

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS



O ARCO MAGMÁTICO CAUABURI: UMA REVISÃO
LITOESTRATIGRÁFICA E SUA CONTRIBUIÇÃO NA
EVOLUÇÃO DO DOMÍNIO IMERI, PROVÍNCIA RIO NEGRO,
CRÁTON AMAZÔNICO

MARCIA CAROLINE RODRIGUES CARNEIRO

MANAUS

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS



MARCIA CAROLINE RODRIGUES CARNEIRO

O ARCO MAGMÁTICO CAUABURI: UMA REVISÃO
LITOESTRATIGRÁFICA E SUA CONTRIBUIÇÃO NA EVOLUÇÃO DO
DOMÍNIO IMERI, PROVÍNCIA RIO NEGRO, CRÁTON AMAZÔNICO

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Geociências da
Universidade Federal do Amazonas,
como requisito para obtenção do
título de Mestre em Geociências, área
de Geologia Regional.

ORIENTADORA: Prof^a Dr^a. Rielva Solimairy Campelo do Nascimento

MANAUS

2016

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C289a Carneiro, Marcia Caroline Rodrigues
O Arco Magmático Cauaburi: Revisão litoestratigráfica e sua contribuição na evolução do Domínio Imeri, Província Rio Negro, Cráton Amazônico / Marcia Caroline Rodrigues Carneiro. 2016
72 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Profª Drª. Rielva Solimairy Campelo do Nascimento
Dissertação (Mestrado em Geociências - Geologia Regional) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Domínio Imeri. 2. Complexo Cauaburi. 3. Litoestratigrafia. 4. Evolução Tectonometamórfica. I. Nascimento, Profª Drª. Rielva Solimairy Campelo do II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

MÁRCIA CAROLINE RODRIGUES CARNEIRO

O ARCO MAGMÁTICO CAUABURI: UMA REVISÃO
LITOESTRATIGRÁFICA E SUA CONTRIBUIÇÃO NA EVOLUÇÃO DO
DOMÍNIO IMERI, PROVÍNCIA RIO NEGRO, CRÁTON AMAZÔNICO.

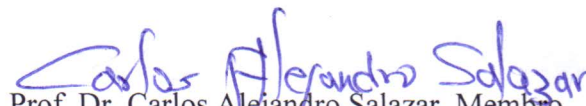
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geociências, área de concentração em Geociências.

Aprovada em 08 de abril de 2016.

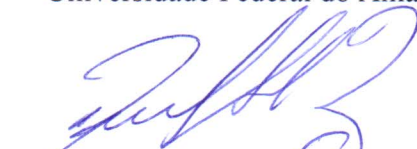
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rielva Solimairy Campelo do Nascimento, Presidente.
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Carlos Alejandro Salazar, Membro.
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Amarildo Salina Ruiz, Membro.
Universidade Federal de Mato Grosso

Dedico este trabalho ao meu avô
Adnelson de Melo Carneiro (*in memoriam*),
com toda minha gratidão e amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha querida orientadora Prof^ª Dr^ª. Rielva Solimairy Campelo do Nascimento pela liberdade e confiança, além da indiscutível amizade e compreensão nos momentos difíceis.

Ao geólogo Dr. Marcelo Almeida, muito obrigada pela ajuda e contribuição, além da disposição e paciência para sanar minhas dúvidas, você é parte essencial desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Ivaldo Trindade pelos ensinamentos, amizade e dedicação. Você foi mais do que um professor, um amigo que sempre esteve disposto a ajudar, incentivando a acreditar que tudo daria certo.

Aos professores de mestrado que destinaram parte de seu tempo para ajudar, que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho.

Ao CNPq e CAPES pelo auxílio financeiro, sem o qual o mesmo não seria realizado.

Aos colegas de mestrado e departamento Vanisse Rodrigues, Marcel Passos, Renata Veras, Holman Rincon, Andrés Zárate e Suélen Lucena pela companhia, aprendizado, carinho e apoio. O saber vai além de livros e artigos, é uma construção diária regada com muito afeto.

A minha família e amigos que tanto incentivaram, apoiaram e entenderam quando estive ausente desenvolvendo este trabalho. O apoio de vocês fez toda a diferença.

Enfim, a todos citados aqui ou não (que ajudaram de alguma forma), sinto que percorremos esse caminho junto, nos completando e fortalecendo. Obrigada pela troca de experiências e cumplicidade.

Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender o desconhecido.

Albert Einstein

RESUMO

Os estudos realizados no Complexo Cauaburi são produtos de levantamentos geológicos regionais. Diante da escassez de dados estruturais, geoquímicos e metamórficos do Complexo Cauaburi este trabalho teve como objetivo o estudo destas rochas, num perfil realizado no Rio Negro, entre as cidades de São Gabriel da Cachoeira e Santa Izabel do Rio Negro (AM), porção leste do Domínio Imeri, com o intuito de definir parâmetros que permitam diferenciar as litofácies que compõem o Complexo Cauaburi e contribuir para o entendimento da evolução do Domínio Imeri e da Província Rio Negro. Os gnaisses aflorantes no perfil estudado foram grupados em três litofácies distintas: Litofácies Santa Izabel do Rio Negro, Litofácies Cumati e Litofácies São Jorge. Os gnaisses da Litofácies Santa Izabel do Rio Negro e Cumati são metaluminosos e de afinidade cálcio-alcálica, e as rochas da Litofácies São Jorge são peraluminosa e de afinidade alcálica. Composicionalmente variam de (anfíbólio)-biotita granodioritos/monzogranitos (litofácies Cumati e Santa Izabel do Rio Negro) e biotita monzogranitos com espessartita (litofácies São Jorge). A assinatura geoquímica do Complexo Cauaburi é compatível com a de granitos gerados em ambiente colisional (arco magmático?) e sua evolução está relacionada a 3 eventos tectonometamórficos distintos: D₁ responsável pela geração da foliação S₁ durante a colocação sintectônica do Complexo Cauaburi (Orogenia Cauaburi); D₂ responsável pela foliação S₂ e metamorfismo M₂ em fácies anfíbolito alto chegando a isógrada da anatexia (717,9°C e 5,84 kbars) e geração e alojamento dos granitos Tipo I da Suíte Uaupés e S da Suíte Içana (Orogenia Içana) e D₃ de mais baixa temperatura responsável pela geração da foliação S₃ e retrabalhamento por zonas de cisalhamentos transcorrentes em fácies xisto verde associado ao Evento denominado cinturão de cisalhamento K'Mudku.

Palavras chaves: Domínio Imeri, Complexo Cauaburi, litoestratigrafia, evolução tectonometamórfica.

ABSTRACT

Studies in Complex Cauaburi are products of regional geological surveys. Given the scarcity of structural, geochemical and metamorphic dates of Cauaburi Complex this work aimed the study of these rocks, a profile held in Rio Negro, between the cities of São Gabriel da Cachoeira and Santa Izabel do Rio Negro (AM), eastern portion Imeri Domain, in order to set parameters for distinguishing the lithofacies the Cauaburi Complex and contribute to the understanding of the evolution of Imeri Domain and Rio Negro Province. The gneiss were grouped into three lithofacies: Santa Izabel do Rio Negro, Cumati and São Jorge. Gneisses of Santa Izabel do Rio Negro and Cumati Lithofacies are metaluminous and have a calc-alkaline affinity, and the rocks of São Jorge Lithofacies are peraluminous and have an alkaline affinity. Compositionally they vary between (amphibole) -biotite granodiorite / monzogranite (lithofacies Cumati and Santa Izabel do Rio Negro) and biotite mozogranits with espessartite (São Jorge lithofacies). The geochemical signature of Cauaburi Complex is compatible with granites generated in collisional environment (magmatic arc?) and its evolution is related to 3 tectonic metamorphic distinct events: D₁ responsible for generating S₁ foliation during Complex Cauaburi (Cauaburi Orogeny) syntectonics emplacement; D₂ responsible for S₂foliation and M₂metamorphism in high amphibolite facies reaching isograd of anatexis (717,9°C and 5,84 kbars) and generation and emplacement of I-type Uaupés Suite and S Içana Suite granites (Içana Orogeny) and D₃ lower temperature responsible for generating the S₃foliation and reworking by transcurrent shear zone in greenschist facies associated with the K'Mudku shear belt Event.

Key-words: Imeri Domain, Cauaburi Complex, lithostratigraphic, tectonometamorphic evolution.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Mapa de localização da área de estudo, em relação ao estado do Amazonas em (A) e área com a distribuição dos afloramentos visitados em (B). 15
- Figura 2: Compartimentação do Cráton Amazonas em Províncias Geocronológicas. (A) Concepção de Tassinari e Macambira (1999) e (B) de Santos et al. (2000; 2006). ... 18
- Figura 3: Divisão da Província Rio Negro em setores Rio Negro e Guiana Central (Hasui et al. 2012). 20
- Figura 4: Mapa geológico da Província Rio Negro com os Domínios Uaupés (DU), Içana (DIÇ) e Imeri (DIM), com delimitação segundo Almeida et al 2013. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1: The Provinces of The Amazon Craton (Santos et al., 2000 and 2006). 27
- Figura 2: Geological map of Rio Negro Province, with delimitation of Uaupés (UD), Içana (IÇD) and Imeri (IMD) Domains according to Almeida et al. (2013). 30
- Figura 3: Localization of the study área, NW State of Amazonas modified of CPRM (2006). 32
- Figura 4: Modal compositions of The Cauaburi Complex according to the classification of Streckeisen (1976). 33
- Figura 5: Santa Isabel do Rio Negro facies macroscopic aspects. (A) porphyritic rock of medium-grained texture containing pegmatite dikes folded by axial-plane foliation S_2 . (B) porphyritic rock of coarse-grained matrix containing euhedral, prismatic crystals of potassic feldspar and plagioclase, aligned forming the foliation. (C) zone of anatectic mobilizates disposed along the foliation S_2 attitude. (D) aplite dike displaced by a pegmatite dike. (E) Elongated enclaves oriented concordant to foliation S_2 . (F) Random distribution of xenoliths showing internal foliation and of varied sizes. 34
- Figura 6: São Jorge facies macroscopic aspects. (A) Compositional banding in the gneisses showing local folding of foliation S_1 . (B) Pegmatite dike discordant to foliation S_2 , with associated injections parallel to foliation S_2 . (C) Fine texture in gneiss with foliation S_1 and pegmatitic dikes folded by axial-plane foliation S_2 . (D) Fine-grained gneiss with pegmatitic dikes deformed by locally disharmonic closed folding, generating S-type folds. 35
- Figura 7: Cumati facies macroscopic aspects. (A) Granular, fine-grained rock showing intensely deformed and folded bands. (B) Coarse-grained, porphyritic monzogranitic rock with medium-grained matrix; potassic feldspar and plagioclase porphyroclasts as sigmoids aligned according to foliation S_2 . (C) Deformed pegmatite dike oriented to the main foliation and intruding porphyritic gneiss of medium-grained matrix. (D) Mineral mafic cluster. 36

Figura 8: Outcrops where foliation S1 can be observed. (A) Distribution of the attitude of foliation S1 pole and mineral stretching lineation (Lm1) contained in plane S1. (B) Foliation S1 folded by axial-plane foliation S2. (C) Folds representing foliation S1. (D) Intrafolial folds (S1) according to foliation S2.	37
Figura 9: Outcrops where foliation S2 was observed. (A) Dispersion of the orientation of the foliation S2 pole in outcrops and mineral stretching lineation for this deformation phase, showing SE-trending main orientation. (B) Foliation S2 arrangement in leucogneisses. (C) Stretched pegmatite dikes, concordant with foliation S2. (D) Development of sigmoid features by stretching of pegmatitic dikes derived from the deformation that generated foliation S2; pegmatites with concentrations of mafic minerals at the rims, suggesting the development of S2 in anatexis conditions (?)...	38
Figura 10: Foliation S3 structural features. (A) Orientation of the foliation S3 pole. (B) and (C) gentle and open folds representing S3. (D) shear zone according S3 with sinistral kinematics. (E) Circular and elliptical foliation representing S1, S2 and S3 refolding pattern of the dome-and-basin type.	39
Figura 11: M2 microtextural aspects. (A) Granoblastic contacts between quartz crystals (Qtz). (B) Quartz showing chessboard extinction. (C) Plagioclase with folded mechanical twinning, undulatory extinction and limit with lobate feldspar (Pl). (D) Polygonal granoblastic texture in potassic feldspar. (E) biotite (Bt) with corroded rims incorporated by feldspar. (F) Contacts between potassic feldspar (Kfs) and plagioclase with mechanical twinning and undulatory extinction defined by limit migration.	41
Figura 12: M3 microtextural aspects. (A) Quartz crystals (Qtz) with size reduced by planar slip and undulatory extinction. (B) Biotite showing pinning-type texture in quartz crystal. (C) Fractured garnet crystal. (D) Kink band in biotite.	42
Figura 13: Harker variation diagram for major and trace elements of The Cauaburi Complex.	45
Figura 14: (A) Alumina saturation index (Shand, 1927); (B) Alkalinity diagram of Frost et al. (2001); (C) Triangular diagram of Barker & Arth (1976) with A-type compositional field; (D) Alkalinity vs. SiO ₂ after Wright (1969).....	46
Figura 15: Chondrite-normalized (Boynnton, 1984) REE patterns and Chondrite-normalized (Thompson, 1982) spidergrams from sample rocks of study área.	47
Figura 16: Magmatic process and tectonic environment diagrams. (A) Variation diagram of Allégre et al. (1977); (B) Hf-Rb-Ta diagram by Harris et al. (1986); (C) Th/Ta vs. Ta/Yb diagram of Schandl & Gorton (2002); (D) (Nb/Zn) _N vs Zr of Thiéblemont & Tégyev (1994).	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Major and trace element analyses of selected sample of The Cauaburi Complex. . .	44
Tabela 1: Composição modal das rochas das Litofácies São Jorge, Cumati e Santa Izabel do Rio Negro.	62
Tabela 2: Composição química das granadas da litofácies São Jorge.	64
Tabela 3: Composição química das biotitas da litofácies São Jorge.	65
Tabela 4: Composição química das biotitas da litofácies Cumati.	66
Tabela 5: Composição química das biotitas das litofácies Cumati (continuação) e Santa Izabel do Rio Negro.	67
Tabela 6: Composição química dos plagioclásios da litofácies São Jorge.	68
Tabela 7: Composição química dos plagioclásios das litofácies São Jorge (continuação) e Cumati.	69
Tabela 8: Composição química dos plagioclásios da litofácies Cumati (continuação) e Santa Izabel do Rio Negro.	70
Tabela 9: Composição química das granadas da litofácies São Jorge.	71
Tabela 10: Composição química do anfibólio da litofácies Cumati.	72

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	14
1 INTRODUÇÃO	14
2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	14
3 MÉTODOS UTILIZADOS.....	16
CAPÍTULO II - CONTEXTO GEOTECTÔNICO REGIONAL.....	18
4 CRÁTON AMAZÔNICO	18
4.1 Província Rio Negro	19
4.1.1 Complexo Cauaburi.....	21
4.1.1.1 GRANITÓIDES INTRUSIVOS.....	22
4.1.1.1.1 Granitos tipo A.....	22
4.1.1.1.2 Granito tipo S.....	22
4.1.1.1.3 Granito tipo I.....	23
4.1.1.1.4 Granito Curicuriari	23
4.1.1.1.5 Suíte Tapuruquara	23
CAPÍTULO III - ARTIGO.....	25
INTRODUCTION.....	26
THE RIO NEGRO PROVINCE.....	28
MATERIALS AND METHODS	31
THE CAUABURI COMPLEX	31
<i>Field and petrographic aspects</i>	31
<i>Deformation</i>	36
METAMORPHIC CONDITIONS – M ₂ AND M ₃	39
LITHOGEOCHEMISTRY.....	43
DISCUSSIONS	47
CONCLUSIONS	50
ACKNOWLEDGMENTS	52
REFERENCES	52
CAPÍTULO IV - CONCLUSÕES.....	58
CAPÍTULO V - REFERÊNCIAS	60
CAPÍTULO VI - ANEXOS.....	61
5 TABELA DE CLASSIFICAÇÃO MODAL.....	61
6 TABELAS DE QUÍMICA MINERAL.....	63

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

O Complexo Cauaburi, compreende um terreno granítico gnáissico, subdividido por Almeida *et al.* (2002), com base em características composicionais e deformacionais, em litofácies Tarsira e Santa Izabel do Rio Negro. A litofácies Santa Izabel do Rio Negro compreende biotita-(hornblenda) granodioritos, monzogranitos, gnaisses e milonitos, aflorantes no médio curso do rio Negro (Almeida *et al.* 2002, 2007), com idade de cristalização em torno de 1,80 Ga (Santos *et al.* 2000; CPRM 2003). Dados isotópicos (Sm-Nd), de rochas da litofácies Santa Izabel do Rio Negro, revelam valores de ϵ_{Nd} no intervalo de +0,73 a -1,67 (Sato & Tassinari 1997, Santos *et al.* 2000) e as idades modelo (T_{DM}) no intervalo 2,21 - 1,99 Ga sugerindo fontes Transamazônicas para os protólitos desta litofácies.

Os estudos realizados no complexo Cauaburi são produtos de levantamentos geológicos regionais. Diante da escassez de estudos que caracterizem rochas do Complexo Cauaburi, o presente trabalho se propôs a realizar estudos estruturais, metamórficos e químicos, com intuito de propor um modelo petrogenético para as rochas do Complexo Cauaburi, além da proposição de uma evolução tectono-metamórfica para as rochas das litofácies Santa Izabel do Rio Negro, Cumati e São Jorge. Ainda é possível definir e diferenciar os gnaisses do Complexo Cauaburi, diferenciando-os dos demais embasamentos da Província Rio Negro, contribuindo para o melhor entendimento da evolução do Domínio Imeri e conseqüentemente da Província Rio Negro.

2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se na região NW do estado do Amazonas, entre as cidades de São Gabriel da Cachoeira e Santa Isabel do Rio Negro (Figura 1). O acesso a área foi realizado por via aérea partindo de Manaus até São Gabriel da Cachoeira e Santa Isabel do Rio Negro, seguindo por via fluvial na área do trabalho.

Legenda

- ▭ Área de estudo
- Localidade
- ↘ Drenagem
- Ponto sem amostragem
- Ponto com amostra de lâmina
- Ponto com amostra de geoquímica
- Ponto com amostra de lâmina e geoquímica

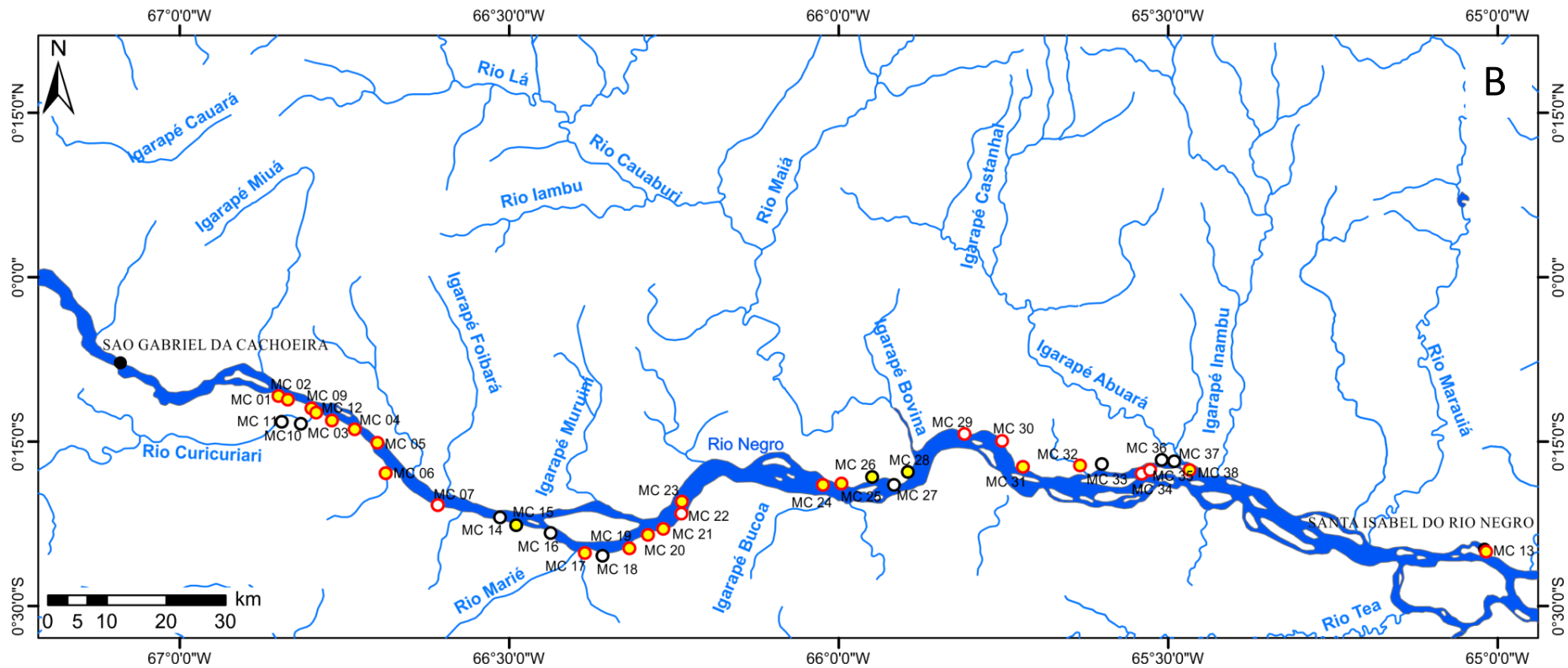
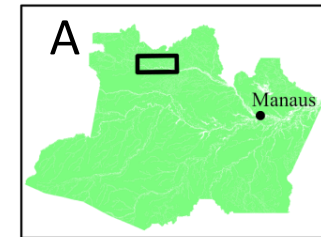


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo, em relação ao estado do Amazonas em (A) e área com a distribuição dos afloramentos visitados em (B).

3 MÉTODOS UTILIZADOS

A metodologia utilizada neste trabalho pode ser separada em três etapas básicas: pré campo, campo e laboratorial. A etapa precursora ao trabalho de campo consistiu de pesquisa bibliográfica, com levantamento de publicações referentes a geologia da região (SIG, projetos e artigos), aos métodos a serem utilizados na etapa laboratorial para definição da forma de coleta de amostras, além da confecção de mapas geológicos e de localização para auxiliar no trabalho de campo. O levantamento bibliográfico se estende até a conclusão deste trabalho.

O trabalho de campo foi desenvolvido em duas viagens, a primeira com sede no município de São Gabriel da Cachoeira com duração de 10 dias e a segunda, no município de Santa Isabel do Rio Negro com duração de 04 dias. Os trabalhos consistiram no reconhecimento e descrição geológica de rochas aflorantes ao longo do Rio Negro e desembocadura de alguns rios secundários. O levantamento foi feito de voadeira com pernoites ao longo das comunidades ribeirinhas, e a localização exata dos pontos estudados realizada por meio de GPS Garmim modelo 76 CSx. Para cada afloramento estudado, no total de 38, foi feita a descrição do tipo de afloramento, localização em relação ao rio, descrição macroscópica detalhada da(s) rocha(s) (composição mineralógica, textura, estrutura, granulometria, índice de cor, etc.), coleta de dados estruturais, registros em fotografias do afloramento e feições macroscópicas/estruturais/relação entre as rochas e coleta sistemática de amostras orientadas.

Posterior ao trabalho de campo foram selecionadas 37 amostras para confecção de seções delgadas, tendo como base o tipo litológico, grau de alteração e localização para uma representatividade das litologias aflorantes. Também foram selecionadas 28 amostras para análise de rocha total. A confecção das seções delgadas e preparação física das amostras para análise química (britagem, quarteamento e moagem até a obtenção da fração de 200 *mesh*) foram realizadas no Laboratório de Laminação e de Análises Mineraias (LAMIN) do Serviço Geológico do Brasil/CPRM-MA.

A descrição das seções delgadas de rocha foi realizada no laboratório de microscopia do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFAM, utilizando microscópio de luz transmitida do tipo Olympus e modelo BX41, com as imagens obtidas por câmera Olympus de modelo X775 acoplada ao microscópio. A classificação modal das amostras foi realizada a partir de contagem de pontos, tendo em média 1000 pontos para cada amostra, variando o espaçamento de acordo com o tamanho dos cristais, utilizando *software* específico do contador digital de pontos da marca PELCON.

As análises químicas de rocha total foram realizadas no laboratório Acme, no Canadá. Os elementos maiores e menores foram analisados por ICP-ES, enquanto que os traços por IPC-MS, em decorrência de suas abundâncias e o limite de detecção de cada método. Os dados obtidos foram tratados usando o *software* GCDkit 3.0 e plotados em diagramas específicos.

Esta dissertação foi redigida no formato de artigo, elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFAM.

CAPÍTULO II - CONTEXTO GEOTECTÔNICO REGIONAL

4 CRÁTON AMAZÔNICO

O Crátón Amazônico, situado na região norte do Brasil, é dividido pela bacia do Amazonas em Escudo das Guianas ao norte e Escudo Central ao sul (Almeida *et al.* 1967). As propostas de evolução e compartimentação do crátón têm como base dados

estruturais, geofísicos e principalmente geocronológicos. Levando em consideração este último, as propostas mais difundidas são as de Tassinari e Macambira (1999), baseada em dados de Rb-Sr e alguns Sm-Nd, e a de Santos *et al.* (2000, 2006) utilizando-se de dados de datação U-Pb em zircão e dados de Sm-Nd (Figura 2).

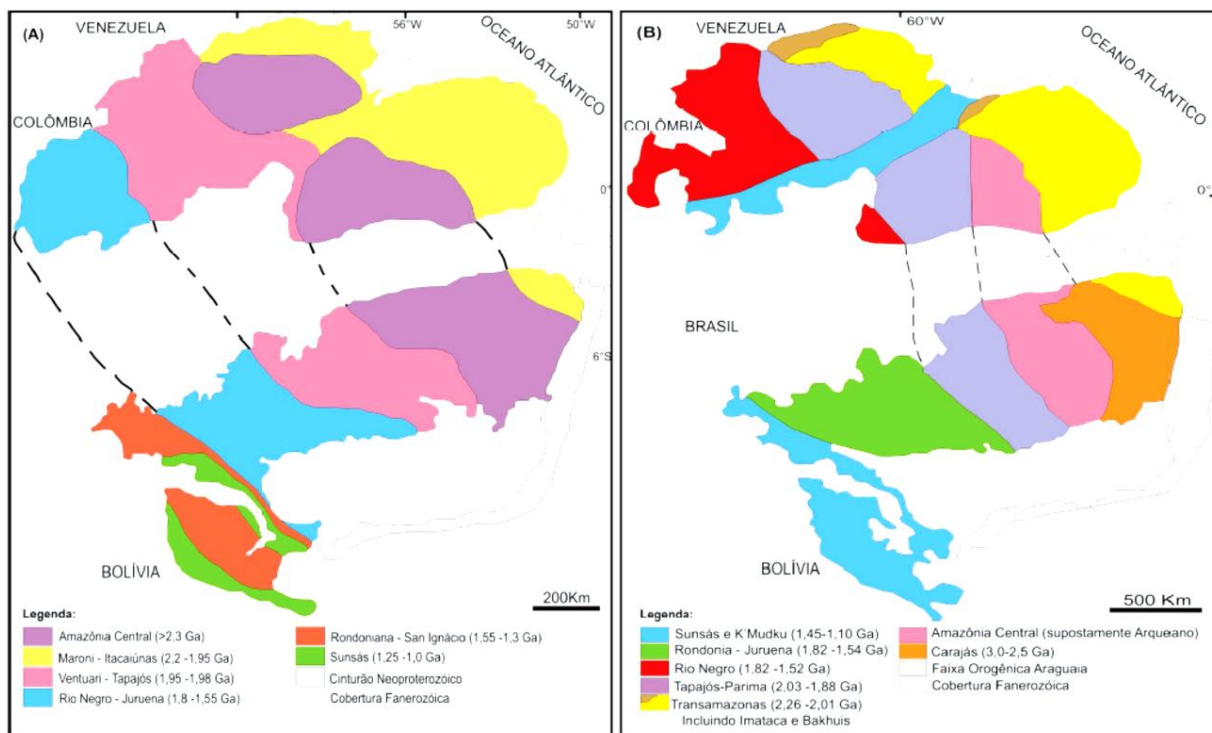


Figura 2: Compartimentação do Crátón Amazonas em Províncias Geocronológicas. (A) Concepção de Tassinari e Macambira (1999) e (B) de Santos *et al.* (2000; 2006).

Ambos os modelos estabelecem uma evolução de cinturões móveis durante do Paleoproterozoico e Mesoproterozoico a partir de um núcleo antigo (Arqueano), mas têm como diferença os limites entre as província e a delimitação de uma faixa de cisalhamento com direção NE-SW, de idade Mesoproterozoica, denominada de K'Mudku, no modelo de Santos *et al.* (2006) (Figura 2). As rochas estudadas neste trabalho estão inseridas na

Província Rio Negro-Juruena (modelo de Tassinari e Macambira, 1999) ou Província Rio Negro no modelo de Santos *et al.* (2006), no extremo oeste da Faixa K'Mudku.

4.1 Província Rio Negro

Localizada no extremo noroeste do estado do Amazonas, com porções na Colômbia e Venezuela, a Província Rio Negro é constituída por rochas de idades entre 1,8 a 1,5 Ga. Segundo Santos *et al.* (2000) esta província tem evolução caracterizada por processos de colisão continental com reciclagem magmática dos cinturões mais antigos e posterior retrabalhamento pelo evento Mesoproterozoico K'Mudku.

CPRM (2006) divide a Província Rio Negro em dois principais domínios tectono-estratigráficos, conhecidos como Alto Rio Negro a oeste e Imeri a leste.

O Domínio Alto Rio Negro apresenta estruturação principalmente NW-SE e secundariamente NE-SW, representado por um embasamento de orto e paragneisses polideformados e migmatizados em fácies anfíbolito (Almeida *et al.*, 2002). CPRM (2006) interpreta o embasamento deste domínio como de ambiente pré-colisional, com magmatismo de origem juvenil. Associado ocorrem intrusões graníticas descritas como: (i) tipo S da Suíte Rio Içana (Almeida *et al.*, 2007); (ii) tipo A, aluminosos, das Suítes Rio Uaupés e Inhamoin (CPRM, 2006) e (iii) tipo A da Suíte Tiquié (Almeida, 1997).

O Domínio Imeri mostra orientação preferencial NE-SW e NW-SE. Almeida *et al.* (2002) descrevem o embasamento como representado pelo Complexo Cauaburi, formado pelas Litofácies Tarsira (a oeste) e Santa Izabel do Rio Negro (a leste). O Complexo é composto por granodioritos, monzogranitos, tonalitos, metagranitóides e gnaisses em fácies anfíbolito. Os granitóides que intrudem o embasamento são: (i) tipo A, representado pelas Suítes Marauaiá e Marié-Mirim (Almeida *et al.*, 2002); (ii) tipo S da Suíte Igarapé Reilau (CPRM, 2000); (iii) tipo I aluminoso da Suíte Rio Uaupés (Souza, 2009); e (iv) rochas máficas-ultramáficas representadas pela Suíte Tapuruquara (CPRM, 2006).

Hasui *et al.* (2012) subdividem a Província Rio Negro em dois setores, de acordo com suas características estruturais, Rio Negro a NW e Guiana Central a SE (Figura 3). O setor Rio Negro apresenta estruturação principalmente NW-SE e subordinados NE-SW, resultado da interferência do setor Guiana Central. O setor Guiana Central é caracterizado por gnaisses e granitos Paleoproterozoicos e Mesoproterozoicos. Além de rochas máficas e sedimentos, ambos afetados por zonas de cisalhamento transcorrente de cinemática sinistral (K'Mudku) com direção NE-SW. No setor Guiana Central é onde estão inseridas as rochas estudadas no

presente trabalho. Estruturalmente distingue-se o setor Guiana Central do setor Rio Negro por destacar lineamentos NE-SW com alguns E-W correspondendo a orientação de corpos alongados além de estruturas de deformação dúctil.

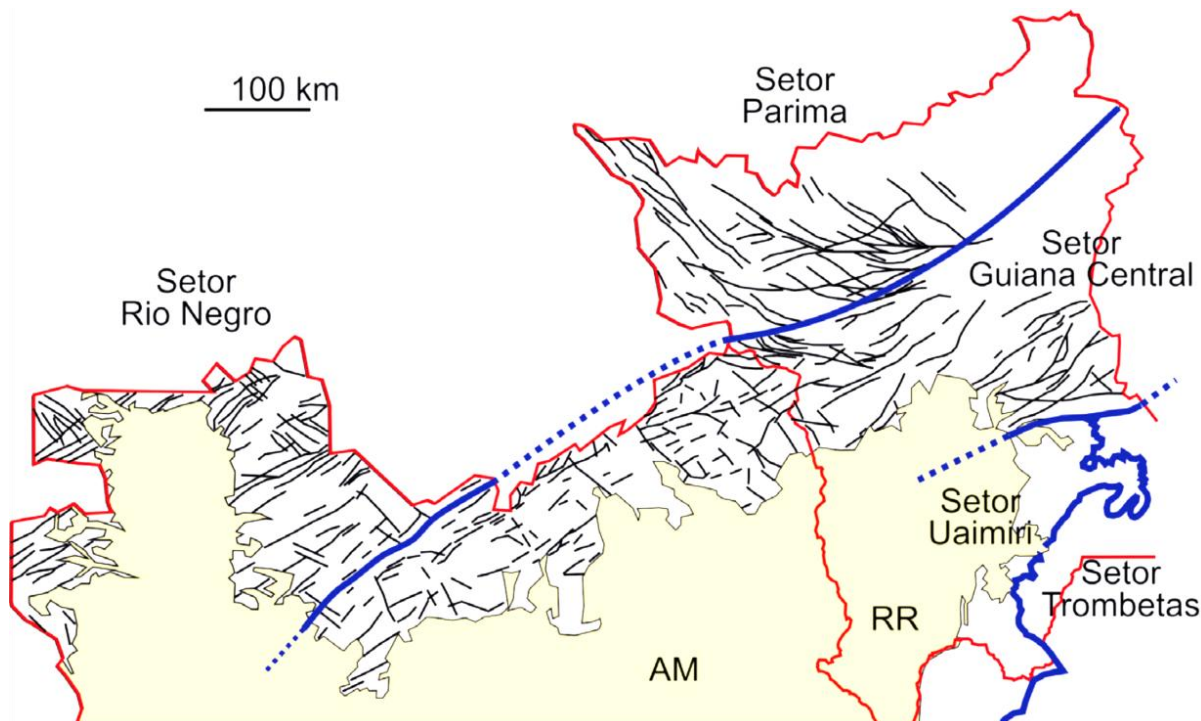


Figura 3: Divisão da Província Rio Negro em setores Rio Negro e Guiana Central (Hasui *et al.* 2012).

Almeida *et al.* (2013) apresentam uma reestruturação do Complexo Cauaburi, subdividindo os domínios em: Domínio Uaupés e Içana desmembrando o até então descrito Domínio Alto Rio Negro, e a leste o Domínio Imeri (Figura 4).

O Domínio Uaupés é localizado restritamente no extremo noroeste da província. O Complexo Querari representa o embasamento deste domínio (Figura 4), descrito como composto por ortognaisses e metagranitóides cálcio-alcálicos monzograníticos a granodioríticos, as idades para estas rochas variando de 1740 Ma a 1700 Ma e estruturação principal com direção NE-SW (localmente E-W) associadas a mega zonas de cisalhamento sinistral.

O Domínio Içana tem embasamento representado por sucessões metavulcanossedimentares do Grupo Tunuí, que são rochas polideformadas de metamorfismo progressivo de norte para sul, variando de xisto verde até anfibolito alto-anatexia (Figura 4). Idades de zircão detrítico mostram-se iguais e/ou inferiores a 1720 Ma (CPRM, 2003).

Almeida *et al.* 2013 descrevem o Domínio Imeri como constituído por ortognaisses e metagranitóides cálcio-alcálicos de composição monzogranítica a granodiorítica, com alguns tonalitos, são reconhecidos também *augen* gnaisses monzograníticos e raros anfibolitos e

migmatitos, ambos os tipos litológicos são associados como Complexo Cauaburi, reconhecidos como litofácies Tarsira e Santa Isabel do Rio Negro (Figura 4). Estas rochas apresentam idades no intervalo de 1810 Ma a 1790 Ma. Neste trabalho são adicionadas ao Complexo Cauaburi rochas gnáissicas de composição tonalítica e granodiorítica localmente migmatizadas e polidobradas do Complexo Cumati (Figura 4), estas apresentando foliação regional NW-SE e idades em torno de 1780 Ma.

4.1.1 Complexo Cauaburi

O Complexo Cauaburi representa o embasamento regional, com magmatismo do tipo cálcio-alcálico expandido com idades dos protólitos em de 1810 a 1789 Ma para rochas da litofácies Santa Isabel do Rio Negro (CPRM, 2006), 1785 Ma para rocha da litofácies Cumati e 1795 Ma para a litofácies Tarsira (Almeida *et al.*, 2013). Idades em titanita e 1468 ± 8 Ma (litofácies Santa Isabel do Rio Negro; CPRM, 2003) e Ar-Ar em muscovita 1337 ± 4 Ma (Formaçã Aracá; Santos *et al.* 2003) são relacionadas a eventos termotectônicos posteriores. Ainda segundo estes autores, o magmatismo Cauaburi é interpretado como de origem juvenil envolvendo subducção de crosta oceânica em ambiente de arco magmático, no estágio pré-colisional.

O Complexo Cauaburi é subdividido em três diferentes fácies: Tarsira, Santa Isabel do Rio Negro e Cumati, esta última apresentando maior intensidade de deformação e mais alto grau metamórfico.

A fácies Tarsira é caracterizada por metagranitoides porfiríticos e *augen* gnaisses exibindo foliação com *trend* NE-SW a E-W. Estas rochas afloram ao longo do rio Negro, próximo a cidade de São Gabriel da Cachoeira, e rios Xié e Içana (CPRM, 2006; Almeida *et al.*, 2013). A fácies Cumati é representada por granitóides e ortognaisses bandados e foliados (localmente migmatizados) com *trend* NW-SE. Ocorrem predominantemente na região do rio Xié e mostram forte retrabalhamento estrutural e metamórfico quando comparados com as outras fácies do Complexo Cauaburi (Almeida *et al.*, 2013).

A litofácies Santa Isabel do Rio Negro, área do presente trabalho, é caracterizada por biotita-(hornblenda) ortognaisses a metagranitóides de composição monzogranítica a tonalítica, localmente anfíbolitos e migmatitos (Almeida *et al.*, 2013). CPRM (2000) descrevem ainda diques leucograníticos, migmatitos, metassedimentos e poucas metamáficas e metavulcânicas félsicas. É conhecido geoquímica cálcio-alcálica de médio a alto K, dados Sm-Nd variando de positivo discreto a negativo com T_{DM} entre 2,21-1,99 Ga e ambiente do

tipo pré e pós colisional (CPRM, 2006). Estas rochas afloram próximas a cidade de Santa Izabel do Rio Negro e áreas subordinadas.

Na região do Complexo Cauaburi são descritos dois principais eventos, um NW-SE e outro NE-SW com variação para E-W, localmente é observado mais um evento deformacional evidenciado principalmente nos granitóides associados ao embasamento, com ativação de zonas de cisalhamento também nos ortognaisses (CPRM, 2000).

É abundante a presença de granitóides proterozóicos intrusivos no embasamento regional, descritos a seguir.

4.1.1.1 GRANITÓIDES INTRUSIVOS

Os granitóides que ocorrem na província Rio Negro apresentam idades predominantemente de 1,8 a 1,55 Ga, de caráter cálcio-alcálico, com posteriores tipo A e tipo S (Dall'Agnol *et al.*, 2006).

4.1.1.1.1 Granitos tipo A

São reconhecidos nas Suítes Intrusivas Marauíá e Marié-Mirim rochas graníticas com características de tipo A, afinidade peralcalina, altos teores de SiO₂ e álcalis, com variação metaluminosa-peraluminosa no tipo Marauíá (Almeida, 1997; CPRM, 2006). Os tipo Marié-Mirim são compostos monzogranitos a ortoclásio granitos e sienogranito, com idade de 1,76Ga e características de evolução anidra em alta temperatura. Os granitos da suíte intrusiva Marauíá são compostos por anfibólio-biotita (leuco)monzogranito e (leuco)sienogranitos, idade de 1,75Ga e evolução do tipo pós-colisional a pós-colisional (CPRM, 2006).

4.1.1.1.2 Granito tipo S

Descrito por Almeida *et al.* (2000) na Suíte Intrusiva Igarapé Reilau sienogranitos e monzogranitos com biotita e muscovita de caráter peraluminoso, com altos valores de SiO₂ e K₂O. A idade conhecida de 1,52 Ga por U-Pb SHRIMP mostra que essa suíte é correlacionável com a Suíte Intrusiva Içana do Domínio Alto Rio Negro (CPRM, 2006). Associado a ambiente sincolisional com gênese relacionada a processos de espessamento crustal tardi a pós colisional.

4.1.1.1.3 *Granito tipo I*

Souza (2009) descreve o Granito São Gabriel da Cachoeira, pertencente a Suíte Intrusiva Rio Uaupés, como composto por uma ampla variação composicional com caráter metaluminoso a levemente peraluminoso. São quimicamente cálcio-alcálicos gerado por fusão parcial crosta profunda em ambiente de colisão continental. Santos *et al.* (2000) apresenta idade 1,5 Ga para este magmatismo.

4.1.1.1.4 *Granito Curicuriari*

Esta unidade não dispõe de dados geocronológicos e geoquímicos disponíveis, sendo apenas reconhecido apenas a partir de dados em campo e petrográficos. Levando em consideração o caráter intrusivo nas rochas do embasamento e da Suíte Uaupés, Almeida (2005) sugere idade inferior a 1,52 Ga. É composto por sienogranitos e monzogranitos, com variações locais de composição álcali-feldspato granito a alaskito. Assemelha-se ao granito Jauari (CPRM, 2006), de caráter metaluminoso a peraluminoso, tipo I (?) de alto K.

4.1.1.1.5 *Suíte Tapuruquara*

Representa as rochas máficas descritas na região, composto por olivina a hornblenda gabros e rochas ultramáficas. Dados químicos dessas tipologias não são reconhecidas somente idade zircão de 1,17 Ga de Santos *et al.* (2006).

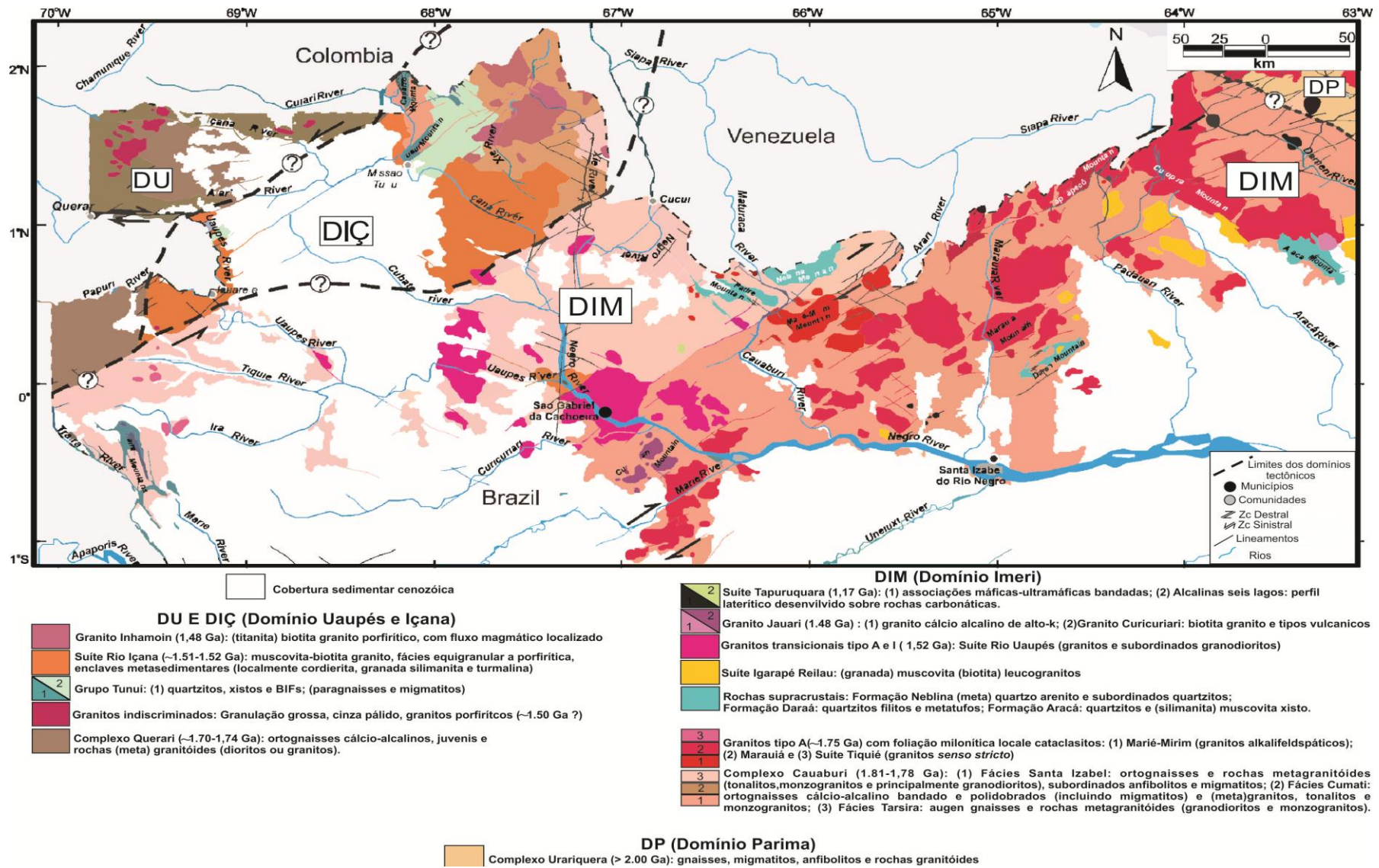


Figura 4: Mapa geológico da Província Rio Negro com os Domínios Uaupés (DU), Içana (DIÇ) e Imeri (DIM), com delimitação segundo Almeida *et al* 2013.

CAPÍTULO III - ARTIGO

THE CAUABURI MAGMATIC ARC: LITHO-STRATIGRAPHIC REVIEW AND EVOLUTION OF THE IMERI DOMAIN, RIO NEGRO PROVINCE, AMAZONAS CRATON

Marcia C. R. Carneiro¹, Rielva S. C. Nascimento^{1,2}, Marcelo E. Almeida^{1,3}, Carlos A. Salazar^{1,2}, Ivaldo R. Trindade^{1,2}, Vanisse O. Rodrigues¹, Marcel S. Passos¹.

1. Postgraduate Program in Geosciences, Federal University of Amazonas, Manaus – State of Amazonas, Brazil: marciacarolinee@gmail.com; vanissegeologia@gmail.com; marcel.silva.k2@gmail.com.
2. Department of Geosciences, Federal University of Amazonas, Manaus – State of Amazonas, Brazil: rielva@ufam.edu.br; csalazar@ufam.edu.br; ivaldo@ufam.edu.br.
3. Brazilian Geological Survey – CPRM/Manaus: marcelo.esteves@cprm.gov.br.

ARTIGO SUBMENTIDO AO CORPO EDITORIAL DA REVISTA *JOURNAL OF SOUTH AMERICAN EARTH SCIENCES*

Abstract:

A litho-stratigraphic review of the Cauaburi Complex was carried out by means of field, tectono-metamorphic and lithogeochemical data, which was the basis for the sub-division of the Cauaburi Complex orthogneisses into the Santa Izabel do Rio Negro, Cumati and São Jorge facies. These rocks crop out between São Gabriel da Cachoeira and Santa Izabel do Rio Negro cities. The gneisses of the Santa Izabel do Rio Negro and Cumati facies are metaluminous and of calc-alkaline affinity; in turn, the rocks of the São Jorge Lithofacies are peraluminous and of alkaline affinity. They vary from (amphibole)-biotite granodiorites/monzogranites (Cumati and Santa Izabel do Rio Negro facies) to spessartite-bearing biotite monzogranites (São Jorge facies). The Cauaburi Complex geochemical signature is compatible with that of granites generated in collisional settings (magmatic arc?) and its evolution is related to three distinct tectono-metamorphic events: D₁, causing foliation S₁, which developed during the Cauaburi Complex syn-tectonic emplacement in the Cauaburi Orogeny; D₂/M₂, causing foliation S₂, which generated under amphibolite facies conditions (717.9 °C and 5.84 kbars), and the emplacement of I- and S-type granite during the Içana Orogen, and low-temperature D₃, associated with the K'Mudku Event, which caused foliation S₃ and reworking via transcurrent shear zones under greenschist facies conditions.

Keywords: Imeri Domain, Cauaburi Complex, litho-stratigraphy, tectono-metamorphic evolution.

INTRODUCTION

The Amazonas Craton is *ca.* 4.4 million km² in area and is limited to the west by the Andes Orogenic Belt, and to the east and southeast by the Araguaia Neoproterozoic Belt (Cordani *et al.*, 2009). It is covered by Phanerozoic sedimentary basins to the northeast (Maranhão), in the center (Amazonas), to the south (Xingu-Alto Tapajós), to the southwest (Parecis), and to the west (Solimões) (Santos *et al.*, 2000). It is a tectonic feature whose evolution, on the basis of geologic and radiometric data, is comparable to cratonic regions in Canada, Africa and Australia (Rivers *et al.*, 1989; Sadowski and Bettencourt, 1996; Cordani *et al.*, 2009). Santos *et al.* (2000, 2006) describe seven provinces: Carajás, Transamazonian, Tapajós-Parima, Central Amazonas, Rio Negro, Rondônia-Juruena and Sunsás, and the K'Mudku shear belt (Figure 1).

Geochronologic and geotectonic studies have been carried out in the Amazonas Craton, thanks to its mineral potential and the necessity to understand evolutionary aspects by means of paleogeographic reconstructions and geodynamic models (Amaral, 1974; Cordani *et al.*, 1979; Hasui *et al.*, 1984; Teixeira *et al.*, 1989; Tassinari and Macambira, 1999; Tohver *et al.*, 2002, 2006; Santos *et al.*, 2000, 2006). Considering the extension of the craton and the characteristics inherent to the Amazonian region (size, thick weathering mantle, lack of outcrops, dense vegetal cover and difficulty of access), the majority of the studies have been made at regional scales. As a consequence, geologic knowledge regarding many sectors of the craton is poor, especially the Rio Negro Province (Santos *et al.*, 2000), which is located in the northwestern part of the State of Amazonas, in the frontier with Colombia and Venezuela (Figure 1).

Regional geologic studies carried out in the Rio Negro Province are summarized in the Geologic Map of the State of Amazonas at the 1:1,000,000 scale (CPRM, 2006), and also in local studies regarding granitic rocks (*e.g.*, Dall'Agnol and Macambira, 1992a, 1992b; Souza, 2009; Veras, 2012). The studies regarding basement rocks are restricted to geological surveys related to the RADAMBRASIL project, developed in the 1970's (Montalvão *et al.*, 1975; Pinheiro *et al.*, 1976; Fernandes *et al.*, 1977; Lourenço *et al.*, 1978), and to the *Programa de Levantamento Básico*, a small-scale geologic survey program of the Brazilian Geologic Survey (CPRM), developed in the 1990's (Melo *et al.*, 1993; Melo and Vilas Boas, 1993; Almeida *et al.*, 2002), whose data were reinterpreted and summarized in CPRM (2006).

Detailed studies are necessary for the understanding of the compartmentation and

evolution of the Amazonas Craton, focusing on structural, geochemical and geochronologic relationships of the units of each province. Once the geology of the provinces is known, it is possible to correlate and characterize them in terms of evolution and limits. In this sense, this study re-assesses and redefines the Cauaburi Complex facies, using geologic and structural data obtained during field work, integrated with petrographic, litho-geochemical, chemical and analytical studies of the metamorphic conditions, to better define each tectono-stratigraphic unit and make inferences on the genesis and tectonic evolution.

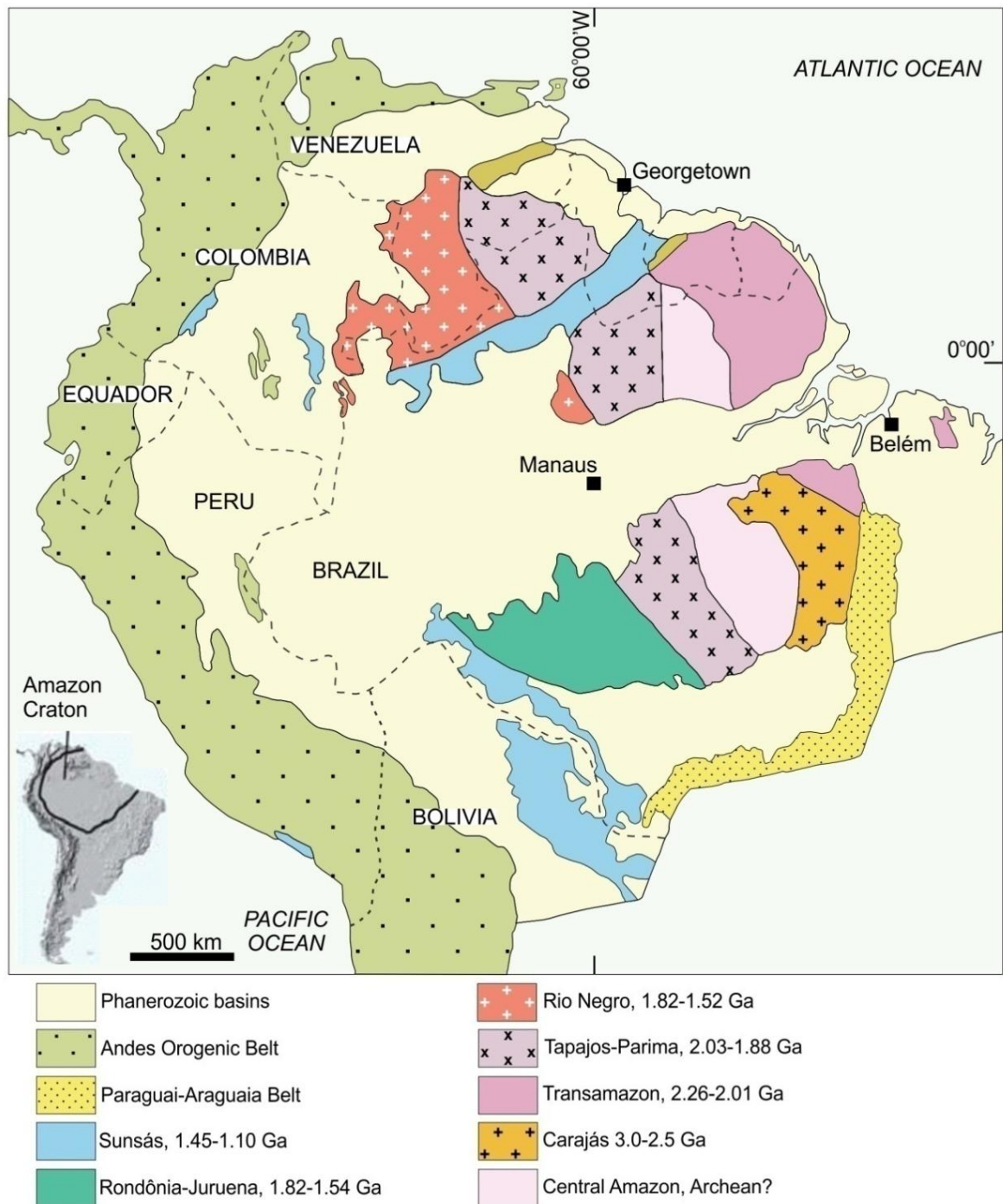


Figura 1: The Provinces of The Amazon Craton (Santos *et al.*, 2000 and 2006).

THE RIO NEGRO PROVINCE

Located in the NW portion of the Amazonas Craton, the Rio Negro Province is characterized by the occurrence of Precambrian rocks of ages between 1.82-1.52 Ga (Figure 2, Santos *et al.* 2006). Almeida *et al.* (2013) sub-divide the Rio Negro Province in three domains named Uaupés, Içana and Imeri, which resulted from orogenesis of distinct evolutions. In the Uaupés Domain the basement is represented by the Querari Complex, which encompasses monzogranitic to dioritic orthogneisses of calc-alkaline affinity, crystallization age between 1.74 to 1.70 Ga, and NE-SW- (to locally E-W-) trending structuration associated with sinistral mega-shear zones. In the Içana Domain (Figure 2), Tunuí Group metavolcanosedimentary rocks crop out, with maximum detrital zircon ages of 1.72 Ga. Low greenschist facies metamorphism occurs to the north, reaching high amphibolite facies (anatexis isograd) to the south, with poly-folded rocks (Almeida *et al.* 2013). Içana Suite S-type granites of ages varying between 1.54 and 1.52 Ga and other granitic bodies are intrusive in the Tunuí Group (Almeida *et al.*, 2002; Veras, 2012). The Imeri Domain, the most comprehensive in the Rio Negro Province, presents NE-SW structuration and ages between 1.81 and 1.79 Ga. The basement is constituted by rocks of the Cauaburi Complex, which are divided according to textural and compositional characteristics in the Tarsira and Santa Isabel do Rio Negro lithofacies (Almeida *et al.* 2002). The Tarsira Lithofacies, which crops out in the western portion of the Imeri Domain, encompasses biotite augen-gneisses and oval (meta)-granitoids of dominant monzogranitic composition (Melo and Vilas Boas, 1993; Almeida *et al.*, 2002). The Santa Isabel do Rio Negro Lithofacies (Figure 2) crops out mainly in the eastern portion of the domain and is composed of biotite-(hornblende) granodiorites, monzogranites, rare tonalites and quartz diorite enclaves (Almeida *et al.*, 2002, 2007). Subordinated leucogranitic dikes, migmatites, metasedimentary rocks, scarce metamafic and felsic metavolcanic rocks are also included in this lithofacies (Brito *et al.*, 2000; Melo and Vilas Boas, 1993).

Amphibolite facies metamorphism is attributed to the Cauaburi Complex. Its evolution is related to two major deformational events that generated respectively NW-SE and NE-SW foliations, the latter with local attitude variation to E-W (CPRM, 2000). Chemical data indicate affinity with medium- to high-K calc-alkaline granites (Almeida *et al.*, 2002, 2007). Sm-Nd isotopic data (T_{DM} between 2.21-1.99 Ga and $\epsilon Nd_{(t)}$ from +0.73 to -1.67) suggest juvenile sources related to the Transamazonian tectonic event (Sato and Tassinari, 1997;

Santos *et al.*, 2000).

Besides the rocks of the Cauaburi Complex, 1.78 Ga-old tonalitic and granodioritic orthogneisses, grouped by Almeida *et al.* (2013) in the Cumati Complex, occur subordinately in the northwesternmost part of the Imeri Domain (Figure 2).

Granitoid rocks of distinct natures and ages are intrusive in the Cauaburi gneisses: A-type granites, represented by the Marauiá (1.75 Ga), Marié-Mirim (1.76 Ga) and Tiquié suites (Almeida *et al.*, 2002; Almeida *et al.*, 2013); S-type granites of the Içana and Igarapé Reilau suites (1.54 to 1.52 Ga; CPRM, 2006); I-type granites of the Uaupés (1.5 Ga; Santos *et al.*, 2000), Inhamoin and Jauari suites, and mafic-ultramafic rocks represented by the Tapuruquara Suite (1.17 Ga; CPRM, 2006). Proterozoic supracrustal units are represented by the Neblina, Daraá and Aracá formations, the latter of muscovite Ar-Ar age of 1.33 Ga (CPRM, 2006).

The Rio Negro Province crustal evolution is related, according to Almeida *et al.* (2013), to three orogenies: Cauaburi (1.81 to 1.78 Ga), Querari (1.74 to 1.70 Ga) and Içana (1.54 to 1.48 Ga). The Cauaburi Orogeny reflects an accretionary system with continental magmatic arc collision, formed by an orthoderived high-K calc-alkaline basement named Cauaburi Complex, under the Tapajós-Parima Province. The (1.75 Ga) A-type granites would be related to a late- to post-collisional context and the metasedimentary formations (Neblina, Daraá and Aracá) would represent basins related to this arc system. The Querari Orogeny would represent a juvenile magmatic arc system (island arcs?) formed by an orthoderived, medium-K, calc-alkaline basement named Querari Complex. The Içana Orogeny would cause the amalgamation of the Querari and Cauaburi arcs and the generation of S- and I-type granites, under an essentially collisional setting.

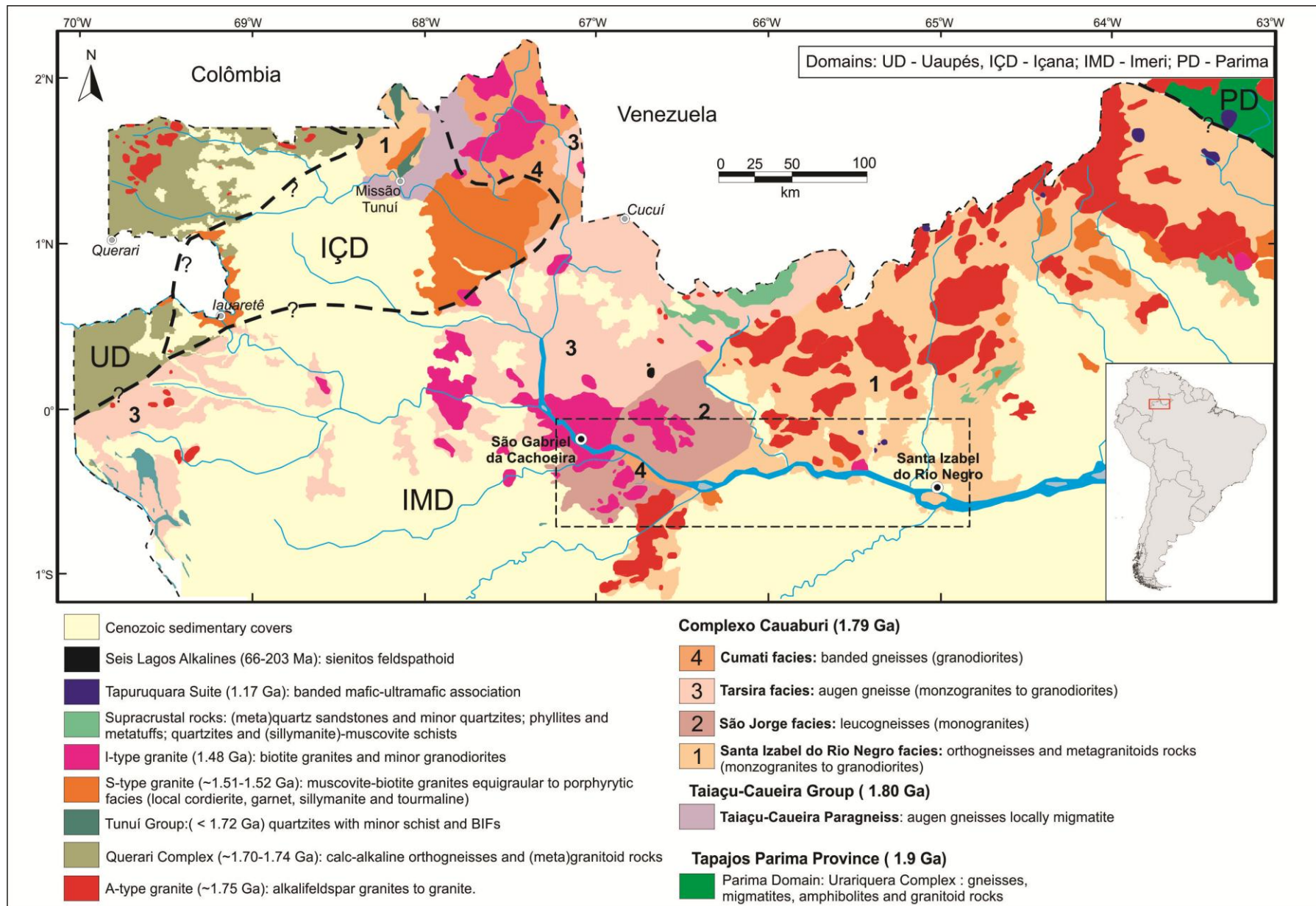


Figura 2: Geological map of Rio Negro Province, with delimitation of Uaupés (UD), Içana (IÇD) and Imeri (IMD) Domains according to Almeida *et al.* (2013).

MATERIALS AND METHODS

Thirty-eight outcrops were systematic sampled for this study, including gneisses and granites intrusive along the Negro River, between São Gabriel da Cachoeira and Santa Izabel do Rio Negro cities, northwesternmost part of the State of Amazonas (Figure 2).

The analyses included petrography, litho geochemistry and mineral chemistry, the latter by means of a JEOL electron microprobe, model JXA-8230, coupled to five WDS and one EDS spectrometers, located at the University of Brasília.

Sample preparation for whole-rock chemical analyses (crushing, quartering and grinding to the 200-mesh fraction) took place at the Laboratory for Mineral Analysis (LAMIN – *Laboratório de Análises Minerai*s) of the Brazilian Geologic Survey/CPRM-AM.

At Acme Laboratories (Canada), the samples were digested using lithium metaborate/tetraborate and nitric acid. Loss on ignition (LOI) was calculated after 1000 °C incineration. The analyses were performed with an ICP mass spectrometer.

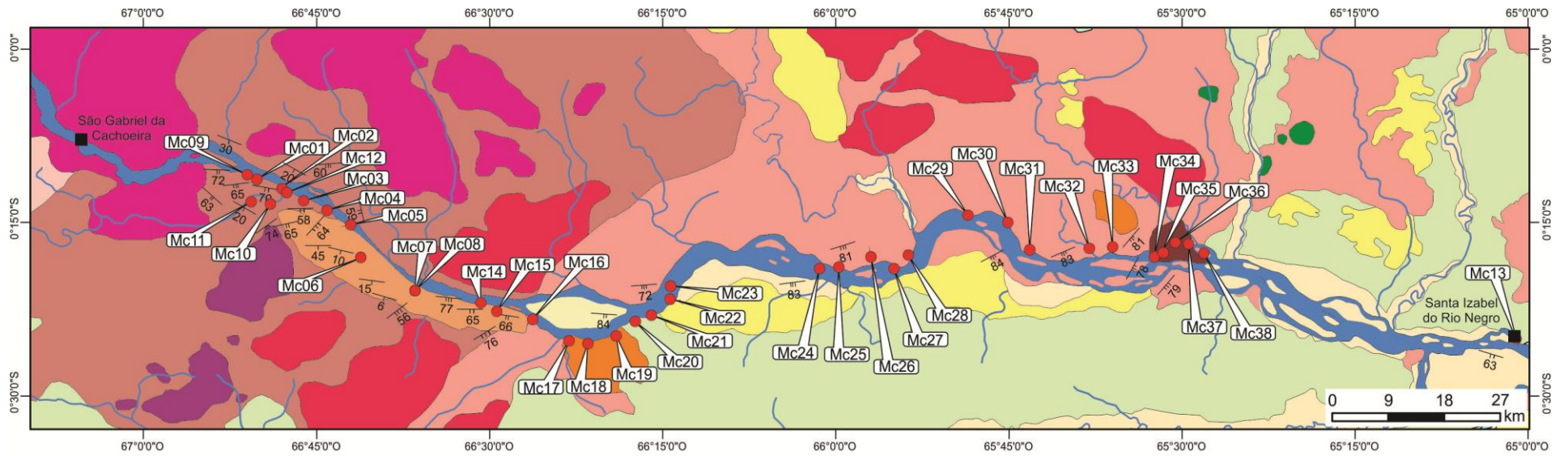
The resulting data were treated using Microsoft Excel and the GCDkit 3.00 software and plotted in diagrams for petrogenetic interpretations. In the outcrops, ductile deformation features were identified and described. Oriented samples were collected and cut in the laboratory, in order to obtain the cut face that contains the foliation plane (XY) and the cut face perpendicular to XY plane, according to the major mineral (X) axis or stretching lineation, obtaining the cut face (XZ) in this face we identified kinematic indicators. Remote sensing data were of fundamental importance for the acquisition of textural and geomorphologic features and topographic data. Landsat-8/OLI, AlosPalSAR images and SRTM data were obtained through INPE, Alaska and US Geological Survey sites, respectively. Software ENVI 4.5 and ArcGIS 10.2.1 were used for digital image treatment and preparation of cartographic products. The integration of these features with field data helped review and modify the geologic base map (CPRM, 2006).

THE CAUABURI COMPLEX

Field and petrographic aspects

The Cauaburi Complex encompasses gneisses and metagranitoids that, although varying in texture, grain-size and composition, show the same structural and metamorphic pattern. They are divided in the Santa Izabel do Rio Negro, São Jorge and Cumati facies (Figure

3).



Quaternary sedimentary units (Pleistocene-Holocene):

- | | | |
|--|---|---|
| Iça Formation:
Sandstone, mudstone, siltstone and turf. | River terrace deposits:
Sandstone, siltstone, mudstone and semi-unconsolidated gravel. | Alluvium deposits:
Sandstone, siltstone, mudstone and unconsolidated gravel. |
|--|---|---|

Mafic and Ultramafic (1.17 Ga):

- | |
|--|
| Tapuruquara Intrusive Suite:
Gabbros equigranular fine to medium. |
|--|

I- and S-type Granites (~1.52 Ga)

- | | | | |
|---|---|---|---|
| Igarapé Reilau Intrusive Suite:
Muscovite-biotite granite. | Rio Uaupés Intrusive Suite:
Biotite-granites bearing titanite. | Curicuriari Intrusive Suite:
Granites equigranular to porphyritic. | Undiscriminated granites:
(amphibole)-biotite monzogranites porphyritic. |
|---|---|---|---|

A-type Granite (1.75 Ga)

- | |
|---|
| Marauá Intrusive Suite:
(leuco) monzogranites to (leuco) sienogranites of equigranular to porphyritic. |
|---|

Cauaburi Complex (1.81-1.78 Ga)

- | | | | |
|---|---|---|--|
| Cumati facies:
Fine granodioritic gneiss | Tarsira facies:
Augen gneiss monzogranites to granodioritic. | São Jorge facies:
Leucogneiss monzogranitic. | Litofácies Sta. Izabel do Rio Negro:
Gneiss porphyritic monzogranites to granodioritic. |
|---|---|---|--|

Legend

- | |
|---|
| Points |
| Towns |
| Drainage |
| Lineaments |
| S1 foliation |
| S2 foliation |
| S3 foliation |

Figura 3: Localization of the study área, NW State of Amazonas modified of CPRM (2006).

The Santa Izabel do Rio Negro facies crops out in the northeastern portion of the Imeri Domain (Figure 3), and more restrictedly in the western portion of the Içana Domain, north of the Tunuí Mission (Figure 2). It is composed of biotite gneisses and monzogranitic and subordinately granodioritic metagranitoids (Figure 4) of inequigranular to porphyroclastic texture (Figures 5A and 5B). Essential minerals are quartz, plagioclase (An₃₄₋₄₉), potassic feldspar, biotite and titanite. Allanite, epidote, apatite, zircon, opaque minerals and rare amphibole are accessory minerals. The rocks show medium- to coarse-grained phaneritic matrix and 5 to 60% potassic feldspar and plagioclase porphyroclasts, which are dominantly tabular to ovoid, with major axis varying between 0.5 and 3.0 cm in size (Figures 5A and 5B). The development of a macroscopic metamorphic foliation varied according to the percentage of phenocrysts. biotite-rich melanosome are concordant with the main foliation (Figure 5C). In metagranites with high percentages of porphyroclasts, the foliation is marked by the orientation of prismatic and tabular minerals, interpreted as a preserved magmatic flow foliation (Figure 5B). However, matrix microtextures reveal high recrystallization grade, similar to what is observed in rocks with a lower percentage of phenocrysts.

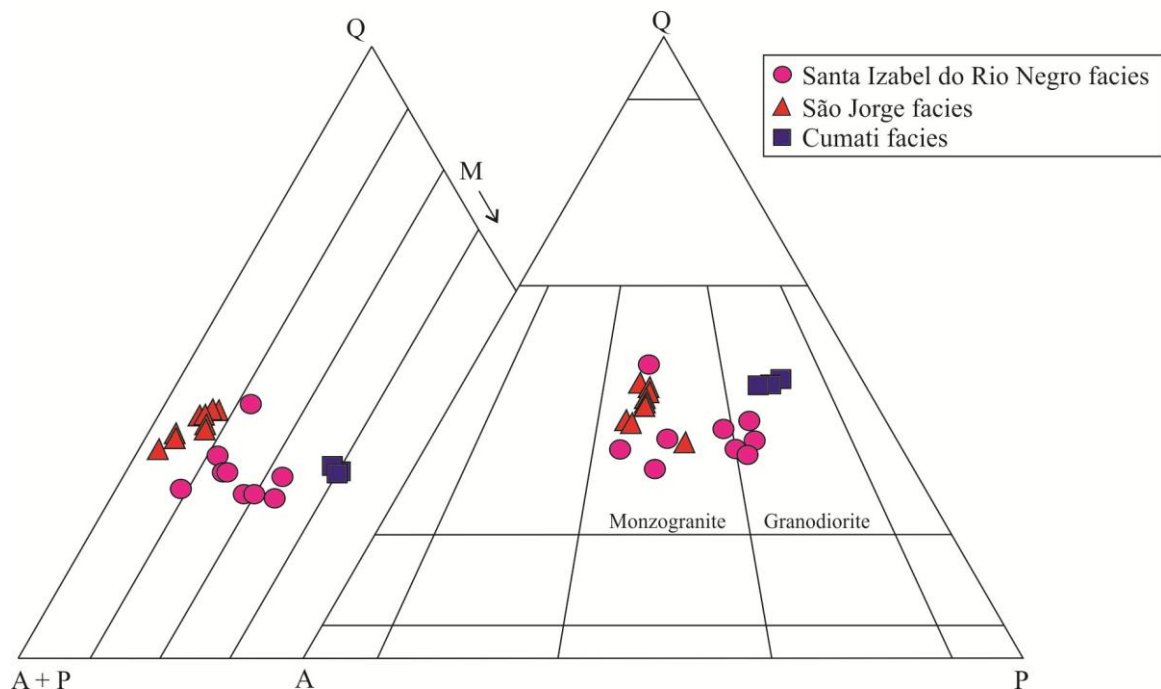


Figura 4: Modal compositions of The Cauaburi Complex according to the classification of Streckeisen (1976).

Subordinate aplite dikes are displaced by pegmatite dikes (Figure 5D). Elliptical, stretched mafic enclaves are of varied sizes and oriented according dominant foliation S₂, developed in porphyritic rock of medium-grained matrix. Centimeter- to meter-sized enclaves of irregular and angular shapes, which are common in this unit, show an internal foliation

discordant with the attitude of foliation S_2 (Figures 5E and F).



Figura 5: Santa Izabel do Rio Negro facies macroscopic aspects. (A) porphyritic rock of medium-grained texture containing pegmatite dikes folded by axial-plane foliation S_2 . (B) porphyritic rock of coarse-grained matrix containing euhedral, prismatic crystals of potassic feldspar and plagioclase, aligned forming the foliation. (C) zone of anatectic mobilizates disposed along the foliation S_2 attitude. (D) aplite dike displaced by a pegmatite dike. (E) Elongated enclaves oriented concordant to foliation S_2 . (F) Random distribution of xenoliths showing internal foliation and of varied sizes.

The São Jorge facies crops out in the western portion of the Imeri Domain (Figure 3). It is composed of beige monzogranitic leucogneisses (Figure 4) of fine- to medium-grained equigranular texture. Essential minerals are quartz, potassic feldspar, plagioclase ($An_{4.9-15}$), biotite and magmatic garnet (Sps_{60-65}); accessory minerals are zircon, apatite and oxides, with mafic mineral percentage of 3.0 to 8.7%. The facies shows millimeter-sized gneissic banding marked by alternating felsic (quartz and feldspar-rich) layers and discontinuous, fine levels of mafic minerals (biotite and garnet) (Figure 6A). More than one generation of millimeter-sized

pegmatitic levels are common, oriented or not according to banding, showing close folding and axial-plane foliation S_2 (Figures 6B, 6C and 6D).

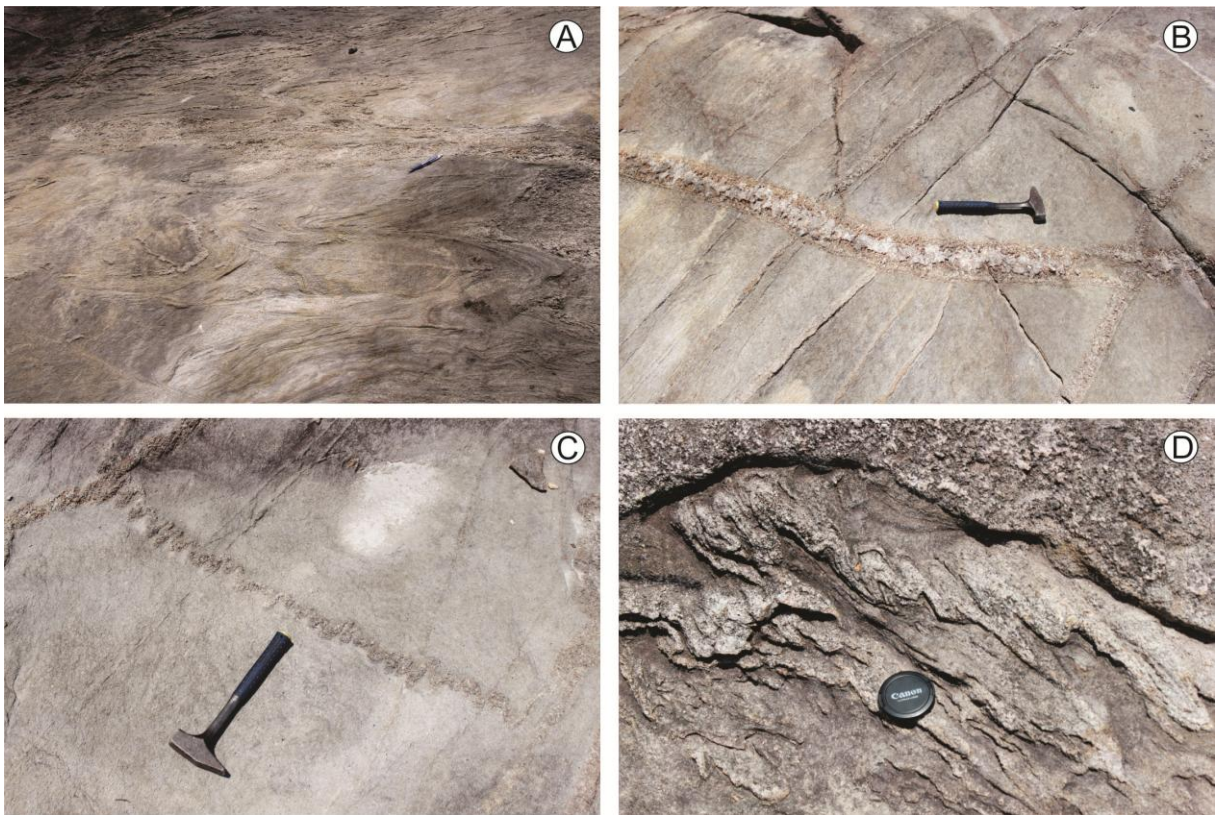


Figura 6: São Jorge facies macroscopic aspects. (A) Compositional banding in the gneisses showing local folding of foliation S_1 . (B) Pegmatite dike discordant to foliation S_2 , with associated injections parallel to foliation S_2 . (C) Fine texture in gneiss with foliation S_1 and pegmatitic dikes folded by axial-plane foliation S_2 . (D) Fine-grained gneiss with pegmatitic dikes deformed by locally disharmonic closed folding, generating S-type folds.

The Cumati facies hardly crops out in the eastern portion of the Imeri Domain. The most expressive area of this facies occurs in the northernmost portion of the Içana Domain (Xié River region, Figure 2, Almeida *et al.* 2013). Along the study section, these rocks crop out as a NW-SE-trending elongated body (Figure 3). The rocks are dominantly granodioritic gneisses of fine equigranular texture (Figures 4 and 7A), and more rarely augen gneisses with stretched plagioclase porphyroclasts (Figure 7B). They are grey and show millimeter-sized compositional banding marked by alternating quartz-feldspatic and mafic levels (biotite, titanite and amphibole). They differ from the São Jorge leucogneisses by the mafic mineral percentage, which varies between 42 and 46%. They are formed by quartz, plagioclase (An_{34-44}), potassic feldspar, biotite, titanite, oxides and/or amphibole; accessory minerals are allanite, epidote, apatite, and zircons. Pegmatitic dikes of varied thickness (1 to 30 cm) occur concordant with foliation S_2 . Anatectic mobilizates (leucosome and melanosome) are also common (Figures 7C and 7D).

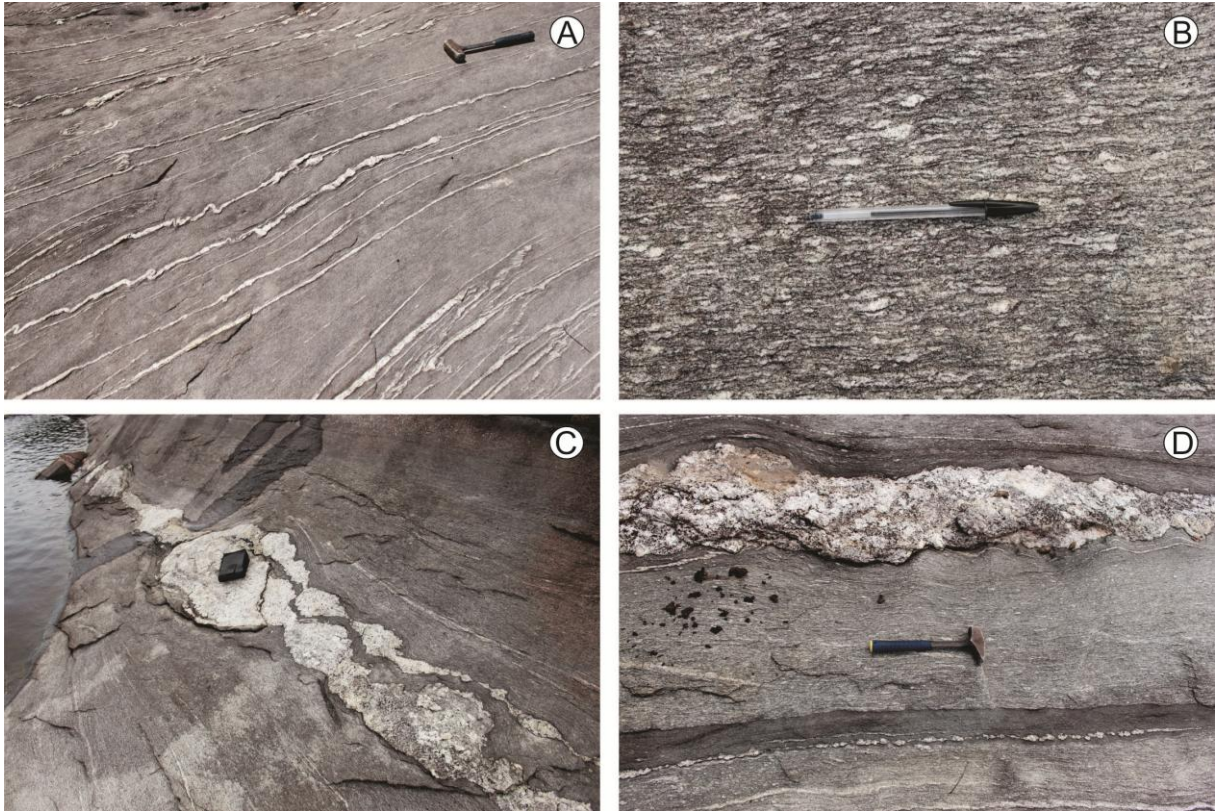


Figura 7: Cumati facies macroscopic aspects. (A) Granular, fine-grained rock showing intensely deformed and folded bands. (B) Coarse-grained, porphyritic monzogranitic rock with medium-grained matrix; potassic feldspar and plagioclase porphyroclasts as sigmoids aligned according to foliation S_2 . (C) Deformed pegmatite dike oriented to the main foliation and intruding porphyritic gneiss of medium-grained matrix. (D) Mineral mafic cluster.

Deformation

In the gneisses of the study area, ductile deformation features were recorded as compositional banding, metamorphic foliation parallel to (localized) magmatic flow foliation, and mylonitic foliation restricted to shear zones. Foliation S_1 strikes $N52^\circ$ to $86^\circ E$ and dips 20° to 40° to SE. The stretching lineation seen in S_1 dips 4° to 21° to SE. Potassic feldspar porphyroclasts show sinistral transpressional kinematics (Figure 8A). Foliation S_1 is difficult to be recognized in the field due to reworking. It was also folded by the deformation that generated foliation S_2 , forming asymmetric folds (Figure 8B). Pegmatitic veins composed of quartz, potassic feldspar and biotite truncate foliation S_1 , forming gentle and open folds or discontinuous intrafolial folds according to S_2 (Figures 8C and 8D).

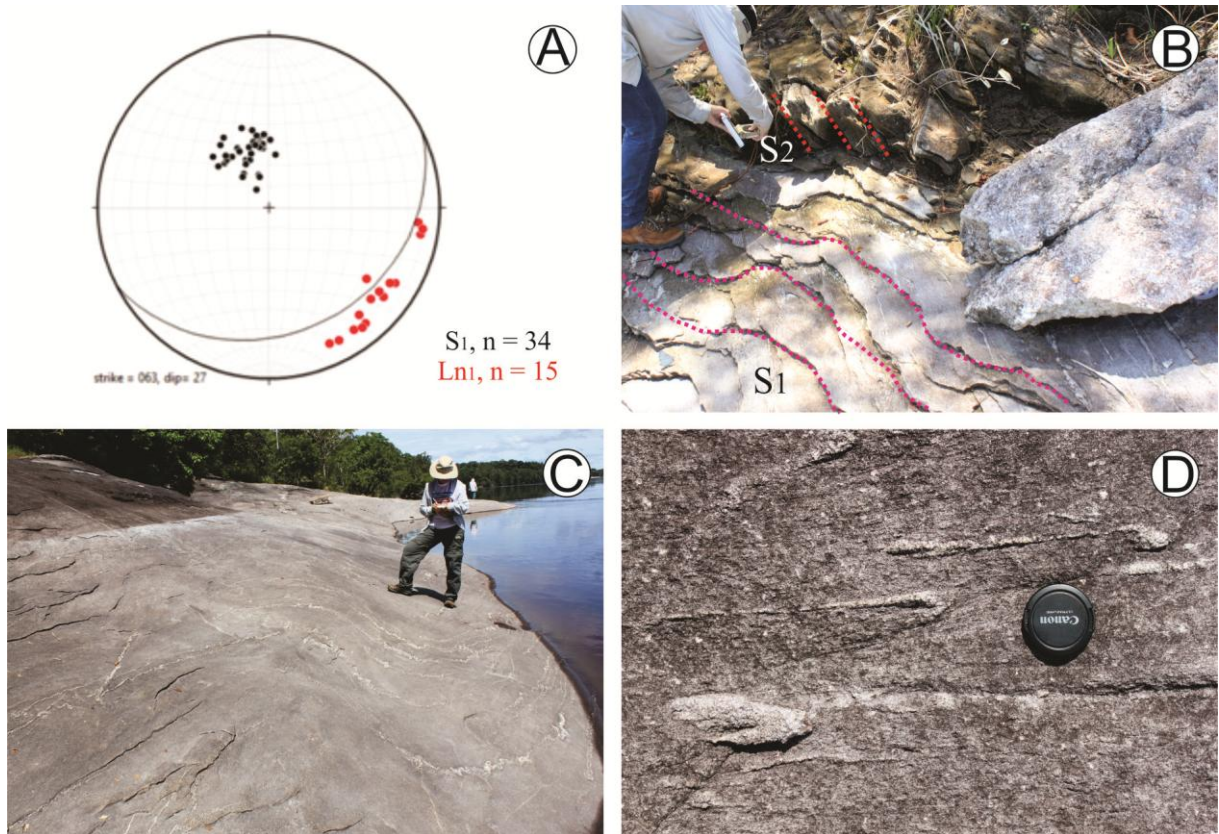


Figura 8: Outcrops where foliation S₁ can be observed. (A) Distribution of the attitude of foliation S₁ pole and mineral stretching lineation (Lm₁) contained in plane S₁. (B) Foliation S₁ folded by axial-plane foliation S₂. (C) Folds representing foliation S₁. (D) Intrafolial folds (S₁) according to foliation S₂.

Foliation S₂ is easily identified by the clear alignment of sigmoid potassic feldspar porphyroclasts and mafic minerals alignment. It is mainly oriented according to N82°E-S64°E and dips 40° to 74° southwards (Figures 9A and 9B). Mineral stretching lineation contained in S₂ dips 11° to 56° southwards. Folds and sigmoidal potassic feldspar porphyroclasts indicate dominant sinistral rotation. Pegmatite dikes varying from 10 cm to approximately 1 m in thickness (Figure 9C), usually boudinated and showing pinch-and-swell structures (Figure 9D), are concordant with foliation S₂. Some of these dikes show concentrations of mafic minerals (melanosome?) at the rims, suggesting an initial migmatization stage concomitant with the development of foliation S₂ (Figure 9D). Stretching lineation shows mean orientation dipping 24° to 126°Az (strike) and the observed kinematic criteria (asymmetry of folds and boudinated pegmatitic veins) indicate sinistral transpressional kinematics.

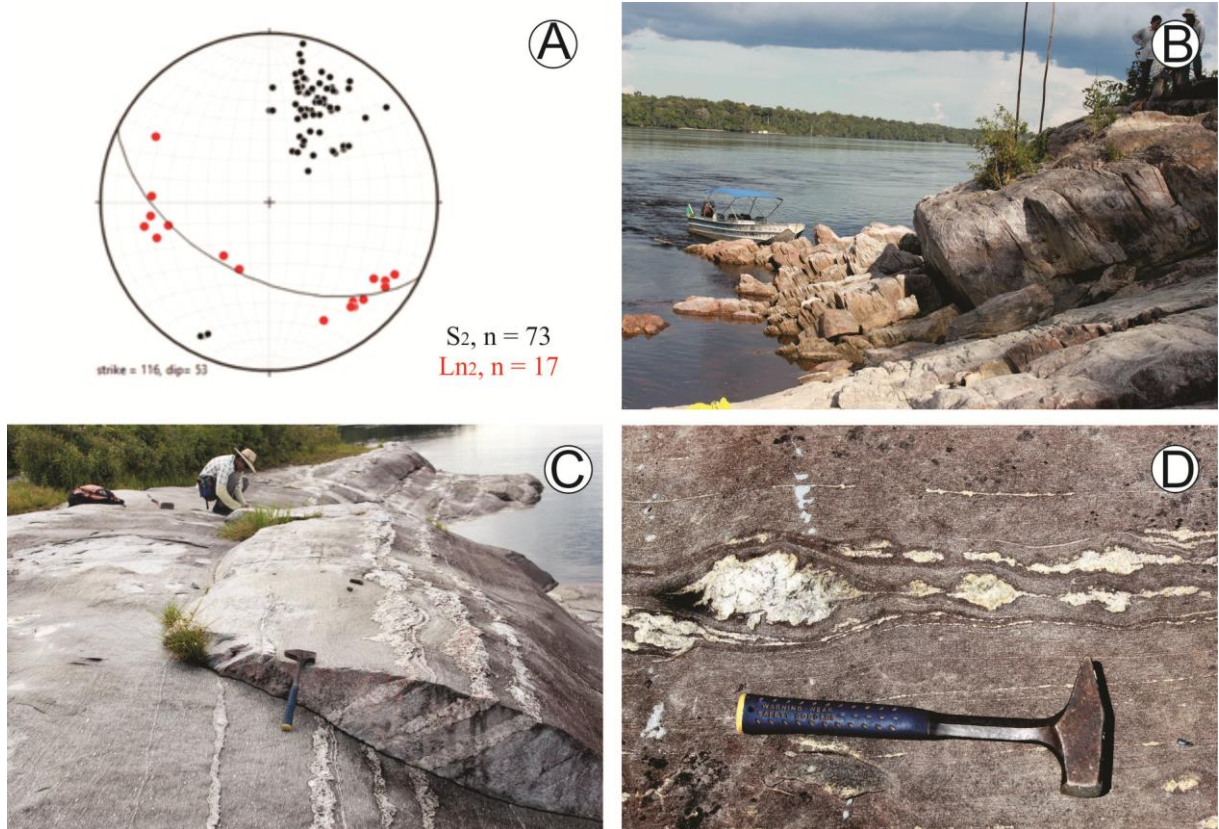


Figura 9: Outcrops where foliation S_2 was observed. (A) Dispersion of the orientation of the foliation S_2 pole in outcrops and mineral stretching lineation for this deformation phase, showing SE-trending main orientation. (B) Foliation S_2 arrangement in leucogneisses. (C) Stretched pegmatite dikes, concordant with foliation S_2 . (D) Development of sigmoid features by stretching of pegmatitic dikes derived from the deformation that generated foliation S_2 ; pegmatites with concentrations of mafic minerals at the rims, suggesting the development of S_2 in anatexis conditions (?).

NE-SW-trending foliation S_3 is characterized by high, SE-dipping angles. It occurs locally, axial-planar to gentle folds, registered in the compositional banding of leucogneisses and pegmatite dikes concordant with orientation of S_2 foliation (Figures 10A, 10B and 10C). Foliation the foliation S_2 was totally obliterate by S_3 foliation. It also occurs in shear zones (Figure 10D). Potassic feldspar porphyroclasts indicate dominant sinistral transpressional kinematics. The record of S_3 foliation and the effects of this strain on rocks generates interference patterns by refolding of the dome-and-basin type (Figure 10E).

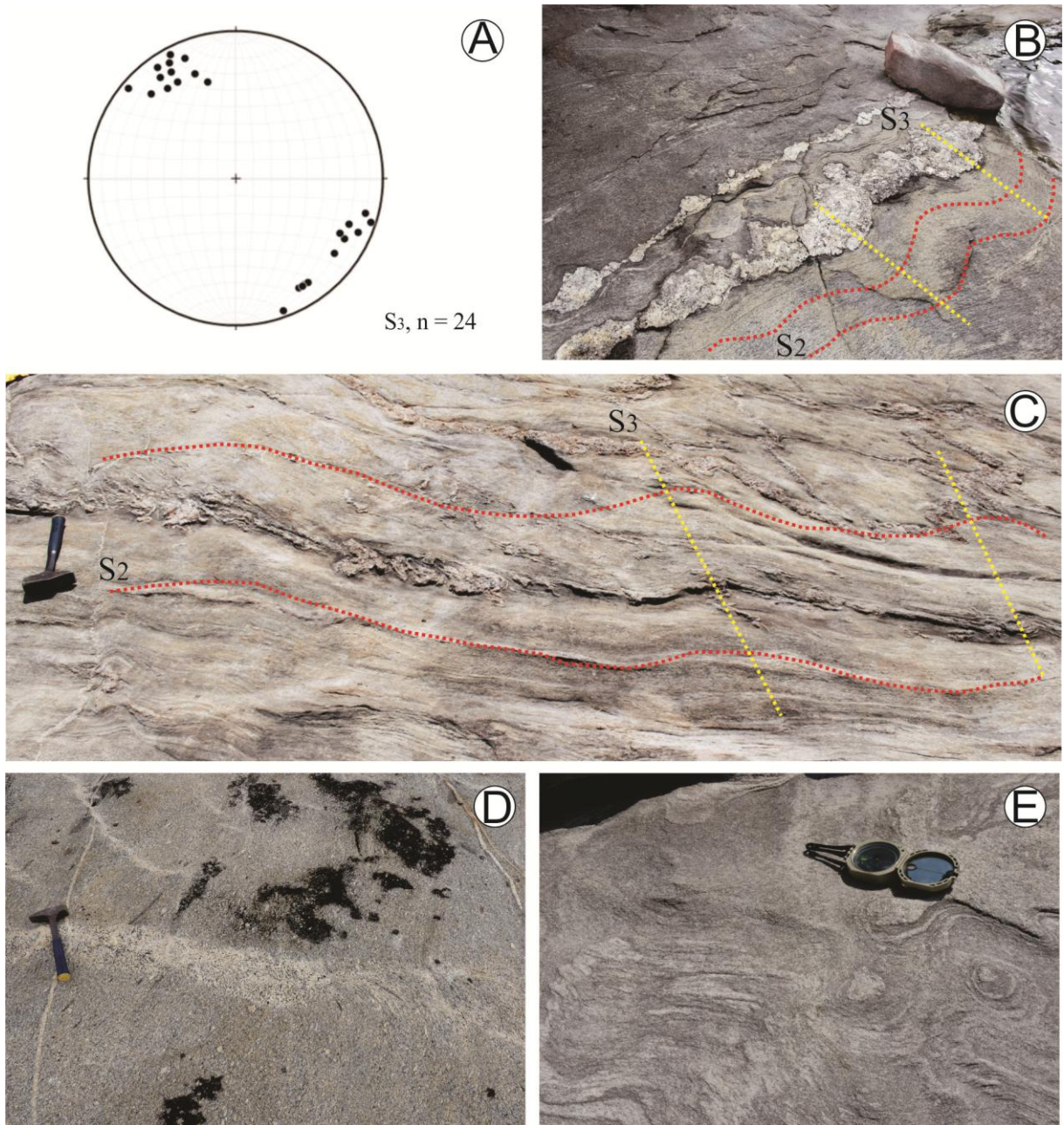


Figura 10: Foliation S_3 structural features. (A) Orientation of the foliation S_3 pole. (B) and (C) gentle and open folds representing S_3 . (D) shear zone according S_3 with sinistral kinematics. (E) Circular and elliptical foliation representing S_1 , S_2 and S_3 refolding pattern of the dome-and-basin type.

METAMORPHIC CONDITIONS – M_2 AND M_3

Metamorphic conditions were established using empirical calibrations for the amphibole-plagioclase geothermometer by Anderson (1996) and Ti in biotite by Henry *et al.* (2005), and pressure conditions using the Al geobarometer in hornblende by Anderson (1996). Metamorphic event M_1 was probably responsible for the generation of igneous

protoliths syn-tectonically to deformational event D₁, generating foliation S₁. Taking into consideration reworking by events M₂ and M₃ – in particular M₂, which reached anatexis conditions, the features that represent metamorphism M₁ were obliterated.

Temperatures for event M₂ were determined applying the geothermometer of Henry *et al.* (2005) to biotites of the three facies. For Santa Izabel do Rio Negro and São Jorge, the values obtained were close and within the 568-661 °C interval. The temperatures obtained for the Cumati facies were a little higher, varying from 643° to 709 °C, confirmed by migmatization evidences in the field. These values are consistent with the temperature of 717.9 °C, obtained by Anderson's (1996) calibration for the amphibole-plagioclase pair.

The microtextures associated with M₂ are granoblastic contacts (Figure 11A) and quartz crystals with the development of subgrains by planar sliding and chessboard undulatory extinction (Figure 11B), indicating minimum recrystallization temperatures between 680-700 °C (Kruhl, 1996). The generation of subgrains developed by SGR (SubGrain Rotation) recrystallization and mantle-core texture is common in plagioclase (Figure 11C), both formed at temperatures higher than 600 °C (Yund and Tullis, 1991; Olsen and Hohlstedt, 1985; Passchier and Trouw, 2005). Polygonal granoblastic texture defined by potassic feldspar of the matrix is common (Figure 11D) and it is associated with temperatures of the order of 650 °C (Yung and Tullis, 1991).

Locally, it is possible to recognize features characteristic of migmatization, such as rounded biotite with corroded rims being incorporated by feldspar (Figure 11E) and interfingered contacts between plagioclase and alkaline feldspar (Figure 11F; Passchier and Trouw, 2005; Sawyer, 1999 and 2001).

Event M₂ pressure conditions were estimated by the amphibole-plagioclase geothermobarometer only for the Cumati facies, which indicated pressures of the order of 5.84 kbars, corresponding to an approximately 20-km depth in the crust (Anderson 1996).

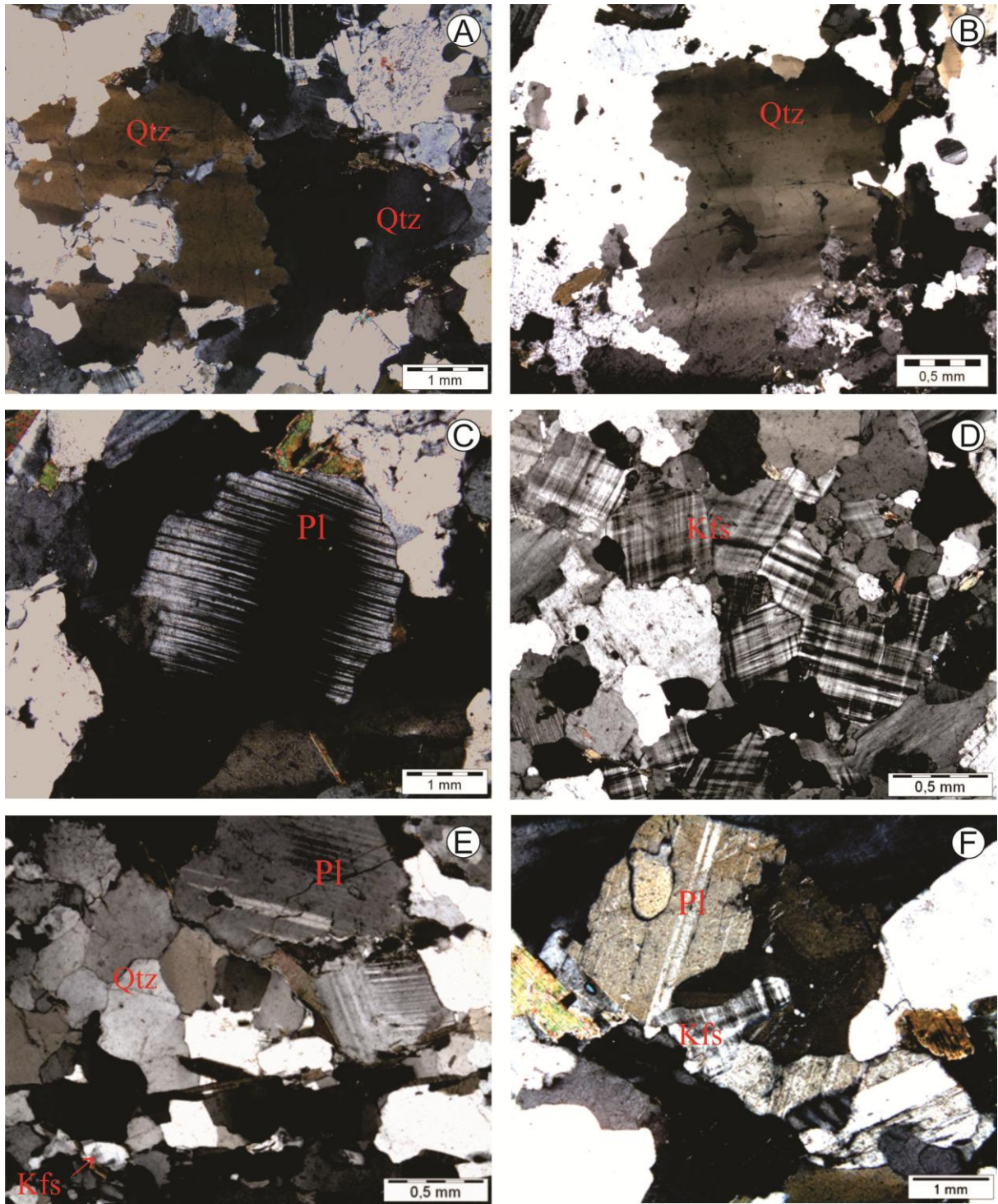


Figura 11: M₂ microtextural aspects. (A) Granoblastic contacts between quartz crystals (Qtz). (B) Quartz showing chessboard extinction. (C) Plagioclase with folded mechanical twinning, undulatory extinction and limit with lobate feldspar (Pl). (D) Polygonal granoblastic texture in potassic feldspar. (E) biotite (Bt) with corroded rims incorporated by feldspar. (F) Contacts between potassic feldspar (Kfs) and plagioclase with mechanical twinning and undulatory extinction defined by limit migration.

Metamorphic event M₃ is here interpreted as low-grade metamorphism at the greenschist facies, due to the overlapping of low-grade textures on already recrystallized minerals of the matrix and/or on porphyroclasts deformed at higher temperatures. The

microtextures that mark M_3 are clearly observed in quartz crystals that show strong undulatory extinction (Figure 12A), Bulging Recrystallization (BLG) texture, related to the 300-400 °C interval (Passchier and Trouw, 2005; Shigematsu, 1999), and pinning texture (Passchier and Trouw, 2005), where biotite is incorporated to quartz crystals (Figure 12B). Plagioclase and potassic feldspar phenocrysts of the Santa Isabel do Rio Negro facies and garnet of the São Jorge facies are fractured (Figure 12C), occasionally with recrystallized quartz filling the fractures. In general, M_3 is represented by conspicuous undulatory extinction, with deformation bands in quartz, rare undulatory extinction in plagioclase, and biotite showing gentle folding and rare kink bands (Figure 12D).

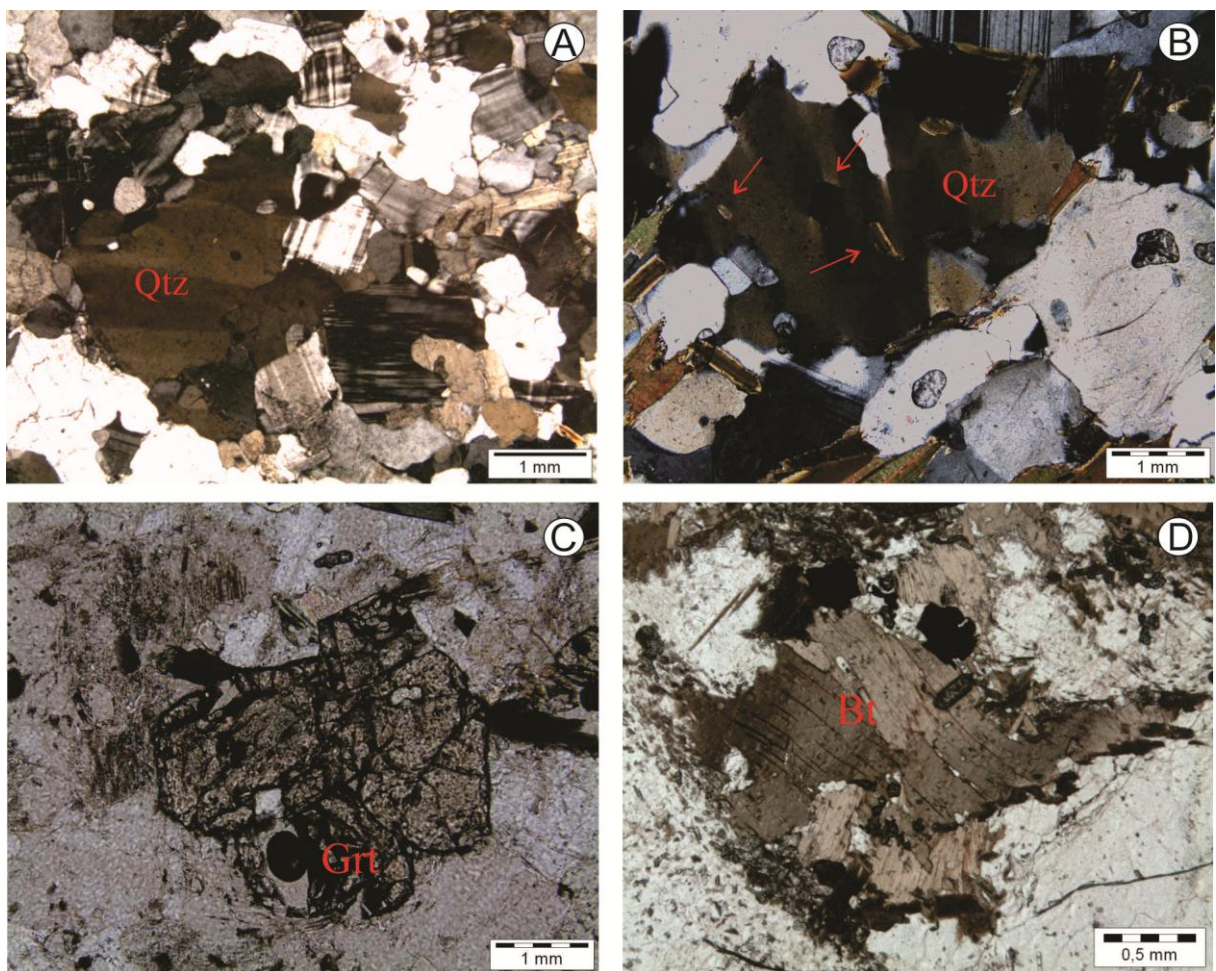


Figura 12: M_3 microtextural aspects. (A) Quartz crystals (Qtz) with size reduced by planar slip and undulatory extinction. (B) Biotite showing pinning-type texture in quartz crystal. (C) Fractured garnet crystal. (D) Kink band in biotite.

LITHOGEOCHEMISTRY

A population of 19 samples was used to discriminate the igneous protoliths of the Cauaburi Complex gneisses, considering isochemical (closed system) processes (Table 01). Regarding major elements, the samples from the São Jorge facies differ from the other facies by the higher SiO₂ (70.77 to 73.15%), K₂O (5.01 to 6.91%) and Na₂O (3.42 to 4.38%) contents and low TiO₂ (0.11 to 0.20%), CaO (0.47 to 1.22%), Fe₂O₃ (0.53 to 1.22%), and MgO (0.05 to 0.24%) contents (Table 01).

Chemical analysis of the samples from Cumati and Santa Isabel do Rio Negro facies show SiO₂ varying from 63.94 to 72.73% and, in general, depletion of K₂O (1.69 to 5.76%) and Na₂O (2.22 to 3.64%) and enrichment of TiO₂ (0.32 to 0.87%), CaO (2.04 to 5.44%), Fe₂O₃ (2.39 to 4.93%), and MgO (0.49 to 1.89%), when compared to the samples from the São Jorge facies (Table 01). When plotted in Harker diagrams, the three facies define a single trend with negative correlation for Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃ and TiO₂ and positive correlation for K₂O. The São Jorge facies yields a vertical trend for MnO and Rb/Sr ratio, whereas the other facies define a trend with negative correlation for MnO and a slight, positive correlation for Rb/Sr (Figure 13). In general, high dispersion of trace elements is observed for all samples.

The gneisses of the Santa Isabel do Rio Negro and Cumati facies are metaluminous, with some samples of the Santa Isabel do Rio Negro Lithofacies showing peraluminous character, whereas the gneisses of the São Jorge facies are strongly peraluminous (Figure 14A). The Santa Isabel do Rio Negro and Cumati facies constitute calc-alkaline series, contrasting with the São Jorge rocks, which are highly evolved and of strong alkaline affinity (Figures 14B, 14C and 14D).

Tabela 1: Major and trace element analyses of selected sample of The Cauaburi Complex.

Litofácies	São Jorge									Cumati			Santa Izabel do Rio Negro						
	Amostra	MC12A	MC02	MC03	MC04	MC07B	MC12B	MC07A	MC09	MC01	MC06	MC15	MC08	MC31A	MC25A	MC21A	MC28	MC26	MC20B
SiO ₂	70,77	71,80	71,99	72,14	72,27	72,62	72,78	72,99	73,15	63,94	65,43	67,01	64,44	65,96	66,16	67,02	67,70	68,19	72,73
TiO ₂	0,20	0,15	0,18	0,22	0,18	0,11	0,15	0,17	0,15	0,87	0,59	0,46	0,51	0,52	0,61	0,53	0,54	0,42	0,32
Al ₂ O ₃	15,77	15,30	14,80	14,61	14,52	15,11	14,61	15,31	14,69	16,15	15,73	16,10	15,92	15,89	15,32	15,40	15,29	15,53	15,35
Fe ₂ O ₃	1,23	0,98	1,02	1,17	1,07	0,53	0,82	0,79	0,77	4,75	4,57	2,88	4,93	4,27	4,74	4,01	3,64	3,93	2,39
MgO	0,24	0,16	0,16	0,21	0,19	0,05	0,08	0,10	0,12	1,54	1,39	0,92	1,89	1,01	1,31	0,94	0,81	1,52	0,49
MnO	0,10	0,15	0,09	0,17	0,16	0,15	0,04	0,08	0,10	0,10	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,04
CaO	1,22	0,64	0,66	0,49	0,47	0,63	0,49	0,73	0,71	5,44	3,68	4,17	4,35	3,23	3,98	2,95	2,90	4,45	2,04
Na ₂ O	4,38	4,19	4,05	3,82	3,58	3,43	3,63	3,82	4,03	2,86	2,77	3,35	3,03	3,76	2,95	3,64	3,60	3,14	2,22
K ₂ O	5,01	5,76	5,77	5,80	6,24	6,91	6,43	5,85	5,64	2,63	4,21	3,43	3,60	4,11	3,73	4,19	4,34	1,69	5,76
P ₂ O ₅	0,08	0,03	0,04	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02	0,04	0,57	0,17	0,37	0,18	0,24	0,27	0,23	0,22	0,21	0,11
LOI	0,80	0,70	1,10	1,20	1,1	0,30	0,80	0,00	0,50	0,80	1,10	1,00	0,80	0,50	0,60	0,60	0,50	0,50	0,20
Total	99,80	99,86	99,86	99,85	99,82	99,85	99,85	99,86	99,9	99,65	99,71	99,77	99,74	99,57	99,75	99,59	99,59	99,65	101,62
Ba	578	183	222	241	265	704	263	305	212	1055,0	914,0	836,0	852,0	1923,0	838,0	1788,0	1950,0	611,0	1330,0
Rb	210,2	232	201,9	225	220,3	269,7	234,9	243,1	209,9	103,5	148,2	125,8	113,3	105,5	169,9	101,3	93,8	115,7	190,6
Sr	134,8	48,8	50,2	52,6	61,5	125,9	52,3	59,8	47,3	512,4	301,1	456,1	366,6	485,2	266,0	423,0	437,3	509,7	235,0
Ga	14,7	15,1	15,8	14,7	13,3	15,0	13,9	15,3	13,3	15,2	16,7	15,1	15,5	16,1	17,2	15,1	14,6	15,4	12,3
Zn	29	20	27	45	50	11	37	16	22	53	54	38	47	52	55	54	47	47	29
Hf	10,7	8,9	11	9,2	8,5	9,2	8	8,4	7,6	13,0	5,7	13,2	4,7	8,1	5,6	8,3	7,4	5,6	6,0
Nb	20	22,1	27,4	22,1	19,6	38,2	18,2	18,8	15,2	20,8	12,9	16,1	9,0	9,1	17,7	10,1	12,2	10,7	10,3
Ta	1,1	1,3	1,2	1,3	1,3	2,6	1,5	0,8	0,8	1,9	0,9	1,3	0,6	0,6	1,3	0,7	0,9	1,0	0,7
Th	28,3	26	35,5	27,9	36	25,1	31,7	37,9	30,3	21,6	14,7	34,5	15,3	9,8	7,7	9,6	7,6	14,1	14,9
Zr	326,4	219	262,6	227,6	201,7	163,2	207,3	218,4	209,4	495,8	209,5	501,6	174,9	327,8	210,5	351,3	297,9	210,3	195,7
Y	75,3	47,6	31	59,5	59,3	34,6	44	68,7	33,3	45,9	33,7	37,3	21,6	20,2	38,7	21,6	36,6	34,1	23,5
La	69,7	44,6	54,9	89,9	87,1	22,8	55,2	71,5	52,9	82,9	69,2	54,4	41,8	45,9	27,7	68,3	56,3	90,2	39,0
Ce	146,5	99,7	120,4	135,2	195,1	52,9	109,9	158,7	119,6	165,8	130,3	132,3	84,0	92,8	60,6	126,1	109,0	123,9	70,0
Pr	16,4	11,9	13,6	21	20,6	6,4	12,3	18,8	13	18,9	16,0	12,2	9,4	11,1	8,3	14,1	14,5	17,2	8,1
Nd	62	42,1	52,8	76,3	73,5	23,4	46,7	68,2	48,5	72,1	58,8	45,7	34,4	39,9	34,5	49,8	55,0	60,7	28,4
Sm	12	11,3	11,2	15,8	16,2	5,8	9,4	15,1	9,6	12,3	10,3	8,5	6,3	6,2	7,4	7,1	9,4	10,5	4,5
Eu	1,7	1,0	1,2	2,2	2,1	0,8	1,3	1,1	1,0	3,0	2,1	1,9	1,3	1,6	1,5	1,9	2,0	1,9	1,2
Gd	12,2	7,9	9,3	13,5	14,5	5,4	8,4	12,8	8,1	10,4	8,4	8,0	5,0	4,9	6,9	5,4	7,7	9,8	4,1
Tb	2,1	1,3	1,4	2,1	2,2	1,0	1,3	2,0	1,2	1,5	1,2	1,2	0,7	0,7	1,0	0,7	1,1	1,3	0,6
Dy	12,3	8,0	7,5	11,1	11,8	7,0	7,8	11,1	6,1	8,6	6,5	6,3	3,7	3,5	5,8	3,9	6,4	6,6	3,4
Ho	2,5	1,7	1,3	2,0	2,1	1,5	1,6	2,3	1,1	1,6	1,2	1,4	0,8	0,7	1,3	0,7	1,3	1,2	0,8
Er	7,2	4,9	3,4	5,8	5,7	4,6	4,8	6,2	3,2	4,9	3,3	3,8	2,1	2,0	4,0	2,2	3,6	2,9	2,3
Tm	1,1	0,7	0,4	0,9	0,8	0,8	0,7	0,9	0,5	0,8	0,5	0,6	0,3	0,3	0,6	0,3	0,5	0,4	0,4
Yb	7,0	4,8	2,6	5,5	4,7	5,4	4,7	5,9	2,7	4,6	3,0	4,3	2,0	2,0	4,5	2,1	3,0	2,4	2,6
Lu	1,0	0,7	0,3	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9	0,4	0,7	0,5	0,7	0,3	0,3	0,7	0,3	0,4	0,4	0,4
Σ ETR	1738,3	1029,4	1123,1	1248,3	1310,1	1511,0	1125,8	1336,3	1033,5	2657,9	1951,8	2303,2	1750,2	3110,0	1720,2	2996,8	3113,9	2172,3	1841,4

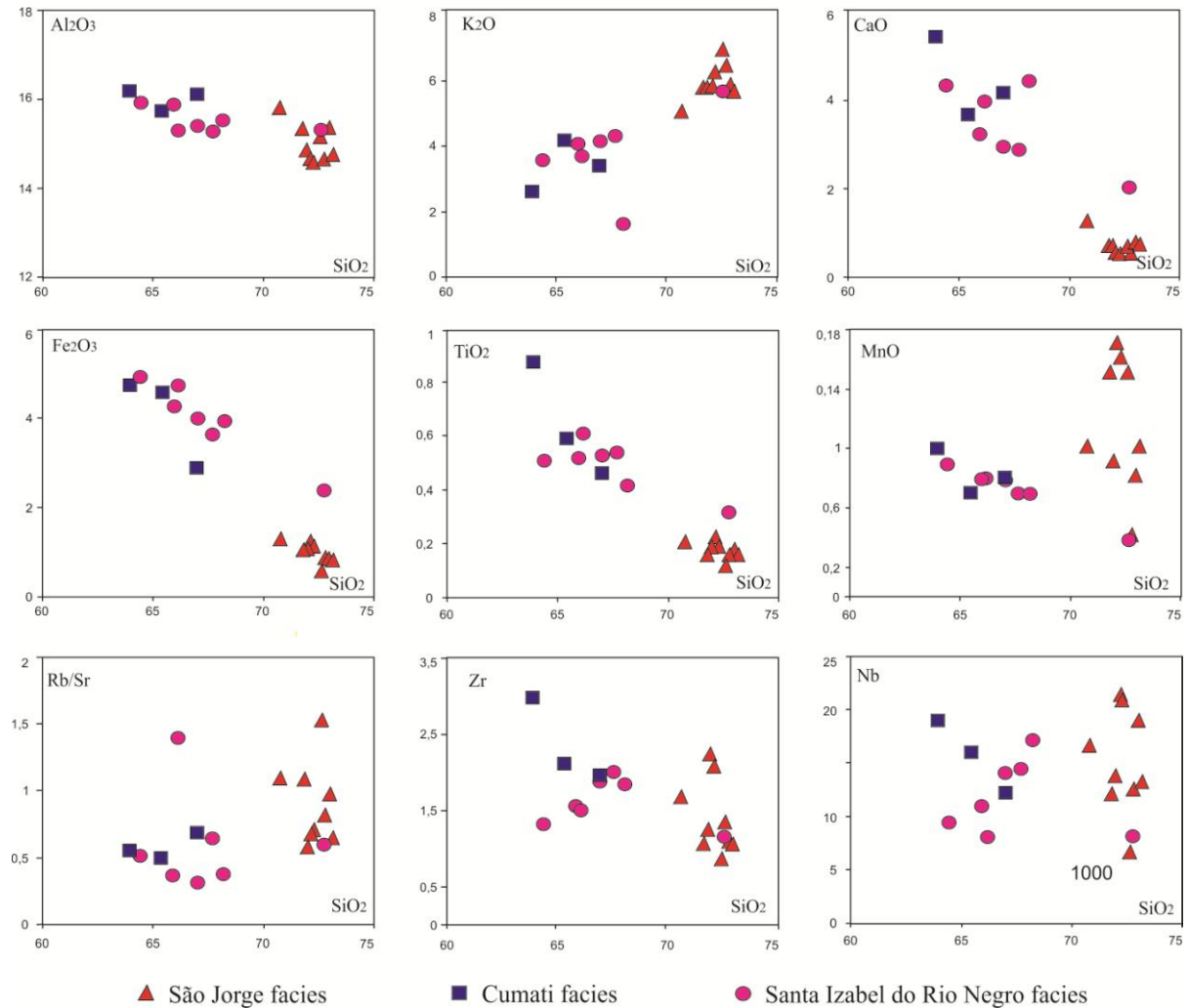


Figura 13: Harker variation diagram for major and trace elements of The Cauaburi Complex.

The São Jorge facies shows the lowest REE fractionation degree, with La_N/Yb_N values from 13.21 to 2.85 (La_N/Sm_N between 3.47 and 2.47 and Gd_N/Lu_N between 2.49 and 0.81) and pronounced negative Eu anomaly (Eu_N/Eu^* between 0.24 and 0.44) (Figure 15). The poorly fractionated HREE pattern reflects the presence of garnet and zircon in these rocks. The strong Eu anomaly is interpreted as resulting from feldspar fractionation, common in evolved rocks.

The Cumati facies shows intermediate behavior in relation to REE fractionation, with La_N/Yb_N between 15.55 and 8.53 (La_N/Sm_N between 4.24 and 4.03 and Gd_N/Lu_N between 2.26 and 1.50) and less pronounced negative Eu anomaly (Eu_N/Eu^* between 0.69 and 0.81). Despite less fractionated, this distribution pattern is similar to that observed for the Santa Izabel do Rio Negro Lithofacies. For this lithofacies, La_N/Yb_N varies between 25.34 to 4.14 (La_N/Sm_N between 6.05 and 2.35 and Gd_N/Lu_N between 3.30 to 1.18). Negative Eu anomaly is observed (Eu_N/Eu^* varying between 0.46 and 0.88 – Figure 15). The LREE-fractionated pattern in these rocks can be attributed to allanite and epidote as important accessory

minerals, besides apatite and titanite fractionation, which tends to lead to intermediate REE depletion, and variable behavior of HREE fractionation, the latter related to the presence of hornblende and zircon, which occur in variable proportions in these rocks. A minor plagioclase fractionation is reflected in the negative Eu anomaly.

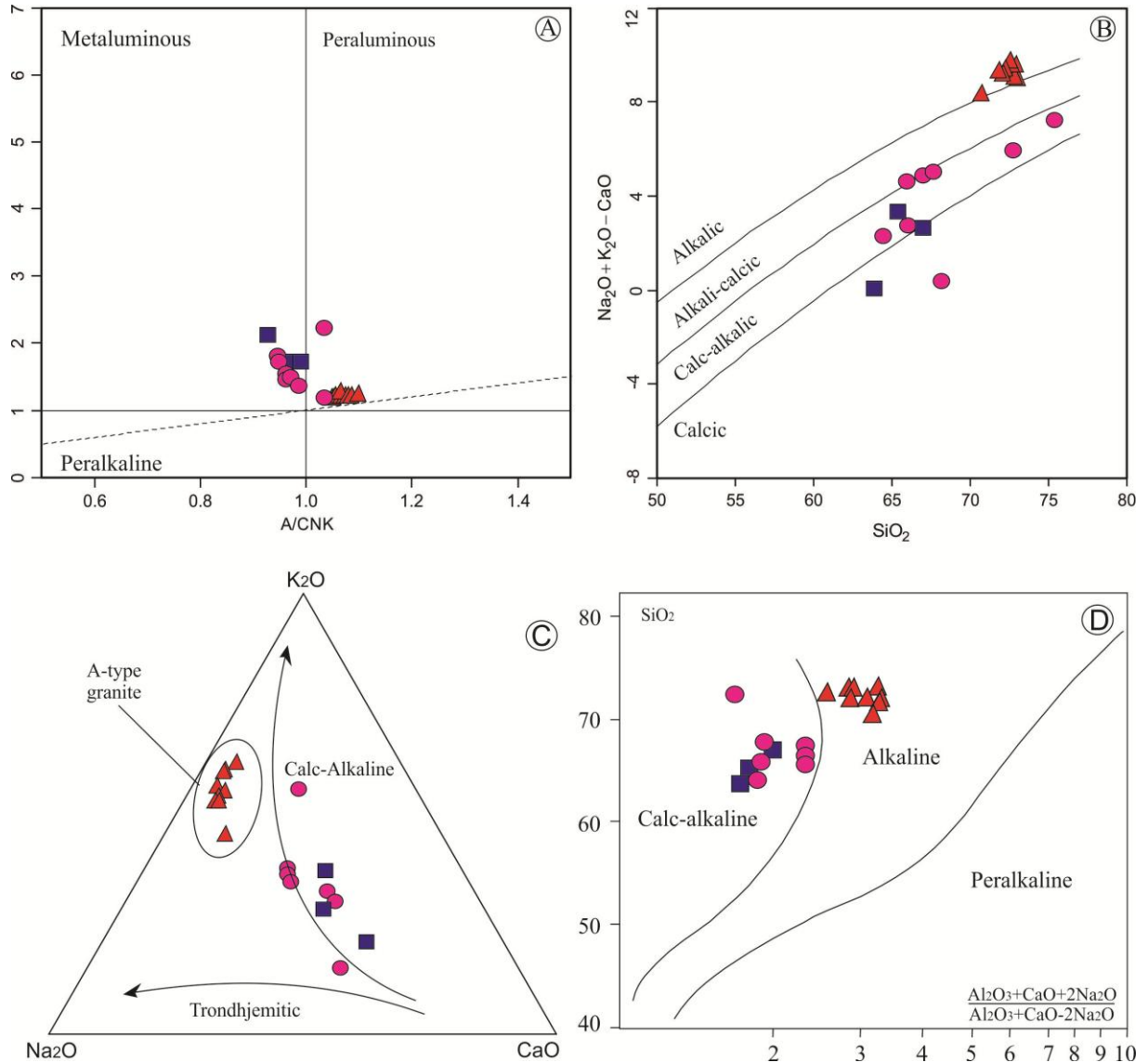


Figura 14: (A) Alumina saturation index (Shand, 1927); (B) Alkalinity diagram of Frost *et al.* (2001); (C) Triangular diagram of Barker & Arth (1976) with A-type compositional field; (D) Alkalinity vs. SiO₂ after Wright (1969).

The distribution patterns in multi-element diagrams for the three facies are similar, but differ because of the anomaly intensities, which are weaker for the Cumati facies, and also because of total REE, which is the highest for São Jorge. In general, negative anomalies are observed for Ba, Nb, Ta, Sr, P and Ti, and positive anomalies for Rb, Th, K, La and Ce. Barium and Sr anomalies can be related to plagioclase fractionation; Nb and Ta are common in granites generated in subduction settings; Ti and P can be associated with apatite and

biotite fractionation (Cumati facies), and also titanite fractionation (Santa Izabel do Rio Negro facies).

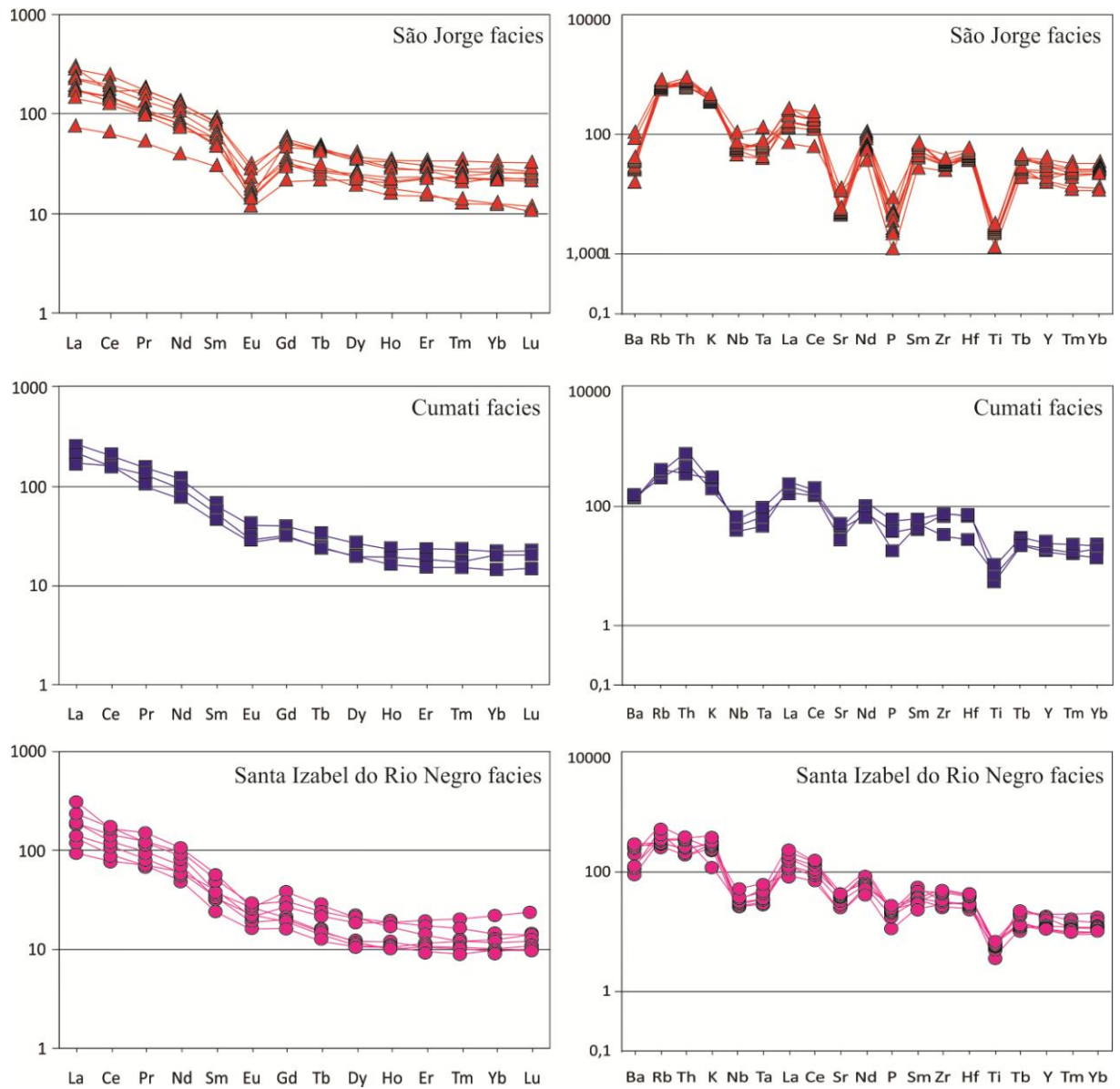


Figura 15: Chondrite-normalized (Boynton, 1984) REE patterns and Chondrite-normalized (Thompson, 1982) spidergrams from sample rocks of study área.

DISCUSSIONS

The mineralogical and chemical differences between the Santa Izabel do Rio Negro/Cumati facies and the São Jorge facies suggest distinct sources for the protoliths. A possible origin for the sources of the calc-alkaline Santa Izabel do Rio Negro and Cumati facies could be partial melting of amphibolites. This origin is consistent with $\epsilon\text{Nd}_{(1.98)}$ values from +0.64 to -2.35 obtained by CPRM (2006) for the Santa Izabel do Rio Negro facies,

suggesting derivation from amphibolites of older crust recycling.

The São Jorge facies alkaline rocks are extremely evolved and peraluminous, with high alkalis contents ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ up to 9%), high $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t+\text{MgO})$ ratio, low CaO contents, and high Ga, Nb, Rb and Zn concentrations, which is compatible with A-type granites (White and Chapell, 1993, Whalen *et al.*, 1987, King *et al.*, 1996). The essential mafic mineralogy is represented by biotite (1.2 to 3.5%) and spessartite garnet (3.0 to 0.8%). The total modal mafic content is less than 10%.

The presence of garnet is relatively rare in A-type granites, but extremely common in S-type granites. Examples of garnet associated with alkaline granites can be found in the eastern portion of the Seridó Belt (Borborema Province), where garnet is andradite (Nascimento *et al.*, 2010), and in the central portion of China (East Qinling Orogen), where garnet is spessartite (Zhang *et al.*, 2012).

A-type granites can be generated from: (1) crystallization of extremely fractionated mantle liquids (Loiselle and Wones, 1979; Frost and Frost, 2010); (2) partial melting of tonalitic to granodioritic crust (Creaser *et al.*, 1991; Frost and Frost, 2010); (3) melting by high-temperature dehydration of calc-alkaline granitoids at shallow crustal levels (Patiño Douce, 1997), and (4) orthogneisses or high-grade metasedimentary rocks, from which a previous melting has already been extracted (Bonin, 2007; Zhang *et al.*, 2012), among other possibilities.

Comparing the São Jorge facies with the (A-type) Enlangmiao granite of the central portion of China (Zhang *et al.*, 2012), there is a great mineralogical and chemical similarity: mafic minerals represented by biotite and spessartite, extremely evolved rocks ($\text{SiO}_2 > 75\%$), peraluminous to metaluminous, high Rb, Ga, Ta, Nb and Y and low Sr, Ti and P concentrations. For the Enlangmiao granite, $\epsilon\text{Nd}_{(t=120\text{Ma})}$ values vary from -6.6 to -9.0 and basement granitic gneisses showing participation of the depleted mantle during an extensional event were considered as sources. Regarding the São Jorge facies, the lack of isotopic data makes more concrete inferences regarding the source impossible. However, the development of foliation S_1 could have occurred in this facies followed by the intrusion of pegmatitic dikes, whose origin is related to the occurrence of late magmatic phases. The deformation derived from this tectonic event was recorded in transpressional regime, with SE-NW-trending sub-horizontal shortening vector and stretching axis concomitant with the NE-SW-elongated shape of the plutons that originated this rock unit.

The origin of the Cauaburi Complex gneisses from reworking of old rocks can be

related to compressional settings, where thrust faults and crustal thickening caused melting. Considering the tectonic context, the Cauaburi Complex has, in general, affinity with (magmatic and/or oceanic) arc rocks (depending on the parameter used – Figures 16B, 16C and 16D), excepting the São Jorge facies rocks, which in the diagram of Thiéblemont and Téggyev (1994), are consistent with a continental collision setting. Niobium and Ta anomalies are common in granites associated with subduction settings.

We suggest that, starting from melting of distinct sources in a possible (magmatic) arc setting, the Cauaburi Complex rocks evolved by fractional crystallization (Figure 16A). The rocks from the Cumati/Santa Izabel do Rio Negro facies probably formed from plagioclase, amphibole, titanite and apatite fractionation, whereas the São Jorge facies rocks evolved from plagioclase, apatite, biotite and garnet fractionation. The crystallization age obtained for the Cumati facies protoliths is 1703 ± 7 Ma (U-Pb ID-TIMS; CPRM, 2006), and for the Santa Izabel do Rio Negro facies protoliths are 1789 ± 6 Ma (U-Pb SHRIMP; Santos *et al.* 2003) and 1798 ± 3 Ma (U-Pb SHRIMP; CPRM 2003). Foliation S_1 was generated concomitant with the Cauaburi Complex syn-tectonic cooling.

The occurrence of monzogranitic rocks with well-preserved magmatic flow foliation S_0 , whose attitude coincides with the orientation of metamorphic foliation S_2 , suggests that there were both metamorphism of preexisting rocks for the generation of gneisses and the emplacement of plutons during the event that recorded foliation S_2 . This foliation S_2 , product of the regional metamorphic event M_2 , developed under temperatures around 717.9 °C and pressures of 5.84 kbars. Concomitant with this tectono-metamorphic event, S- and I-type granites of the Içana and Uaupés suites respectively, and of approximate age of 1.52 Ga, were generated (Santos *et al.*, 2000; Almeida *et al.*, 2013). A SE-NW-trending shortening vector is associated with this tectono-metamorphic event of sinistral transpressional character, resulting in a dextral rotation around 60° , by association with tectonic event M_1 . Inferences regarding the age of metamorphic event M_2 were obtained from U-Pb SHRIMP ages of 1490 ± 3 Ma (Santos *et al.* 2006) and 1468 ± 8 Ma (CPRM, 2003) in titanite from Santa Izabel do Rio Negro facies.

Metamorphic event M_3 , materialized by foliation S_3 , developed mainly in shear zones under low temperature conditions (between 300 °C and 400 °C). The minimum age for this event is inferred on the basis of Ar-Ar determinations in muscovite (Santos *et al.*, 2003), which yielded 1337 ± 4 Ma for the Aracá Formation rocks. Considering the spatial distribution of similar regional trends, it is interpreted that during the tectonic evolution of the

study region there were variations in the orientation of the tectonic stresses, but maintenance of the compressive SE-NW-trending tectonic regime.

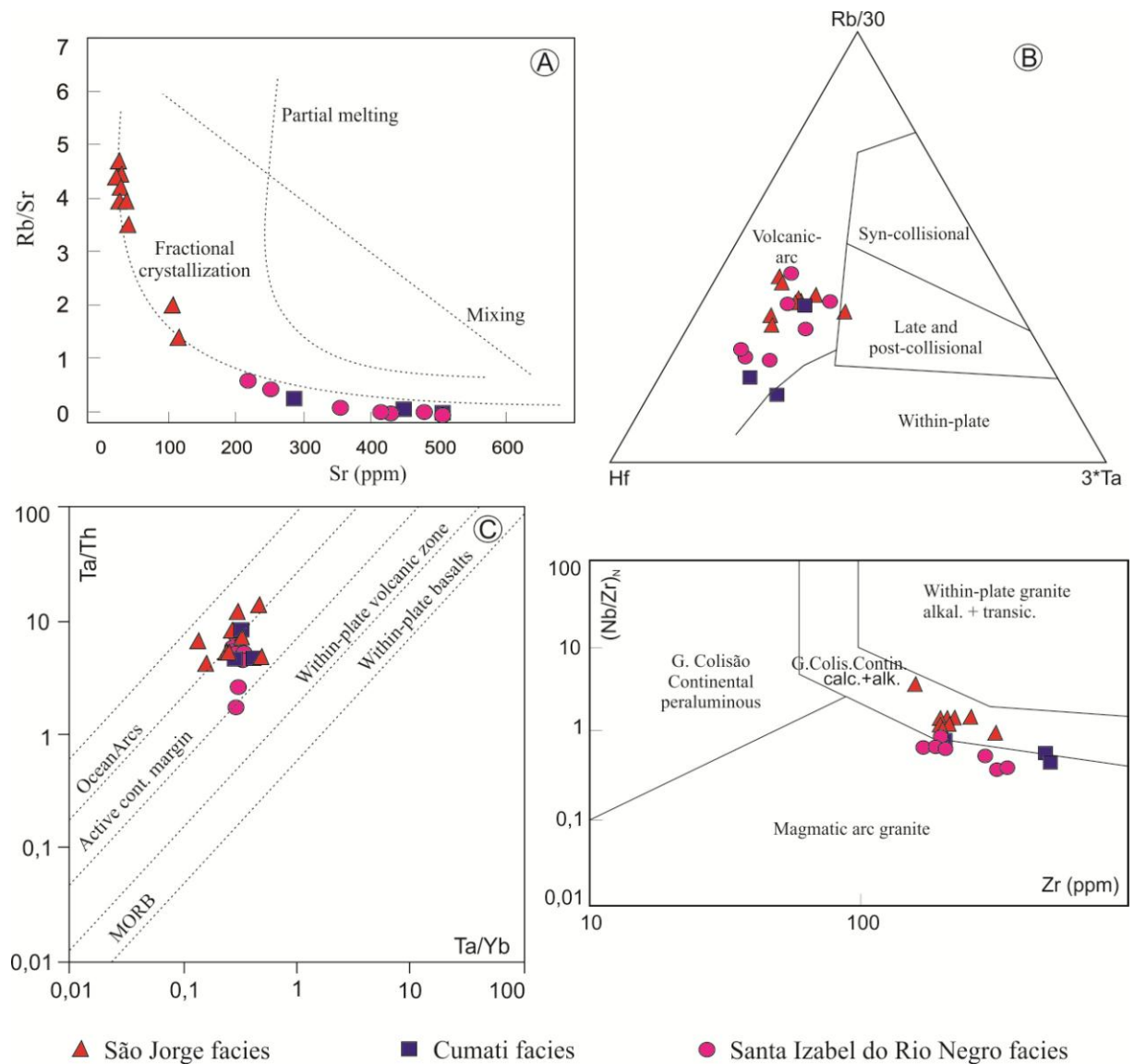


Figura 16: Magmatic process and tectonic environment diagrams. (A) Variation diagram of Allégre *et al.* (1977); (B) Hf-Rb-Ta diagram by Harris *et al.* (1986); (C) Th/Ta vs. Ta/Yb diagram of Schandl & Gorton (2002); (D) (Nb/Zr)_N vs Zr of Thiéblemont & Tégéyev (1994).

CONCLUSIONS

The tectono-metamorphic study of the gneissic rocks cropping out between São Gabriel da Cachoeira and Santa Isabel do Rio Negro cities made a litho-stratigraphic review of the Cauaburi Complex possible, and its sub-division in the Santa Isabel do Rio Negro, Cumati, São Jorge facies, and, additionally the Tarsira facies, which is not included in this

study for cropping out only in the western portion of the Imeri Domain.

The Cumati facies is composed of intensely deformed granodiorite gneisses, which show millimeter-sized banding, trending preferentially NW-SE. These are metaluminous calc-alkaline gneisses and are the least evolved rocks of the Cauaburi Complex.

The Santa Izabel do Rio Negro facies is composed of orthogneisses of monzogranitic to granodioritic composition, with tabular to oval feldspar porphyroblasts. These are metaluminous to slightly peraluminous rocks, which would represent the most evolved terms of the Cauaburi Complex calc-alkaline rocks.

The São Jorge facies conflicts with the other facies because it is composed of intensely evolved peraluminous monzogranitic leucogneisses of alkaline affinity, which contain biotite and spessartite. Despite the chemical differences and lack of geochronologic data, the structural and metamorphic patterns are the same observed in the Cauaburi Complex calc-alkaline rocks.

Three tectono-metamorphic events are recorded in the Cauaburi Complex rocks. The oldest event (D_1) was responsible for the generation of igneous protoliths and the emplacement in a syn-tectonic setting, leading to the Cauaburi Arc (1.81-1.78 Ga). The following event (D_2) generated the NW-SE-trending foliation with high SW dips, high-angle stretching lineation and kinematic criteria that indicate sinistral transpressional kinematics. Associated metamorphism reached the amphibolite facies (717.9 °C and 5.84 kbars), concomitant with the generation and emplacement of the Içana Suite S-type and the Uaupés Suite I-type granites. This event is associated with the Içana Orogeny (1.52-1.48 Ga) responsible for the collision of the Uaupés Domain with the Imeri Domain. The tectonic evolution model for the study region starts with the generation of a magmatic arc, syn-kinematic emplacement of plutons under transpressional regime, with major deformation axis trending NE-SW. The probable accretion of this arc to the continental block promoted the emplacement of plutons, crustal thickening and thinning, and folding with NW vergence. The tectonic evolution took place under the same regime with slight variations, with no relevant changes in the shortening vector, with regional SE-NW trend.

Lowest temperature event D_3 (greenschist facies) generated a NE-SW foliation dipping at a high angle to SE, and shear zones of dominant sinistral kinematics, associated with the K'Mudku Event intracontinental reworking (1.40-1.31 Ga).

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank the Brazilian Geological Survey – CPRM/Manaus for the preparation of thin sections and samples for whole-rock chemical analyses; to the technicians of the Microprobe Laboratory of the University of Brasília for mineral analyses; to the reviewers for contributions and suggestions, and to CNPq for financial support by means of the Universal Project, process number 476601/2011-8.

REFERENCES

- Allégre C.J., Treuil M., Minster J. B., Albarède F. 1977. Systematic use of trace elements in igneous processes; Part. I Fractional crystallization processes in volcanic suites. *Contribution of Mineral Petrology*, **60**: 57-75.
- Almeida M. E., Pinheiro S da S., Luzardo R. 2002. Reconhecimento geológico ao longo dos rios Negro, Xié e Içana (Missão Tunuí), noroeste do Estado do Amazonas. CPRM, Manaus, 16.
- Almeida M.E., Macambira M.J.B., Oliveira E.C. 2007. Geochemistry and zircon geochronology of the I-type high-K calc-alkaline and S-type granitoid rocks from southeastern Roraima, Brazil: Orosirian collisional magmatism evidence (1.97-1.96 Ga) in central portion of Guyana Shield. *Precambrian Research*, **155**: 69-97.
- Almeida, M. E.; Macambira, M. J. B.; Santos, J. O. S.; Nascimento, R. S. C.; Paquette, J. L. 2013. Evolução crustal do noroeste do Cráton Amazônico (Amazonas, Brasil) baseada em dados de campo, geoquímicos e geocronológicos. In: SBG/Núcleo Norte, *Simpósio de Geologia da Amazônia*, 13º, Belém. Anais: 1-4.
- Amaral, G. 1974. Geologia Pré-Cambriana da região Amazônica. Universidade de São Paulo, São Paulo. Dissertação de Mestrado, 212.
- Anderson J.L. 1996. Status of thermobarometry in granitic batholiths. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, **87**: 125-138.
- Barker F., Arth J.G. 1976. Generation of thondhjemitic tonalitic liquids and Archean bimodal trondhjemite-basalt suites. *Geology*, **4**: 596-600.

- Bonin B. 2007. A-type granites and related rocks: evolution of a concept, problems and prospects. *Lithos*, **97**: 1-29.
- Brito M.F.L., Fraga L.M.B., Silva L.C., Santos J.O.S. 2000. Complexo Cauaburi. *In*: Almeida M.E. Projeto Serra Imeri. Geologia e Recursos Minerais das Folhas NA.20.Y e SA.20-V-A e SA.20-V-B. Nota explicativa, Manaus, CPRM.
- Boynton W.V. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. *In*: Henderson P (ed.), Rare earth element geochemistry, *Elsevier*, p. 63-144.
- Creaser R.A., Price R.C., Wormald R.J. 1991. A-type granites revisited – assessment of a residual-source model. *Geology*, **19**: 163-166.
- Cordani, U. G., Tassinari, C. G. C., Teixeira, W., Basei, M. A.S., Kawashita, K. 1979. Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. *In*: *Congresso Geológico Chileno*, 2, África. Anais: 137-138.
- Cordani, U. G.; Teixeira, W.; D'Agrella-Filho, M. S.; Trindade, R.I. 2009. The position of the Amazonian Craton in supercontinents. *Gondwana Research*, **15**: 396-407.
- CPRM. 2000. Projeto Serra Imeri. Geologia e Recursos Minerais das Folhas NA.20-Y e SA.20-V-A. Manaus.
- CPRM. 2003. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Manaus, 692p.
- CPRM. 2006. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas. Escala 1:1.000.000. Manaus. 153p.
- Dall'Agnol R., Macambira M.J.B. 1992a. Titanita-biotita granitos do Baixo Rio Uaupés, Província Rio Negro, Amazonas. Parte I: Geologia, petrografia e geocronologia. *Revista Brasileira de Geociências*, **22**(1): 3-14.
- Dall'Agnol R., Macambira M.J.B. 1992b. Titanita-biotita granitos do Baixo Rio Uaupés, Província Rio Negro, Amazonas. Parte II: Geoquímica e petrogênese. *Revista Brasileira de Geociências*, **22**(1): 15-28.
- Fernandes P.E C.A., Pinheiro S.S., Montalvão R.M.G., Issler R.S., Abreu A.S., Tassinari C.G.C. 1977. Geologia da folha SA.19-Içá. *In*: Brasil. Departamento Nacional de

Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Cap. I – Geologia. Rio de Janeiro. (Levantamento de Recursos Naturais, 14).

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 Petrology*, **42**: 2033-2048.

Frost C.D., Frost B.R. 2010. On ferroan (A-type) granitoids: their compositional variability and modes of origin. *Journal of Petrology*, **57**: 1-15.

Harris N.B.W., Pearce J.A., Tindle A.G. 1986. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. In: Coward M.P. & Reis A.C.(eds) Collision Tectonics, *Geological Society Special*, **19**: 67-81.

Hasui, Y., Haralyi N.L., Schobbenhaus C.1984. Elementos geofísicos e geológicos da região Amazônica: subsídios para o modelo geotectônico. In: *Simpósio Amazônico*, Manaus, P. 129-147.

Henry D.J., Guidotti C.V., Thompson J.A. 2005. The Ti-saturation surface for low-to-medium pressure metapelitic biotites: Implications for geothermometry and Ti-substitution mechanisms. *American Mineralogist*, **90**: 316-328.

King P.L., White A.J.R., Chappell B.W., Allen C.M. 1996. Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachlan Fold Belt, Southeastern Australia. *Journal Petrology*, **38**:371-397.

Kruhl J.H. 1996. Prism- and basal plane parallel subgrain boundaries in quartz a microstructural geothermobarometer. *Journal of metamorphic geology*, **14**:581-589.

Loiselle M.C., Wones D.R. 1979. Characteristics and origin of anorogenic granites. *Geological Society of America, Bulletin*, **11**: 468-1979.

Lourenço R.S., Montalvão R.M.G., Pinheiro S.S., Fernandes P.E.C.A., Pereira E.R., Fernandes C.A.C., Teixeira W. 1978. Geologia. In: Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.20-Manaus. Rio de Janeiro, p. 17-164 (Levantamento de Recursos Naturais, 18).

Melo, A. F. F.;Santos, C. A.; Villas Boas, P. F. 1993. Geologia da região das Serras Aracá e Daraá (Nodeste do Estado do Amazonas). Relatório Interno, CPRM.

- Melo, A. F. F.; Villas Boas, P. F. 1993. Projeto Alto Rio Negro. Relatório Preliminar.
- Montalvão R.G.M., Fernandes P.E.C.A. 1975. Grupo Tunuí. Relatório Interno, 38. Belém. Projeto RADAMBRASIL.
- Nascimento R.S.C., McReath I., Galindo A.C. 2010. Relationships between shearing and granitic magma emplacement: the Remígio-Pocinhos shear zone in the São José do Campestre massif, NE Brazil. *Geologia da USP, Série Científica*, **10**(3): 3-10.
- Olsen T.S., Kohlstedt D.L. 1985. Natural deformation and recrystallization of some intermediate plagioclase feldspars. *Tectonophysics*, **111**: 107-131.
- Passchier C.W., Trow R.A.J. 2005. Microtectonics. Berlim, *Springer-Verlang*, 366p.
- Patiño Douce A.E. 1997. Generation of metaluminous A-type granites by low-pressure melting of calc-alkaline granitoids. *Geology*, **25**(8): 743-746.
- Pinheiro S. S., Fernandes P. E. C. A., Pereira E. R., Vasconcelos E. G., Pinto A. C., Montalvão R. M.G., Issler R. S., Dall'Agnol R., Teixeira W., Fernandes C. A. C. 1976. Projeto radar na Amazônia. Geologia. Folha NA. 19-Pico da Neblina: Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, **11**: 19-137.
- Rivers T., Martignole J., Gower C. F., Davidson A. 1989. New tectonic divisions of the Grenville Province, Southeast Canadian Shield. *Tectonics*, **8**: 63-84
- Sadowski G. R., Bettencourt J. S. 1996. Mesoproterozoic tectonic correlations between eastern Laurentia and the western border of the Amazon Craton. *Precambrian Research*, **76**: 213-227.
- Santos J.O.S., Hartmann L.A., Gaudette H.E., Groves D.I., McNoughton 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**(4): 453-488.
- Santos, J. O. S.; Potter, P. E.; Reis, N. J.; Hartmann, L. A.; Fletcher, I. R.; McNaughton, N. J. 2003. Age, source and regional stratigraphy of the Roraima Supergroup and Roraima-like sequences in Northern South America, based on U-Pb geochronology. *Geological Society of America Bulletin*, **115**(3):331-348.

- Santos J. O. S.; Hartmann, L. A.; Faria, M. S. G.; Riker, S. R. L., Souza, M. M.; Almeida, M. E. 2006. A compartimentação do Cráton Amazonas em Províncias: avanços ocorridos no período 2002-2006. *In: Simpósio de Geologia da Amazônia*, 9. Belém.
- Sato K., Tassinari C.C.G. 1997. Principais eventos de acreção continental no Cráton Amazônico baseados em idade modelo Sm-Nd, calculada em evolução de estágio único e estágio duplo. *In: Contribuições a Geologia da Amazônia*, Belém, p.91-142.
- Sawyer, E.W. 1999. Criteria for the recognition of partial melt in. *Physics and Chemistry of the Earth*, **24**: 269-279.
- Sawyer, E. W. 2001. Melt segregation in the continental crust: Distribution and movement of melt in anatectic rocks. *Journal Metamorphic Geology*, **19**(3): 291-309p.
- Schandl E.S., Gorton M.P. 2002. Application of high-field-strength elements to discriminate tectonic settings in VMS environments. *Economic Geology*, **97**(3): 629-642.
- Shand S.J. 1927. Eruptive Rocks. *John Wiley*, New York, p.488.
- Shigematsu N. 1999. Dynamic recrystallization in deformed plagioclase during progressive shear deformation. *Tectonophysics*, **305**(4): 437-452.
- Souza G.H. 2009. Petrografia e geoquímica do batólito granítico São Gabriel da Cachoeira, Província Rio Negro (AM). Dissertação, Departamento de Geociências, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 90p.
- Streckeisen A. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Review*, **12**: 1-33.
- Tassinari, C. G. C.; Cordani, U. G.; Nutman, A. P.; Schmus, W. R. V.; Bettencourt, J. S.; Taylor, P. N. 1996. Geochronological systematic on basement rocks from the Rio Negro – Juruena Province (Amazonian Craton) and tectonic implications. *International Geology Review*, **38**: 161-175.
- Tassinari C. C. G., Macambira M. J. B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, **22**: 174-182.
- Teixeira W. Tassinari C.C.G., Cordani U.G., Kawashita K. 1989. A review of the geochronology of the Amazonian Craton: tectonic implications. *Precambrian Research*, **42**: 213-227.

- Thiéblemont D., Tégnyev M. 1994. Une discrimination géochimique des roches différenciées est témoin de la diversité d'origine et de situation tectonique des magmas calico-alkalins. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences II*, **319**: 87-94.
- Thompson R.N. 1982. Magmatism of the British tertiary volcanic province. *Scottish Journal of Geology*, **18**(1): 49-107.
- Tohver E., van der Pluijm B.A., van der Voo R., Rizzotto G., Scandolara J.E. 2002. Paleogeography of the Amazon Craton at 1.2 Ga: early Grenvillian collision with the Llano segment of Laurentia. *Earth and Planetary Science Letters*, **199**: 185-200.
- Tohver E., D'Agrella-Filho M.S., Trindade R.I.F. 2006. Paleomagnetic Record of Africa and South America for the 1200-500 Ma interval, and evaluation of Rodinia and Gondwana assemblies. *Precambrian Research*, **147**: 193-222.
- Veras R.S. 2012. Petrologia de granitóides dos arredores da Missão Tunuí, NW do Amazonas, Província Rio Negro, Cráton Amazônico. Dissertação, Departamento de Geociências, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 109p.
- Yund R.A., Tullis J. 1991. Compositional changes of minerals associated with dynamic recrystallization. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **108**: 346-355.
- Zhang J., Ma C., She Z. 2012. Na early Cretaceous garnet-bearing metaluminous A-type granite intrusion in the East Qinling Orogen, central China: Petrological, mineralogical and geochemical constraints. *Geoscience Frontiers*, **3**(5): 635-646.
- Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions of mineralogy and petrology*, **95**: 407-419.
- White A.J.R., Chappell B.W. 1993. Granitoid types and their distribution in the Lachland Fold Belt, southeastern Australia. *Geological Society of America, Bulletin*, **159**: 21-34.
- Wright J.B. 1969. A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite genesis. *Geological Magazine*, **106**: 370-384.

CAPÍTULO IV - CONCLUSÕES

O estudo tectonometamórfico das rochas gnáissicas aflorantes entre as cidades de São Gabriel da Cachoeira e Santa Isabel do Rio Negro, permitiu a realização de uma revisão litoestratigráfica do Complexo Cauauri, subdividindo-o em Litofácies Santa Isabel do Rio Negro, Cumati e São Jorge, além da Litofácies Tarsira não abordada neste trabalho por aflorar apenas na porção oeste do Domínio Imeri.

A litofácies Cumati é composta por gnaisses granodioritos intensamente deformados, com bandamento milimétrico com direção preferencial NW-SE. São gnaisses cálcio-alcalinos metaluminosos e representam as rochas menos evoluídas do Complexo Cauaburi no perfil estudado. A litofácies Santa Isabel do Rio Negro é composta por ortognaisses de composição monzogranítica a granodiorítica com porfiroblastos tabulares a ovalados de feldspatos. Também são rochas metaluminosas a levemente peraluminosos, e representariam os termos mais evoluídos das rochas cálcio-alcalinas do Complexo Cauaburi. A litofácies São Jorge destoa das demais litofácies por ser constituída por leucognaisses monzograníticos, intensamente evoluídos, peraluminosos e de afinidade alcalina contendo biotita e espessartita. Apesar das diferenças químicas e ausência de dados geocronológicos para esta litofácies, os padrões estruturais e metamórficos são os mesmos observados para as rochas cálcio-alcalinas do Complexo Cauaburi.

As Litofácies Cumati e Santa Isabel do Rio Negro mostram composição química similares com SiO_2 variando entre 63,94 a 72,73% e de uma forma geral mostram-se mais empobrecidas em K_2O (1,69 a 5,76%) e Na_2O (2,22 a 3,64%) que as amostras da Litofácies São Jorge e mais enriquecidas em TiO_2 (0,32 a 0,87%), CaO (2,04 a 5,44%), Fe_2O_3 (2,39 a 4,93%) e MgO (0,49 a 1,89%) (Tabela 01). Em diagramas de Harker as três litofácies definem um único *trend* com correlação negativa para o Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 e TiO_2 e positiva para o K_2O . A litofácies São Jorge apresenta *trend* verticalizado para o MnO e razão Rb/Sr , enquanto as demais litofácies definem um *trend* com correlação negativa para o MnO e suavemente positiva para Rb/Sr .

As diferenças mineralógicas e químicas entre as litofácies Santa Isabel do Rio Negro/Cumati e litofácies São Jorge sugerem fontes distintas para os protólitos. Uma possível fonte para as rochas cálcio-alcalinas das litofácies Santa Isabel do Rio Negro e Cumati seriam

a fusão parcial de anfibolitos. Esta fonte é coerente com os valores de $\epsilon\text{Nd}_{(1,98)}$ entre +0,64 a -2,35 obtidos pela CPRM (2006) para as rochas da litofácies Santa Isabel do Rio Negro, sugerindo a derivação a partir de anfibolitos com reciclagem de crosta mais antiga.

As rochas alcalinas da litofácies São Jorge são extremamente evoluídas, peraluminosas e quimicamente compatíveis com granitos tipo A. A mineralogia máfica essencial (biotita e/ou espessartita) e o total de máficos é inferior a 10% sugere como fonte rochas crustais ricas em alumínio (ortognaisses?). Entretanto estudos isotópicos são necessários para confirmar está possível filiação.

O ambiente de geração do protólitos do Complexo Cauaburi é condizente com ambientes compressoriais, onde falhas de empurrões e o espessamento crustal possibilitaria a fusão de fontes crustais. As características geoquímicas dos protólitos são condizentes com fusão parcial de protólitos em ambiente de arco magmático.

A partir da fusão parcial os magmas teriam evoluído pelo processo de cristalização fracionada. As rochas da litofácies Cumati/Santa Isabel do Rio Negro provavelmente formaram-se a partir do fracionamento de plagioclásio, anfibólio, titanita e apatita. Enquanto as rochas da litofácies São Jorge teriam evoluído pelo fracionamento de plagioclásio, apatita, biotita e granada.

Três eventos tectonometamórficos são registrados nas rochas do Complexo Cauaburi. O evento mais antigo (D_1) foi responsável pela geração dos protólitos ígneos e sua colocação em um ambiente sin-tectônico gerando o Arco Cauaburi (1.81-1.78 Ga). O segundo evento (D_2) gerou a foliação NW-SE com altos mergulhos para SW, lineação de estiramento de alto ângulo e critérios cinemáticos que indicam cinemática transpressiva sinistral. O metamorfismo associado foi do fácies anfibolito (717,9°C e 5,84 kbars), concomitante a geração e alojamento dos granitos Tipo S da Suíte Içana e Tipo I do da Suíte Uaupés. Este evento é associado a Orogenia Içana (1.52-1.48 Ga) responsável pela colisão do Domínio Uaupés com Domínio Imeri. O evento D_3 de mais baixa temperatura (fácies xisto verde) gerou a foliação NE-SW com alto ângulo de mergulho para SE e zonas de cisalhamento com cinemática predominantemente sinistral, sendo associado ao retrabalhamento intracontinental do Evento K`Mudku (1.40-1.31 Ga).

CAPÍTULO V - REFERÊNCIAS

- Almeida R.E.M. 1967. Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. DNPM/DGM (Boletim 241), 96p.
- Almeida M.E. 1997. Petrografia e geoquímica de elementos maiores da Suíte Intrusiva Tiquié: o caso dos granitos Tiquié e Marié-Mirim no Estado do Amazonas. In: Costa M.L., Angélica R.S. *Contribuições à Geologia da Amazônia*. Belém. SBG-NO, p. 22-45.
- Almeida M.E., Fraga L.M.B., Brito M.F.L., Silva L.C., Santos J.O.S., Luzardo R., Oliveira M.A., Silva M.A. 2000. Projeto Serra Imeri. Geologia e recursos minerais das folhas NA.20-Y e AS.20-V-A. CPRM, Manaus, CD-ROM.
- Almeida M. E., Pinheiro S da S., Luzardo R. 2002. Reconhecimento geológico ao longo dos rios Negro, Xié e Içana (Missão Tunuí), noroeste do Estado do Amazonas. CPRM, Manaus, 16.
- Almeida M.E. 2005. Reconhecimento geológico ao longo do baixo curso do rio Curicuriari, noroeste do Estado do Amazonas. Relatório de viagem. CPRM, Manaus, 13p.
- Almeida M.E., Macambira M.J.B., Oliveira E.C. 2007. Geochemistry and zircon geochronology of the I-type high-K calc-alkaline and S-type granitoid rocks from southeastern Roraima, Brazil: Orosirian collisional magmatism evidence (1.97-1.96 Ga) in central portion of Guyana Shield. *Precambrian Research*, **155**: 69-97.
- Almeida, M. E., Macambira, M. J. B., Santos, J. O. S., Nascimento, R. S. C., Paquette, J. L. 2013. Evolução crustal do noroeste do Cráton Amazônico (Amazonas, Brasil) baseada em dados de campo, geoquímicos e geocronológicos. In: SBG/Núcleo Norte, *Simpósio de Geologia da Amazônia*, 13^o, Belém. Anais: 1-4.
- CPRM. 2000. Projeto Serra Imeri. Geologia e Recursos Minerais das Folhas NA.20-Y e SA.20-V-A. Manaus.
- CPRM. 2003. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Manaus, 692p.
- CPRM. 2006. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas. Escala 1:1.000.000. Manaus. 153p.
- 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: Symposium on magmatism, crustal evolution and metallogenesis of the Amazonian Craton, **1**: 99-150.
- Hasui Y., Carneiro C.D.R., Almeida F.F.M., Batorelli A. 2012. Geologia do Brasil. São Paulo: Beca, p. 167-175.
- Santos J.O.S., Hartmann L.A., Gaudette H.E., Groves D.I., McNoughton 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**(4): 453-488.
- Santos, J. O. S.; Potter, P. E.; Reis, N. J.; Hartmann, L. A.; Fletcher, I. R.; McNoughton, N. J. 2003. Age, source and regional stratigraphy of the Roraima Supergroup and Roraima-like sequences in Northern South America, based on U-Pb geochronology. *Geological Society of America Bulletin*, **115**(3):331-348.
- Santos J. O. S.; Hartmann, L. A.; Faria, M. S. G.; Riker, S. R. L., Souza, M. M.; Almeida, M. E. 2006. A compartimentação do Cráton Amazonas em Províncias: avanços ocorridos no período 2002-2006. In: *Simpósio de Geologia da Amazônia*, 9. Belém.
- Tassinari C. C. G., Macambira M. J. B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, **22**: 174-182.

CAPÍTULO VI - ANEXOS

5 TABELA DE CLASSIFICAÇÃO MODAL

Tabela 1: Composição modal das rochas das Litofácies São Jorge, Cumati e Santa Izabel do Rio Negro.

Litofácies	São Jorge									Cumati			Santa Izabel do Rio Negro									
Amostra	MC 01	MC 02	MC 03	MC 04	MC 07A	MC 07B	MC 09	MC 12A	MC 12B	MC 06	MC 08	MC 15	MC 20A	MC 20B	MC 21A	MC 21B	MC 24	MC 25A	MC 29	MC 31A	MC 38A	
Quartzo	40,0	39,8	38,7	37,3	35,5	37,2	33,4	36,0	39,0	24,0	23,8	25,3	27,4	25,4	29,6	40,7	32,6	27,4	24,7	24,0	29,6	
Plagioclásio	22,8	24,4	25,1	24,8	25,7	25,0	34,7	24,7	25,1	23,3	23,1	23,5	30,2	35,2	38,0	21,0	34,6	30,7	20,0	30,5	27,6	
K-feldspato	29,0	28,3	30,0	29,5	34,4	29,7	28,9	35,1	28,9	6,2	7,2	8,5	32,4	16,9	16,0	24,6	19,9	13,5	28,8	16,0	26,6	
Biotita	2,6	3,4	2,5	3,5	2,0	3,4	1,2	1,8	3,5	26,8	25,9	27,0	7,3	19,0	12,3	11,0	10,3	18,9	17,2	2,0	12,9	
Granada	3,0	2,3	2,0	2,2	1,2	2,5	0,8	1,1	2,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Titanita	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,4	5,0	4,7	---	---	1,6	0,4		3,9	0,9	2,0	---	
Anfibólio	---	---	---	---	---	---	---	---	---		9,0	---	---	---	---	---	---	---	---	2,0	---	
Opacos	1,6	1,3	1,2	1,8	0,8	1,3	0,8	1,0	0,9	11,1	5,4	10,1	1,9	2,2	1,2	1,0	0,8	2,9	1,2	4,7	1,2	
Acessórios	1,0	0,5	0,5	0,9	0,4	0,9	0,2	0,3	0,4	1,3	0,7	0,9	0,8	1,3	0,7	1,2	1,8	2,8	5,5	6,0	2,1	
Máficos	8,7	7,5	6,2	8,4	4,4	8,1	3,0	4,2	7,0	43,6	46,0	42,7	10,0	22,5	15,8	13,6	12,9	28,5	24,8	30,0	16,2	
Q	43,6	43,0	41,2	40,7	37,1	40,5	34,4	37,6	41,9	44,8	43,9	44,2	30,4	32,7	35,2	47,2	37,4	38,3	33,6	34,0	35,3	
A	31,6	30,6	31,9	32,2	35,9	32,3	29,8	36,6	31,1	11,6	13,3	14,8	36,0	21,8	19,7	28,5	22,8	18,8	39,2	22,7	31,7	
P	24,8	26,4	26,8	27,1	26,9	27,2	35,7	25,8	26,9	43,5	42,7	41,0	33,5	45,4	45,1	24,3	39,7	42,9	27,2	43,3	32,9	
Classificação	Mzg	Mzg	Mzg	Mzg	Mzg	Mzg	Mzg	Mzg	Mzg	Gnd	Gnd	Grnd	Mzg	Gnd	Gnd	Mzg	Mzg	Gnd	Mzg	Gnd	Mzg	

Mzg: Monzogranito, Gnd: Granodiorito.

6 TABELAS DE QUÍMICA MINERAL

Tabela 2: Composição química das granadas da litofácies São Jorge.

SÃO JORGE																
Amostra	MC07B									MC12B						
	1(C)	1(I)	1(B)	2(C)	2(I)	2(B)	3(C)	3(I)	3(B)	1(C)	1(I)	1(B)	2(C)	2(B)	3(C)	3(B)
Cristal																
SiO ₂	36,09	36,04	35,81	35,74	35,45	35,55	35,43	35,63	36,02	36,90	36,52	36,12	36,37	36,02	36,38	36,34
TiO ₂	0,10	0,09	0,00	0,00	0,00	0,02	0,15	0,08	0,09	0,05	0,00	0,03	0,00	0,01	0,24	0,00
Al ₂ O ₃	18,76	19,02	18,80	19,06	18,74	18,90	18,79	19,01	18,92	18,82	18,72	18,35	19,30	18,90	18,47	19,28
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,00	0,00	0,07	0,01	0,03	0,06	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00
MgO	0,94	0,92	0,45	0,93	0,93	0,59	0,67	0,65	0,63	0,75	0,68	0,66	0,67	0,50	0,81	0,59
CaO	1,67	1,74	2,32	1,72	1,69	1,56	1,62	1,61	1,66	2,94	2,76	2,79	2,63	2,34	2,58	2,35
SrO	0,05	0,04	0,12	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,07	0,09	0,00	0,08	0,12	0,06
MnO	26,34	26,37	24,94	26,12	26,77	26,58	27,26	27,33	26,35	26,60	26,03	26,45	26,17	26,34	26,03	27,01
FeO	14,66	14,72	15,13	14,83	14,96	14,77	14,68	14,51	14,86	14,43	14,50	14,42	14,18	14,01	14,34	13,93
Na ₂ O	0,05	0,05	0,06	0,09	0,04	0,00	0,01	0,04	0,05	0,00	0,07	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03
K ₂ O	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,04	0,01	0,00	0,03	0,03	0,00	0,02	0,00	0,03	0,02	0,01
V ₂ O ₃	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
NiO	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,05	0,03	0,02	0,00
OH	1,30	0,98	2,30	1,47	1,29	1,93	1,29	1,06	1,36	0,00	0,63	1,05	0,60	1,69	0,89	0,39
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Total	100,01	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,70	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Si	3,01	2,99	3,02	2,98	2,96	2,99	2,96	2,97	3,01	3,01	3,02	3,00	3,00	3,02	3,02	3,00
Ti	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Al	1,84	1,86	1,87	1,87	1,84	1,87	1,85	1,86	1,86	1,81	1,82	1,80	1,88	1,86	1,81	1,87
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,13	0,15	0,09	0,17	0,24	0,16	0,21	0,19	0,12	0,16	0,14	0,19	0,12	0,10	0,12	0,13
Fe ²⁺	0,89	0,88	0,97	0,87	0,80	0,88	0,81	0,82	0,92	0,83	0,87	0,81	0,86	0,88	0,87	0,83
MnO	1,86	1,85	1,78	1,85	1,89	1,89	1,93	1,93	1,86	1,84	1,82	1,86	1,83	1,87	1,83	1,89
MgO	0,12	0,11	0,06	0,12	0,12	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,10	0,07
Ca	0,15	0,15	0,21	0,15	0,15	0,14	0,15	0,14	0,15	0,26	0,25	0,25	0,23	0,21	0,23	0,21
Alm	29,49	29,20	32,22	29,08	27,50	29,52	27,36	27,57	30,64	27,47	28,74	27,01	28,55	29,05	28,80	27,67
Pyr	3,86	3,78	1,85	3,88	3,90	2,47	2,80	2,72	2,61	3,01	2,79	2,71	2,76	2,09	3,32	2,43
Gross	4,61	4,76	6,61	4,72	4,49	4,33	4,36	4,38	4,62	7,81	7,54	7,48	7,28	6,58	7,03	6,48
Sps	61,69	61,86	58,99	61,90	63,96	63,31	64,95	64,86	61,83	61,01	60,37	62,00	60,24	61,91	60,31	62,96
Uva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
And	0,33	0,33	0,33	0,42	0,59	0,36	0,50	0,45	0,28	0,68	0,56	0,80	0,47	0,37	0,47	0,46

(C) Centro; (I) Intermediário; (B) Borda.

Tabela 3: Composição química das biotitas da litofácies São Jorge.

SÃO JORGE																			
Amostra	MC07B								MC12A							MC12B			
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4
Cristal																			
SiO ₂	33,78	28,43	35,76	36,77	36,37	35,46	35,22	37,61	37,52	37,90	37,52	37,60	38,03	38,06	37,68	37,48	37,84	37,38	37,08
TiO ₂	1,02	0,29	1,78	2,58	2,55	2,04	1,35	1,21	2,43	2,08	2,25	1,99	2,10	1,93	2,35	2,19	2,04	2,27	2,20
Al ₂ O ₃	14,65	15,68	15,81	15,50	15,14	14,96	14,86	11,32	15,24	15,24	14,79	15,17	15,40	15,54	15,40	15,15	15,41	14,91	15,43
Cr ₂ O ₃	0,00	0,04	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,06	0,06	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,03	0,03	0,01	0,00
MgO	6,79	8,41	6,25	7,70	7,94	6,83	6,90	7,97	10,55	10,83	10,72	10,52	10,49	10,63	10,57	10,96	10,70	10,39	10,40
CaO	0,09	0,06	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,12	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00
MnO	0,73	0,80	0,80	1,13	1,09	0,79	0,91	0,26	0,94	0,79	1,00	1,15	1,08	1,06	1,08	1,11	0,94	0,87	0,78
FeO	27,47	34,38	24,67	23,44	22,35	24,34	24,12	25,00	18,70	18,75	18,41	18,14	18,33	18,38	18,38	18,43	18,39	18,98	18,29
Na ₂ O	0,08	0,02	0,10	0,06	0,07	0,11	0,02	0,12	0,10	0,05	0,07	0,06	0,00	0,03	0,04	0,02	0,03	0,06	0,02
K ₂ O	6,63	1,74	9,57	9,42	9,37	9,64	9,15	6,79	9,63	9,22	9,56	9,50	9,80	9,33	9,28	9,55	9,85	9,46	9,42
NiO	0,05	0,10	0,00	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
OH	8,37	9,96	4,80	3,02	4,60	5,22	6,58	8,75	3,56	3,84	4,41	4,52	3,69	3,86	4,06	3,93	3,64	4,55	5,12
F	0,51	0,05	0,47	0,50	0,70	0,65	0,63	1,16	2,04	2,00	1,92	1,91	1,73	1,95	1,82	1,94	1,95	1,85	1,86
Cl	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,08	0,06	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02
Total	100,2	100,0	100,1	100,2	100,3	100,2	99,8	100,5	100,8	100,8	100,8	100,8	100,7	100,8	100,7	100,8	100,8	100,8	100,8
Si	5,58	4,87	5,66	5,66	5,68	5,65	5,70	6,14	5,73	5,78	5,77	5,78	5,79	5,79	5,75	5,73	5,76	5,76	5,73
Al _{IV}	2,42	3,13	2,34	2,34	2,32	2,35	2,30	1,86	2,27	2,23	2,23	2,22	2,22	2,21	2,25	2,27	2,24	2,24	2,27
Σ C	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al _{VI}	0,43	0,04	0,61	0,47	0,46	0,47	0,54	0,32	0,47	0,51	0,45	0,53	0,55	0,58	0,52	0,46	0,53	0,47	0,54
Ti	0,13	0,04	0,21	0,30	0,30	0,25	0,16	0,15	0,28	0,24	0,26	0,23	0,24	0,22	0,27	0,25	0,23	0,26	0,26
Cr	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	3,80	4,93	3,27	3,02	2,92	3,25	3,26	3,41	2,39	2,39	2,37	2,33	2,33	2,34	2,35	2,36	2,34	2,45	2,37
Mn	0,10	0,12	0,11	0,15	0,15	0,11	0,13	0,04	0,12	0,10	0,13	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,11	0,10
Mg	1,67	2,15	1,48	1,77	1,85	1,62	1,67	1,94	2,40	2,46	2,46	2,41	2,38	2,41	2,40	2,50	2,43	2,39	2,40
Ni	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ B	6,14	7,29	5,67	5,70	5,68	5,69	5,76	5,86	5,67	5,71	5,67	5,66	5,64	5,69	5,68	5,71	5,66	5,68	5,66
Ca	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Na	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
K	1,40	0,38	1,93	1,85	1,87	2,00	1,89	1,41	1,88	1,79	1,88	1,86	1,90	1,81	1,81	1,86	1,91	1,86	1,86
Σ A	1,44	0,40	1,96	1,87	1,89	0,67	1,90	1,47	1,90	1,81	1,90	1,88	1,91	1,82	1,82	1,87	1,92	1,88	1,86
Fe/(Fe+Mg)	0,69	0,70	0,69	0,63	0,61	0,67	0,66	0,64	0,50	0,49	0,49	0,49	0,50	0,49	0,49	0,49	0,49	0,51	0,50

Tabela 4: Composição química das biotitas da litofácies Cumati.

CUMATI																			
Amostra	MC06						MC06L1						MC08						
Cristal	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4(C)	4(B)	5	6	1(C)	1(I)	1(B)	2	3	4
SiO ₂	36,84	37,25	36,95	37,53	37,08	37,84	36,31	37,33	36,59	37,02	36,73	36,68	36,40	36,43	36,32	36,09	35,98	36,34	36,57
TiO ₂	2,14	3,14	2,25	2,24	3,15	2,78	2,79	2,73	2,95	2,27	2,59	2,64	2,26	1,78	2,31	2,18	2,17	2,42	1,71
Al ₂ O ₃	16,17	15,70	15,55	15,84	15,63	16,22	15,77	16,03	15,42	16,24	16,41	15,69	15,86	15,34	15,02	15,33	14,97	15,33	15,48
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,03	0,01	0,01	0,04	0,00	0,02	0,11	0,00	0,06	0,06	0,03	0,10	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00
MgO	12,01	12,43	12,48	12,14	12,18	12,49	12,06	11,70	11,41	12,63	12,54	11,81	11,99	12,18	12,33	11,98	11,62	11,53	12,09
CaO	0,07	0,02	0,01	0,02	0,02	0,05	0,06	0,18	0,05	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03
MnO	0,57	0,86	0,76	0,76	0,72	0,81	0,69	0,72	0,66	0,74	0,85	0,70	0,53	0,82	0,66	1,05	0,91	0,60	0,61
FeO	17,85	16,72	17,82	17,10	17,64	16,97	17,89	17,10	19,15	16,86	15,25	18,08	18,23	17,92	18,06	17,89	18,81	18,11	18,23
Na ₂ O	0,03	0,04	0,10	0,09	0,03	0,10	0,06	0,06	0,08	0,04	0,09	0,06	0,06	0,02	0,06	0,10	0,07	0,08	0,07
K ₂ O	9,22	9,50	9,34	9,48	9,45	9,63	9,75	9,64	9,61	9,85	10,11	9,94	9,92	10,10	9,91	9,87	9,87	9,89	9,65
NiO	0,06	0,02	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,06	0,00	0,06	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,08	0,04
OH	4,77	3,87	4,26	4,46	3,86	2,63	4,24	4,15	3,70	3,86	4,97	4,01	4,35	4,71	4,85	4,91	5,04	5,09	4,96
F	0,27	0,35	0,39	0,34	0,29	0,50	0,25	0,33	0,40	0,35	0,43	0,31	0,34	0,65	0,63	0,68	0,77	0,61	0,59
Cl	0,01	0,00	0,05	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,05	0,04	0,08	0,07	0,01	0,05
Total	100,0	99,9	100,0	100,0	100,1	100,0	99,9	100,0	100,1	99,9	100,1	100,1	100,0	100,1	100,2	100,2	100,3	100,2	100,1
Si	5,59	5,59	5,60	5,67	5,58	5,61	5,52	5,63	5,56	5,57	5,57	5,57	5,55	5,60	5,58	5,56	5,58	5,60	5,62
Al _{IV}	2,41	2,41	2,40	2,33	2,42	2,39	2,48	2,37	2,44	2,43	2,43	2,43	2,45	2,40	2,42	2,44	2,42	2,40	2,38
Σ C	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al _{VI}	0,49	0,37	0,38	0,49	0,36	0,44	0,35	0,48	0,32	0,45	0,50	0,38	0,40	0,38	0,30	0,35	0,31	0,39	0,42
Ti	0,25	0,36	0,26	0,25	0,36	0,31	0,32	0,31	0,34	0,26	0,30	0,30	0,26	0,21	0,27	0,25	0,25	0,28	0,20
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	2,27	2,10	2,26	2,16	2,22	2,10	2,28	2,16	2,43	2,12	1,93	2,30	2,33	2,30	2,32	2,31	2,35	2,33	2,34
Mn	0,07	0,11	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,011	0,09	0,07	0,11	0,09	0,14	0,12	0,08	0,08
Mg	2,72	2,78	2,82	2,73	2,73	2,76	2,73	2,63	2,58	2,83	2,83	2,67	2,73	2,79	2,82	2,75	2,68	2,65	2,77
Ni	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Σ B	5,80	5,73	5,82	5,74	5,76	5,72	5,77	5,67	5,77	5,77	5,68	5,75	5,78	5,80	5,80	5,80	5,72	5,74	5,81
Ca	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Na	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
K	1,79	1,82	1,81	1,83	1,81	1,82	1,89	1,85	1,86	1,89	1,95	1,92	1,93	1,98	1,94	1,94	1,95	1,94	1,89
Σ A	1,81	1,84	1,84	1,86	1,83	1,86	1,92	1,90	1,90	1,91	1,99	1,94	1,95	1,99	1,97	1,98	1,98	1,97	1,92
Fe/(Fe+Mg)	0,45	0,43	0,45	0,44	0,45	0,44	0,45	0,45	0,49	0,43	0,41	0,46	0,46	0,45	0,45	0,46	0,48	0,47	0,46

Tabela 5: Composição química das biotitas das litofácies Cumati (continuação) e Santa Izabel do Rio Negro.

Amostra	CUMATI									SANTA IZABEL DO RIO NEGRO								
	MC08 (cont.)					MC15				MC31A								
	Cristal	5	6	7(C)	7(I)	7(B)	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	35,47	36,03	36,70	36,50	36,48	36,81	37,33	36,51	37,37	37,13	36,47	37,86	36,46	37,06	36,74	36,99	37,21	37,27
TiO ₂	1,49	2,21	2,39	2,10	2,54	2,14	2,44	1,82	1,54	2,37	2,13	1,67	1,90	1,61	2,42	2,44	2,05	1,78
Al ₂ O ₃	14,82	15,40	15,79	15,26	15,38	16,16	16,72	16,30	17,03	15,38	15,52	15,27	15,39	15,27	15,30	15,37	15,32	15,42
Cr ₂ O ₃	0,00	0,04	0,03	0,02	0,04	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,08	0,05	0,00	0,00
MgO	11,26	11,73	12,00	11,98	11,56	10,29	11,07	10,98	11,14	10,75	10,64	9,41	11,10	10,64	10,57	10,35	11,16	10,78
CaO	0,06	0,05	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,07
MnO	0,86	0,99	0,97	0,92	0,76	0,52	0,50	0,51	0,58	0,56	0,34	0,39	0,38	0,41	0,39	0,47	0,41	0,55
FeO	19,09	18,40	18,18	18,19	18,14	19,86	18,23	18,94	18,52	20,19	19,94	18,13	19,57	20,64	20,42	20,59	20,43	20,46
Na ₂ O	0,07	0,03	0,05	0,09	0,07	0,12	0,13	0,12	0,07	0,07	0,19	0,16	0,24	0,15	0,06	0,11	0,11	0,09
K ₂ O	9,97	9,81	9,82	9,59	9,66	9,78	9,40	9,77	9,95	9,87	9,49	8,17	9,24	9,31	9,48	9,40	9,64	9,84
NiO	0,01	0,06	0,00	0,05	0,03	0,00	0,03	0,00	0,04	0,07	0,05	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
OH	6,33	4,80	3,51	4,60	4,82	3,78	3,58	4,62	3,37	3,25	4,95	8,45	5,43	4,56	4,27	3,96	3,41	3,52
F	0,64	0,55	0,65	0,80	0,68	0,68	0,57	0,58	0,64	0,19	0,23	0,23	0,16	0,18	0,21	0,28	0,23	0,19
Cl	0,07	0,09	0,08	0,07	0,06	0,03	0,05	0,02	0,02	0,06	0,09	0,07	0,12	0,07	0,07	0,08	0,06	0,08
Total	100,1	100,2	100,2	100,2	100,2	100,2	100,1	100,1	100,3	99,9	100,0	99,9	100,0	99,9	100,1	100,1	100,1	100,0
Si	5,60	5,55	5,56	5,60	5,60	5,62	5,61	5,60	5,62	5,64	5,62	5,94	5,63	5,70	5,63	5,65	5,65	5,67
Al _{IV}	2,40	2,45	2,44	2,40	2,40	2,38	2,39	2,41	2,38	2,36	2,38	2,06	2,37	2,30	2,37	2,35	2,35	2,33
Σ C	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al _{VI}	0,35	0,35	0,38	0,37	0,38	0,52	0,58	0,54	0,65	0,39	0,44	0,76	0,44	0,46	0,39	0,42	0,39	0,44
Ti	0,18	0,26	0,27	0,24	0,29	0,25	0,28	0,21	0,17	0,27	0,25	0,20	0,22	0,19	0,28	0,28	0,23	0,20
Cr	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Fe ²⁺	2,52	2,37	2,30	2,34	2,33	2,53	2,29	2,43	2,33	2,56	2,57	2,38	2,53	2,65	2,62	2,63	2,59	2,60
Mn	0,12	0,13	0,12	0,12	0,10	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,07
Mg	2,65	2,70	2,71	2,74	2,65	2,34	2,48	2,51	2,50	2,43	2,45	2,20	2,56	2,44	2,42	2,36	2,52	2,45
Ni	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ B	5,81	5,81	5,80	5,81	5,76	5,71	5,69	5,75	5,73	5,74	5,76	5,59	5,79	5,79	5,76	5,75	5,80	5,76
Ca	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,06	0,05	0,07	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03
K	2,01	1,93	1,90	1,88	1,89	1,90	1,80	1,91	1,91	1,91	1,87	1,64	1,82	1,83	1,85	1,83	1,87	1,91
Σ A	2,04	1,94	1,91	1,91	1,92	1,95	1,85	1,94	1,93	1,93	1,92	1,70	1,90	1,87	1,87	1,86	1,90	1,95
Fe/(Fe+Mg)	0,49	0,47	0,46	0,46	0,47	0,52	0,48	0,49	0,48	0,51	0,51	0,52	0,50	0,52	0,52	0,53	0,51	0,52

Tabela 6: Composição química dos plagioclásios da litofácies São Jorge.

SÃO JORGE																			
Amostra	MC07B											MC12A							
Cristal	1(C)	1(B)	2(C)	2(I)	2(B)	3(C)	3(I)	3(B)	4(C)	4(I)	4(B)	1(C)	1(I)	1(B)	2(C)	2(I)	2(B)	3(C)	3(B)
SiO ₂	63,68	66,20	61,40	64,02	64,45	63,68	63,21	63,45	63,36	63,62	66,78	64,66	64,70	65,72	64,53	64,35	64,92	64,29	65,44
TiO ₂	0,17	0,07	0,13	0,10	0,08	0,00	0,02	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	20,29	19,62	20,44	21,45	21,56	21,28	20,85	20,97	20,99	20,99	19,59	22,15	22,19	21,74	22,08	21,96	22,22	21,67	21,86
Cr ₂ O ₃	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
MgO	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00
CaO	1,82	1,09	2,89	2,73	2,77	2,83	2,81	2,60	2,69	2,60	0,71	3,25	3,35	2,67	3,30	3,40	3,19	3,31	2,90
SrO	0,19	0,05	0,03	0,23	0,11	0,00	0,11	0,00	0,17	0,06	0,05	0,18	0,10	0,04	0,11	0,04	0,04	0,00	0,09
MnO	0,04	0,01	0,06	0,09	0,15	0,02	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
FeO	0,05	0,02	0,13	0,09	0,07	0,00	0,09	0,06	0,00	0,07	0,01	0,01	0,05	0,06	0,06	0,05	0,02	0,07	0,08
Na ₂ O	10,72	11,61	9,44	10,09	10,14	9,93	9,88	10,44	10,28	10,14	11,53	9,78	9,69	10,13	9,94	9,77	10,08	9,78	10,41
K ₂ O	0,15	0,09	0,21	0,17	0,16	0,21	0,21	0,13	0,23	0,23	0,11	0,22	0,17	0,12	0,20	0,18	0,13	0,23	0,21
V ₂ O ₃	0,04	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,02	0,04	0,04	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01
NiO	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,03	0,05	0,00	0,08	0,00	0,02	0,00	0,01	0,07	0,00
OH	2,78	1,23	5,20	0,99	0,49	2,02	2,69	2,26	2,18	2,15	1,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,55	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,09	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,3	100,4	100,6	100,3	100,0	100,6	100,0	101,0
Si	2,88	2,92	2,86	2,85	2,85	2,86	2,86	2,85	2,85	2,74	3,56	2,85	2,85	2,83	2,84	2,84	2,84	2,85	2,85
Ti	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,08	1,02	1,12	1,13	1,13	1,13	1,11	1,11	1,11	1,07	1,23	1,15	1,15	1,10	1,15	1,14	1,15	1,13	1,12
Ca	0,09	0,05	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,04	0,15	0,16	0,12	0,16	0,16	0,15	0,16	0,14
Fe	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,94	0,99	0,85	0,87	0,87	0,87	0,87	0,91	0,90	0,85	0,16	0,83	0,83	0,84	0,85	0,84	0,86	0,84	0,88
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
An.	8,51	4,90	14,29	12,89	13,00	13,43	13,42	12,01	12,46	12,24	19,59	15,34	15,87	12,61	15,32	15,95	14,79	15,56	13,17
Ab.	90,66	94,60	84,47	86,16	86,09	85,37	85,36	87,29	86,25	86,48	76,70	83,45	83,17	86,72	83,55	83,03	84,47	83,18	85,69
Or.	0,83	0,50	1,24	0,94	0,92	1,19	1,21	0,70	1,29	1,28	3,71	1,21	0,95	0,66	1,13	1,02	0,74	1,26	1,14

Tabela 7: Composição química dos plagioclásios das litofácies São Jorge (continuação) e Cumati.

Amostra	SÃO JORGE (cont.)									CUMATI								
	MC12B									MC06								
Cristal	1(C)	1(I)	1(B)	2(C)	2(I)	2(B)	3(C)	3(I)	3(B)	1	2(C)	2(B)	3(C)	3(I)	3(B)	4(C)	4(I)	4(B)
SiO ₂	64,09	64,66	64,30	64,22	65,17	64,70	63,19	63,81	64,66	57,13	55,80	56,89	57,19	57,05	57,40	57,18	57,53	57,13
TiO ₂	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,02	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,12	0,04	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	21,63	21,76	21,69	22,02	21,12	21,41	21,44	21,53	21,59	26,71	25,98	26,38	27,04	26,38	26,68	26,75	26,73	26,75
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,00
MgO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
CaO	3,31	3,35	3,10	3,21	2,78	2,78	3,34	3,22	3,16	9,03	8,87	8,67	9,05	8,72	8,96	9,16	8,98	9,02
SrO	0,00	0,00	0,33	0,00	0,05	0,10	0,06	0,18	0,00	0,19	0,22	0,12	0,00	0,06	0,20	0,06	0,43	0,09
MnO	0,02	0,04	0,03	0,06	0,00	0,05	0,04	0,07	0,00	0,00	0,00	0,05	0,06	0,09	0,05	0,06	0,01	0,17
FeO	0,08	0,00	0,04	0,00	0,14	0,04	0,02	0,07	0,02	0,09	0,14	0,10	0,22	0,08	0,58	0,19	0,13	0,15
Na ₂ O	10,13	10,25	10,38	10,16	10,11	10,15	9,72	9,50	10,10	6,43	6,16	6,34	6,43	6,64	6,57	6,40	6,64	6,45
K ₂ O	0,11	0,13	0,16	0,16	0,22	0,13	0,19	0,22	0,11	0,14	0,26	0,18	0,14	0,17	0,13	0,16	0,17	0,14
V ₂ O ₃	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,02	0,01	0,03
NiO	0,00	0,06	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	0,64	0,00	0,00	0,11	0,40	0,57	1,87	1,39	0,28	0,26	2,52	1,20	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	0,08
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,01	0,00	0,01	0,002	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,07	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01
Total	100,0	100,2	100,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,2	100,0	100,7	100,1	100,6	100,0
Si	2,84	2,84	2,83	2,83	2,88	2,87	2,84	2,86	2,85	2,57	2,58	2,59	2,56	2,58	2,56	2,57	2,57	2,57
Ti	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,13	1,13	1,12	1,14	1,10	1,12	1,14	1,14	1,12	1,42	1,41	1,41	1,43	1,40	1,40	1,42	1,41	1,42
Ca	0,16	0,16	0,15	0,15	0,13	0,13	0,16	0,16	0,15	0,44	0,44	0,42	0,43	0,42	0,43	0,44	0,43	0,43
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01
Na	0,87	0,87	0,89	0,87	0,87	0,87	0,85	0,83	0,86	0,56	0,55	0,56	0,56	0,58	0,57	0,56	0,58	0,56
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
An.	15,19	15,19	14,03	14,75	13,02	13,04	15,78	15,57	14,65	43,35	43,66	42,59	43,39	41,66	42,65	43,74	42,39	43,26
Ab.	84,23	84,14	85,10	84,40	85,77	86,22	83,17	83,17	84,76	55,86	54,84	56,38	55,81	57,40	56,62	55,34	56,69	55,94
Or.	0,58	0,68	0,87	0,85	1,21	0,74	1,05	1,26	0,59	0,79	1,51	1,03	0,80	0,94	0,73	0,92	0,93	0,80

Tabela 8: Composição química dos plagioclásios da litofácies Cumati (continuação) e Santa Izabel do Rio Negro.

Amostra	CUMATI (cont.)									STA IZABEL								
	MC08 (cont.)									MC15						MC31A		
Cristal	3(C)	3(I)	3(B)	4(C)	4(I)	4(B)	5	6	7	1(C)	1(I)	1(B)	2(C)	2(I)	2(B)	1(C)	1(I)	1(B)
SiO ₂	58,41	58,65	58,52	58,41	58,06	57,67	58,36	57,77	58,93	52,89	55,54	56,60	55,30	57,12	59,50	58,83	57,95	57,78
TiO ₂	0,07	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,14	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	25,60	25,66	25,66	25,39	25,22	24,97	25,12	24,60	25,41	30,19	27,23	27,42	28,10	27,08	25,68	25,63	26,08	26,75
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,05	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
MgO	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,05	0,01	0,00	0,13	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
CaO	7,33	7,14	7,28	7,20	6,89	6,98	7,29	6,68	7,22	12,44	9,85	9,77	10,63	9,27	7,54	8,04	8,37	8,92
SrO	0,00	0,16	0,00	0,23	0,05	0,00	0,13	0,13	0,00	0,01	0,16	0,13	0,14	0,09	0,29	0,11	0,29	0,01
MnO	0,12	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00
FeO	0,08	0,09	0,09	0,13	0,07	0,03	0,08	0,11	0,08	0,10	0,68	0,03	0,10	0,05	0,06	0,00	0,07	0,01
Na ₂ O	7,31	7,58	7,20	7,39	6,56	7,08	7,19	6,16	7,32	4,32	5,64	6,05	5,51	6,47	7,47	7,06	6,63	6,56
K ₂ O	0,17	0,15	0,13	0,21	0,23	0,16	0,16	0,20	0,22	0,06	0,25	0,12	0,09	0,08	0,11	0,09	0,13	0,08
V ₂ O ₃	0,02	0,04	0,00	0,02	0,00	0,07	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,01	0,02
NiO	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00	0,03	0,03	0,04
OH	0,86	0,47	1,08	0,89	2,80	2,97	1,61	4,18	0,77	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,43	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,01	0,00	0,01	0,00	0,09	0,03	0,00	0,12	0,00	0,001	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,1	100,0	100,2	100,0	100,2	100,8	100,0	100,0	100,2
Si	2,63	2,63	2,64	2,64	2,68	2,66	2,65	2,72	2,65	2,40	2,51	2,54	2,50	2,56	2,64	2,64	2,62	2,59
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,36	1,36	1,37	1,35	1,37	1,36	1,35	1,36	1,35	1,61	1,46	1,45	1,49	1,43	1,34	1,36	1,39	1,41
Ca	0,35	0,34	0,35	0,35	0,34	0,35	0,36	0,34	0,35	0,60	0,48	0,47	0,51	0,44	0,36	0,39	0,41	0,43
Fe	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,64	0,66	0,63	0,65	0,59	0,63	0,63	0,56	0,64	0,38	0,50	0,53	0,48	0,56	0,64	0,61	0,58	0,57
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
An.	35,30	33,94	35,60	34,59	36,19	34,95	35,55	36,99	34,82	61,19	48,40	46,83	51,36	43,99	35,58	38,44	40,80	42,71
Ab.	63,73	65,18	63,67	64,23	62,35	64,13	63,51	61,67	63,91	38,43	50,16	52,49	48,15	55,55	63,83	61,07	58,47	56,83
Or.	0,96	0,87	0,73	1,17	1,46	0,92	0,95	1,34	1,28	0,37	1,43	0,67	0,49	0,46	0,60	0,49	0,73	0,47

Tabela 9: Composição química das granadas da litofácies São Jorge.

SÃO JORGE																
Amostra	MC07B									MC12B						
Cristal	1(C)	1(I)	1(B)	2(C)	2(I)	2(B)	3(C)	3(I)	3(B)	1(C)	1(I)	1(B)	2(C)	2(B)	3(C)	3(B)
SiO ₂	36,09	36,04	35,81	35,74	35,45	35,55	35,43	35,63	36,02	36,90	36,52	36,12	36,37	36,02	36,38	36,34
TiO ₂	0,10	0,09	0,00	0,00	0,00	0,02	0,15	0,08	0,09	0,05	0,00	0,03	0,00	0,01	0,24	0,00
Al ₂ O ₃	18,76	19,02	18,80	19,06	18,74	18,90	18,79	19,01	18,92	18,82	18,72	18,35	19,30	18,90	18,47	19,28
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,00	0,00	0,07	0,01	0,03	0,06	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00
MgO	0,94	0,92	0,45	0,93	0,93	0,59	0,67	0,65	0,63	0,75	0,68	0,66	0,67	0,50	0,81	0,59
CaO	1,67	1,74	2,32	1,72	1,69	1,56	1,62	1,61	1,66	2,94	2,76	2,79	2,63	2,34	2,58	2,35
SrO	0,05	0,04	0,12	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,07	0,09	0,00	0,08	0,12	0,06
MnO	26,34	26,37	24,94	26,12	26,77	26,58	27,26	27,33	26,35	26,60	26,03	26,45	26,17	26,34	26,03	27,01
FeO	14,66	14,72	15,13	14,83	14,96	14,77	14,68	14,51	14,86	14,43	14,50	14,42	14,18	14,01	14,34	13,93
Na ₂ O	0,05	0,05	0,06	0,09	0,04	0,00	0,01	0,04	0,05	0,00	0,07	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03
K ₂ O	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,04	0,01	0,00	0,03	0,03	0,00	0,02	0,00	0,03	0,02	0,01
V ₂ O ₃	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
NiO	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,05	0,03	0,02	0,00
OH	1,30	0,98	2,30	1,47	1,29	1,93	1,29	1,06	1,36	0,00	0,63	1,05	0,60	1,69	0,89	0,39
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Si	3,01	2,99	3,02	2,98	2,96	2,99	2,96	2,97	3,01	3,01	3,02	3,00	3,00	3,02	3,02	3,00
Ti	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Al	1,84	1,86	1,87	1,87	1,84	1,87	1,85	1,86	1,86	1,81	1,82	1,80	1,88	1,86	1,81	1,87
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,13	0,15	0,09	0,17	0,24	0,16	0,21	0,19	0,12	0,16	0,14	0,19	0,12	0,10	0,12	0,13
Fe ²⁺	0,89	0,88	0,97	0,87	0,80	0,88	0,81	0,82	0,92	0,83	0,87	0,81	0,86	0,88	0,87	0,83
Mn	1,89	1,85	1,78	1,85	1,89	1,89	1,93	1,93	1,86	1,84	1,82	1,86	1,83	1,87	1,83	1,89
Mg	0,12	0,11	0,06	0,12	0,12	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,10	0,07
Ca	0,15	0,15	0,21	0,15	0,15	0,14	0,15	0,14	0,15	0,26	0,25	0,25	0,23	0,21	0,23	0,21
Alm	29,08	29,20	32,22	29,08	27,50	29,52	27,36	27,57	30,64	27,47	28,74	27,01	28,55	29,05	28,80	27,67
Pyr	3,88	3,78	1,85	3,88	3,90	2,47	2,80	2,72	2,61	3,01	2,79	2,71	2,76	2,09	3,32	2,43
Gross	4,72	4,76	6,61	4,72	4,49	4,33	4,36	4,38	4,62	7,81	7,54	7,48	7,28	6,58	7,03	6,48
Sps	61,90	61,86	58,99	61,90	63,96	63,31	64,95	64,86	61,83	61,01	60,37	62,00	60,24	61,91	60,31	62,96
Uva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
And	0,33	0,38	0,33	0,42	0,59	0,36	0,50	0,45	0,28	0,68	0,56	0,80	0,47	0,37	0,47	0,46

Tabela 10: Composição química do anfibólio da litofácies Cumati.

Amostra	MC08
Cristal	1
SiO ₂	41,45
TiO ₂	0,13
Al ₂ O ₃	11,03
Cr ₂ O ₃	0,00
MgO	8,20
CaO	11,71
SrO	0,01
MnO	1,06
FeO	20,23
Na ₂ O	1,07
K ₂ O	1,24
V ₂ O ₃	0,06
OH	3,67
F	0,14
Cl	0,07
Total	100,1
Si	6,37
Al _{IV}	1,63
Σ T	8,00
Al _{VI}	0,37
Ti	0,02
Cr	0,00
Fe ³⁺	0,81
Mg	1,88
Mn	0,14
Fe ²⁺	1,79
Σ C	5,00
Fe ²⁺	0,00
Ca	1,93
Na	0,07
Σ B	2,00
Ca	0,00
Na	0,25
K	0,24
Σ A	0,49
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0,51