-3	4,9547 E-3	0,0049547	1,396 E-4
	7	5,2085 E-3	5,1837 E-3	5,1961 E-3	0,0051961	1,239 E-5
					0,004256457	
AC-45	1	1,8695 E-3	1,8546 E-3	1,8621 E-3	0,0018621	7,460 E-6
	2	1,6501 E-3	1,7553 E-3	1,7027 E-3	0,0017027	5,263 E-5
	3	1,9926 E-3	1,9400 E-3	1,9663 E-3	0,0019663	2,632 E-5
	4	2,0522 E-3	2,0274 E-3	2,0398 E-3	0,0020398	1,242 E-5
	5	2,3898 E-3	2,4117 E-3	2,4008 E-3	0,0024008	1,090 E-5
	6	2,1515 E-3	2,0890 E-3	2,1202 E-3	0,0021202	3,128 E-5
	7	2,2935 E-3	2,1932 E-3	2,2434 E-3	0,0022434	5,014 E-5
	8	2,2151 E-3	2,2905 E-3	2,2528 E-3	0,0022528	3,773 E-5
					0,002073513	
AC-46	1	2,1843 E-3	2,0363 E-3	2,1103 E-3	0,0021103	7,397 E-5
	2	1,9817 E-3	1,9863 E-3	1,9390 E-3	0,001939	4,270 E-5
	3	1,9301 E-3	1,8874 E-3	1,9087 E-3	0,0019087	2,134 E-5
	4	2,0463 E-3	2,0363 E-3	2,0413 E-3	0,0020413	4,982 E-6
	5	2,3889 E-3	2,2965 E-3	2,3427 E-3	0,0023427	4,618 E-5
	6	2,1386 E-3	2,0979 E-3	2,1183 E-3	0,0021183	2,035 E-5
	7	2,3554 E-3	2,2290 E-3	2,2672 E-3	0,0022672	3,825 E-5
	8	2,0790 E-3	1,9887 E-3	2,0339 E-3	0,0020339	4,518 E-5
					0,002095175	

AC-47	1	4,8072 E-3	4,7416 E-3	4,7744 E-3	0,0047744	3,283 E-5
	2	4,8539 E-3	4,8231 E-3	4,8385 E-3	0,0048385	1,536 E-5
	3	4,5450 E-3	4,3503 E-3	4,4476 E-3	0,0044476	9,734 E-5
	4	4,6840 E-3	4,6572 E-3	4,6706 E-3	0,0046706	1,328 E-5
	5	4,7883 E-3	4,7317 E-3	4,7600 E-3	0,00476	2,883 E-5
	6	5,6277 E-3	5,6903 E-3	5,6990 E-3	0,005699	3,123 E-5
	7	4,2311 E-3	4,1765 E-3	4,2038 E-3	0,0042038	2,731 E-5
	8	4,7317 E-3	4,7089 E-3	4,7203 E-3	0,0047203	1,131 E-5
					0,004764275	
AC-48	1	1,9311 E-3	1,9490 E-3	1,9400 E-3	0,00194	8,900 E-6
	2	2,0592 E-3	2,0483 E-3	2,0537 E-3	0,0020537	5,527 E-6
	3	1,8765 E-3	1,8963 E-3	1,8864 E-3	0,0018864	9,940 E-6
	4	2,1128 E-3	2,1078 E-3	2,1103 E-3	0,0021103	1,493 E-6
	5	1,7881 E-3	1,7992 E-3	1,7836 E-3	0,0017836	4,470 E-6
	6	1,8248 E-3	1,7682 E-3	1,7965 E-3	0,0017965	2,830 E-5
	7	2,0423 E-3	2,0850 E-3	2,0636 E-3	0,0020636	2,135 E-5
	8	2,1188 E-3	2,1207 E-3	2,1197 E-3	0,0021197	1,045 E-6
					0,001969225	
AC-52b	1	1,0701 E-2	1,0640 E-2	1,0670 E-2	0,01067	3,040 E-5
	2	9,3299 E-3	9,3856 E-3	9,3578 E-3	0,0093578	2,802 E-5
	3	7,8512 E-3	7,8075 E-3	7,8294 E-3	0,0078294	2,189 E-5
	4	9,7295 E-3	9,9223 E-3	9,8559 E-3	0,0098559	9,641 E-5
	5	8,6144 E-3	8,4544 E-3	8,5344 E-3	0,0085344	8,004 E-5
	6	9,4750 E-3	9,5565 E-3	9,5158 E-3	0,0095158	4,083 E-5
	7	8,8837 E-3	8,9125 E-3	8,8981 E-3	0,0088981	1,441 E-5
	8	9,7046 E-3	9,6191 E-3	9,6619 E-3	0,0096619	4,264 E-5
					0,009290413	
AC-53	1	6,5784 E-3	6,4244 E-3	6,5014 E-3	0,0065014	7,701 E-5
	2	6,0757 E-3	6,0688 E-3	6,0723 E-3	0,0060723	3,724 E-6
	3	7,1446 E-3	7,1468 E-3	7,1607 E-3	0,0071607	1,390 E-5
	4	6,2575 E-3	6,2883 E-3	2,2729 E-3	0,0022729	1,544 E-5
					0,005501825	
AC-54	1	2,6858 E-3	2,6838 E-3	2,6848 E-3	0,0026848	9,981 E-7
	2	2,9787 E-3	3,0393 E-3	3,0090 E-3	0,003009	3,029 E-5
	3	2,8099 E-3	2,8238 E-3	2,8169 E-3	0,0028169	6,892 E-6
	4	3,3452 E-3	3,3999 E-3	3,3626 E-3	0,0033626	1,741 E-5
	5	3,7077 E-3	3,8090 E-3	3,7583 E-3	0,0037583	5,065 E-5
	6	3,9133 E-3	3,9679 E-3	3,9406 E-3	0,0039406	2,728 E-5
	7	3,6729 E-3	3,7861 E-3	3,7295 E-3	0,0037295	5,661 E-5
					0,003328814	
AC-55	1	5,3188 E-3	5,3078 E-3	5,3133 E-3	0,0053133	5,450 E-6
	2	4,3940 E-3	4,2212 E-3	4,3076 E-3	0,0043076	8,641 E-5
	3	6,4642 E-3	6,5486 E-3	6,5064 E-3	0,0065064	4,228 E-5
	4	5,6436 E-3	5,6148 E-3	5,6292 E-3	0,0056292	1,439 E-5
	5	4,6294 E-3	4,5410 E-3	4,5852 E-3	0,0045852	4,422 E-5
	6	4,9363 E-3	4,9681 E-3	4,9522 E-3	0,0049522	1,595 E-5

	7	5,1131 E-3	5,1410 E-3	5,1270 E-3	0,005127	1,400 E-5
	8	5,5184 E-3	5,4747 E-3	5,4906 E-3	0,0054906	2,187 E-5
					0,005238938	
AC-56	1	4,4635 E-3	4,4417 E-3	4,4526 E-3	0,0044526	1,091 E-5
	2	4,0930 E-3	4,0543 E-3	4,0737 E-3	0,0040737	1,937 E-5
	3	4,9900 E-3	5,0903 E-3	5,0401 E-3	0,0050401	5,019 E-5
	4	4,4307 E-3	4,5162 E-3	4,4735 E-3	0,0044735	4,272 E-5
	5	3,9599 E-3	3,9967 E-3	3,9783 E-3	0,0039783	1,830 E-5
	6	3,0214 E-3	3,0343 E-3	3,0279 E-3	0,0030279	6,429 E-6
	7	4,0732 E-3	3,5230 E-3	3,7981 E-3	0,0037981	2,751 E-4
	8	4,0096 E-3	4,0513 E-3	4,0305 E-3	0,0040305	2,008 E-5
					0,004109338	
AC-57	1	4,5648 E-3	4,6075 E-3	4,5862 E-3	0,0045862	2,128 E-5
	2	5,3933 E-3	5,3803 E-3	5,3886 E-3	0,0053886	6,471 E-6
	3	5,3823 E-3	5,3128 E-3	5,3476 E-3	0,0053476	3,477 E-5
	4	4,8598 E-3	4,8539 E-3	4,8569 E-3	0,0048569	2,925 E-6
	5	4,0593 E-3	4,1407 E-3	4,1000 E-3	0,0041	4,074 E-5
	6	4,6205 E-3	4,7049 E-3	4,6627 E-3	0,0046627	4,222 E-5
	7	5,5373 E-3	5,5840 E-3	5,5606 E-3	0,0055606	2,333 E-5
	8	4,0305 E-3	4,0076 E-3	4,0190 E-3	0,004019	1,141 E-5
					0,0048152	
AC-58	1	6,0022 E-3	5,9108 E-3	5,9565 E-3	0,0059565	4,572 E-5
	2	3,8209 E-3	3,7047 E-3	3,7628 E-3	0,0037628	5,810 E-5
	3	4,7426 E-3	4,7456 E-3	4,7441 E-3	0,0047441	1,669 E-6
	4	5,2979 E-3	5,2850 E-3	5,2914 E-3	0,0052914	6,502 E-6
	5	4,3880 E-3	4,3572 E-3	4,3726 E-3	0,0043726	1,543 E-5
	6	5,8343 E-3	5,6645 E-3	5,7494 E-3	0,0057494	8,492 E-5
	7	5,0267 E-3	5,0674 E-3	5,0471 E-3	0,0050471	2,039 E-5
	8	4,8906 E-3	4,7685 E-3	4,8295 E-3	0,0048295	6,110 E-5
					0,004969175	
AC-59	1	5,0953 E-3	5,2671 E-3	5,1812 E-3	0,0051812	8,593 E-5
	2	4,4297 E-3	4,4377 E-3	4,4377 E-3	0,0044377	3,860 E-5
	3	5,4986 E-3	5,5909 E-3	5,5448 E-3	0,0055448	4,619 E-5
	4	4,8618 E-3	4,9502 E-3	4,9060 E-3	0,004906	4,419 E-5
	5	4,7526 E-3	4,7506 E-3	4,7516 E-3	0,0047516	1,384 E-5
	6	5,0456 E-3	5,0009 E-3	5,0232 E-3	0,0050232	2,236 E-5
	7	7,7062 E-3	7,6118 E-3	7,6590 E-3	0,007659	4, 721 E-5
	8	5,8920 E-3	5,8035 E-3	5,8477 E-3	0,0058477	4,421 E-5
					0,0054189	
AC-60	1	6,0281 E-3	5,9506 E-3	5,9893 E-3	0,0059893	3,878 E-5
	2	4,2698 E-3	4,4297 E-3	4,3498 E-3	0,0043498	7,997 E-5
	3	7,1090 E-3	7,0911 E-3	7,1001 E-3	0,0071001	9,012 E-6
	4	6,7314 E-3	6,5357 E-3	6,6336 E-3	0,0066336	9,788 E-5
	5	5,9784 E-3	5,9953 E-3	5,9868 E-3	0,0059868	8,425 E-6
	6	5,1767 E-3	5,0178 E-3	5,0972 E-3	0,0050972	7,947 E-5
	7	4,9482 E-3	4,9175 E-3	4,9328 E-3	0,0049328	1,548 E-5

	8	3,8616 E-3	3,9719 E-3	3,9167 E-3	0,0039167 0,005500788	5,512 E-5
AC-61a	1	3,6650 E-3	4,3791 E-3	4,0220 E-3	0,004022	3,571 E-4
	2	3,7365 E-3	3,6272 E-3	3,6819 E-3	0,0036819	5,463 E-5
	3	4,4864 E-3	4,6026 E-3	4,5445 E-3	0,0045445	5,812 E-5
	4	5,2611 E-3	5,1698 E3	5,2155 E-3	0,0052155	4,566 E-5
	5	3,7911 E-3	3,7345 E-3	3,7628 E-3	0,0037628	2,832 E-5
	6	3,0234 E-3	2,8953 E-3	2,9594 E-3	0,0029594	6,405 E-5
	7	4,9800 E-3	4,9691 E-3	4,9746 E-3	0,0049746 0,004165814	5,501 E-6
AC-61b	1	4,9691 E-3	4,9502 E-3	4,9597 E-3	0,0049597	9,466 E-6
	2	4,7059 E-3	4,6910 E-3	4,6984 E-3	0,0046984	7,396 E-6
	3	5,2363 E-3	5,2274 E-3	5,2318 E-3	0,0052318	4,205 E-6
	4	5,3883 E-3	5,3813 E-3	5,3848 E-3	0,0053848	3,915 E-6
	5	5,1797 E-3	5,1539 E-3	5,1668 E-3	0,0051668	1,300 E-5
	6	4,5847 E-3	4,5519 E-3	4,5683 E-3	0,0045683	1,638 E-5
	7	5,0903 E-3	5,0625 E-3	5,0764 E-3	0,0050764 0,005012314	1,401 E-5
AC-62a	1	4,4536 E-3	4,4933 E-3	4,4735 E-3	0,0044735	1,994 E-5
	2	3,8676 E-3	3,8686 E-3	3,8681 E-3	0,0038681	1,703 E-7
	3	2,4395 E-3	2,5239 E-3	2,4817 E-3	0,0024817	4,220 E-5
	4	3,5249 E-3	3,6302 E-3	3,5776 E-3	0,0035776	5,264 E-5
	5	3,6997 E-3	3,7136 E-3	3,7067 E-3	0,0037067	7,037 E-3
	6	3,1307 E-3	3,2270 E-3	3,1788 E-3	0,0031788	4,817 E-5
	7	4,5420 E-3	4,5619 E-3	4,5519 E-3	0,0045519	9,821 E-6
	8	2,5954 E-3	2,7454 E-3	2,6704 E-3	0,0026704	7,497 E-5
	9	2,7334 E-3	2,6818 E-3	2,7076 E-3	0,0027076 0,003468478	2,583 E-5
AC-62b	1	7,3773 E-3	7,3653 E-3	7,3713 E-3	0,0073713	6,283 E-6
	2	5,7380 E-3	5,6664 E-3	5,7022 E-3	0,0057022	3,577 E-5
	3	5,2701 E-3	5,2939 E-3	5,2820 E-3	0,005282	1,201 E-5
	4	5,3366 E-3	5,3128 E-3	5,3247 E-3	0,0053247	1,182 E-5
	5	6,4662 E-3	6,4195 E-3	6,4428 E-3	0,0064428	2,334 E-5
	6	4,7774 E-3	4,7645 E-3	4,7709 E-3	0,0047709	6,655 E-6
	7	5,7668 E-3	5,7936 E-3	5,7802 E-3	0,0057802	1,355 E-5
	8	4,3771 E-3	4,2281 E-3	4,3026 E-3	0,0043026 0,005622088	7,450 E-5
AC-63	1	5,8999 E-3	5,9486 E-3	5,9242 E-3	0,0059242	2,435 E-5
	2	5,5075 E-3	5,4618 E-3	5,4847 E-3	0,0054847	2,280 E-5
	3	6,4374 E-3	6,2923 E-3	6,3648 E-3	0,0063648	7,254 E-3
	4	4,6761 E-3	4,6761 E-3	4,6761 E-3	0,0046761	8,432 E-7
	5	3,7295 E-3	3,8229 E-3	3,7762 E-3	0,0037762	4,668 E-5
	6	4,7128 E-3	4,7387 E-3	4,7257 E-3	0,0047257	1,291 E-5
	7	5,4121 E-3	5,4310 E-3	5,4216 E-3	0,0054216	9,421 E-5
	8	5,4201 E-3	5,4032 E-3	5,4116 E-3	0,0054116 0,005223113	8,601 E-6

AC-64	1	4,4883 E-3	4,5678 E-3	4,5281 E-3	0,0045281	3,972 E-5
	2	3,9560 E-3	3,7971 E-3	3,8765 E-3	0,0038765	7,945 E-5
	3	2,7781 E-3	2,8119 E-3	2,7950 E-3	0,002795	1,688 E-5
	4	4,6105 E-3	4,8926 E-3	4,7516 E-3	0,0047516 0,0039878	1,410 E-4
AC-65	1	3,2826 E-3	3,2528 E-3	3,2677 E-3	0,0032677	1,493 E-5
	2	3,3740 E-3	3,3621 E-3	3,3680 E-3	0,003368	5,961 E-6
	3	3,3333 E-3	3,3780 E-3	3,3556 E-3	0,0033556	2,234 E-5
	4	3,1277 E-3	3,1088 E-3	3,1183 E-3	0,0031183	9,450 E-6
	5	3,4405 E-3	3,4385 E-3	3,4395 E-3	0,0034395	2,161 E-7
	6	3,4217 E-3	3,4922 E-3	3,4569 E-3	0,0034569	3,525 E-5
	8	3,2459 E-3	3,2985 E-3	3,2722 E-3	0,0032722	2,635 E-5
					0,003325457	
AC-66	1	2,4832 E-3	2,3601 E-3	2,4216 E-3	0,0024216	6,157 E-5
	2	2,6302 E-3	2,6361 E-3	2,6331 E-3	0,0026331	3,013 E-6
	3	2,3293 E-3	2,4633 E-3	2,3963 E-3	0,0023963	6,703 E-5
	4	2,7414 E-3	2,7066 E-3	2,7240 E-3	0,002724	1,738 E-5
	5	2,4206 E-3	4,4891 E-3	2,4549 E-3	0,0024549	3,425 E-5
	6	2,4077 E-3	2,2588 E-3	2,3332 E-3	0,0023332	7,447 E-5
	7	2,7811 E-3	2,6927 E-3	2,7369 E-3	0,0027369	4,419 E-5
	8	2,2975 E-3	2,3372 E-3	2,3174 E-3	0,0023174 0,002502175	1,984 E-5
AC-67a	1	2,8188 E-3	2,8029 E-3	2,8109 E-3	0,0028109	7,962 E-6
	2	2,5338 E-3	2,5517 E-3	2,5428 E-3	0,0025428	8,913 E-6
	3	2,9430 E-3	2,8874 E-3	2,9158 E-3	0,0029158	2,779 E-5
	4	2,8818 E-3	2,6341 E-3	2,7280 E-3	0,002728	9,483 E-5
	5	2,8208 E-3	2,8486 E-3	2,8347 E-3	0,0028347	1,391 E-5
	6	2,9618 E-3	2,9757 E-3	2,9687 E-3	0,0029687	2,124 E-5
	7	2,6312 E-3	2,6878 E-3	2,6595 E-3	0,0026595	2,838 E-5
	8	2,8675 E-3	2,8506 E-3	2,8591 E-3	0,0028591 0,002789938	8,474 E-6
AC-67b	1	1,0414 E-3	9,0145 E-4	9,7144 E-3	0,0097144	7,0007 E-5
	2	1,0375 E-3	9,6995 E-4	1,0067 E-3	0,0010067	3,376 E-5
	3	1,0682 E-3	1,0694 E-3	1,0588 E-3	0,0010588	9,438 E-6
	4	1,2887 E-3	1,1933 E-3	1,2410 E-3	0,001241	4,766 E-5
	5	9,0443 E-4	9,5804 E-4	9,3123 E-4	0,00093123	2,681 E-5
	6	9,5506 E-4	9,8385 E-4	9,6946 E-4	0,00096946	1,440 E-5
	7	1,2202 E-3	1,0236 E-3	1,1219 E-3	0,0011219	9,829 E-5
	8	9,2577 E-4	1,0256 E-3	1,0107 E-3	0,0010107 0,002131774	1,489 E-5
AC-68	1	2,1585 E-3	2,1813 E-3	2,1699 E-3	0,0021699	1,142 E-5
	2	1,8397 E-3	1,8308 E-3	1,8353 E-3	0,0018353	4,462 E-6
	3	1,6471 E-3	1,6133 E-3	1,6302 E-3	0,0016302	1,689 E-5
	4	1,9787 E-3	1,9420 E-3	1,9604 E-3	0,0019604	1,837 E-5
	5	1,5081 E-3	1,4882 E-3	1,4982 E-3	0,0014982	9,927 E-6

	6	2,0195 E-3	1,9569 E-3	1,9882 E-3	0,0019882	3,128 E-5
	7	2,5219 E-3	2,4683 E-3	2,4951 E-3	0,0024951	2,682 E-5
					0,001939614	
AC-69	1	2,6421 E-3	2,6530 E-3	2,6475 E-3	0,0026475	5,439 E-6
	2	4,6880 E-3	4,7089 E-3	4,6984 E-3	0,0046984	1,033 E-5
	3	4,3910 E-3	4,4764 E-3	4,4337 E-3	0,0044337	4,274 E-5
	4	4,0901 E-3	4,0344 E-3	4,0283 E-3	0,0040283	2,777 E-5
					0,003951975	
AC-72	1	6,3339 E-4	6,4034 E-4	6,3686 E-4	0,00063686	3,473 E-6
	2	8,9053 E-4	8,6868 E-4	8,7961 E-4	0,00087961	1,092 E-5
	3	7,9720 E-4	8,1209 E-4	8,0464 E-4	0,00080464	7,450 E-6
					0,000773703	
AC-78	1	4,6661 E-3	4,5201 E-3	4,5931 E-3	0,0045931	7,300 E-5
	2	4,8161 E-3	4,7953 E-3	4,8057 E-3	0,0048057	1,043 E-5
	3	3,6183 E-3	3,5537 E-3	3,5960 E-3	0,003596	3,227 E-5
	4	3,6610 E-3	3,8686 E-3	3,7648 E-3	0,0037648	1,038 E-4
	5	5,0208 E-3	5,9969 E-3	5,0088 E-3	0,0050088	1,181 E-5
	6	5,0804 E-3	4,9900 E-3	5,0352 E-3	0,0050352	4,522 E-5
	7	5,1866 E-3	5,1429 E-3	5,1649 E-3	0,0051649	2,187 E-5
	8	5,0138 E-3	5,9582 E-3	4,9860 E-3	0,004986	2,784 E-5
					0,004619313	
AC-79	1	3,6620 E-3	3,6550 E-3	3,6585 E-3	0,0036585	3,415 E-6
	2	4,9900 E-3	4,9790 E-3	4,9845 E-3	0,0049845	5,266 E-6
	3	3,7256 E-3	3,6868 E-3	3,7062 E-3	0,0037062	1,936 E-5
	4	4,3900 E-3	3,9341 E-3	4,1621 E-3	0,0041621	2,279 E-4
	5	4,6135 E-3	4,6691 E-3	4,6413 E-3	0,0046413	2,782 E-5
	6	3,9639 E-3	3,8656 E-3	3,9148 E-3	0,0039148	4,917 E-5
	7	5,1310 E-3	5,0704 E-3	5,1007 E-3	0,0051007	3,026 E-5
	8	3,9987 E-3	4,2013 E-3	4,1000 E-3	0,0041	1,013 E-4
					0,004283513	
AC-81	1	1,7246 E-3	1,7176 E-3	1,7211 E-3	0,0017211	3,504 E-6
	2	1,6958 E-3	1,7186 E-3	1,7072 E-3	0,0017072	1,142 E-5
	3	1,7841 E-3	1,7603 E-3	1,7722 E-3	0,0017722	1,192 E-5
					0,0017335	
AC-82	1	6,6659 E-3	6,5864 E-3	6,6261 E-3	0,0066261	3,970 E-5
	2	4,6224 E-3	4,7923 E-3	4,7074 E-3	0,0047074	8,493 E-5
	3	6,3688 E-3	6,3499 E-3	6,3594 E-3	0,0063594	9,246 E-6
	4	5,9992 E-3	2,9744 E-3	5,9868 E-3	0,0059868	1,251 E-5
	5	4,8628 E-3	4,7824 E-3	4,8226 E-3	0,0048226	4,022 E-5
	6	6,6619 E-3	6,6718 E-3	6,6669 E-3	0,0066669	4,470 E-6
	7	8,0162 E-3	7,9506 E-3	7,9834 E-3	0,0079834	3,297 E-5
	8	6,8198 E-3	6,7762 E-3	6,7975 E-3	0,0067975	2,126 E-5
					0,006243763	
AC-83a	1	3,7911 E-3	3,7315 E-3	3,7613 E-3	0,0037613	2,980 E-5

	2	3,7633 E-3	3,7633 E-3	3,7633 E-3	0,0037633	2,264 E-7
	3	4,8151 E-3	3,7834 E-3	4,7992 E-3	0,0047992	1,584 E-5
	4	4,4446 E-3	4,3006 E-3	4,3726 E-3	0,0043726	7,201 E-5
	5	3,9977 E-3	4,0116 E-3	4,0046 E-3	0,0040046	6,960 E-6
	6	4,2142 E-3	4,1348 E-3	4,1745 E-3	0,0041745	3,977 E-5
	7	4,9910 E-3	4,8310 E-3	4,9110 E-3	0,004911	7,996 E-5
	8	4,4228 E-3	4,3294 E-3	4,3761 E-3	0,0043761	4,671 E-5
					0,004270325	
AC-83b	1	3,8120 E-3	3,7246 E-3	3,7683 E-3	0,0037683	4,369 E-5
	2	3,6680 E-3	3,7702 E-3	3,7191 E-3	0,0037191	5,114 E-5
	3	3,8318 E-3	3,9004 E-3	3,8661 E-3	0,0038661	3,428 E-5
	4	3,5339 E-3	3,5120 E-3	3,5230 E-3	0,003523	1,024 E-5
					0,003719125	
AC-84	1	4,6959 E-3	4,8837 E-3	4,7898 E-3	0,0047898	9,388 E-5
	2	4,1526 E-3	4,6681 E-3	4,4104 E-3	0,0044104	2,578 E-4
	3	5,6625 E-3	5,6625 E-3	5,6625 E-3	0,0056625	9,250 E-7
	4	3,8130 E-3	3,6084 E-3	3,7107 E-3	0,0037107	1,023 E-4
	5	4,6453 E-3	4,7406 E-3	4,6930 E-3	0,004693	4,766 E-5
	6	4,5112 E-3	4,2917 E-3	4,4014 E-3	0,0044014	1,098 E-4
	7	4,3980 E-3	4,4506 E-3	4,4243 E-3	0,0044243	2,635 E-5
	8	4,2927 E-3	4,2778 E-3	4,2852 E-3	0,0042852	7,644 E-6
	9	4,5311 E-3	4,5887 E-3	4,5599 E-3	0,0045599	2,881 E-5
					0,004548578	
AC-84a	1	2,5209 E-3	2,4365 E-3	2,4787 E-3	0,0024787	4,221 E-5
	2	2,8020 E-3	2,8417 E-3	2,8218 E-3	0,0028218	1,985 E-5
	3	2,4117 E-3	2,3839 E-3	2,3978 E-3	0,0023978	1,395 E-5
	4	2,2528 E-3	2,4971 E-3	2,3750 E-3	0,002375	1,221 E-4
	5	2,1624 E-3	2,1535 E-3	2,1580 E-3	0,002158	4,518 E-6
	6	3,2776 E-3	3,2200 E-3	3,2488 E-3	0,0032488	2,879 E-5
	7	2,3700 E-3	2,4167 E-3	2,3933 E-3	0,0023933	2,333 E-5
					0,002553343	
AC-84b	1	3,6342 E-3	3,7295 E-3	3,6819 E-3	0,0036819	4,767 E-5
	2	3,7067 E-3	3,7772 E-3	3,7419 E-3	0,0037419	3,526 E-5
	3	3,8944 E-3	3,8835 E-3	3,8889 E-3	0,0038889	5,510 E-6
	4	2,9539 E-3	2,9638 E-3	2,9589 E-3	0,0029589	5,062 E-6
	5	4,4456 E-3	4,4248 E-3	4,4352 E-3	0,0044352	1,034 E-5
	6	3,3730 E-3	3,3760 E-3	3,3745 E-3	0,0033745	1,598 E-6
	7	3,8060 E-3	3,7812 E-3	3,7936 E-3	0,0037936	1,242 E-5
	8	3,4991 E-3	3,5945 E-3	3,5468 E-3	0,0035468	4,767 E-5
					0,003677713	
AC-84c	1	4,7226 E-3	4,8628 E-3	4,8027 E-3	0,0048027	6,010 E-5
	2	6,9898 E-3	5,5790 E-3	6,2844 E-3	0,0062844	7,054 E-4
	3	7,6098 E-3	7,5750 E-3	7,5924 E-3	0,0075924	1,737 E-5
	4	6,2844 E-3	6,1959 E-3	6,2402 E-3	0,0062402	4,416 E-5
	5	4,9492 E-3	4,8499 E-3	4,8996 E-3	0,0048996	4,969 E-5
	6	7,0375 E-3	6,8467 E-3	6,9421 E-3	0,0069421	9,536 E-5

	7	6,1701 E-3	6,6661 E-3	6,1681 E-3	0,0061681	1,252 E-6
	8	5,8641 E-3	5,8552 E-3	5,8597 E-3	0,0058597	4,464 E-6
	9	6,3261 E-3	6,1781 E-3	6,2521 E-3	0,0062521	7,400 E-5
					0,00535646	
AC-86	1	5,4996 E-3	5,4469 E-3	5,4732 E-3	0,0054732	2,633 E-5
	2	4,3692 E-3	4,3702 E-3	4,3697 E-3	0,0043697	1,469 E-6
	3	4,6761 E-3	4,7228 E-3	4,6994 E-3	0,0046994	2,338 E-5
	4	4,0629 E-3	4,0960 E-3	4,0826 E-3	0,0040826	1,341 E-5
	5	4,5748 E-3	4,5628 E-3	4,5688 E-3	0,0045688	5,829 E-6
	6	4,3175 E-3	4,4645 E-3	4,3910 E-3	0,004391	7,349 E-5
	7	6,4036 E-3	6,3857 E-3	6,3946 E-3	0,0063946	9,173 E-6
					0,004854186	
AC-87a	1	4,4139 E-3	4,3533 E-3	4,3836 E-3	4,3836 E-3	3,026 E-5
	2	3,2508 E-3	3,3333 E-3	3,2920 E-3	0,003292	4,120 E-5
	3	3,1128 E-3	3,1744 E-3	3,1436 E-3	0,0031436	3,078 E-5
	4	3,1605 E-3	3,0959 E-3	3,1283 E-3	0,0031283	3,229 E-5
	5	4,5301 E-3	4,5261 E-3	4,5281 E-3	0,0045281	1,965 E-6
	6	4,1665 E-3	4,2788 E-3	4,2227 E-3	0,0042227	5,612 E-5
	7	3,5815 E-3	3,6709 E-3	3,6262 E-3	0,0036262	4,469 E-5
	8	4,2430 E-3	4,2102 E-3	4,2266 E-3	0,0042266	1,633 E-5
					0,003738214	
AC-87b	1	7,8453 E-3	7,9287 E-3	7,8870 E-3	0,007887	4,180 E-5
	2	4,4417 E-3	4,4814 E-3	4,4615 E-3	0,0044615	1,994 E-5
	3	4,1745 E-3	4,2371 E-3	4,2058 E-3	0,0042058	3,128 E-5
	4	6,0529 E-3	6,0896 E-3	6,0713 E-3	0,0060713	1,832 E-5
					0,0056564	
AC-88	1	2,8526 E-3	2,8735 E-3	2,8630 E-3	0,002863	1,039 E-5
	2	2,3889 E-3	2,4693 E-3	2,4291 E-3	0,0024291	4,022 E-5
	3	2,4961 E-3	2,5795 E-3	2,5378 E-3	0,0025378	4,171 E-5
	4	3,5547 E-3	3,4167 E-3	3,4857 E-3	0,0034857	6,902 E-5
	5	3,3293 E-3	3,3184 E-3	3,3238 E-3	0,0033238	5,501 E-6
	6	2,6470 E-3	2,6371 E-3	2,6421 E-3	0,0026421	5,029 E-6
					0,00288025	
AC-90	1	2,2995 E-3	2,2766 E-3	2,2881 E-3	0,0022881	1,144 E-5
	2	1,4803 E-3	1,5150 E-3	1,4977 E-3	0,0014977	1,788 E-5
	3	1,7136 E-3	1,7881 E-3	1,7509 E-3	0,0017509	3,724 E-5
	4	2,0294 E-3	1,9847 E-3	2,0070 E-3	0,002007	2,233 E-5
	5	1,3492 E-3	1,3959 E-3	1,3726 E-3	0,0013726	2,333 E-5
	6	1,8546 E-3	1,9033 E-3	1,8790 E-3	0,001879	2,433 E-5
	7	1,8159 E-3	1,8526 E-3	1,8343 E-3	0,0018343	1,836 E-5
					0,001804229	
AC-91	1	1,9907 E-3	2,0085 E-3	1,9996 E-3	0,0019996	8,908 E-6
	2	2,3332 E-3	2,2051 E-3	2,2692 E-3	0,0022692	6,404 E-6
	3	1,7901 E-3	1,7643 E-3	1,7772 E-3	0,0017772	1,290 E-6
	4	2,2667 E-3	2,0900 E-3	2,1783 E-3	0,0021783	8,838 E-5

					0,002056075	
AC-92	1	3,1386 E-3	3,2528 E-3	3,1957 E-3	0,0031957	5,711 E-5
	2	2,5775 E-3	2,5676 E-3	2,5726 E-3	0,0025726	4,984 E-6
	3	2,2518 E-3	2,3442 E-3	2,2980 E-3	0,002298	4,618 E-5
	4	2,6262 E-3	2,5855 E-3	2,6058 E-3	0,0026058	2,036 E-5
	5	1,9549 E-3	1,9460 E-3	1,9504 E-3	0,0019504	4,459 E-6
	6	3,2240 E-3	3,0602 E-3	3,1421 E-3	0,0031421	8,193 E-5
	7	4,9989 E-3	4,4198 E-3	4,7094 E-3	0,0047094	2,895 E-4
	8	2,4623 E-3	2,6421 E-3	2,5520 E-3	0,002552	8,987 E-5
					0,00287825	
AC-94	1	2,1227 E-3	2,2131 E-3	2,2169 E-3	0,0022169	4,517 E-5
	2	1,6550 E-3	1,7315 E-3	1,6933 E-3	0,0016933	3,823 E-5
	3	1,3760 E-3	1,3333 E-3	1,3547 E-3	0,0013547	2,135 E-5
	4	1,3393 E-3	1,2827 E-3	1,3110 E-3	0,001311	2,830 E-5
	5	1,4704 E-3	1,4644 E-3	1,4674 E-3	0,0014674	2,963 E-6
	6	1,4019 E-3	1,4604 E-3	1,4311 E-3	0,0014311	2,929 E-5
	7	1,5309 E-3	1,6094 E-3	1,5702 E-3	0,0015702	3,922 E-5
	8	1,3443 E-3	1,4158 E-3	1,3800 E-3	0,00138	3,574 E-5
					0,001553075	
AC-95	1	4,6274 E-3	4,6344 E-3	4,6309 E-3	0,0046309	3,514 E-6
	2	4,8102 E-3	4,8112 E-3	4,8107 E-3	0,0048107	1,812 E-6
	3	3,4087 E-3	3,2965 E-3	3,3526 E-3	0,0033526	5,612 E-5
	4	5,4251 E-3	5,2790 E-3	5,3220 E-3	0,005322	7,301 E-5
	5	3,0254 E-3	3,0145 E-3	3,0199 E-3	0,0030199	5,485 E-6
	6	4,2579 E-3	4,5162 E-3	4,3870 E-3	0,004387	1,291 E-4
	7	5,5959 E-3	4,5162 E-3	5,6063 E-3	0,0056063	1,030 E-5
	8	5,2880 E-3	5,3009 E-3	5,2944 E-3	0,0052944	6,377 E-6
					0,004552975	
AC-96	1	2,9916 E-3	2,9430 E-3	2,9673 E-3	0,0029673	2,433 E-5
	2	2,6649 E-3	2,5716 E-3	2,6182 E-3	0,0026182	4,667 E-5
	3	4,8678 E-3	4,7198 E-3	4,7938 E-3	0,0047938	7,401 E-5
	4	2,7642 E-3	2,6699 E-3	2,7170 E-3	0,002717	4,716 E-5
	5	2,3352 E-3	2,5388 E-3	2,4370 E-3	0,002437	1,018 E-4
	6	3,9153 E-3	3,8735 E-3	3,8944 E-3	0,0038944	2,084 E-5
	7	4,0166 E-3	4,0513 E-3	4,0339 E-3	0,0040339	1,173 E-5
					0,003351657	
AC-97	1	2,4743 E-3	2,4574 E-3	2,4658 E-3	0,0024658	8,485 E-6
	2	1,5955 E-3	1,5339 E-3	1,5647 E-3	0,0015647	3,038 E-5
	3	1,9748 E-3	1,9639 E-3	1,9693 E-3	0,0019693	5,508 E-6
	4	2,5815 E-3	2,5726 E-3	2,5770 E-3	0,002577	4,450 E-6
	5	1,7224 E-3	1,8050 E-3	1,7737 E-3	0,0017737	3,128 E-5
	6	2,4574 E-3	2,4713 E-3	2,4643 E-3	0,0024643	6,936 E-6
	7	1,9112 E-3	1,8099 E-3	1,8606 E-3	0,0018606	5,064 E-5
	8	2,5547 E-3	2,6202 E-3	2,5875 E-3	0,0025875	3,276 E-5
	9	2,5706 E-3	2,5884 E-3	2,5795 E-3	0,0025795	8,953 E-6
	10	2,4306 E-3	2,3531 E-3	2,3918 E-3	0,0023918	3,873 E-5

					0,00222342	
AC-103	1	4,3016 E-3	4,3225 E-3	4,3120 E-3	0,04312	1,055 E-5
	2	3,8070 E-3	3,7683 E-3	3,7876 E-3	0,037876	1,936 E-5
	3	3,5994 E-3	3,7186 E-3	3,6590 E-3	0,03659	5,959 E-5
					0,039195333	
AC-103a	1	3,8298 E-3	3,9616 E-3	3,8457 E-3	0,038457	1,585 E-5
	2	3,5637 E-3	3,5786 E-3	3,5711 E-3	0,035711	7,474 E-6
	3	3,7143 E-3	3,6729 E-3	3,6938 E-3	0,036938	2,083 E-5
					0,037035333	
AC-105 a	1	3,8656 E-3	3,8795 E-3	3,8725 E-3	0,0038725	6,954 E-6
	2	3,5210 E-3	3,7463 E-3	3,4986 E-3	0,0034986	2,234 E-5
	3	4,2381 E-3	4,1129 E-3	4,1755 E-3	0,0041755	6,253 E-5
	4	3,4542 E-3	3,5369 E-3	3,4956 E-3	0,0034956	4,121 E-5
	5	3,9947 E-3	3,9709 E-3	3,9828 E-3	0,0039828	1,184 E-5
	6	4,4407 E-3	4,4178 E-3	4,4293 E-3	0,0044293	1,131 E-5
					0,00390905	
AC-106	1	1,1285 E-3	1,1040 E-3	1,1149 E-3	0,0011149	1,092 E-5
	2	9,8385 E-4	9,2627 E-4	9,5506 E-4	0,00095506	2,879 E-5
	3	1,0444 E-3	9,5804 E-4	1,0012 E-3	0,0010012	4,319 E-5
	4	1,0146 E-3	1,0643 E-3	1,0395 E-3	0,0010395	2,482 E-5
	5	9,8485 E-4	9,4684 E-4	9,1584 E-4	0,00091584	6,900 E-5
	6	9,2230 E-4	8,9648 E-4	9,0939 E-4	0,00090939	1,291 E-5
					0,000989315	