



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

**PETROLOGIA DOS GRANITOS ASSOCIADOS AOS DEPÓSITOS
PRIMÁRIOS DE ESTANHO E METAIS BASE DA MINA BOM
FUTURO, RONDÔNIA.**

Matheus Ramos Ciotta

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

Rio Claro/SP
2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

MATHEUS RAMOS CIOTTA

PETROLOGIA DOS GRANITOS ASSOCIADOS AOS DEPÓSITOS
PRIMÁRIOS DE ESTANHO E METAIS BASE DA MINA BOM FUTURO,
RONDÔNIA.

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
do Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em

Orientador: Prof. Dr. Antonio Misson Godoy

Coorientador: Prof. Dr. Washington Barbosa Leite Junior

Rio Claro - SP

2022

C576p Ciotta, Matheus Ramos
Petrologia dos granitos associados aos depósitos primários de estanho e metais base da mina Bom Futuro, Rondônia. / Matheus Ramos Ciotta. -- Rio Claro, 2022
149 f. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Antonio Misson Godoy
Coorientador: Washington Barbosa Leite Júnior

1. Geologia Econômica. 2. Petrologia. 3. Granito. 4. Estanho. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

MATHEUS RAMOS CIOTTA

PETROLOGIA DOS GRANITOS ASSOCIADOS AOS DEPÓSITOS
PRIMÁRIOS DE ESTANHO E METAIS BASE DA MINA BOM FUTURO,
RONDÔNIA.

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
do Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Geociências e Meio
Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Washington Barbosa Leite Júnior
IGCE / UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Antenor Zanardo
IGCE / UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Jorge Silva Bettencourt
IGc/USP/São Paulo (SP)

Conceito: Aprovado.

Rio Claro (SP), 17 de junho de 2022

“Queremos buscar a verdade, não importa aonde ela nos leve. Mas para encontrá-la, precisaremos tanto de imaginação quanto de ceticismo.

Não teremos medo de fazer especulações, mas teremos o cuidado de distinguir a especulação do fato.”

-Carl Sagan

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento dessa dissertação de mestrado, durante esses anos de pandemia global, foi de uma dificuldade imensurável, mas hoje olho para trás e percebo o quanto cresci pessoalmente e tecnicamente. Dito isso, expresso aqui meus sinceros agradecimentos à todas as pessoas e entidades que tornaram esse trabalho possível.

Aos meus pais, Mário e Rosana, e irmã, Mariana, que me deram todo o amor e suporte, desde o início de minha graduação.

À Suelen, provavelmente a pessoa mais essencial para que essa monografia tenha chegado até aqui. Agraço pela companhia durante todos esses anos, pelos conselhos e por todos os nossos momentos juntos.

Ao Prof. Dr. Washington, por me orientar desde a metade do meu segundo ano de graduação (2016) e ter se tornado um grande amigo. Agradeço por toda a dedicação, paciência e conhecimento. Meu desenvolvimento profissional, noção de responsabilidades e do comprometimento devem-se quase que integralmente a você. Ao Prof. Dr. Misson, por me ajudar em toda situação que precisei, técnica ou burocrática, sem o qual não teria entrado nesse programa de mestrado.

Agradeço à Universidade de Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Geologia e ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, por terem me recebido ao longo da graduação e mestrado e por toda infraestrutura disponibilizada para desenvolvimento de minha pesquisa. Agradeço também aos técnicos e servidores dessas entidades.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado, que possibilitou minha dedicação exclusiva ao projeto, e à SEG (*Society of Economic Geologists*), pelo auxílio financeiro relativo aos custos analíticos da pesquisa.

À COOPERSANTA pelo apoio logístico durante as visitas de campo e coleta de amostras.

À Marly, pelas trocas de conhecimento e longas conversas sobre todos os assuntos rsrs, devo grande parte de minha experiência de mestrado à sua amizade para todos os momentos!

Aos amigos da gloriosa e eterna (em nosso corações) república Kaizuka: Ponce, Beck, Job, Bigode, Toto, Mundrongo, Silte, Will, Marcelão, Dona Josefa e todos os nosso agregados! Aos amigos(as) com quem morei durante esse mestrado e fizeram companhia durante a eterna quarentena: Toto, Mari, Laura, Su, Gabi e Rafa.

Aos amigos que me acompanharam nas etapas de trabalho e/ou em conversas fora de hora sobre geologia: Vand, Pink, Prozac, e todos os outros!

À turma XLVI do curso de graduação em geologia da UNESP (Turmalinda!) e agregados.

Aos amigos dos tempos de Valribeira, com os quais sempre mantive contato e a jogatina em dia! Bruno, Khin, Gustavo e Pixu.

Agradeço ainda a todos os profissionais de divulgação científica que, através de seus livros, vídeos, podcasts, entrevistas, documentários e séries, me lembravam o verdadeiro motivo de eu entrar nessa jornada.

Dada a vastidão do espaço e na imensidão do tempo, é uma alegria poder compartilhar um planeta e uma época com vocês.

-Carl Sagan

RESUMO

A mina Bom Futuro está localizada na Província Estanífera de Rondônia, Brasil, situada na borda sudoeste do Cráton Amazônico. A mina compreende dois morros adjacentes, Bom Futuro (ao sul) e Palanqueta (ao norte), que reúnem as principais áreas de exposição de rochas proterozóicas, e superfícies aplainadas, compostas por coberturas sedimentares mais jovens. No morro Bom Futuro, afloram gnaisses, anfibolitos e xistos do embasamento ($> 1,3$ Ga), *pipes* de brecha subvulcânica, diques de sienito/traquito (~ 1000 Ma), diques de topázio riólito pórfiro e topázio granito pórfiro, duas fases de veios de Li-Fe mica topázio pegmatitos (~ 995 Ma) mineralizados em Sn ($Zn \pm Cu \pm Pb$), vênulas tardias de quartzo, fluorita, carbonato e sulfetos de metais base e *stockworks* de caulinita. O morro Palanqueta expõe cinco unidades ígneas graníticas do maciço de mesmo nome, sendo estas: biotita álcali-feldspato granito equigranular (ca. 1026 Ma) e quatro Li-Fe mica álcali-feldspato granitos com topázio (ca. 1000 Ma), individualizados por aspectos estruturais e/ou texturais em inequigranular, pórfiro I, pórfiro II e miarolítico. Cavidades miarolíticas e/ou greisens sob forma de *pipe* mineralizados em Sn ($W \pm Cu \pm Pb \pm Zn$) estão associados a algumas destas fácies com topázio. As feições geológicas, associadas às características petrográficas e geoquímicas de rocha total, indicam que a mina Bom Futuro representa um sistema magmático-hidrotermal altamente dinâmico desenvolvido, em ambiente subvulcânico. As características texturais e mineralógicas das fácies graníticas com topázio são semelhantes aos granitos peraluminosos com metais raros. Os granitoides com topázio do morro Bom Futuro são relativamente mais evoluídos que os do morro da Palanqueta, como indica o *trend* evolutivo da geoquímica de rocha total e química mineral das micas, enquanto o biotita granito é precoce e menos evoluído. As composições isotópicas de Nd [$\epsilon Nd(t) = +3,25$ a $-3,68$] sugerem componentes de fontes crustais e mantélicas para os magmas de origem dos granitos do Bom Futuro. As rochas graníticas da mina Bom Futuro compõem a porção apical de uma cúpula granítica zonada, altamente evoluída, rica em flúor, com grandes quantidades de fluidos exsolvidos, associados a mineralização de Sn. Os limites físicos entre as diferentes fácies graníticas dos morros Bom Futuro e Palanqueta são desconhecidos, mas poderão explicitar o singular desenvolvimento de cúpulas graníticas altamente fracionadas. O potencial metalogenético em subsuperfície é incerto, porém, dada à individualidade do sistema Bom Futuro, é de grande interesse.

Palavras-chave: Granito com metais raros, Granito com topázio, Província Estanífera de Rondônia, Depósito de estanho, Mina Bom Futuro.

ABSTRACT

The Bom Futuro mine is in the Rondônia Tin Province, Brazil, located on the southwest border of the Amazon Craton. The mine comprises two adjacent hills, Bom Futuro (south) and Palanqueta (north), which contain the main areas of exposure of Proterozoic rocks, and flat surfaces, composed of younger sedimentary covers. The Bom Futuro hill shows basement gneiss, amphibolite and schist (> 1.3 Ga), subvolcanic breccia pipes, syenite/trachyte dykes (~ 1000 Ma), topaz-bearing rhyolite porphyry and topaz-bearing granite porphyry, two phases of Sn-polymetallic ($\text{Zn}\pm\text{Cu}\pm\text{Pb}$) Li-Fe mica topaz pegmatite veins (~ 995 Ma), and later veinlets of quartz, fluorite, carbonate, and base metal sulfides and stockworks of kaolinite. The Palanqueta hill exposes five granitic igneous units of the massif of the same name, these being: biotite alkali-feldspar equigranular granite (ca. 1026 Ma) and four Li-Fe mica alkali-feldspar granites with topaz (ca. 1000 Ma), individualized by its structural and/or textural aspects in inequigranular, porphyry I, porphyry II and miarolitic. Miarolitic cavities and/or pipe-like Sn-polymetallic ($\text{W}\pm\text{Cu}\pm\text{Pb}\pm\text{Zn}$) greisen bodies are associated with some of the topaz-bearing facies. The geological features, along with petrography and whole rock geochemistry characteristics, indicate that the Bom Futuro mine represents a highly dynamic magmatic-hydrothermal system developed in a subvolcanic environment. The textural and mineralogical characteristics of the topaz-bearing granitic facies are similar to the peraluminous rare metal granites. The topaz-bearing granitic rocks of Bom Futuro hill are relatively more evolved than those of palanqueta hill, as indicated by the evolutionary trend of whole rock geochemistry and mineral chemistry of micas, while the early biotite granite is less evolved. The Nd isotopic compositions [$\epsilon\text{Nd}(t) = + 3.25$ to $- 3.68$] suggest crustal and mantle sources for the parent magmas of the Bom Future granites. The granitic rocks of the Bom Futuro mine composes the apical part of a highly evolved, fluoride-rich, zoned granite cupola, with large amounts of exsolved fluids associated with Sn mineralization. The physical boundaries between the different granitic facies of the Bom Futuro and Palanqueta hills are unknown but may explain the unique development of highly fractionated granite cupola. The metallogenetic potential in subsurface is uncertain, however, given the individuality of the Bom Futuro system, it is of great interest.

Keywords: Rare-metal granite, Topaz-bearing granite, Rondônia Tin Province, Tin deposit, Bom Futuro tin mine.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DA LOCALIZAÇÃO DA MINA DE BOM FUTURO.....	12
FIGURA 2. MODELO CLÁSSICO DE MINERALIZAÇÃO DE ESTANHO ASSOCIADA À SISTEMAS MAGMÁTICOS-HIDROTÉRMIS (MODIFICADO DE ČERNÝ ET AL., 2005, EXTRAÍDO DE LEHMAN, 2020).	14
FIGURA 3. A) DISTRIBUIÇÃO DAS PROVÍNCIAS GEOCRONOLÓGICAS DO CRÁTON AMAZÔNICO DE ACORDO COM OS MODELOS DE TASSINARI & MACAMBIRA (1999). B) MAPA GEOTECTÔNICO SIMPLIFICADO DA PORÇÃO SW DO CRÁTON AMAZÔNICO COM DEMARCAÇÃO APROXIMADA DOS LIMITES DAS PROVÍNCIAS GEOCRONOLÓGICAS, TERRENOS E FAIXAS MÓVEIS. ABREVIACOES: VT – VENTUARÍ-TAPAJÓS; RNJ – RIO NEGRO-JURUENA. RSI – RONDONIANA-SAN IGNÁCIO; SA – SUNSÁS-AGUAPEÍ; FA – FAIXA AGUAPEÍ; R – RETRABALHADO (EXTRAÍDO E MODIFICADO DE TEIXEIRA ET AL., 2020).	23
FIGURA 4. MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA PER COM A LOCALIZAÇÃO DA MINA BOM FUTURO (MODIFICADO DE BETTENCOURT ET AL., 1999, 2010; QUADROS & RIZZOTO, 2007).	24
FIGURA 5. GRÁFICO TECTÔNICO-ESTRATIGRÁFICO EM FUNÇÃO DO TEMPO COM OS PRINCIPAIS EVENTOS OROGÊNICOS, ÍGNEOS E DEPOSICIONAIS, E IDADES MODELO TDM (Nd) PARA O TERRENO JAMARI (CENTRO-NORTE E LESTE DO ESTADO DE RONDÔNIA). EXTRAÍDO E MODIFICADO DE SCANDOLARA ET AL. (2017).	27
FIGURA 6. ASPECTOS GERAIS DAS ROCHAS DO COMPLEXO JAMARI NA ÁREA DE ESTUDO. A) E B) PARAGNAISSE ACINZENTADO; C) ORTOGNAISSE RÓSEO COM APARENTE TRANSPOSIÇÃO DE FOLIAÇÃO; D) ANFIBOLITO VERDE ESCURO A PRETO.	33
FIGURA 7. MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DO MORRO BOM FUTURO. ADAPTADO DE LEITE JUNIOR ET AL. (2003).	34
FIGURA 8. A) SIENITO PÓRFIRO; B) DIQUE DE COMPOSIÇÃO INTERMEDIÁRIA INTRUDIDO EM GNAISSE DO EMBASAMENTO.	34
FIGURA 9. ASPECTOS GERAIS DA BRECHA SUBVULCÂNICA. BRECHAS SUSTENTADAS POR FRAGMENTOS ANGULOSOS A SUBARREDONDADOS DE DIFERENTES GRANULAÇÕES, A) DE SEIXO A CALHAU E B) DE GRÂNULO A SEIXO.	35
FIGURA 10. A) GRANDE DIQUE DE TOPÁZIO RIÓLITO PÓRFIRO COM Mergulho SUBVERTICAL, CORTADO POR MÚLTIPLOS VEIOS DE PEGMATITO COM BAIXO ÂNGULO DE Mergulho. B) FEIÇÃO XENOLÍTICA NO ENDOCONTATO DE DIQUE, COM FRAGMENTOS ANGULOSOS E ORIENTADOS DE QUARTZO E BIOTITA GRANITO. C) RUBBLE BRECCIA COM FRAGMENTOS DE GNAISSE ENCAIXANTE E MATRIZ RIOLÍTICA COM ASPECTO FLUIDAL. D) NETWORK-VEINED BRECCIA COM CLASTOS ANGULOSOS DE GNAISSE E BRECHA SUBVULCÂNICA EM MATRIZ RIOLÍTICA.	36
FIGURA 11. ESQUEMA ILUSTRANDO AS DIFERENTES FEIÇÕES BRECHÓIDES OBSERVADAS AO LONGO DOS DIQUES DE TOPÁZIO RIÓLITO PÓRFIRO E/OU TOPÁZIO GRANITO PÓRFIRO.	37
FIGURA 12. A) TOPÁZIO GRANITO PÓRFIRO BF CORTANDO BRECHA SUBVULCÂNICA, TOPÁZIO RIÓLITO PÓRFIRO E PEGMATITO DA FASE I (COBERTO POR LÂMINA D'ÁGUA). FOTO EXTRAÍDA E MODIFICADA DE DIAS (2012). B) DIQUE DE TOPÁZIO RIÓLITO PÓRFIRO CORTANDO DIQUE DE TOPÁZIO RIÓLITO PÓRFIRO. C) TOPÁZIO GRANITO PÓRFIRO COM BOLSÃO DE ENDOGREISEN, CORTADO POR PEGMATITO DA FASE II. D) STOCKSCHEIDER NO CONTATO ENTRE TOPÁZIO GRANITO PÓRFIRO E GNAISSE ENCAIXANTE. ABREVIACOES: TGP – TOPÁZIO GRANITO PÓRFIRO; TRP – TOPÁZIO RIÓLITO PÓRFIRO; BRC – BRECHA SUBVULCÂNICA; Gns – GNAISSE; PEG - PEGMATITO.	38
FIGURA 13. A) LENTE DE PEGMATITO DA FASE 1 COM ATÉ 2,5 METROS DE ESPESSURA. B) VÊNULA DE QUARTZO LEITOSO COM HALO DE ALTERAÇÃO NAS BORDAS. C) VEIOS DE PEGMATITO DA FASE 2 CORTANDO VEIOS PRECEDENTES. D) STOCKWORK DE VÊNULAS DE CAULINITA EM GNAISSE INTEMPERIZADO.	39
FIGURA 14. MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DO MORRO PALANQUETA. ADAPTADO E MODIFICADO DE FOSTER (2016).	40

FIGURA 15. RELAÇÕES DE CONTATO ENTRE AS FÁCIES GRANÍTICAS COM TOPÁZIO DO MACIÇO PALANQUETA.....	41
FIGURA 16. A) FÁCIES TGP I CORTADA POR DIQUE TGP II. B) FRAGMENTO TABULAR ANGULOSO DE QUARTZO LEITO. C) DIQUE DE APLITO CORTANDO A FÁCIES TGP II. VÊNULA DE QUARTZO SUCEDE AMBAS AS LITOLOGIAS. D) VEIOS DE PEGMATITO COM QUARTZO E FELDSPATO POTÁSSICO. E) GRANITO GREISENIZADO (1) E <i>PIPE</i> DE GREISEN EM SEÇÃO VERTICAL (2). (FOTO E EXTRAÍDA DE FOSTER, 2016).	41
FIGURA 17. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS DO TOPÁZIO RIÓLITO PÓRFIRO COM A) TEXTURA PORFIRÍTICA DE MATRIZ FINA, B) ESTRUTURAS DE FLUXO, E PEQUENOS AGLOMERADOS MICÁCEOS, C) TEXTURA PORFIRÍTICA DE MATRIZ Densa, COM ASPECTO LEITOSO, E D) TEXTURA MOSQUEADA, MARCADA POR AGLOMERADOS DE SULFETOS DE METAIS DE BASE E FLUORITA. E) TEXTURA PORFIRÍTICA DE MATRIZ FINA, COM FENOCRISTAIS DE ALBITA TABULAR E QUARTZO ANÉDRICO, EM MATRIZ RIOLÍTICA COM MAIOR CONCENTRAÇÃO DE ZINNWALDITA (NICÓIS CRUZADOS). F) ESTRUTURA DE FLUXO MARCADA POR BANDAS ENRIQUECIDAS EM TOPÁZIO (NICÓIS PARALELOS). G) FENOCRISTAIS DE ALBITA SUBÉDRICOS MANTEADOS POR MICROCLÍNIO (NICÓIS CRUZADOS). H) IMAGENS DE ELÉTRONS RETROESPALHADOS (BSE) DE AGREGADO ESFERULÍTICO DE TOPÁZIO COM NÚCLEO PREENCHIDO POR ÓXIDO DE Nb-Ta.	45
FIGURA 18. A) TOPÁZIO GRANITO PÓRFIRO BF COM COLORAÇÃO RÓSEA E, EM B) E C), ASPECTO MANCHADO DEVIDO À VARIADAS CONCENTRAÇÕES DE FLUORITA E TOPÁZIO. D) TEXTURA BOLA DE NEVE EM FENOCRISTAL DE QUARTZO (NICÓIS CRUZADOS). NOTAR MATRIZ MUITO ENRIQUECIDA EM ALBITA. E) AGLOMERADO DE CRISTAIS DE ZINNWALDITA INTERSTICIAL COM INCLUSÕES DE ZIRCÃO. F) TOPÁZIO GRANULAR NA MATRIZ E FLUORITA AO LONGO DOS PLANOS DE GEMINAÇÃO DE ALBITA (NICÓIS DESCRUZADOS). DESTAQUE NA IMAGEM MOSTRA PRISMAS DE TOPÁZIO MUITO FINO INCLUSO EM QUARTZO. G) FENOCRISTAIS DE TOPÁZIO, COM INCLUSÃO DE ALBITA, E DE MICROCLÍNIO, COM INCIPIENTE SOBREPOSIÇÃO DE FLUORITA. H) IMAGENS DE ELÉTRONS RETROESPALHADOS (BSE) DE CRISTAIS DE ZINNWALDITA COM INCLUSÕES DE ÓXIDOS DE Nb-Ta e ZIRCÃO METAMÓRFICO. BARITA DE ALTERAÇÃO TARDIA SOBREPÕE ZINNWALDITA.....	46
FIGURA 19. BIOTITA GRANITO A) DE COR RÓSEA, TEXTURA EQUIGRANULAR E ASPECTO MOSQUEADO E B) DE COR ALARANJADA, CORTADO POR VÊNULA MILIMÉTRICA. C) MANCHAS PERTÍTICAS DE ALBITA EM MICROCLÍNIO, COM FRACA ALTERAÇÃO SERÍCITA (NICÓIS CRUZADOS). D) CRISTAIS DE FELDSPATO MODERADAMENTE SERICITIZADOS, COM SERICITA E MUSCOVITA (NICÓIS CRUZADOS). E) BIOTITA COM QUARTZO VERMIFORME E CLORITA NAS BORDAS E INCLUSÕES DE ZIRCÃO. F) IMAGENS DE BSE CRISTAIS DE ZIRCÃO INCLUSOS EM BIOTITA.....	48
FIGURA 20. Li-Fe MICA-TOPÁZIO ÁLCALI-FELDSPATO GRANITO INEQUIGRANULAR A) COM COR RÓSEA E TEXTURA INEQUIGRANULAR SERIADA E B) COM COR ALARANJADA E TEXTURA PORFIRÍTICA. C) TEXTURA HIPIDIOMÓRFICA SERIADA, AGREGADOS DE QUARTZO ANÉDRICOS (À ESQUERDA), ALBITA TABULAR E MICROCLÍNIO PERTÍTICO COM INCLUSÕES DE RIPAS DE ALBITA. D) MANCHAS DE MICROCLÍNIO EM ALBITA (NICÓIS CRUZADOS). E) AGREGADO DE Li-SIDEROFILITA FLUORITA E Li-SIDEROFILITA COM INCLUSÃO DE ZIRCÃO. F) CRISTAIS ANÉDRICOS DE TOPÁZIO COM E SEM INCLUSÃO DE ALBITA TABULAR E ALTERADOS PARA Li-FENGITA NAS BORDAS E FRATURAS.....	50
FIGURA 21. ASPECTO MACROSCÓPICO DO Li-Fe MICA-TOPÁZIO ÁLCALI-FELDSPATO GRANITO PÓRFIRO I A) DE COR ALARANJADA E B) DE COR AVERMELHADA. C) FENOCRISTAIS QUARTZO ANÉDRICO ARREDONDADO E DE MICROCLÍNIO COM INCLUSÕES DE RIPAS DE ALBITA. AGLOMERADO DE Li-FENGITA SECUNDÁRIA (SUPERIOR DIREITO) ALTERA MATRIZ. D) CRISTAIS ANÉDRICOS E INTERSTICIAIS DE Li-SIDEROFILITA COM FRACO PLEOCROÍSMO CASTANHO. E) TOPÁZIO INTERSTICIAL ENTRE CRISTAL DE QUARTZO ARREDONDADO E ALBITA SUBÉDRICA COM ASPECTO TURVO. F) TOPÁZIO ANÉDRICO INCLUSO EM FENOCRISTAL DE QUARTZO E MICROCLÍNIO COM ASPECTO TURVO.....	51

FIGURA 22. A) E B) ASPECTO MACROSCÓPICO DO LI-FE MICA-TOPÁZIO ÁLCALI-FELDSPATO GRANITO PÓRFIRO II. C) QUARTZO E MICROCLÍNIO COM INCLUSÕES DE ALBITA QUE CARACTERIZAM TEXTURA BOLA DE NEVE. D) MICROCLÍNIO SUBÉDRICO À EUÉDRICO COM GOLFO DE QUARTZO, INDICANDO CORROSÃO. E) MEGACRISTAL SUBÉDRICO DE TOPÁZIO COM INCLUSÕES DE RIPAS ALBITA. LI-FENGITA E FLUORITA SECUNDÁRIAS SOBRE MAITRZ MAGMÁTICA. F) AGREGADOS DE MICA FINA, ASSOCIADAS A TOPÁZIO ANÉDRICO, SUBSTITUINDO CRISTAL DE ALBITA.	53
FIGURA 23. A) ASPECTO MACROSCÓPICO DO LI-FE MICA-TOPÁZIO ÁLCALI-FELDSPATO GRANITO MIAROLÍTICO. B) CAVIDADE MIAROLÍTICA PREENCHIDA POR MICROCLÍNIO PERTÍTICO, QUARTZO E ALBITA. NOTAR FÁCIES EUÉDRICAS DE MICROCLÍNIO NO INTERIOR DA CAVIDADE. C) VENULAS DE TOPÁZIO E MICA MUITO FINAS CORTAM MICROCLÍNIO EM CAVIDADE MIAROLÍTICA. D) MIÁROLO COMPOSTO DE MICROCLÍNIO TURVO COM INCLUSÃO DE TOPÁZIO ANÉDRICO, ALBITA TABULAR, QUARTZO E LI-SIDEROFILITA. E) AGREGADO RADIAL DE CRISTAIS DE TOPÁZIO MUITO FINO INCLUSOS EM QUARTZO ANÉDRICO DA MATRIZ. F) CRISTAIS DE ZIRCÃO EUÉDRICO COM HALOS DE ALTERAÇÃO EM ALBITA. AGREGADOS DE FLUORITA DESENVOLVIDAS SOB CRISTAL DE ALBITA.	55
FIGURA 24. DIAGRAMAS DE A) Al_2O_3 vs SiO_2 ; B) Na_2O vs SiO_2 ; C) ALUMINA-SATURAÇÃO (A/NK vs A/CNK); D) CLASSIFICAÇÃO DE WHALEN ET AL. (1987); E) E F) CLASSIFICAÇÃO TECTÔNICA DE GRANITOIDES DE PEARCE ET AL. (1984) ...	60
FIGURA 25. DIAGRAMAS DE A) K/Rb vs SiO_2 , DE BLEVIN (2004), B) Nb/Ta vs Zr/Hf, COM CAMPOS DELIMITADOS POR BALLOUARD ET AL. (2016), E C) Zr/Hf vs SiO_2 PARA OS GRANITOIDES DA MINA BOM FUTURO. OS LIMITES DEFINIDOS NA FIGURA C FORAM EXTRAÍDOS DE ZARISKY ET AL. (2009) E FORAM INICIALMENTE UTILIZADOS PARA GRANITOS PÓS-OROGÊNICOS COM AFINIDADE CÁLCIO-ALCALINA.	61
FIGURA 26. DIAGRAMA MULTI-ELEMENTAR DE ELEMENTOS TRAÇOS, NORMALIZADOS PELO MANTO PRIMITIVO DE McDONOUGH & SUN (1995), DAS DIFERENTES ROCHAS GRANÍTICAS DA MINA BOM FUTURO.....	63
FIGURA 27. A) CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE DIFERENCIAÇÃO COM BASE NOS DIAGRAMAS TERNÁRIO Rb-Ba-Sr DE BOUSEILY E SOKKARY (1975). B) DIAGRAMA TERNÁRIO NORMATIVO Ab-Or-Q, SATURADO EM ÁGUA, COM 1, 2 E 4% F (*) E RESPECTIVAS TEMPERATURAS MÍNIMAS (MANNING, 1982). ÁREA EM VERMELHO É DESTACADA AO LADO. LEGENDA IGUAL ÀS FIGURAS PRECEDENTES.	64
FIGURA 28. PADRÕES DE ABUNDÂNCIA DOS ELEMENTOS TERRAS RARAS NAS DIFERENTES ROCHAS GRANÍTICAS DA MINA BOM FUTURO. OS VALORES APRESENTADOS FORAM NORMALIZADOS PELO CONDRIITO DE BOYNTON (1984).	66
FIGURA 29. IMAGEM DE CATODOLUMINESCÊNCIA DE CRISTAIS DE ZIRCÃO DO BIOTITA GRANITO DO MORRO PALANQUETA (PP-96)..	67
FIGURA 30. A) DIAGRAMA CONCÓRDIA PARA OS DADOS U – Pb EM CRISTAIS DE ZIRCÃO DA AMOSTRA PP-96; B) DIAGRAMA CONCÓRDIA COM AS CINCO AMOSTRAS REPRESENTATIVAS QUE APONTAM IDADE CONCORDANTE DE 1.0266 ± 11 MA.	69
FIGURA 31. DIAGRAMA TERNÁRIO Or-Ab-An CLASSIFICATÓRIO DE FELDSPATOS COM ANÁLISES REALIZADAS PARA AS DIFERENTES ROCHAS GRANÍTICAS DA MINA BOM FUTURO. LEGENDA IGUAL À UTILIZADA EM FIGURAS DO CAPÍTULO 6.....	71
FIGURA 32. DIAGRAMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE MICAS DOS GRANITOIDES DA MINA BOM FUTURO. A) TERNÁRIO A PARTIR DA RELAÇÃO ENTRE Li E OS CÁTIOS OCTAÉDRICOS R^{+2} E R^{+3} DE LI-MICAS (BASEADO EM FOSTER, 1960). OS LIMITES SIDEROFILITA*-ZINNWALDITA* E ZINNWALDITA*-LEPIDOLITA*, À DIREITA, SÃO DE STONE ET AL. (1988). A LINHA SÓLIDA REPRESENTA A SÉRIE TRANSICIONAL ENTRE MUSCOVITA-ZINNWALDITA APRESENTADA POR MONIER & ROBERT (1986) DE Fe-AL-Li MICAS. B) BINÁRIO DE CORRELAÇÃO ENTRE $Fe_{TOT} + Mn + Ti - Al^{VI}$ E $Mg - Li$, COM CAMPOS BASEADOS EM TISCHENDORF ET AL. (1997, 2001). SETAS AZUIS INDICAM <i>TRENDS</i> HIDROTERMAIS. SETAS VERMELHAS INDICAM <i>TREND</i> MAGMÁTICO.....	73

FIGURA 33. DIAGRAMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE MICAS DOS PEGMATITOS E GREISENS DA MINA BOM FUTURO. A) TERNÁRIO A PARTIR DA RELAÇÃO ENTRE LI E OS CÁTIOS OCTAÉDRICOS R^{+2} E R^{+3} DE LI-MICAS (BASEADO EM FOSTER, 1960). OS LIMITES SIDEROFILITA*-ZINNWALDITA* E ZINNWALDITA*-LEPIDOLITA*, À DIREITA, SÃO DE STONE ET AL. (1988). A LINHA SÓLIDA REPRESENTA A SÉRIE TRANSICIONAL ENTRE MUSCOVITA-ZINNWALDITA APRESENTADA POR MONIER & ROBERT (1986) DE FE-AL-LI MICAS. B) BINÁRIO DE CORRELAÇÃO ENTRE $Fe_{TOT} + Mn + Ti - Al^{VI}$ E $Mg - Li$, COM CAMPOS BASEADOS EM TISCHENDORF ET AL. (1997, 2001).	74
FIGURA 34. DIAGRAMAS BINÁRIOS DE UNIDADES DE ÁTOMOS POR FÓRMULA (A.P.F.U) DE A) Li vs Al^{VI} ; B) Fe vs Al^{VI} ; C) $Fe+Mg+Mn$ vs Al^{VI} ; D) F vs Si.	75
FIGURA 35. MAPA DO GRADIENTE TOTAL SOMBREADO COM A PRIMEIRA DERIVADA VERTICAL. LINHA TRACEJADA EM PRETO MOSTRA A REGIÃO FAVORÁVEL ONDE SE ENCONTRA AS ESTRUTURAS DE CALDEIRA DE FORMAÇÃO DOS GRANITOS. EXTRAÍDO E MODIFICADO DE BUCH ET AL. (2019).	78
FIGURA 36. RELAÇÃO ENTRE O CONTEÚDO DE P_2O_5 E $\Delta^{18}O$ DE TOPÁZIO GRANITOS AO REDOR DO MUNDO, QUE CORROBORA A SUBDIVISÃO BASEADA NA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO, E SUA CORRELAÇÃO COM GRANITOS TIPO-I E S FRACIONADOS. RETIRADO DE TAYLOR & FALICK (1997).	83

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. INFORMAÇÕES SOBRE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE ESTANHO NO BRASIL NOS ANOS DE 2019 E 2020. EXTRAÍDO E MODIFICADO DE ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO (2020, 2021).	10
TABELA 2. DATAÇÕES U-Pb, ASPECTOS PETROGRÁFICOS E LITOGEOQUÍMICOS, PRINCIPAIS MACIÇOS, ESTILO DE MINERALIZAÇÃO E PRINCIPAIS DEPÓSITOS ASSOCIADOS ÀS SUÍTE INTRUSIVAS SÃO LOURENÇO-CARIPUNAS, SANTA CLARA E RONDÔNIA. MODIFICADO DE BETTENCOURT ET AL., (1999) E LEITE JUNIOR (2002). DADOS GEOCRONOLÓGICOS: 1 - BETTENCOURT ET AL. (1999); 2 - LEITE JUNIOR (2002); 3 – SPARRENGUER (2003); 4 – SOUZA ET AL. (2007); 5 – DEBOWSKI ET AL. (2019). ..	28
TABELA 3. COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DAS FÁCIES GRANÍTICAS DA MINA BOM FUTURO. QZ: QUARTZO; FK: FELDSPATO (MICROCLÍNIO); AB: ALBITA; AP: APATITA; BT: BIOTITA; TPZ: TOPÁZIO; MC: MICA ; CLT: CLORITA; FL: FLUORITA; ZRN: ZIRCÃO; MNZ: MONAZITA; ILM: ILMENITA; RT: RUTILO; ONT: ÓXIDOS DE Nb-Ta; F-ETRS: FLUORETOS DE ETRS; CST: CASSITERITA; MO: MOLIBDENITA; GN: GALENA; CPY: CALCOPIRITA; PY: PIRITA; SF: ESFALERITA; BA: BARITA.....	43
TABELA 4. RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS FÁCIES GRANÍTICAS DA MINA BOM FUTURO.	57
TABELA 5. RELAÇÕES ELEMENTARES CALCULADAS PARA AS ROCHAS GRANÍTICAS DA MINA BOM FUTURO.	59
TABELA 6. TEMPERATURA DE SATURAÇÃO DE ZIRCÃO (°C) CALCULADAS SEGUNDO WATSON & HARRISON (1983) PARA AS ROCHAS GRANÍTICAS DA MINA BOM FUTURO.	64
TABELA 7. DADOS GEOCRONOLÓGICOS U/Pb OBTIDOS EM CRISTAIS DE ZIRCÃO DA AMOSTRA PP-96 POR SHRIMP.	68
TABELA 8. DADOS ISOTÓPICOS Sm/Nd EM ROCHA TOTAL DAS AMOSTRAS DA MINA BOM FUTURO.....	69
TABELA 9. ANÁLISES QUÍMICAS REPRESENTATIVAS DOS FELDSPATOS DAS ROCHAS GRANÍTICAS DA MINA BOM FUTURO.....	72
TABELA 10. ANÁLISES QUÍMICAS REPRESENTATIVAS DAS MICAS PRIMÁRIAS DAS ROCHAS GRANÍTICAS DA MINA BOM FUTURO.....	76

SUMÁRIO

<u>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....</u>	<u>10</u>
1.1. APRESENTAÇÃO.....	10
1.2. PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA	11
1.3. OBJETIVOS	11
1.4. LOCALIZAÇÃO	11
1.5. REVISÃO SOBRE TOPÁZIO GRANITOS E MINERALIZAÇÕES ASSOCIADAS.....	12
 <u>CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODOS</u>	 <u>15</u>
2.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E COMPILAÇÃO DE DADOS.....	15
2.2. ATIVIDADES DE CAMPO.....	15
2.3. PETROGRAFIA CONVENCIONAL.....	15
2.4. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	16
2.5. GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL.....	16
2.6. QUÍMICA MINERAL DE ELEMENTOS MAIORES E MENORES POR MICROSSONDA ELETRÔNICA..	17
2.7. GEOCRONOLOGIA U-Pb EM ZIRCÃO (SHRIMP)	17
2.8. ANÁLISE ISOTÓPICA Sm-Nd EM ROCHA TOTAL.....	18
2.9. ANÁLISE E INTEGRAÇÃO DOS DADOS	18
2.10. CONFEÇÃO DA MONOGRAFIA.....	18
 <u>CAPÍTULO 3 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL</u>	 <u>19</u>
3.1. INTRODUÇÃO	19
3.2. SUDOESTE DO CRÁTON AMAZÔNICO.....	20
3.2.1. PROVÍNCIA RIO NEGRO-JURUENA (RNJ)	20
3.2.2. PROVÍNCIA RONDONIANA-SAN IGNÁCIO (RSI).....	21
3.2.3. PROVÍNCIA SUNSÁS-AGUAPEÍ (SA)	22
3.3. PROVÍNCIA ESTANÍFERA DE RONDÔNIA.....	23
3.3.1. TERRENO JAMARI.....	25
3.3.2. EMBASAMENTO METAMÓRFICO	26
3.3.3. SUÍTES GRANÍTICAS MESOPROTEROZOICAS	26
3.3.4. FORMAÇÃO NOVA FLORESTA.....	29

3.3.5. FORMAÇÃO PALMEIRAL	29
3.3.6. COBERTURA SEDIMENTAR CENOZOICA.....	29

CAPÍTULO 4 - GEOLOGIA DA MINA BOM FUTURO..... 31

4.1. APRESENTAÇÃO.....	31
4.2. CARACTERÍSTICAS DE CAMPO	31
4.2.1. GNAISSES, ANFIBOLITOS E XISTOS.....	31
4.2.2. SISTEMA MAGMÁTICO-HIDROTHERMAL BOM FUTURO	32
4.2.3. SISTEMA MAGMÁTICO-HIDROTHERMAL PALANQUETA.....	39

CAPÍTULO 5 - PETROGRAFIA DAS ROCHAS GRANÍTICAS..... 42

5.1 APRESENTAÇÃO.....	42
5.1.1. MORRO BOM FUTURO	42
5.1.2. MORRO PALANQUETA	47

CAPÍTULO 6 – LITOGEOQUÍMICA..... 56

6.1. GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL.....	56
6.1.1. ELEMENTOS MAIORES	56
6.1.2. ELEMENTOS MENORES E TRAÇOS	56
6.1.3. ELEMENTOS TERRAS RARAS (ETR).....	64

CAPÍTULO 7 – GEOQUÍMICA ISOTÓPICA 67

7.1. U/Pb SHRIMP	67
7.2. ISOTOPIA Sm/Nd.....	69

CAPÍTULO 8 – QUÍMICA MINERAL 70

8.1. FELDSPATOS	70
8.2. MICAS	70
8.2.1. MICAS TRIOCTAÉDRICAS.....	70
8.2.2. MICAS DIOCTAÉDRICAS	74

CAPÍTULO 9 - DISCUSSÕES..... 77

9.1. AMBIENTE E FORMA DE OCORRÊNCIA	77
9.2. TEXTURAS E MINERALOGIA	79
9.3. FONTE E EVOLUÇÃO MAGMÁTICA	82
9.3.1. PROCESSOS MAGMÁTICOS VS HIDROTERMAIS	84
9.4. CONCLUSÕES.....	85

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 87

APÊNDICE I..... 104

Capítulo 1 – Introdução

1.1. APRESENTAÇÃO

O depósito de Bom Futuro, localizado na região centro-norte do estado de Rondônia, foi descoberto em 1987 durante a ocupação da linha C-75 do INCRA, referente a um dos projetos de assentamento agrário promovidos por aquela instituição (PRANDI, 1990). A mineração na área possibilitou a consolidação do Brasil como o maior produtor de estanho mundial durante o triênio 1988-1990 (DNPM, 2001) e estima-se que já produziu mais de 200.000 t de estanho desde a sua descoberta.

Segundo o Anuário Mineral Brasileiro (2020, 2021), baseados nos anos de 2019 e 2020, o estado de Rondônia apresenta a maior produção bruta (ROM) de estanho do Brasil (Tabela 1), com tendência de crescimento. Entre os meses de dezembro de 2019 e 2021, o preço do estanho cresceu de cerca de US\$ 17/Kg para US\$ 40/Kg e, aliado à alta do dólar, resultou no grande aumento na produção do minério.

Tabela 1. Informações sobre produção e comercialização de estanho no Brasil nos anos de 2019 e 2020. Extraído e modificado de Anuário Mineral Brasileiro (2020, 2021).

Estado	Produção Bruta		Produção Beneficiada				Valor comercializado (R\$)	
	ROM		Quantidade		Teor (%Sn)		Total	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Rondônia	11.405.978	14.636.440	7.080.755	12.543.694	74,68	66,71	268.857.594	568.258.718
Amazonas	5.948.821	5.906.451	13.993.415	13.130.700	48,00	48,00	345.855.031	350.579.079
Pará	3.881.188	3.169.217	2.756.010	2.903.719	82,18	68,06	101.432.240	96.574.382
Mato Grosso	480,4	458,9	479.286	332.146	100,00	67,00	15.565.687	28.953.188
Minas Gerais	527,71	531.073	287,19	137.583	40,67	16,60	7.004.272	1.874.274

A região centro-norte de Rondônia reúne expressivas concentrações metálicas (Sn, W, Nb), ao longo de uma área denominada Província Estanífera de Rondônia (PER). Os processos metalogenéticos primários da PER são associados à três episódios magmáticos do meso- ao neoproterozoico, entre 1314 e 974 Ma (BETTENCOURT et al., 1999). Apesar da evidente relação espacial e temporal entre os episódios magmáticos e as mineralizações estaníferas, informações acerca de fonte dos magmas/fluidos/metals e dos processos magmáticos/hidrotermais que culminam na formação dos depósitos ainda carecem de detalhe.

1.2.PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA

A mina Bom Futuro contém o maior depósito de estanho da PER, com uma soma de recursos e reservas de 50 Mt a 0,1% de Sn (até >1% de Sn), com produção diária aproximada de 10 t de concentrado de cassiterita (1,775 t Sn em 2016; BUCH et al., 2018). Devido à magnitude e relevância da produção de Sn da mina Bom Futuro, o estudo aprofundado da fonte magmática e dos processos magmáticos-hidrotermais associados à mineralização estanífera na área são de grande interesse para a PER, Brasil e todo o mundo.

A qualidade de exposição das rochas nas cavas e as características singulares observadas na mina, devido ao frequente avanço da lavra, possibilitam uma melhor interpretação da gênese desse depósito. Ainda contribui para o conhecimento, no Brasil e no mundo, acerca de sistemas vulcano-plutônicos e da evolução de magmas peraluminosos capazes de gerar granitoides com topázio.

1.3.OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo geral a investigação geológica dos granitos associados à mineralização de estanho na mina Bom Futuro, no município de Ariquemes, Rondônia.

O estudo das intrusões multifásicas de álcali-feldspato granito com topázio da mina Bom Futuro visa uma melhor compreensão dos sistemas magmáticos-hidrotermais relacionados à granitos altamente diferenciados, com ênfase na gênese e nos processos envolvidos na evolução desses magmas. Outro propósito do trabalho é a distinção das feições petrográficas características dos estágios magmáticos e hidrotermais e que possam ter relação direta/indireta com mineralização de estanho na mina Bom Futuro.

1.4.LOCALIZAÇÃO

A mina Bom Futuro está localizada na porção centro-norte do estado de Rondônia (Figura 1), no distrito Bom Futuro, inserida na Folha Topográfica Alto Candeias (SC.20-V-D-V), na escala 1:100.000, da Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército. O distrito situa-se 75 km a NW da cidade de Ariquemes e a cerca de 200 km ao sul da capital Porto Velho.

O acesso a mina é feito a partir da cidade de Ariquemes, ao trafegar por cerca de 27 km pela BR-364, sentido Porto Velho, tomando a saída pela RO-459 até estradas secundárias (linha

C-75) não pavimentadas. A mina está a cerca de 214 Km de Porto Velho, capital do estado, segundo a rota de acesso pela BR-364 sentido Sul até a RO-458 e, por fim, linha C-75. A mina dista cerca de 4 Km da sede da Cooperativa de Garimpeiro de Santa Cruz (COOPERSANTA) e o acesso é feito por estrada de terra de tráfego permanente.

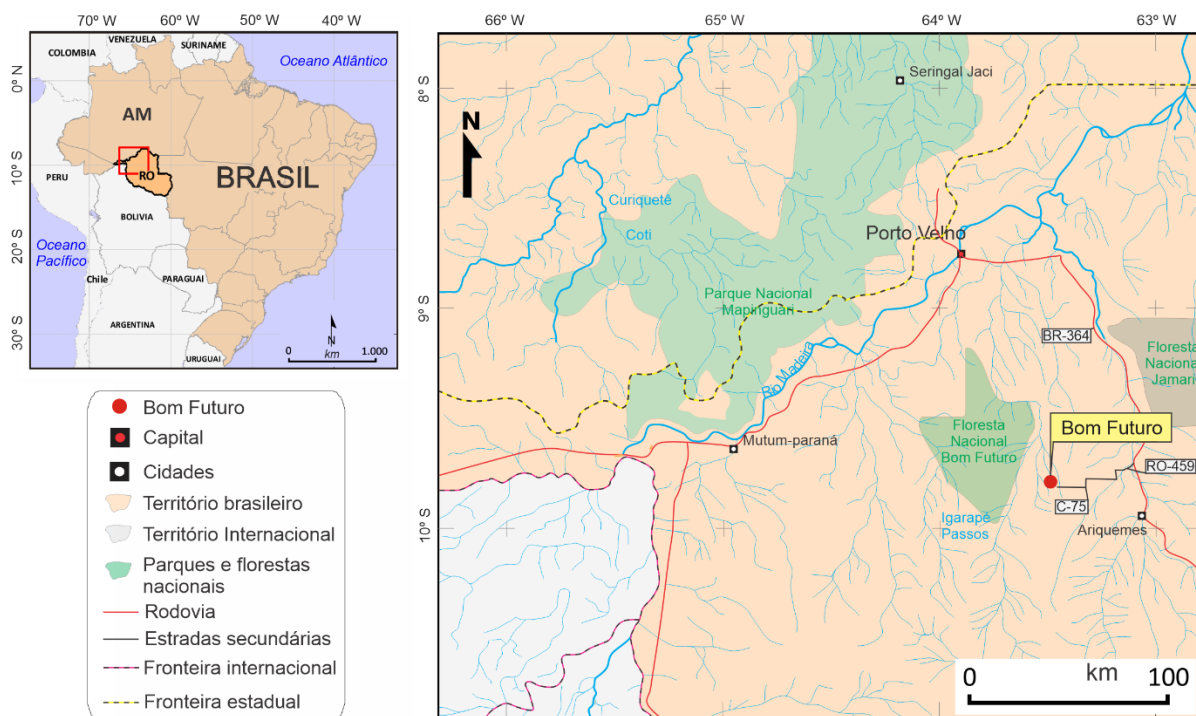


Figura 1. Mapa da localização da mina de Bom Futuro.

1.5. REVISÃO SOBRE TOPÁZIO GRANITOS E MINERALIZAÇÕES ASSOCIADAS

Na literatura, rochas graníticas com topázio são nomeadas de variadas formas, dadas às especificidades locais, apesar de representarem rochas muito similares do ponto de vista petrológico: topázio-albita granito (ex. MOURA & BOTELHO, 2000), ongonitos (ex. STEMPROK, 1991), Li-F granitos a metais raros (ex. KOVALENKO & KOVALENKO, 1984), topázio granitos (ex. PICHAVANT & MANNING, 1984), topázio riólitos (ex. BURT et al., 1982) etc.

Essas rochas são fortemente evoluídas e raras no registro geológico e, além de sua importância petrológica, estão frequentemente associadas no espaço e no tempo com depósitos primários de Sn-W e Ta-Sn (POLLARD & TAYLOR, 1991; TAYLOR, 1992). A ocorrência de topázio granitos em corpos graníticos do tipo-A é descrita em diversas províncias pós-orogênicas e anorogênicas pelo mundo (EXLEY, 1958; MOURA & BOTELHO, 2000; AUDÉTAT et al., 2000; ŠTEMPROK et al., 2005; HAAPALA et al., 2007; LUKKARI et al., 2009; GU et al., 2011).

Essas rochas, que serão simplificadaamente denominadas de topázio granito no presente trabalho, são descritas ao longo de diversos maciços no Brasil e no mundo: Finlândia (HAAPALA, 1997; HAAPALA & LUKKARI, 2005; BERNI, 2017), China (YU et al, 2007; XIE et al, 2013), Europa Central (THOMAS & TISCHENDORF, 1987; BREITER et al, 2017), Canadá (TAYLOR et al., 1985; SINCLAIR et al., 1988; TAYLOR, 1992), dentre outros. Representantes subvulcânicos e vulcânicos dessas rochas são popularmente descritos na Mongólia (KOVALENKO et al., 1971; DOSTAL et al., 2015) e oeste dos Estados Unidos (BURT et al., 1982; CHRISTIANSEN et al., 1983). No Brasil, podem ser destacados os exemplares da Província Estanífera de Rondônia (SPARRENBURGER, 2003; LEITE JUNIOR, 1992), da Província mineral do Mapuera (LENHARO et al., 2000), da Província Estanífera de Goiás (MOURA & BOTELHO, 2000; MOURA et al., 2014), e no maciço Correias (GORAIEB, 1995; MATA et al., 2020) e stock Inhandjara (ARAUJO, 2020), no interior de São Paulo.

Devido às altas concentrações de F, Li, Rb, Cs, Nb, Ta, Sn e W em topázio granitos, Taylor (1992) e Taylor & Fallick (1997) subdividiram essas rochas em dois subtipos: pobres em P_2O_5 , com $P_2O_5 < 0,1 \text{ wt\%}$, $Al_2O_5 < 14,5 \text{ wt\%}$, $SiO_2 > 73 \text{ wt\%}$ e $\delta^{18}O < 10,0 \text{ ‰}$; e ricos em P_2O_5 , com $P_2O_5 > 0,4 \text{ wt\%}$, $Al_2O_5 > 14,5 \text{ wt\%}$, $SiO_2 < 73 \text{ wt\%}$ e $\delta^{18}O > 10,0 \text{ ‰}$. Segundo estes, os subtipos pobres P_2O_5 e ricos em P_2O_5 correspondem a granitos fortemente fracionados do tipo I e S, respectivamente, no que diz respeito à fonte magmática.

De acordo com Pollard (1989), depósitos de metais raros ocorrem associados a três variedades graníticas principais: álcali granito, biotita e/ou muscovita granito e Li-mica ($\pm$ topázio) granito. As mineralizações primárias de estanho são associadas a esses magmas mais evoluídos, ricos em voláteis, álcalis e elementos incompatíveis, com assinaturas geoquímicas típicas de granitos do tipo S ou A (BOWDEN, 1981; MANNING, 1986; LEHMANN, 1990; SAWKA et al., 1990; AUDÉTAT et al., 2000; ISHIHARA & MURAKAMI, 2006; MOURA et al., 2014).

Os modelos atuais para a formação de depósitos de estanhos se baseiam em Taylor (1979), Lehmann (1990) e Černý et al., (2005), e estão sintetizados na Figura 2. De acordo com Lehman (2020), os principais fatores para a formação dos depósitos de estanho podem ser resumidos em: (1) Intrusões multifásicas em subsequência, com associação da mineralização estanífera magmática-hidrotermal às porções apicais das intrusões graníticas menores e tardias; (2) Alteração hidrotermal pós-magmática associada a fluidos enriquecidos em Sn, a partir do qual se formam os greisens. Segundo Černý (1991), stockscheiders/pegmatitos marginais

podem ocorrer no contato e, em condições em que o fundido magmático consiga manter grandes quantidades de água em solução (sistema semifechado), a mineralização de metais raros pode ocorrer nessas rochas (Ta-Sn-Be-Li-Cs-Rb).

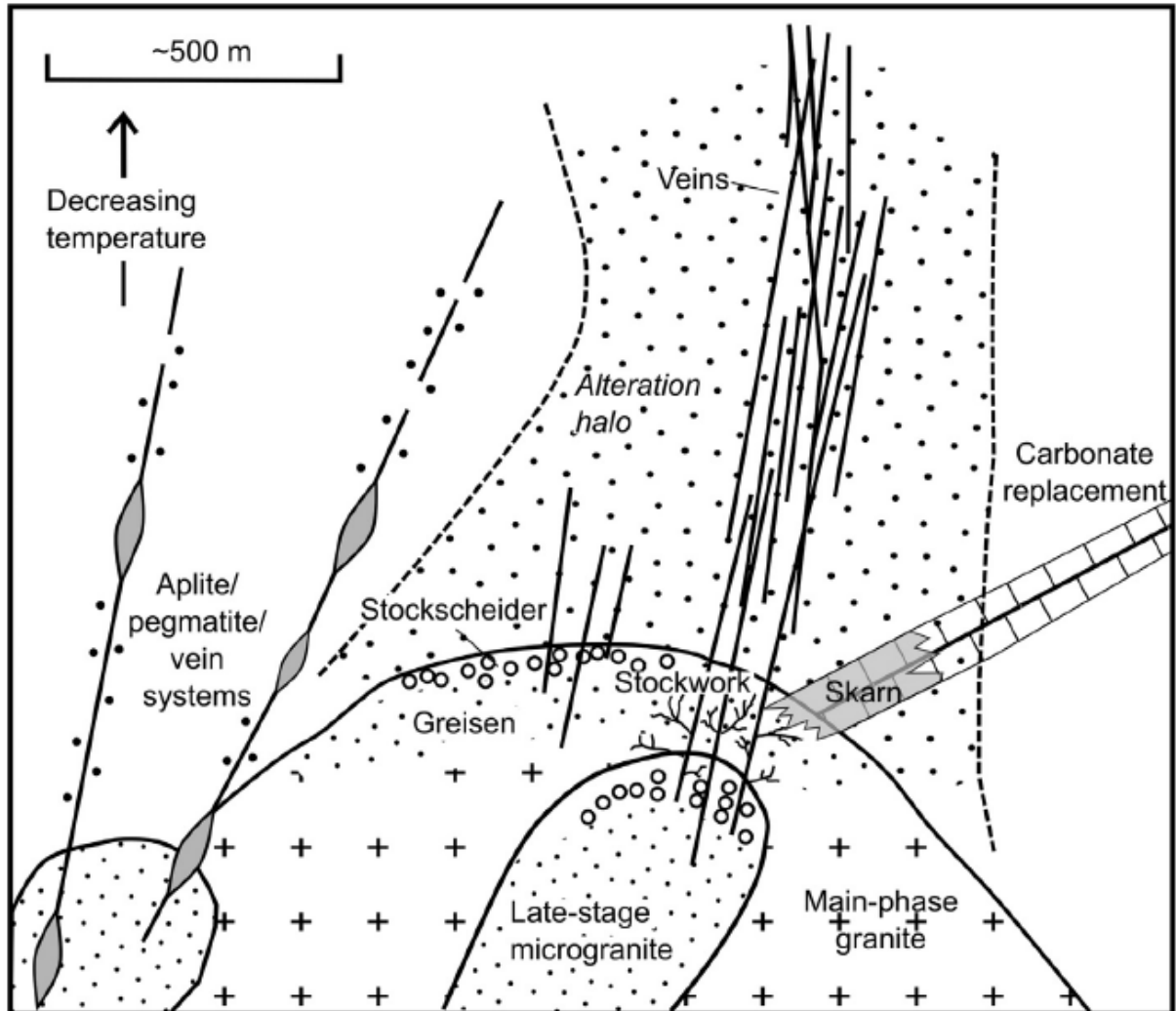


Figura 2. Modelo clássico de mineralização de estanho associada à sistemas magmáticos-hidrotermais (Modificado de Černý et al., 2005, extraído de Lehman, 2020).

Capítulo 2 - Materiais e Métodos

Foram previstas dez etapas para a elaboração desta pesquisa, compreendendo: (1) Levantamento Bibliográfico e Compilação de Dados; (2) Atividades de Campo; (3) Petrografia Convencional; (4) Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV); (5) Geoquímica de Rocha Total; (6) Química Mineral de elementos maiores por Microsonda Eletrônica (EPMA); (7) Química Mineral de elementos menores e traços por LA-ICP-MS; (8) Análise Isotópica Sm-Nd em Rocha Total; (9) Análise e Integração dos Dados; e (10) Confecção da Dissertação.

2.1.LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E COMPILAÇÃO DE DADOS

Nesta etapa, foi efetuado o levantamento de trabalhos científicos e mapas geológicos que abrangem a porção sudoeste do Cráton Amazônico e a Província Estanífera de Rondônia, assim como a bibliografia referente à gênese e evolução de suítes graníticas e metalogenia do estanho. Ainda foram levantadas as características geológicas, petrográficas e litogeoquímicas das ocorrências de topázio granitos no Brasil e no mundo. Esta etapa foi contínua durante todo o desenvolvimento da pesquisa.

Nessa etapa também foi feita a integração das informações geológicas de trabalhos anteriores na área, como mapas, fotos, amostras coletadas, lâminas delgadas e análises litogeoquímicas, as quais puderam ser reaproveitadas e compiladas no presente trabalho.

2.2.ATIVIDADES DE CAMPO

Os trabalhos de campo tiveram por objetivo reconhecer as unidades litológicas da área, bem como as relações físicas entre elas, além da coleta de amostras a serem utilizadas na petrografia e nas análises químicas e minerais. Duas atividades de campo foram realizadas em anos precedentes ao ingresso no programa de mestrado, durante o desenvolvimento de atividades de iniciação científica e trabalho de conclusão de curso na mesma área. Durante esta etapa, foram reconhecidas as relações gerais (estruturas, texturas, contatos) das rochas intrusivas e visitas aos principais afloramentos da área.

2.3.PETROGRAFIA CONVENCIONAL

Para a análise petrográfica convencional, foram utilizadas, ao todo, 82 lâminas delgadas polidas. As descrições petrográficas foram realizadas por meio de microscópio binocular de luz

polarizada marca ZEISS modelo Axioskop 40 com objetivas de 2.5; 5; 10; 20; 50 e 100x, nos laboratórios de Microscopia do Departamento de Geologia do IGCE/UNESP, Campus de Rio Claro, e nortearam todas as etapas analíticas subsequentes. As fotomicrografias foram obtidas por uma máquina fotográfica CANON modelo EOS 5D MARK II, com zoom de 4x acoplada ao microscópio.

2.4.MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Foram preparadas doze lâminas delgadas polidas recobertas por película de carbono em equipamento da marca FEI, modelo Quanta 650FEG, equipado com detector EDS Quantax, da Bruker. As análises foram realizadas como o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura, alocado no Departamento de Geologia (DG) do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE, UNESP, Rio Claro). O laboratório conta com um microscópio JEOL modelo JSM-6010 LA, com sensores de elétrons secundários, retro espalhados e espectrômetro de raios X de dispersão por energia (EDS). As análises foram feitas em alto vácuo, com voltagem de aceleração em 20 kV, corrente de 100 nA e spot com 6 µm.

2.5.GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL

Foram feitas análises de química de rocha total por fluorescência de raios X e ICP-MS para a obtenção das concentrações de elementos maiores, traço e terras raras. As amostras selecionadas são representativas das unidades e não apresentam grandes indícios de alteração por processos hidrotermais e/ou intempéricos. As análises químicas em rocha total foram obtidas em espectrômetro de fluorescência de raios X, utilizando-se discos fundidos e pastilhas prensadas, confeccionados a partir do pó da rocha cominuída em britador e moinho. Os elementos analisados por fluorescência de raios X incluem SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O_{3(total)}, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, Ti₂O, P₂O₅, MnO e Cr₂O₃, enquanto o ICP-MS foram utilizado na determinação dos elementos traço. Com esta técnica analítica multielementar, entre 30-60 elementos podem ser determinados, com limites de quantificação da ordem de ng g⁻¹, com excelente precisão e exatidão. A etapa de preparação prévia das amostras (britagem e moagem) foi realizada no Laboratório de Preparação de Amostras Químicas do IGCE, UNESP, Rio Claro, enquanto a determinação das concentrações elementares foi efetuada no *Acme Analytical Labs Ltd* (Canadá) e SGS Geosol Laboratórios Ltda.

2.6. QUÍMICA MINERAL DE ELEMENTOS MAIORES E MENORES POR MICROSSONDA ELETRÔNICA

Essa etapa consistiu na análise química em minerais em lâminas de rocha, efetuadas a partir do método de espectroscopia por dispersão em comprimento de onda (WDS – *Wavelength-dispersive-spectroscopy*) em Microsonda Eletrônica da marca JEOL, modelo JXA-8230 *superprobe*, instalada no Laboratório de Microsonda Eletrônica do DG (UNESP, Rio Claro). As análises foram realizadas sob condições de aceleração de 15 kV, corrente de 20 nA, diâmetro do feixe de 10 µm, com padronização dos elementos feita em minerais e óxidos, dependendo do elemento a ser analisado. O tempo de contagem para os elementos maiores foi de 10 segundos no pico e 5 segundos em cada *background* e para os elementos menores foi de 20 segundos no pico e 10 segundos para cada *background*. Foram realizadas análises pontuais em cristais de plagioclásio, feldspato potássico e micas escolhidos por critérios petrográficos e abrangendo as fácies graníticas da área.

O recálculo catiônico do plagioclásio e feldspato potássico foi realizado em planilhas de Excel conforme o procedimento descrito em Deer et al. (1992). No caso das micas, foi utilizada uma planilha disponibilizada online pelo Prof. Andrew Tindle em sua página no site da Open University, Reino Unido, que pode ser acessada em: (<http://www.open.ac.uk/earth-research/tindle/AGTWebPages/AGTSoft.html>).

2.7. GEOCRONOLOGIA U-Pb EM ZIRCÃO (SHRIMP)

As análises geocronológicas utilizaram o sistema U-Pb em cristais de zircão de duas amostras de interesse, porém, apenas uma apresentou características favoráveis. A datação foi realizada via espectrometria de massa de íons secundários (SIMS) em Microsonda Iônica Sensitiva de Alta Precisão (SHRIMP) modelo IIe, no Laboratório de Geocronologia de Alta Resolução, do Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGEO), IGc-USP. A preparação das amostras foi realizada no Laboratório de Preparação de amostras do DG/IGCE – UNESP e no centro de pesquisas geocronológicas da Universidade de São Paulo (CPGeo - USP). As condições de operação são descritas por Sato et al. (2014).

A preparação das amostras, no laboratório do DG/IGCE – UNESP, envolveu a britagem das amostras (~ 2,5 kg de material) com marreta e triturador de mandíbulas, seguida da separação granulométrica com uso de peneira de mão e agitador de peneiras até a granulometria entre 100 e 250 mesh. Posteriormente, foi feita a concentração dos minerais pesados por bateamento e a separação magnética com intensidade do campo eletromagnético 0,5A a 1,5A

com inclinação frontal de 20° e lateral de 10° - com variações para 8°, 6°. Por fim, foi feita a concentração por bromoformio (densidade próxima a 2,89 g/cm³) para aumentar o grau de pureza no concentrado de cristais de zircão.

No CPGeo, os cristais de zircão foram separados e selecionados manualmente com auxílio de lupa binocular e montados em resina epoxi. Este mount foi lixado, polido e recoberto com uma fina camada de ouro (6.4 nm) antes de entrar na microsonda iônica para análise isotópica.

2.8. ANÁLISE ISOTÓPICA Sm-Nd EM ROCHA TOTAL

Foram selecionadas cinco amostras mais representativas de cada fácies granítica, que foram analisadas a partir do material pulverizado de rocha total para concentrações de isótopos de Sm e Nd. As análises isotópicas de Sm-Nd em rocha total foram realizadas no Centro de Pesquisas em Geocronologia e Geoquímica Isotópica (CPGeo) da USP, via espectrômetros de massa de termo-ionização (TIMS), marca/modelo Thermo Scientific TRITON, e de ionização por plasma (MC-ICPMS), marca/modelo Thermo Scientific Neptune Plus, conforme procedimentos descritos por Petronilho (2009) e Souza (2009). Cálculos de ϵ_{Nd} e idade TDM foram realizados a partir de planilhas fornecidas pelo próprio CPGeo-USP.

2.9. ANÁLISE E INTEGRAÇÃO DOS DADOS

Nessa etapa, foi feito o tratamento de todos os resultados obtidos durante a análise de cada uma das etapas prévias. Os resultados das análises geoquímicas expressos em porcentagens em peso, proporções moleculares, cátions e normas foram tratados com auxílio dos programas Microsoft Office Excel 365 e GCDkit 4.1 (JANOUSEK et al., 2006). Por fim, foi feita a integração final das informações obtidas nas demais etapas, com discussões e conclusões, expressas com auxílio de gráficos e ilustrações.

2.10. CONFECÇÃO DA MONOGRAFIA

Durante o decorrer de todas as etapas descritas acima, deu-se a redação da presente monografia. Para a redação dos textos foi utilizado o software Microsoft Word 365, para e para a confecção de tabelas e gráficos foi utilizado o software Microsoft Office Excel 365 e para a edição de figuras foram utilizados o software Corel Draw 2021.

Capítulo 3 – Contexto Geológico Regional

3.1.INTRODUÇÃO

O Cráton Amazônico (CA) representa uma das maiores áreas cratônicas do mundo, com 4,5 milhões de km² distribuídos entre Brasil, Bolívia, Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana e Guiana Francesa. O cráton é coberto pela Bacia Sedimentar do Amazonas, que o divide em dois núcleos cristalinos: escudos das Guianas (ao Norte) e Guaporé/Brasil Central (ao Sul). Sua extensão é limitada a leste pelo Sistema Orogênico Tocantins, a nordeste pela Província Margem Continental Equatorial e é encoberta nos demais limites pelos sedimentos fanerozóicos periandianos (HASUI, 2014)

Devido à dificuldade de acesso e à cobertura de floresta tropical, o Cráton Amazônico é uma das áreas de terrenos pré-cambrianos menos estudadas do mundo (CORDANI, 2017), o que torna os estudos geocronológicos e de geoquímica isotópica essenciais para o entendimento de sua evolução. No entanto, a ausência de mapas geológicos confiáveis resulta, por vezes, em levantamentos e interpretações equivocadas.

A porção leste do cráton (mais antiga) se desenvolveu a partir de colagens orogênicas de núcleos Arqueanos durante o Ciclo Transamazônico (2,2 – 2,0 Ga), seguidas por sucessivos eventos acrescionários mesoproterozoicos à oeste (localizações cardeais atuais). A divisão de províncias geocronológicas (ex. TASSINARI & MACAMBIRA, 1999, 2004; SANTOS, 2000, 2006) no cráton visa individualizar os diferentes eventos envolvidos na sua evolução, e os limites físicos entre essas províncias contemplam a concepção de “orógenos acrescionários” de Cordani & Teixeira (2007).

O modelo de Tassinari & Macambira (1999, 2004; Figura 3A), a ser adotado para embasar as discussões no presente trabalho, rearranjou as concepções mais antigas de compartimentação do CA (ex. AMARAL, 1974; CORDANI et al, 1979; HASUI et al., 1984; TEIXEIRA et al., 1989; TASSINARI et al., 1996) a partir de dados isotópicos de Rb-Sr, K-Ar, Sm-Nd e U-Pb em zircão associados à informações geológicas e geofísicas, e individualizaram seis províncias geocronológicas: (1) Maroni – Itacaiúnas (2.2 – 1.9 Ga); (2) Central da Amazônia (núcleo mais antigo > 2.5 Ga); (3) Ventuari – Tapajós (2.0 – 1.81 Ga); (4) Rio Negro – Juruena (1.78 – 1.55 Ga); (5) Rondoniana San – Ignácio (1.56 – 1.30 Ga) e (6) Sunsás ou Sunsas-Aguapeí (1.2 – 0.95 Ga). Outro modelo amplamente utilizado é o de Santos et al. (2000, 2006), no qual a compartimentação geocronológica, baseada em novas idades U-Pb em zircão

e idades modelo Sm-Nd, incluiu a província K'Mudku (1,2 Ga), além de novas subdivisões na Amazonia Central, redefinições dos limites físicos e nomenclaturas definidas por Tassinari & Macambira (1999). Um dos maiores problemas na individualização de províncias é a falta de dados geológicos significativos capazes de definir suas características e limites (SCANDOLARA, 2017).

3.2.SUDOESTE DO CRÁTON AMAZÔNICO

A porção sudoeste do Cráton Amazônico é exposta no leste da Bolívia e nos estados de Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, no Brasil. Sua história geológica reúne uma sucessão de eventos orogênicos (1,81 – 0,95 Ga) com magmatismo anorogênico generalizado. Segundo o modelo de Tassinari & Macambira (1999), essa região engloba as províncias geocronológicas Ventuari – Tapajós (2.0 – 1.81 Ga), Rio Negro – Juruena (1.78 – 1.55 Ga), Rondoniana San – Ignácio (1.56 – 1.30 Ga) e Sunsas-Aguapeí (1.2 – 0.95 Ga). Muitos aspectos evolutivos das províncias ainda são incertos, porém, comumente é aceita a ideia de que representem sistemas de arcos magmáticos desenvolvidos sobre o embasamento do terreno previamente incorporado ao cráton (TASSINARI & MACAMBIRA, 1999; GERALDES et al., 2001; SCANDOLARA, 2006; SCANDOLARA et al., 2013; SCANDOLARA et al., 2017). Com isso, são comuns regiões com retrabalhamento das feições originais, registrados pela superposição dos aspectos metamórficos e estruturais devido à ação de eventos posteriores.

3.2.1. Província Rio Negro-Juruena (RNJ)

A província Rio Negro-Juruena se desenvolveu em um cinturão de acreção (TASSINARI, 1996), com uma colisão final de arco – continente no intervalo de 1,67–1,63 Ga, e sucessivo magmatismo pós-colisional do tipo-A de 1,60–1,53 Ga (SCANDOLARA, 2006). No geral, as rochas da província RNJ são mais antigas à nordeste e mais jovens à sudoeste, o que reflete sua história acrecionária/colisional nessa direção.

As unidades litoestratigráficas relacionadas com a província Rio Negro-Juruena são: Complexo Jamari (1,76-1,73 Ga), composto principalmente por gnaisses tonalíticos e granodioritos, sequências metavulcanossedimentares da formação Mutum-Paraná (ca. 1,73 Ga), sequência metassedimentar Quatro Cachoeiras (1,67-1,57 Ga) e granitos rapakivi, charnoquitos, gabros e respectivos ortognaisses da Suíte Intrusiva Serra da Providência (1,57-1,53 Ga) (SCANDOLARA, 2006; QUADROS & RIZZOTTO, 2007).

Scandolara et al. (2017) propõe um modelo tectônico para o extremo SW da província RNJ que destaca o desenvolvimento do orógeno Juruena, durante o ciclo orogênico Rio Negro-Juruena, a partir de processos de *soft-collision*/acresção registrados nos terrenos Juruena (domínio Roosevelt e Aripuanã) e Jamari. Rizzotto et al. (2019) afirmam que parte desses terrenos se desenvolveram em ambiente intracontinental, com rochas de afinidade geoquímica do tipo-A formadas entre 1,82-1,76 Ga. Segundo Bettencourt et al. (2010a) e Teixeira et al. (2020), a área correspondente ao Terreno Jamari passou por retrabalhamento e magmatismo generalizado, o que indica que sua evolução tectônica é, de fato, associada a Província Rondoniana-San Ignacio (Figura 3B).

O limite ao sul entre a Província Rio Negro-Juruena e a Província Rondoniana-San Ignacio abrange vários cinturões metamórficos, alguns com ápice metamórfico em fácies granulito, além de diversas zonas de cisalhamento e intrusões plutônicas (ex. BETTENCOURT et al., 1999; PAYOLLA et al., 2002; TOHVER et al., 2004, 2005). Essas feições evidenciam um limite de natureza colisional, no qual a província RNJ serviu de arcabouço cratônico para o desenvolvimento da província Rondoniana-San Ignacio (CORDANI & TEIXEIRA, 2007).

3.2.2. Província Rondoniana-San Ignacio (RSI)

A província Rondoniana-San Ignacio perfaz grande parte da Província Estanífera de Rondônia. Sua origem é associada à colisão oblíqua entre o bloco Paraguá e o proto-Cráton Amazônico, com o desenvolvimento do orógeno Rondoniano-San Ignacio (1,56-1,30 Ga; BETTENCOURT et al., 2010a). Em Rondônia, devido à superposição de deformação e metamorfismo causados pela orogenia Sunsás (1,25-1,0 Ga), os registros dessa colisão são essencialmente encontrados no cinturão Alto Guaporé e no terreno Paraguá.

Segundo Bettencourt et al. (2010a), a província RSI representa um terreno, que compreende um orógeno acrescionário complexo (1,56-1,43 Ga) e um orógeno final colisional (1,34-1,32 Ga). As principais unidades tectônicas regionais da província incluem os terrenos Paraguá, Jauru e Rio Alegre e a faixa Alto Guaporé (Figura 3). Rizzotto et al. (2013, 2014), com base em dados geoquímicos e isotópicos (idades U-Pb e assinaturas Nd-Sr), associados à estudos aeromagnéticos, determinaram a fase acrescionária (1,47-1,44 Ga), caracterizada por ofiolitos e plagiogranitos, e a fase colisional (1,35-1,34 Ga) da faixa Alto Guaporé.

Dentro dos limites da Província Estanífera de Rondônia, as unidades litoestratigráficas relacionadas com a província Rondoniana-San Ignacio são representadas por gnaisses graníticos e granulitos charnoquíticos da Suíte Intrusiva Rio Crespo (ca. 1,50 Ga)

(BETTENCOURT et al., 2006) e granitos do tipo-A não deformados e rochas associadas das suítes intrusivas Teotônio (1,38-1,37 Ga), Santo Antônio (ca. 1,37 Ga), Alto Candeias (1,34-1,33 Ga) e São Lourenço-Caripunas (1,31-1,30 Ga) (BETTENCOURT et al., 1999; BETTENCOURT et al., 2010b). As três primeiras suítes magmáticas remetem à um ambiente intraplaca na crosta Rio Negro-Juruena, no início do desenvolvimento da província Rondoniana-San Ignacio, enquanto as duas últimas (Alto Candeias e São Lourenço-Caripunas) se formaram em condições tardi- e pós-colisionais, respectivamente (BETTENCOURT et al., 2010a). O magmatismo do tipo-A2 associados aos estágios pós orogênicos da província RSI são registrados apenas nos terrenos Jamari e Juruena (Domínio Roosevelt).

3.2.3. Província Sunsás-Aguapeí (SA)

A província Sunsás-Aguapeí (1,2–0,95 Ga) ocorre no extremo sudoeste do Cráton Amazônico e é constituída por rochas metamorfizadas em baixo a médio grau e granitoides plutônicos associados (LITHERLAND et al., 1986, 1989; TASSINARI et al., 2000).

Teixeira et al. (2010) propõe que o desenvolvimento da província Sunsás-Aguapeí ocorreu em dois grandes eventos independentes separados por 100-80 milhões de anos: (1) Sobreposição de estruturas originais do embasamento associadas às províncias Rio Negro-Juruena e Rondoniana-San Ignacio, destacada pela zona de cisalhamento Ji-Paraná, cuja reativação permitiu a colocação da Suíte Intrusiva Santa Clara (1082–1074 Ma) e indica o início da cratonização da área; (2) Desenvolvimento do orógeno Sunsás e da faixa Nova Brasilândia que, apesar de coevos, representam estruturas distintas, como indica o grau metamórfico e volume de rochas félsicas diferente.

De acordo com trabalhos de Litherland et al. (1986) e Sadowski & Bettencourt (1996), a faixa Sunsás corresponde à um ambiente extensional, representado por magmatismo basáltico e pelas sequências sedimentares de margem passiva Vibosi e Sunsás, na Bolívia, e pelo Grupo Aguapeí, no Brasil. Posteriormente, o sistema foi deformado durante o evento colisional associado ao desenvolvimento da orogenia Sunsás, cronocorrelato ao ciclo orogênico Greenville na Laurentia e Baltica (BETTENCOURT et al., 1999; CORDANI et al., 2009; TEIXEIRA et al., 2010). Essa sequência foi intrudida por granitoides sin- a tardi-tectônicos e, posteriormente, por intrusões pós-tetônicas à anorogênicas (SADOWSKI & BETTENCOURT, 1996; BETTENCOURT et al., 1996; BETTENCOURT et al., 1999).

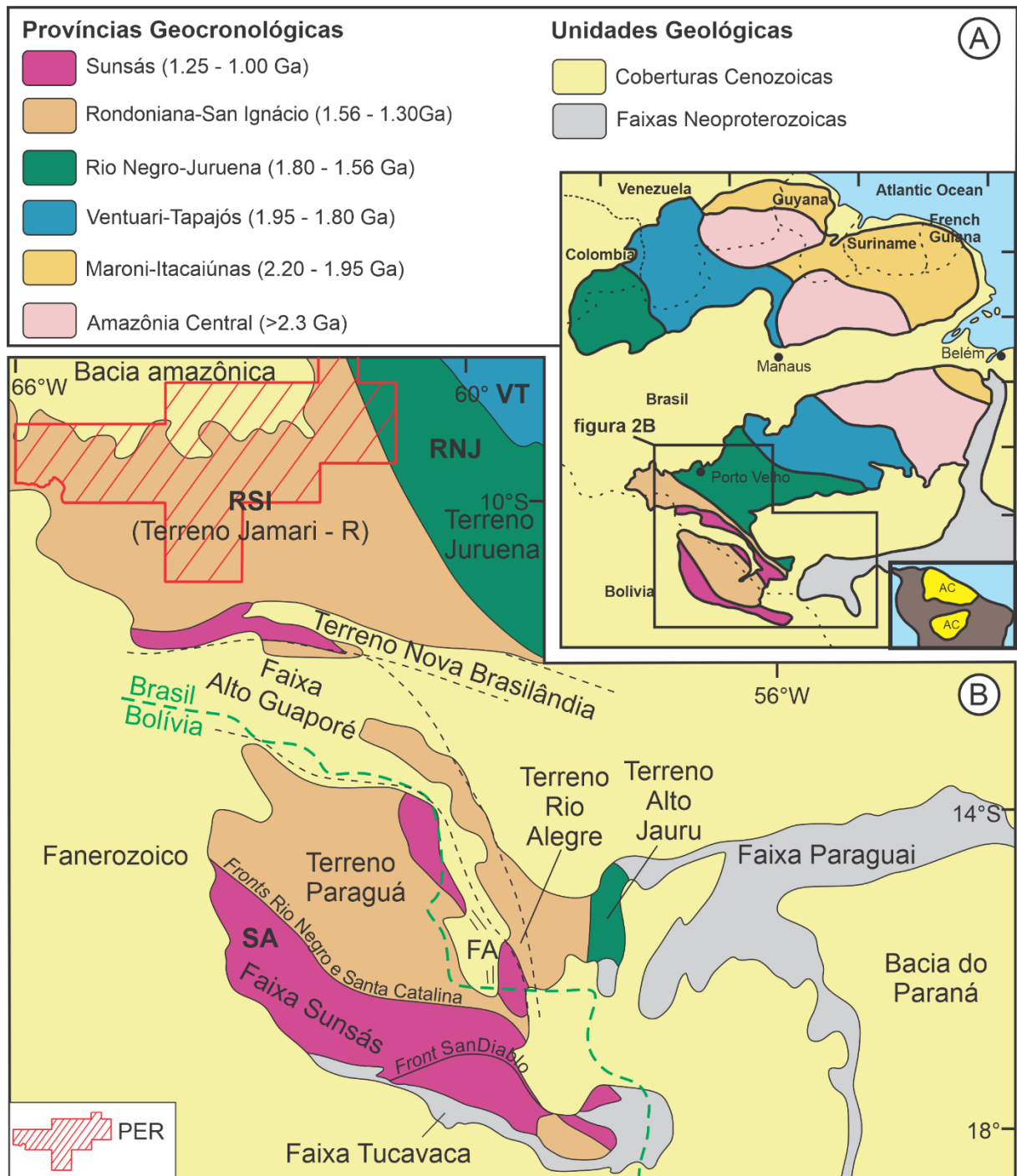


Figura 3. A) Distribuição das províncias Geocronológicas do Cráton Amazônico de acordo com os modelos de Tassinari & Macambira (1999). B) Mapa geotectônico simplificado da porção SW do Cráton Amazônico com demarcação aproximada dos limites das províncias geocronológicas, terrenos e faixas móveis. Abreviações: VT – Ventuari-Tapajós; RNJ – Rio Negro-Juruena; RSI – Rondoniana-San Ignácio; SA – Sunsás-Aguapeí; FA – Faixa Aguapeí; R – Retrabalhado (extraído e modificado de Teixeira et al., 2020).

3.3. PROVÍNCIA ESTANÍFERA DE RONDÔNIA

A Província Estanífera de Rondônia (PER) está localizada na porção sudoeste do Cráton Amazônico, e abrange parte da porção setentrional do estado de Rondônia e o extremo noroeste do estado do Mato Grosso (Figura 3B). A PER compreende uma área de 87.000 km², com

produção média anual de 4.000 t de estanho contido ao ano (ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2016), associada a diversos depósitos primários e secundários de cassiterita, com destaque para a mina Bom Futuro (Figura 4).

A PER situa-se em uma área que compreende parte de duas províncias geotectônicas, conforme o modelo de Tassinari & Macambira (1999, 2004): Província Rio Negro-Juruena (1,8-1,55 Ga) e Província Rondoniana-San Ignácio (1,5-1,3 Ga); porém, reúne também rochas associadas a evolução geológica da Província Sunsás-Aguapeí (1,25-1,0 Ga) (Figura 3). Segundo a concepção de Santos et al. (2000, 2008), a Província Estanífera de Rondônia está inserida nos domínios das províncias Rondônia-Juruena (1,82-1,54 Ga) e Sunsás (1,45-1,0 Ga).

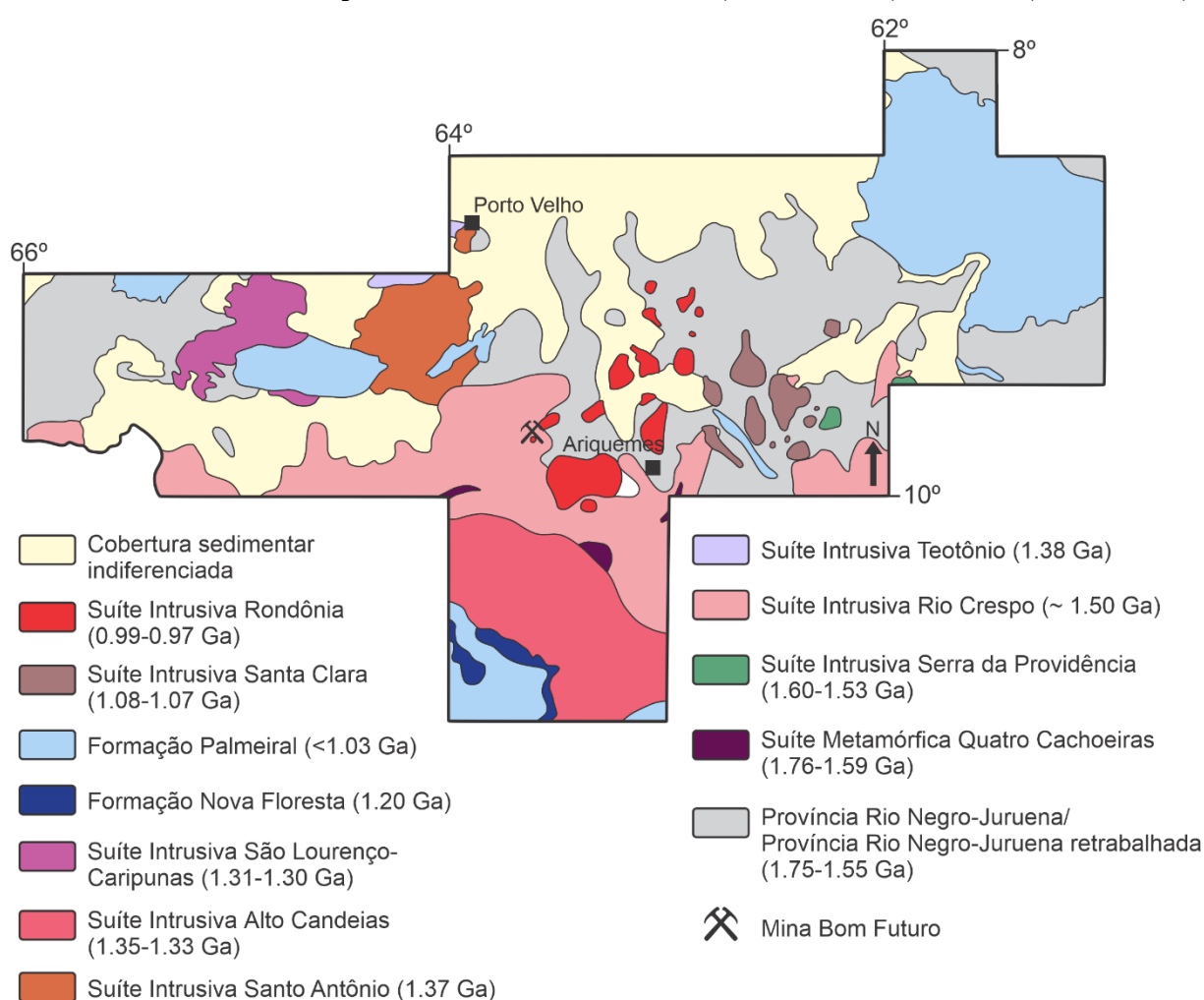


Figura 4. Mapa geológico simplificado da PER com a localização da mina Bom Futuro (Modificado de Bettencourt et al., 1999, 2010; Quadros & Rizzoto, 2007).

As idades das rochas que compõe a PER variam de 1,76 a 0,97 Ga e estão inseridas no contexto dos terrenos Jamari e Juruena (Domínio Roosevelt) (SCANDOLARA et al., 2017), que hospeda os diferentes complexos graníticos anorogênicos de filiação rapakivi e estão

frequentemente associados a mineralizações de Sn, W, Nb, Ta, F, ETR, topázio e berilo (SOUZA, 2003).

3.3.1. Terreno Jamari

Segundo Scandolara (2006), Okida (2001), Bettencourt et al. (2010a) e Leite Júnior et al. (2014), o Terreno Jamari (Figura 3) registra três grandes eventos tectono-metamórficos, diretamente relacionados aos diferentes episódios de magmatismos granítico do tipo-A, entre 1606 e 974 Ma, na porção centro-norte do estado de Rondônia.

O primeiro desses eventos é a formação da Orogenia Jauru (SANTOS, 2003) ou Madeirinha (SCANDOLARA et al., 2011, 2013) ou Ouro Preto (CASTRO, 2016), com desenvolvimento associado à província Rio Negro-Juruena, entre 1,78-1,63 Ga (SCANDOLARA et al., 2011). Essa orogenia é responsável pelo desenvolvimento do embasamento metamórfico da PER, representadas essencialmente pelas rochas do Complexo Jamari, e pelo magmatismo granítico do tipo-A, manifestado nas Suíte Intrusiva Serra da Providência (CASTRO, 2016; SCANDOLARA et al., 2013, 2017) e Suíte Rio Crespo (BETTENCOURT et al., 2010a; SCANDOLARA et al., 2017).

O segundo evento é associado à orogenia Rondoniana-San Ignacio (1,42-1,32 Ga, SCANDOLARA, 2006), com intensa e extensa, em área, sobreposição das condições metamórficas do primeiro evento. É caracterizado por metamorfismo de fácies anfibolito de alta temperatura, com geração de anatexia. Os estágios tardi- e pós-colisionais da orogenia são destacados pelas suítes intrusivas Santo Antônio (1406 Ma), Teotônio (1387 Ma), Alto Candeias (1346-1338 Ma); Ga) e São Lourenço-Caripunas (1314-1309 Ma) (BETTENCOURT et al., 1999; SCANDOLARA et al., 2017);

O terceiro evento é relacionado à Orogenia Sunsás (SCANDOLARA, 2006), caracterizado por reativação tectônica, deformação, sobreposição de metamorfismo e magmatismo. Esse evento, desenvolvido mais ao sudoeste das coordenadas atuais, gerou zonas de cisalhamento (Ji-Paraná e Tarilândia, 1,2-1,12 Ga), resultantes da reativação de estruturas préteritas em um sistema transtenssivo, além de magmatismo máfico, formação de bacias sedimentares proterozoicas e intrusões pós-tectônicas das suítes intrusivas Santa Clara e Granitos Últimos de Rondônia (BETTENCOURT et al., 1999, 2010; TEIXEIRA et al., 2010; TOHVER et al., 2004; SCANDOLARA, 2006; SCANDOLARA et al., 2017).

3.3.2. Embasamento metamórfico

O embasamento da PER é de idade paleoproterozoica, representado pelas rochas metamórficas do Complexo Jamari, definido por Isotta et al. (1978). Rizzotto & Quadros (2004) e Quadros & Rizzotto (2007) restringiram o termo Complexo Jamari (1,76-1,73 Ga) ao conjunto de rochas ortoderivadas, representadas por ortogneiss tonalítico e quartzo-diorítico com subordinadas intercalações de gnaiss calcissilicático e raro anfibolito (SCANDOLARA, 2006). Segundo esses autores, o conjunto de rochas paraderivadas, representadas por biotita-sillimanita-granada gnaiss, sillimanita-biotita xisto e quartzito pertencem à Suite Metamórfica Quatro Cachoeiras (1,67-1,59 Ga).

O desenvolvimento inicial do Complexo Jamari é associado à um arco magmático continental durante o desenvolvimento do Orógeno Madeirinha (1,78-1,63 Ga; SCANDOLARA, 2006; SCANDOLARA et al., 2011), porém, as rochas dessa unidade foram afetadas pelos eventos tectono-metamórficos subsequentes, com história polimetamórfica (retrabalhamento). Sendo assim, o Complexo Jamari apresenta vestígios dos três grandes eventos regionais que afetaram o Terreno Jamari do paleo- ao neoproterozoico e hospedam a maioria das rochas graníticas de filiação rapakivi da região, intrudidas entre 1,60 e 0,97 Ga.

3.3.3. Suítes Graníticas Mesoproterozoicas

Granitos anorogênicos proterozoicos da PER foram reconhecidos por Kloosterman (1966, 1968) e posteriormente caracterizados como granitos rapakivi. Kloosterman (1966) descreveu uma série de corpos graníticos intrusivos com mineralização de cassiteritas associada, denominados como Granitos Últimos de Rondônia, em referência à província dos *Younger Granites* da Nigéria.

A partir de dados isotópicos (Rb-Sr e U-Pb em zircão), petrográficos e geoquímicos (elementos maiores e traços em rocha total), Bettencourt et al. (1999) propõem que os granitos rapakivi da Província Estanífera de Rondônia constituem sete suítes intrusivas distintas: (1) Suíte Intrusiva Serra da Providencia (1,606 a 1,532 Ga); (2) Suíte Intrusiva Santo Antônio (1,406 Ga); (3) Suíte Intrusiva Teotônio (1,387 Ga); (4) Suíte Intrusiva Alto Candeias (1,346 a 1,338 Ga); (5) Suíte Intrusiva São Lourenço – Caripunas (1,314 a 1,309 Ga); (6) Suíte Intrusiva Santa Clara (1,082 a 1,074 Ga) e; (7) Suíte Intrusiva Granitos Últimos de Rondônia (0,998 a 0,974 Ga) (Figura 4 e 4). Destas, apenas as três suítes mais jovens (<1,314 Ga) apresentam, indubitavelmente, mineralizações primárias de estanho de mesma idade (ver características gerais na Tabela 2). Apesar disso, trabalhos recentes indicam mineralizações hospedadas em suítes graníticas mais antigas, como Alto Candeias (SANTOS JUNIOR, 2015) e Serra da

Providência (CASTRO, 2019), mas sem relação temporal comprovada com a rocha encaixante. Isotta et al. (1978) cunhou o termo Suíte Intrusiva Rondônia para as suítes graníticas mesoproterozoicas da província, porém, muito autores utilizam o termo, atualmente, para designar a Suíte Intrusiva Granitos Últimos de Rondônia definida por Bettencourt et al. (1999). Desta forma, essa unidade será abordada como Suíte Intrusiva Rondônia no presente trabalho.

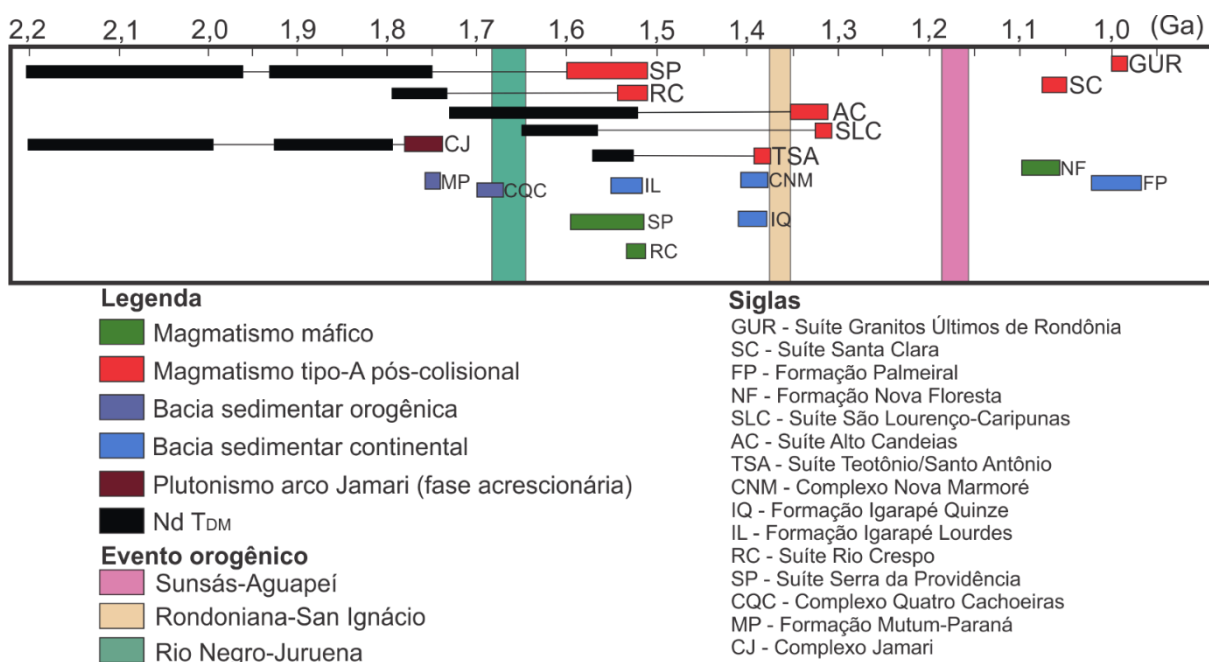


Figura 5. Gráfico tectônico-estratigráfico em função do tempo com os principais eventos orogênicos, ígneos e deposicionais, e idades modelo TDM (Nd) para o terreno Jamari (centro-norte e leste do estado de Rondônia). Extraído e modificado de Scandolara et al. (2017).

A Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas relaciona-se com uma granitogênese tardi a pós-colisional do tipo A (orogenia Rondoniana) com contribuição de magmas juvenis e derivados da crosta continental (BETTENCOURT et al., 2016). A suíte apresenta rochas de natureza subalcalina, metaluminosa a levemente peraluminosa, cálcio-alcalinas a álcali-cálcicas (LEITE JUNIOR et al., 2014; FARIAS, 2017).

A Suíte Intrusiva Santa Clara é relacionada à fase colisional do orógeno Sunsás (TEIXEIRA et al., 2010), constituída por intrusões precoces metaluminosas e por subsuítes tardias, pouco expressivas em área, de natureza peralcalina e peraluminosa (BETTENCOURT et al., 1999; LEITE JUNIOR et al., 2000; LEITE JÚNIOR, 2002).

Tabela 2. Datações U-Pb, aspectos petrográficos e litogeoquímicos, principais maciços, estilo de mineralização e principais depósitos associados às suíte intrusivas São Lourenço-Caripunas, Santa Clara e Rondônia. Modificado de Bettencourt et al., (1999) e Leite Junior (2002). Dados geocronológicos: 1 - Bettencourt et al. (1999); 2 - Leite Junior (2002); 3 – Sparrenguer (2003); 4 – Souza et al. (2007); 5 – Debowski et al. (2019).

Suíte Intrusiva	Idade U-Pb (Ma)	Petrografia	Geoquímica	Principais maciços	Mineralização	Principais depósitos
São Lourenço-Caripunas	1314 ± 13 (1) 1309 ± 24 (1)	Faialita-anfibólio álcali-feldspato granito, anfibólio-biotita sienogranito, álcali-feldspato granito e quartzo sienito, feldspato-quartzo pórfiro e riólito.	Subalcalina; SiO ₂ (67–76 wt%); Na ₂ O + K ₂ O (7.9–9.8wt%); FeOt/FeOt+MgO (0.88–0.99); A/CNK (0.88–1.05); K/Rb (39–213); LaN/YbN (2.18–15.61); Eu/Eu* (0.11–0.60)	Maciços São Lourenço-Caripunas, Abunã e São Simão	Veios de quartzo e greisen Sn, Nb-Ta, W, Cu, Pb, Pb, Zn e F	São Lourenço e Macisa
Santa Clara Maciço Santa Clara	1082 ± 5 (2) 1074 ± 8 (2)	Biotita álcali-feldspato granito, leucogranito, Li-mica álcali-feldspato granito, e riólito pórfiro (ongonito)	Metaluminosa; Peralcalina; e Peraluminosa : SiO ₂ (75–79 %); Na ₂ O + K ₂ O (7.83–8.91 %); FeOt/FeOt+MgO (0.89–0.99); A/CNK (0.96–1.09); K/Rb (36–131); LaN/YbN (0.13–14.21); Eu/Eu* (0.04–0.39)	Maciços Santa Clara, Oriente Velho, Oriente Novo e Manteiga	Veios de quartzo e greisen Sn, W	Oriente Novo, Rio Branco, Primavera, Manteiga, Rio Preto e Potosi (?)
Rondônia Dique de traquito (Bom Futuro) Maciço Massangana Maciço Pedra Branca Maciço São Carlos Maciço Santa Bárbara	1.001 ± 5 (4) 1026 a 993 (5) 991 ± 14 (1) 998 ± 5 (1) 974 ± 6 (1) 996 a 974 ± 10 (5) 993 ± 5 (3)	Biotita álcali-feldspato granito, Li-mica (± topázio) álcali-feldspato granito, e topázio riólito pórfiro	Metaluminosa; Peralcalina; e Peraluminosa : SiO ₂ (71–76 %); Na ₂ O + K ₂ O (7.89–10.27 %); FeOt/FeOt+MgO (0.69–0.96); A/CNK (1.04–1.35); K/Rb (32–77); LaN/YbN (0.73–2.22); Eu/Eu* (0.17–0.46)	Maciços Ariquemes, Massangana, São Carlos, Caritianas, Pedra Branca, Santa Bárbara e Jacundá	Pegmatito, veios/vênulas de quartzo e greisen Sn, W, Nb-Ta, Cu, Pb, Zn, F e Be	Bom Futuro, Cachoeirinha e Santa Bárbara

A Suíte Rondônia é associada ao estágio pós-colisional do tipo-A da Orogenia Sunsás (TEIXEIRA et al., 2010) com contribuições de magmas provenientes da base da crosta e de origem mantélica (BETTENCOURT et al., 2016). Essa suíte também apresenta caráter predominantemente metaluminoso com subsuítas tardias peralcalinas e peraluminosas.

Segundo Veneziani et al. (2001) e Okida (2001), as Suítes Santa Clara e Rondônia, principais portadoras de mineralizações de Sn da PER, se alojaram no Terreno Jamari a partir de estruturas de alívio dos tipos *releasing bends*, em níveis dúcteis, e *rhombo-chasms*, em níveis rúpteis, resultantes da alternância de movimentos transpressivos e transtensivos regionais ao longo das principais linhas de fraqueza crustais.

3.3.4. Formação Nova Floresta

A formação Nova Floresta é composta por uma associação de soleiras de rochas máficas constituídas por basaltos, diabásios, gabros, olivina gabros e gabros anortosíticos de composição toleítica (ROMANINI, 2000). Leal et al. (1978) obtiveram idades K-Ar para basaltos entre 967 ± 17 a 1098 ± 17 Ma. Tohver et al. (2002) datou os basaltos da borda norte da Serra Pacaás Novos, e obtiveram idades Ar-Ar de 1067 ± 3 Ma e idades modelo Sm-Nd_(TDM) de 1567 Ma. Os gabros da mesma localidade, interpretados como os correspondentes plutônicos da unidade, apresentaram idades Ar-Ar de 1198 ± 3 e 1201 ± 2 Ma. Correspondem às manifestações magmáticas da Bacia de Rondônia.

3.3.5. Formação Palmeiral

A Formação Palmeiral é a unidade sedimentar de preenchimento da Bacia de Rondônia, que compreende rochas de idade meso-neoproterozoica sedimentadas em ambiente intracratônico (BAHIA, 1997; ADAMY, 2010). Lobato et al. (1966) foi quem primeiro descreveu sua constituição, ao identificar ortoconglomerados, quartzo-arenitos e arenitos arcoseanos. Santos et al. (2002), a partir de estudo de populações de zircões detríticos dos arenitos pelo método U-Pb (SHRIMP), obtiveram a idade máxima da sedimentação de 1030 Ma para a unidade. Bahia (1997) sugere que as rochas foram depositadas em ambiente dominado por sistema fluvial entrelaçado ou leque fluvial.]

3.3.6. Cobertura sedimentar Cenozoica

As coberturas cenozoicas de Rondônia compreendem depósitos quaternários continentais que ocorrem principalmente ao longo do sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira e ao longo do Vale do Guaporé, sendo a deposição e a formação dessas coberturas controladas por diversos fatores, com destaque para os tectônicos, litológicos e paleoclimáticos

(ADAMY, 2010). Os fatores tectônicos estão relacionados aos movimentos reflexos da Orogenia Andina (COSTA et al., 1996).

Segundo Adamy (2010), as unidades representativas das coberturas sedimentares cenozoicas compreendem as formações Solimões e Guaporé, Coberturas Detritolateríticas (perfil de intemperismo), Terraços Fluviais, as formações Rio Madeira e Jaciparaná, Coberturas Sedimentares Indiferenciadas, Depósitos Lacustres, Depósitos Argilosos e Depósitos Aluvionares. Essas unidades contêm importantes depósitos secundários de cassiterita do tipo *placer*, que são essenciais para a mineração de estanho em Rondônia.

Capítulo 4 - GEOLOGIA DA MINA BOM FUTURO

4.1. APRESENTAÇÃO

A mina Bom Futuro abrange dois morros contíguos denominados Palanqueta (ao norte) e Bom Futuro (ao sul), além áreas aplainadas adjacentes. Os trabalhos geológicos da década de 90 (SILVA et al., 1995, 1997; VILLANOVA & FRANKE, 1995; BETTENCOURT et al., 1995) identificaram, no morro Bom Futuro, gnaisses, anfibolitos, granitos pórfiros, riólitos, dois centros vulcânicos brechados, além de veios e vênulas mineralizados em estanho, enquanto, no morro Palanqueta, foram descritos albita granitos e corpos de greisen com cassiterita e sulfetos de metais base. As áreas aplainadas que margeiam os dois morros incluem paleovales que hospedam importantes depósitos de cassiterita do tipo *placer*.

Segundo Souza (2003), os morros Palanqueta e Bom Futuro constituem, respectivamente, um sistema plutônico e vulcânico, enquanto Dias (2012) caracteriza um único sistema desenvolvido em ambiente hipoabissal/subvulcânico. Segundo Dias (2012), a presença de diques de microssienitos, pórfiros sieníticos, pórfiros graníticos e *pipes* brechados do morro Bom Futuro associados espacialmente e temporalmente ao stock granítico multifásico do morro Palanqueta (ex. LEITE JUNIOR et al., 2005; FOSTER, 2016) refletem um ambiente subvulcânico.

Segundo Souza (2003), as rochas do embasamento da mina Bom Futuro compõem o Complexo Jamari, porém, Bettencourt et al (2010) colocam a Suíte Intrusiva Rio Crespo, com intercalações lenticulares de Suíte Metamórfica Nova Mamoré, como embasamento da região (ver Figura 4). As manifestações magmáticas e hidrotermais subsequentes integram a Suíte Intrusiva Rondônia.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE CAMPO

4.2.1. Gnaisses, anfibolitos e xistos

Souza (2003) individualizou no embasamento da mina Bom Futuro uma associação intercalada de ortognaisse, paragnaisse, ortoanfibolito, para-anfibolito e, localmente, xisto, que ocorrem sob a forma de lentes centimétricas a decamétricas com orientação NNW-SSE e mergulho de 50° para ENE.

Os gnaisses (Figura 6A e B) são dominantes em área, com predomínio do tipo ortoderivado, e apresentam bandamento composicional com intercalação irregular entre bandas leucocráticas de material quartzo-feldspático de granulação média a grossa e bandas melanocráticas, ricas em biotita e de granulação fina. A foliação S_n é transposta em zonas de cisalhamento, de milonítica a ultramilonítica (Figura 6C).

De acordo com Souza (2003), os anfibolitos (Figura 6D) ocorrem com lentes centimétricas a decamétricas, com coloração verde escura à preta, composto essencialmente por hornblenda e plagioclásio. O ortoanfíbrito apresenta textura granoblástica e nematoblástica, composto essencialmente por hornblenda, andesina e por vezes de biotita. As variações de para-anfíbritos tem agregados de cristais de almandina em matriz rica em hornblenda e biotita.

Segundo Souza (2003), os ortoanfíbritos apresentam características químicas de basalto toleítico intraplaca, enquanto os para-anfíbritos podem representar camadas pelito-carbonosas associadas aos protólitos sedimentares dos paragneisses.

4.2.2. Sistema Magmático-Hidrotermal Bom Futuro

O sistema Bom Futuro abrange as rochas aflorantes no morro Bom Futuro (Figura 7), o qual concentra as principais frentes de lavra de minério primário da mina. O morro Bom Futuro é constituído por diques de rochas intrusivas intermediárias e ácidas, encaixados em gnaisses e anfibolitos do embasamento e brechas subvulcânicas, com múltiplas fases de veios de quartzo e pegmatito, vênulas tardias de quartzo+calcita+fluorita+sulfetos e de caulinita.

4.2.2.1. Rochas subvulcânicas intermediárias

As rochas intermediárias do morro Bom Futuro ocorrem como diques métricos a decamétricos, subverticais, com direção NE-SW. Leite Júnior et al. (2002a) identificaram diques de rochas de composição intermediária compostos por pelo menos dois tipos petrográficos: biotita melassienito pórfiro (Figura 8A) e biotita-hornblenda melamicrossienito (Figura 8B). Souza (2003) também reconheceu diques de traquito no morro Bom Futuro e Souza et al. (2007) obtiveram uma idade U-PB em zircão de $1001 \pm 5,2$ Ma para essas rochas, consideradas uma fase no mínimo contemporânea aos pórfiros graníticos.

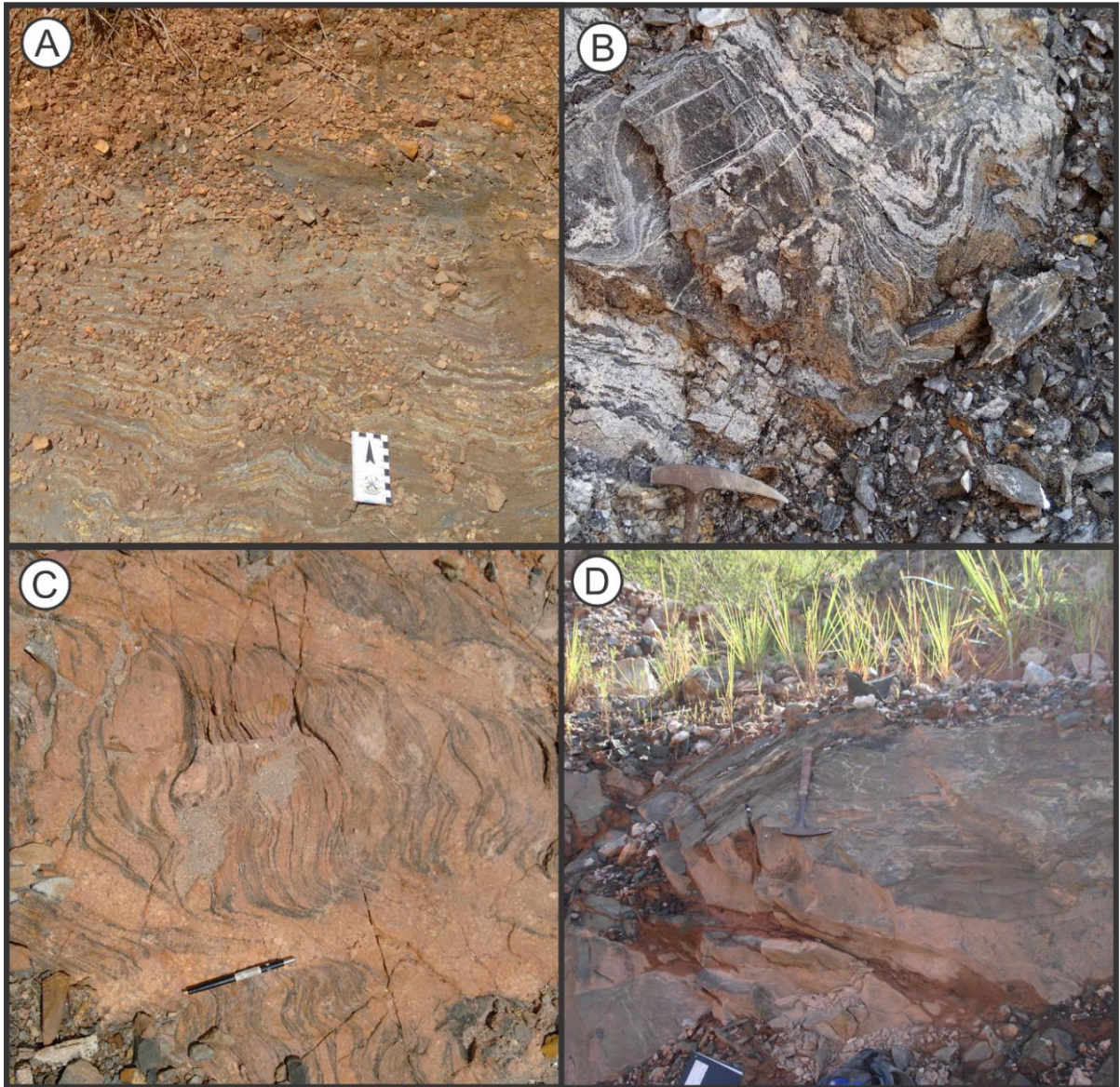


Figura 6. Aspectos gerais das rochas do Complexo Jamari na área de estudo. A) e B) Paragneisse acinzentado; C) Ortogneisse róseo com aparente transposição de foliação; D) Anfibolito verde escuro a preto.

Dias (2012), a partir do reconhecimento de mais quatro diques de sienitos pórfiros e suas relações de campo, identificou que as intrusões intermediárias precedem as brechas subvulcânicas, o que corrobora com os variados fragmentos dessas rochas compondo as brechas. Sendo assim, as rochas intermediárias representam a primeira fase magmática no morro Bom Futuro.

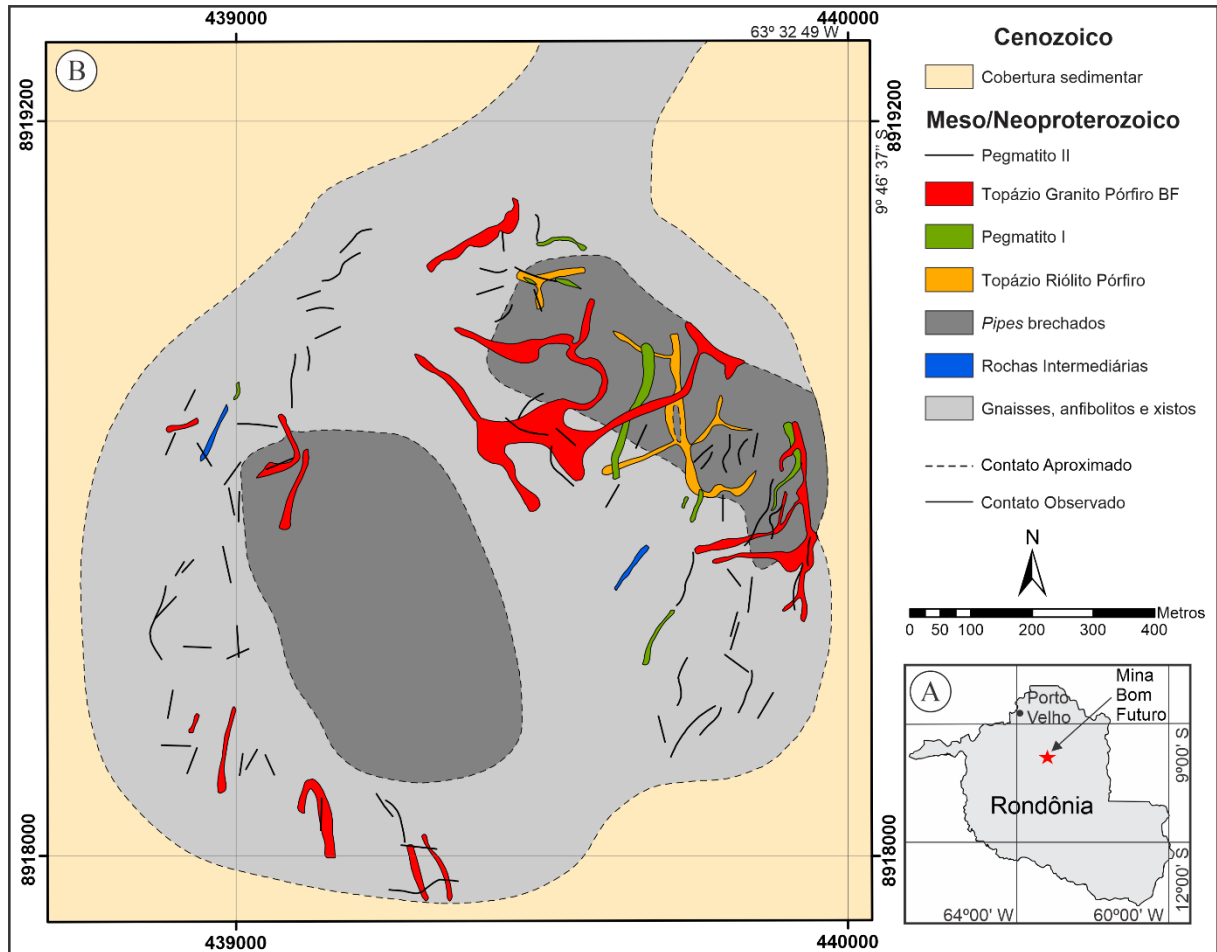


Figura 7. Mapa geológico simplificado do morro Bom Futuro. Adaptado de Leite Junior et al. (2003).

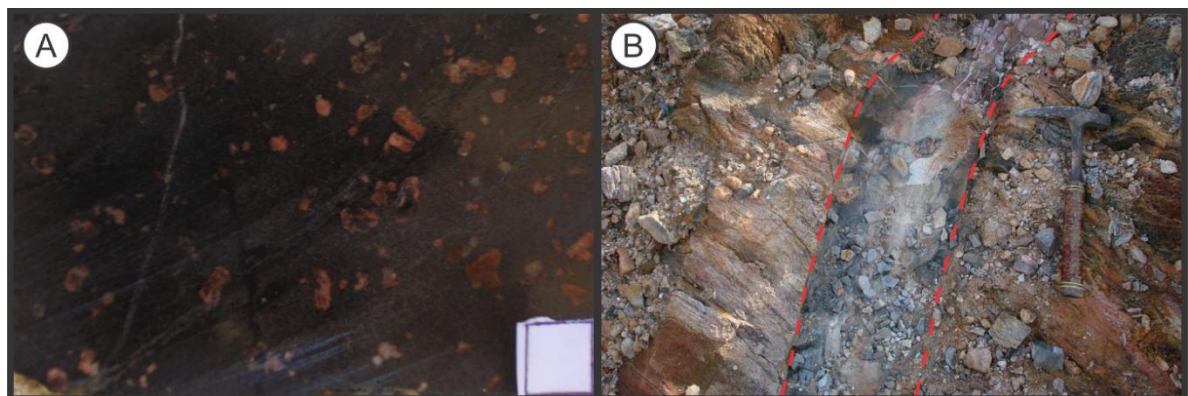


Figura 8. A) Sienito pórfiro; B) Dique de composição intermediária intrudido em gnaisse do embasamento.

4.2.2.2. Brechas subvulcânicas

A brecha subvulcânica é a litologia que mais aflora no morro Bom Futuro. Villanova & Franke (1995) identificaram dois centros vulcânicos brechados no morro, constituídos por fragmentos angulares e subangulares de anfibolitos, gnaisses, granitos e rochas vulcânicas, variando de poucos centímetros a poucos metros de dimensão (Figura 9A e B). Segundo Souza (2003), os centros brechados apresentam formato aproximadamente cilíndrico e cônico (forma

de *pipe*) com 70 a 80% do volume constituído por fragmentos e o restante por matriz composta por agregados microcristalinos de quartzo, feldspato potássico e plagioclásio.

Dias (2012) reitera o caráter polimítico das brechas e sua classificação como do tipo clasto-sustentadas, com pouca ou nenhuma matriz, além de reconhecer clastos de rochas intermediárias e o contato abrupto e discordante sob a forma de *pipe* em relação às encaixantes e diques de sienito pórfiro. Souza & Botelho (2002) e Souza (2003) atribuem a origem dos centro brechados sob forma de *pipe* à processos freatomagmático, relacionados às intrusões graníticas ricas em voláteis (H₂O, F, Cl), que são responsáveis pela mineralização estanífera da mina Bom Futuro.

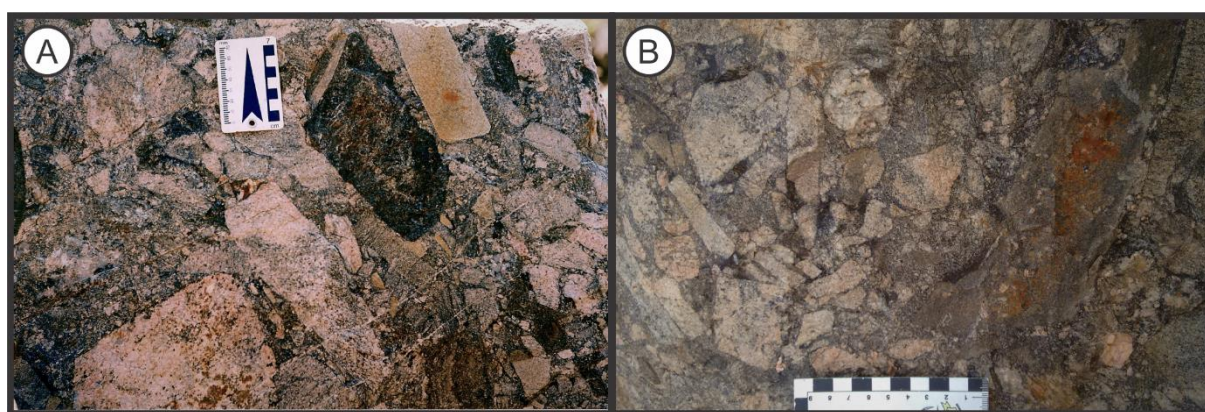


Figura 9. Aspectos gerais da brecha subvulcânica. Brechas sustentadas por fragmentos angulosos a subarredondados de diferentes granulações, A) de seixo a calhau e B) de grânulo a seixo.

4.2.2.3. Topázio Riólito Pórfiro (TRP)

Topázio riólitos pórfiros foram primeiramente reconhecidos por Villanova & Franke (1995) e descritos com detalhe por Leite Júnior et al. (2002b). Ocorrem ao longo de dois corpos principais, nas porções leste e norte do morro Bom Futuro, sob forma de diques anelares de espessuras variadas (<10 m), com mergulho variado, de médio a alto ângulo (Figura 10A). Estão encaixados nos anfibolitos e gnaisses do embasamento e nas brechas subvulcânicas, com contato abrupto.

Leite Junior et al. (2004) reconheceram fácies brechóides distribuídas irregularmente ao longo da borda dos diques (Figura 10 e Figura 11). Na porção interna dos diques (endocontato), a brecha é sustentada pela matriz riolítica, constituída com clastos das rochas encaixantes e de biotita granito, além de fragmentos de quartzo, feldspato potássico róseo e aglomerados micáceos de dimensões de 2 a 15 cm, angulosos a subarredondados. Na porção externa à borda dos diques (exocontato), Leite Junior et al. (2004) identificaram ao menos três estilos de brechas, de caráter polimítico e sustentadas por clastos angulosos, decimétricos a métricos, em matriz riolítica maciça a fluidal: (1) *network-veined breccias*, na qual não há rotação e

desagregação dos fragmentos; (2) *rubble breccias*, na qual há desagregação e indícios de rotação dos fragmentos; e (3) *breccias in breccias*, produtos da brechiação das brechas subvulcânicas pré-existentes.

4.2.2.4. Topázio Granito Pórfiro (TGP BF)

O topázio granito pórfiro, denominado como albita granito por Souza (2003), ocorre como diques anelares e radiais, com conexão à um *plug* central (Figura 12A; LEITE JÚNIOR et al., 2003; 2006). Os diques cortam todas as litologias do morro Bom Futuro (Figura 12B), com exceção dos veios de quartzo e pegmatitos da fase II e vênulas tardias. De forma muito similar aos diques de topázio riólito pórfiro, tem contato abrupto com as rochas encaixantes, porém, localmente, apresentam fácies brechóides intrusivas marginais no exo- e endocontato (ver Figura 11). Além disso, bolsões de endogreisen (Figura 12C) e zonas com pegmatitos marginais sub-horizontais (Figura 12D), definidos como *stockscheider*, ocorrem com distribuição restrita e irregular ao longo do topázio granito pórfiro.

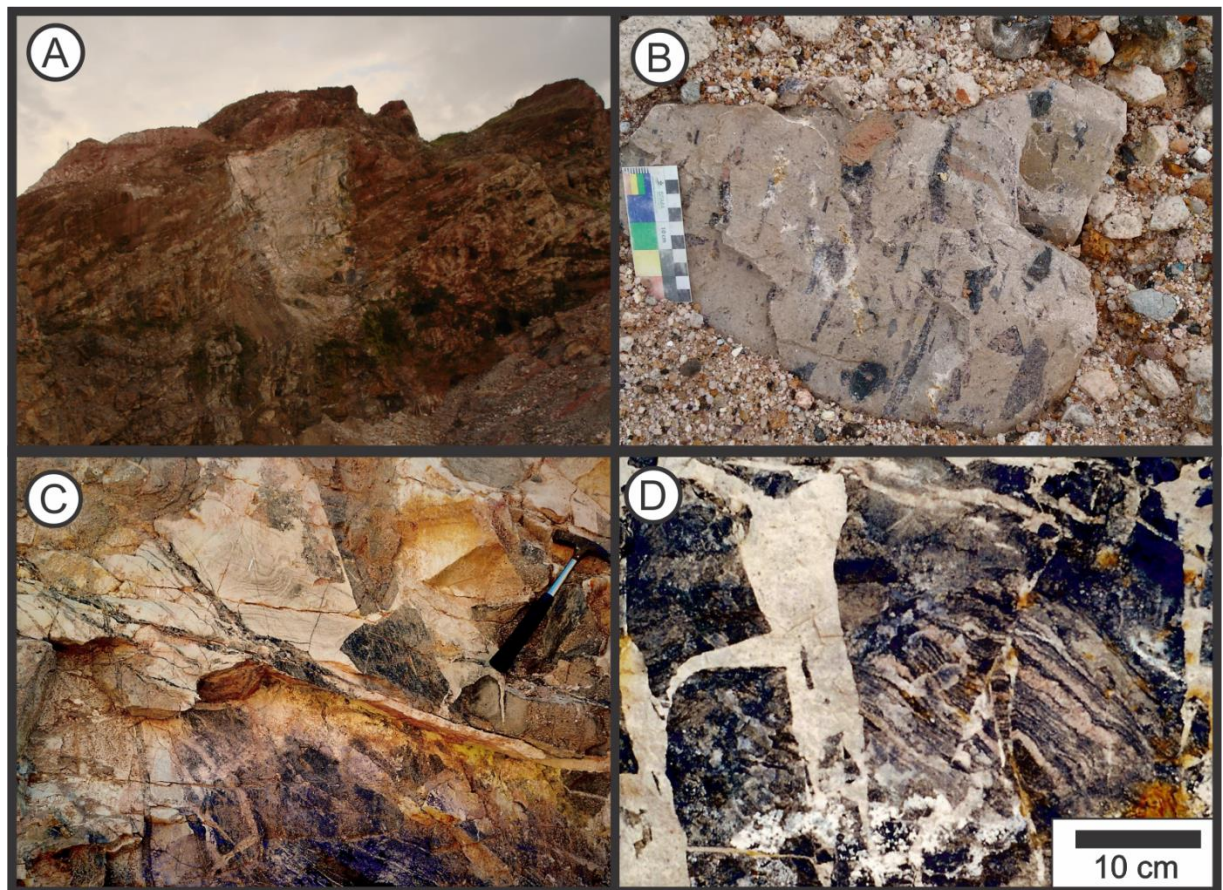


Figura 10. A) Grande dique de topázio riólito pórfiro com mergulho subvertical, cortado por múltiplos veios de pegmatito com baixo ângulo de mergulho. B) Feição xenolítica no endocontato de dique, com fragmentos angulosos e orientados de quartzo e biotita granito. C) Rubble breccia com fragmentos de gnaiss encaixante e matriz riolítica com aspecto fluidal. D) Network-veined breccia com clastos angulosos de gnaiss e brecha subvulcânica em matriz riolítica.

4.2.2.5. Pegmatitos, veios e vênulas

No morro Bom Futuro, ao menos duas fases de mineralização podem ser reconhecidas, com idades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ em zinnwaldita de 994 ± 3 Ma e 993 ± 3 Ma e relacionadas com lentes, veios e vênulas de pegmatito e/ou de quartzo (LEITE JÚNIOR et al., 2003, 2004; BETTENCOURT et al., 2005). A partir das relações de campo, nota-se que uma fase precede a intrusão do topázio granito pórfiro e a outra à sucede. Segundo Dias (2012), a fase mais antiga de pegmatito tem maior importância econômica, com corpos de até 5,0 m de espessuras e várias dezenas de metros de extensão (Figura 13A). Esses pegmatitos constituem um sistema de lentes, veios e vênulas anelares subparalelos entre si, com mergulhos variados entre 30° e 50° para fora do morro (VILLANOVA & FRANKE, 1995; LEITE JÚNIOR et al., 2008).

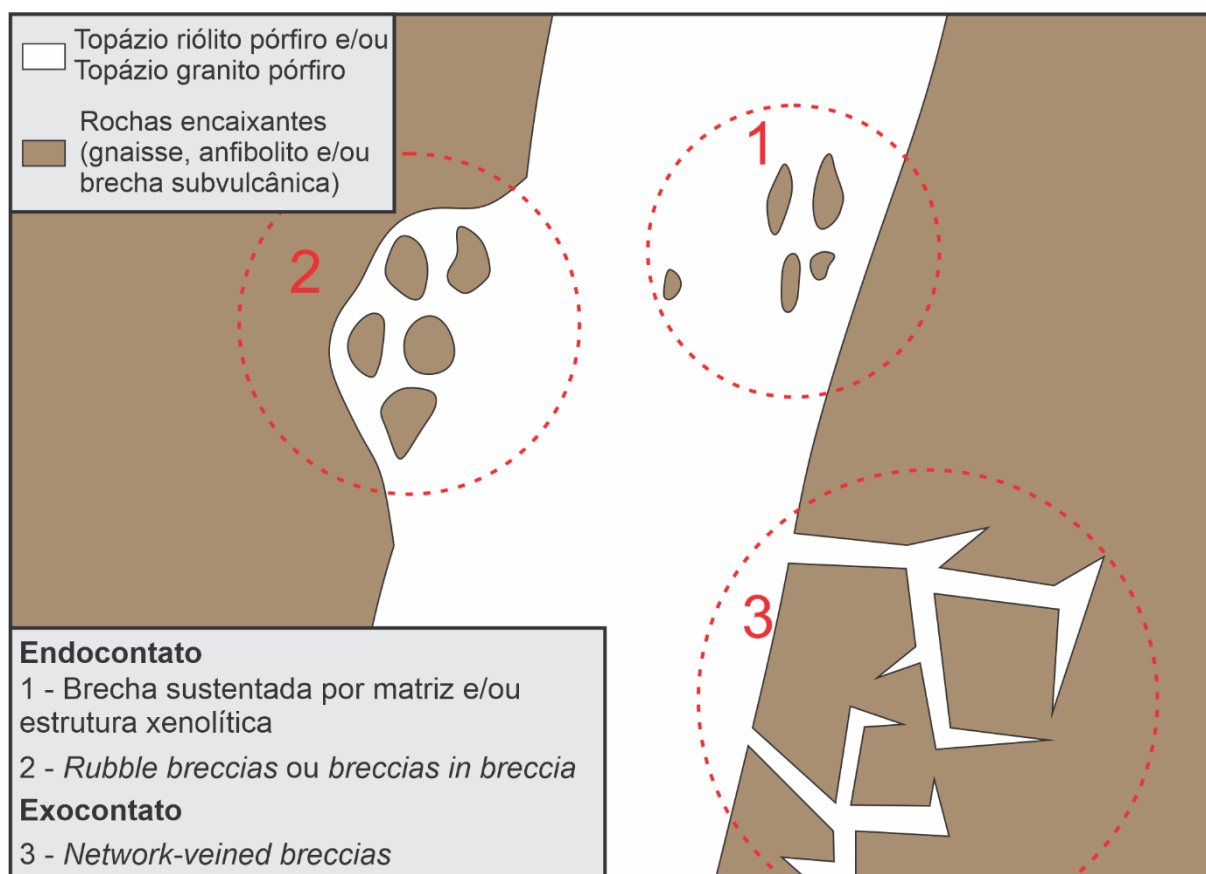


Figura 11. Esquema ilustrando as diferentes feições brechóides observadas ao longo dos diques de topázio riólito pórfiro e/ou topázio granito pórfiro.

Os pegmatitos são zonados internamente de forma irregular, com composição granítica à quartzo-topazítica (DIAS, 2012), e são subdivididos, segundo Leite Junior et al. (2008), em 1) zona do quartzo e topázio; 2) zona do feldspato potássico e zinnwaldita e 3) zona granítica. A maioria dos veios possuem halos de alteração (Figura 13B) milimétrico a centimétricos no contato com as rochas encaixantes, com variada composição e intensidade (FOSTER, 2012).

Segundo Souza (2003), a cassiterita dos veios do morro Bom Futuro se cristalizou em temperaturas em torno de 400 °C.

Leite Junior et al. (2008) e Dias (2012) reconheceram que veios e vênulas de pegmatito e de quartzo da fase mais jovem da mineralização estanífera ocorrem em estruturas anelares e subparalelas, com composição e orientação muito semelhante ao sistema anterior (Figura 13C). Nessa fase, também são reconhecidas estruturas do tipo *stockwork* e corpos quartzosos maciços, presentes nas porções norte e central do morro Bom Futuro.

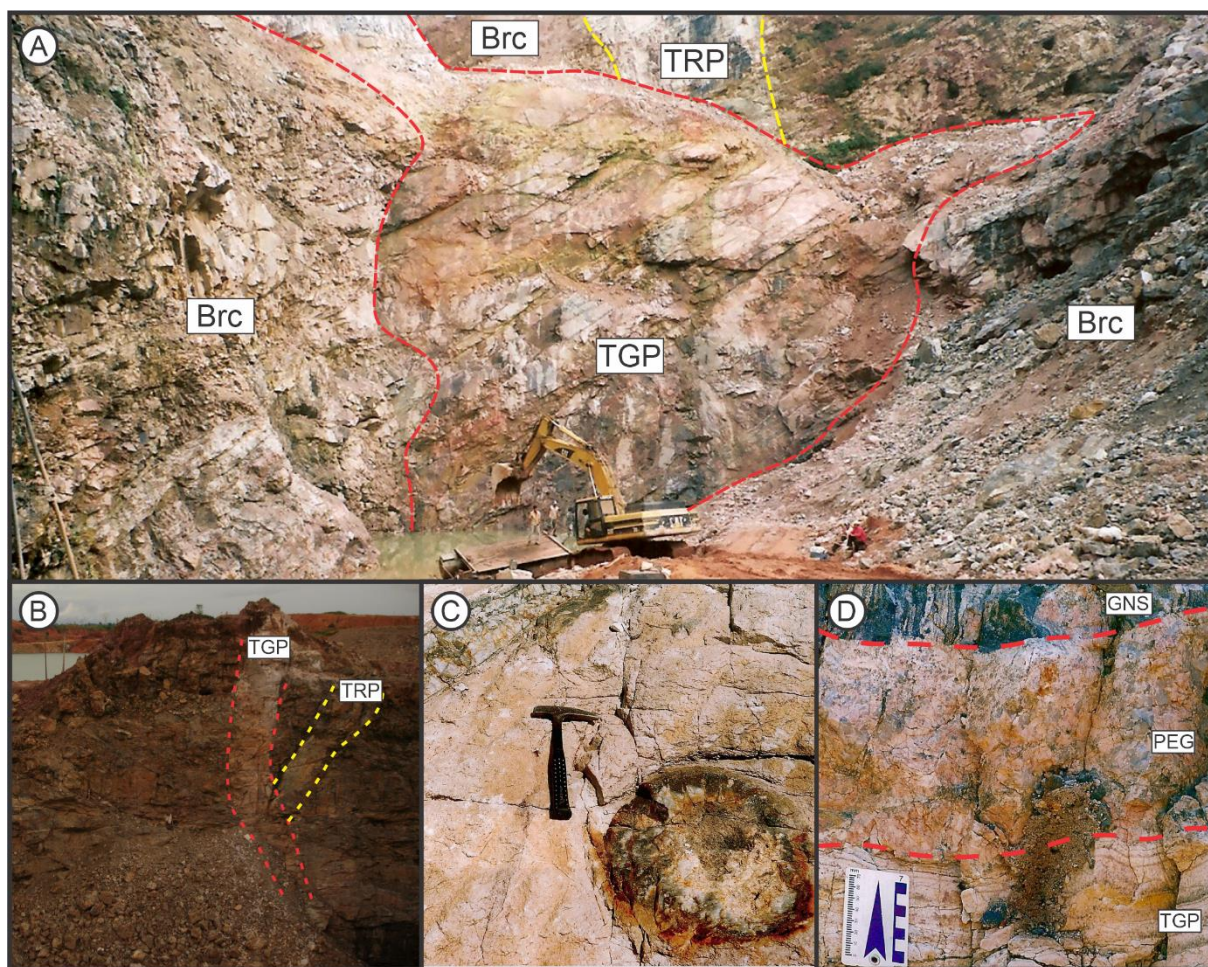


Figura 12. A) Topázio granito pórfiro BF cortando brecha subvulcânica, topázio riólito pórfiro e pegmatito da fase I (coberto por lâmina d'água). Foto extraída e modificada de Dias (2012). B) Dique de topázio riólito pórfiro cortando dique de topázio riólito pórfiro. C) Topázio granito pórfiro com bolsão de endogreisen, cortado por pegmatito da fase II. D) *Stockscheider* no contato entre topázio granito pórfiro e gnaiss encaixante. Abreviações: TGP – Topázio Granito Pórfiro; TRP – Topázio Riólito Pórfiro; Brc – Brecha Subvulcânica; Gns – Gnaiss; PEG – Pegmatito.

Vênulas de caulinita (Figura 13D) cortam todas as demais litologias do morro bom Futuro, e geralmente se desenvolvem em um arranjo do tipo *stockwork*. Segundo Dias (2012), essas vênulas podem representar um dos últimos estágios hidrotermais do sistema morro Bom Futuro. Em furos de sondagem, vênulas de quartzo+calcita+fluorita+sulfetos (ver Figura 13B)

ocorrem de forma irregular e cortam todas as litologias prévias, e representam as fases tardias do sistema magmático-hidrotermal da mina Bom Futuro.

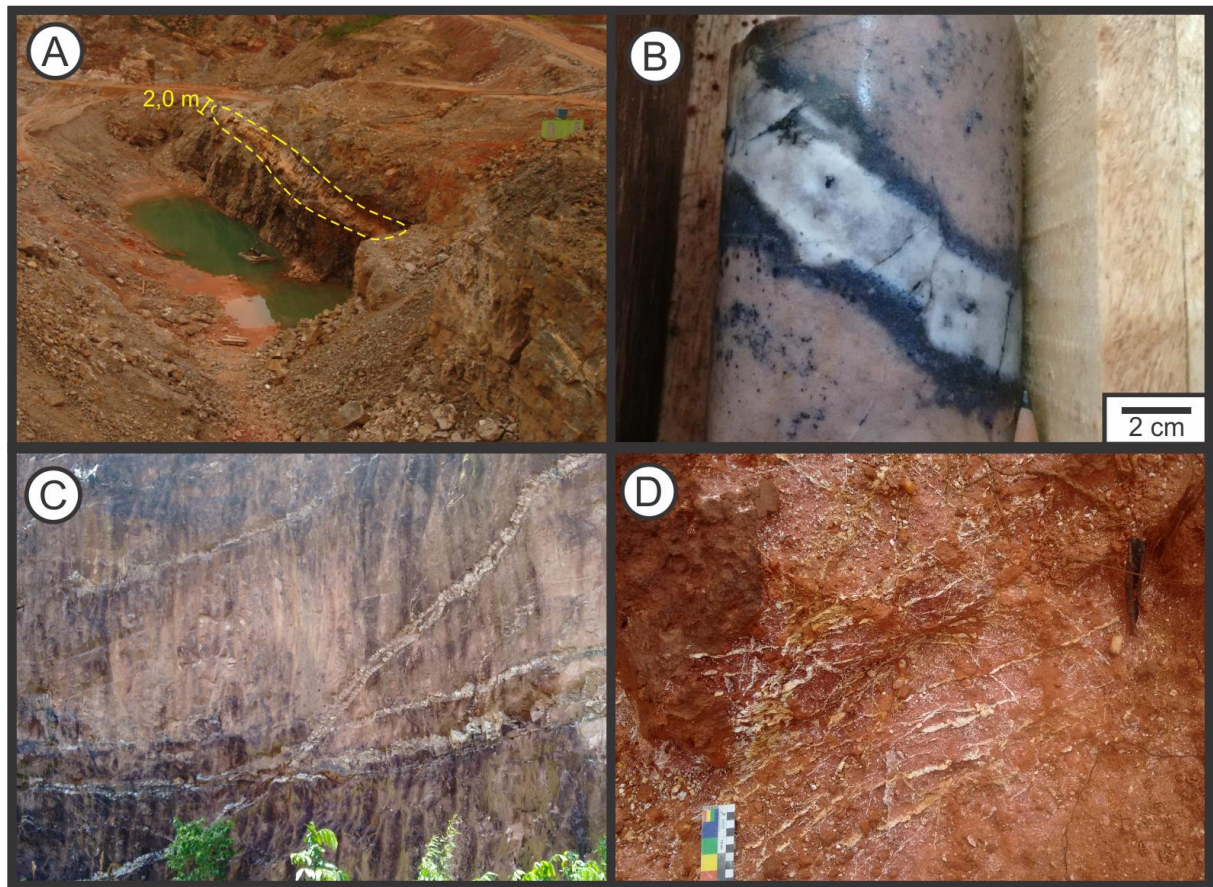


Figura 13. A) Lente de pegmatito da fase 1 com até 2,5 metros de espessura. B) Vênula de quartzo leitoso com halo de alteração nas bordas. C) Veios de pegmatito da fase 2 cortando veios precedentes. D) *Stockwork* de vênulas de caulinita em gnaisses intemperizados.

4.2.3. Sistema Magmático-Hidrotermal Palanqueta

O morro Palanqueta tem dimensões de 500 x 700 metros e localiza-se a 500 metros à nordeste do morro Bom Futuro. O morro representa a principal área de afloramento do maciço Palanqueta que, segundo Foster (2016), é constituído por biotita-álcali-feldspato granito equigranular e quatro fácies de topázio-zinnwaldita-álcali-feldspato granito (equigranular, porfírico, pórfiro e miarolítico), além de veios de aplito e pegmatito e *pipes* de greisen mineralizados em cassiterita e wolframita (Figura 14). O maciço é encaixado em gnaisses e delimitado em superfície por coberturas sedimentares cenozoicas.

Após revisão da petrografia das fácies graníticas do maciço Palanqueta, foram renomeadas para Biotita álcali-feldspato granito (BG) e Li-Fe mica álcali-feldspato granito com topázio, ou simplesmente topázio granito: inequigranular (TGI), pórfiro I (TGP I), pórfiro II (TGP II) e miarolítico (TGM) (Figura 14).

O biotita granito ocorre na porção sudoeste e oeste do morro, mas suas relações de contato com os gnaisses encaixantes e o TGI, unidade dominante em área, não foram observadas. Comumente apresenta vênulas tardias milimétricas que cortam os matacões.

As fácies de Li-Fe mica álcali-feldspato granito com topázio apresentam contatos abruptos intrusivos entre si (Figura 15). O topázio granito pórfiro I e pórfiro II ocorrem na porção central do maciço e Foster (2016) identificou um dique de TGP II que corta a fácies TGP I, o que concretiza essa relação temporal (Figura 16A). Segundo Foster (2016), a fácies TGM ocorre no contato entre as fácies TGI e TGP I, ao longo de uma faixa irregular de 1,5 a 10 m de espessura.

Enclaves angulosos de quartzo leitoso (Figura 16B) ocorrem dispersos na fácies TGP II, sem indícios de reação nas bordas. Diques de aplito ocorrem localmente (Figura 16C) e são sucedidos por pegmatitos sob forma de veios centimétricos a decimétricos (Figura 16D) e, segundo Foster (2016), são constituídos de quartzo, topázio e feldspato potássico euédricos, com mica visível em corpos de maiores dimensões. Souza (2003) sugere que zonas de greisen margeiam a porção norte do morro Palanqueta, porém, Foster (2016) observou que os corpos de greisen ocorrem sob a forma de veios e, principalmente, *pipes*, sobretudo na fácies TGP II (Figura 16E).

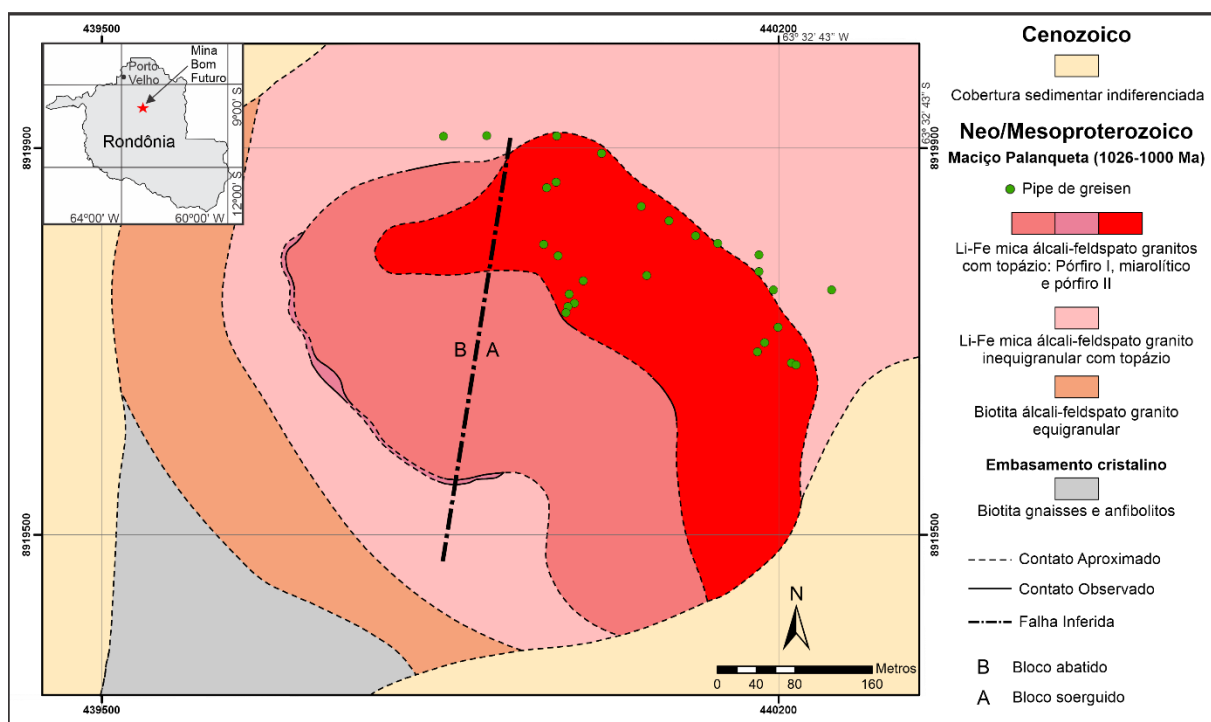


Figura 14. Mapa geológico simplificado do morro Palanqueta. Adaptado e modificado de Foster (2016).

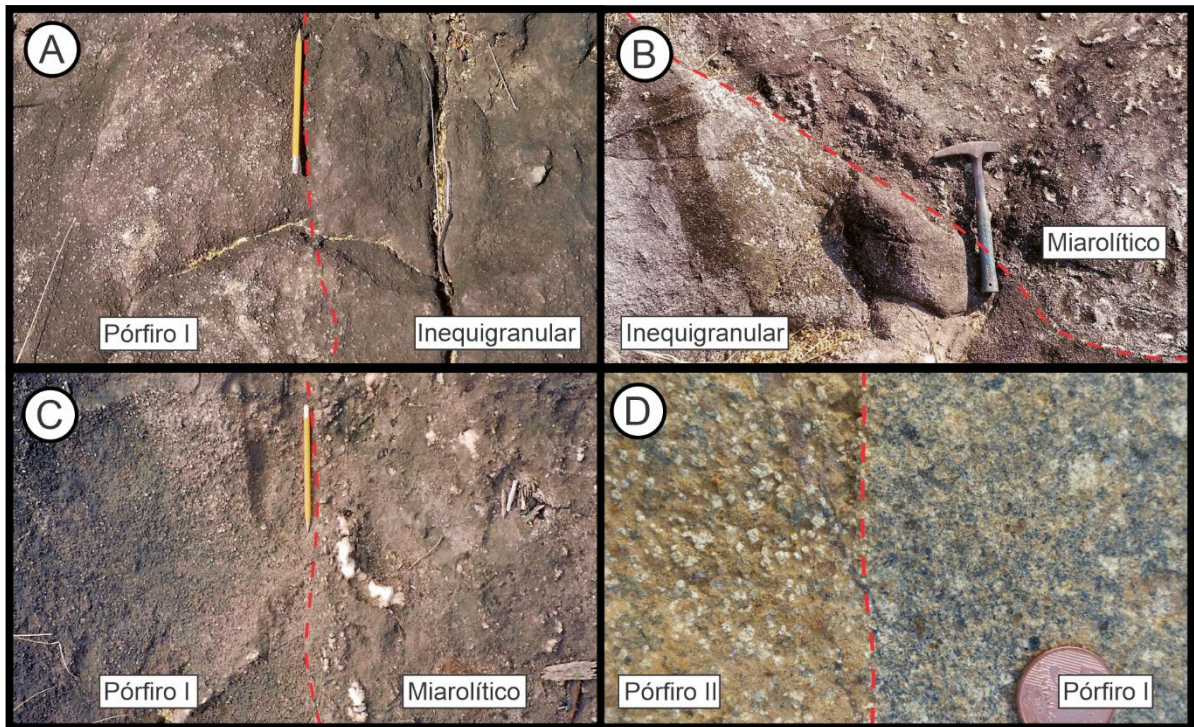


Figura 15. Relações de contato entre as fácies graníticas com topázio do maciço Palanqueta.

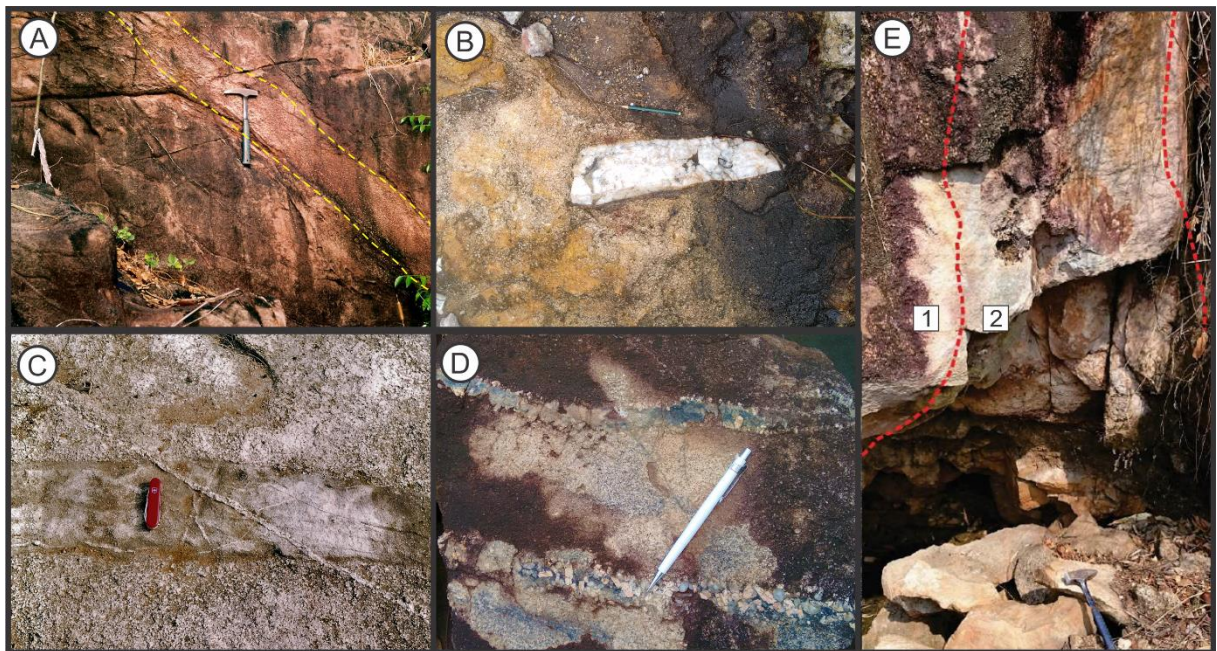


Figura 16. A) Fácies TGP I cortada por dique TGP II. B) Fragmento tabular angular de quartzo leito. C) Dique de aplito cortando a fácies TGP II. Vênula de quartzo sucede ambas as litologias. D) Veios de pegmatito com quartzo e feldspato potássico. E) Granito greisenizado (1) e *Pipe* de greisen em seção vertical (2). (foto E extraída de Foster, 2016).

Capítulo 5 - PETROGRAFIA DAS ROCHAS GRANÍTICAS

5.1 APRESENTAÇÃO

As rochas graníticas da mina Bom Futuro, que afloram sob forma de diques no morro Bom Futuro e constituem um stock no morro Palanqueta, com exceção da fácies biotita granito, representam álcali-feldspato granitos, leucocráticos a hololeucocráticos, compostos essencialmente por quartzo anédrico, microclínio pertítico e albita subédrica a euédrica, com diferentes concentrações de micas e topázio (Tabela 3). Devido intrínseca característica textural mais fina dos diques do morro Bom Futuro, sua composição modal foi estimada visualmente, enquanto as fácies do maciço Palanqueta foram quantificadas por Foster (2016). A análise petrográfica foi complementada por MEV, que possibilitou a distinção de algumas feições texturais e a identificação de fases minerais acessórias de pouca ocorrência.

5.1.1. Morro Bom Futuro

5.1.1.1. Topázio riólito pórfiro (TRP)

O topázio riólito pórfiro tem coloração cinza clara, com textura predominantemente porfirítica à glomeroporfirítica (0,5 a 1,0 mm de comprimento), marcada por fenocristais de quartzo (anédrico à subédrico), microclínio (subédrico à euédrico) e albita (subédrico à euédrico), que compõem até 10% da rocha, imersos em matriz muito fina (< 0,1 mm; Figura 17A). A matriz é composta essencialmente por albita, quartzo, microclínio, topázio e Li-Fe-mica, com estrutura maciça à fluidal (Figura 17B). As estruturas de fluxo são marcadas pelo bandamento composicional milimétrico de cristais da matriz e associadas às brechas marginais dos diques. Quando espacialmente associado a vênulas e/ou veios que cortam os diques, apresenta coloração rósea. No corpo Norte, de menor dimensão, apresenta textura afanítica, com coloração branca, estrutura maciça e aspecto leitoso (Figura 17C). Alguns agregados de sulfetos e fluorita ocorrem de forma localizada e conferem um aspecto mosqueado à rocha (Figura 17D).

Tabela 3. Composição mineralógica das fácies graníticas da mina Bom Futuro. Qz: quartzo; Fk: feldspato (microclínio); Ab: albita; Ap: apatita; Bt: biotita; Tpz: topázio; Mc: mica ; Clt: clorita; Fl: fluorita; Zrn: zircão; Mnz: monazita; Ilm: ilmenita; Rt: rutilo; ONT: óxidos de Nb-Ta; F-ETRs: fluoretos de ETRs; Cst: cassiterita; Mo: molibdenita; Gn: galena; Cpy: calcopirita; Py: pirita; Sf: esfalerita; Ba: barita.

Morro	Fácies granítica	Minerais essenciais (%)	Minerais varietais (%)	Minerais acessórios (tr.)	Minerais de alteração (tr.)
Bom Futuro	Topázio riólito pórfiro	Qz (30 - 38) Fk (15 - 22) Ab (24 - 33)	Tpz (5 - 20); Mc (1 - 5);	Zrn; Mnz; ONT; Fl(?)	Fl; Cst; Cv; F-ETRs; Ba
	Topázio granito pórfiro BF	Qz (25 - 30) Fk (15 - 25) Ab (40 - 55)	Tpz (1 - 4); Mc (1 - 3);	Zrn; Mnz; ONT; Fl(?)	Fl; Tpz; Cst; Py; Sf; Mo; Ba
Palanqueta	Biotita granito	Qz (24,5 - 33,7) Fk (15,9 - 38,1) Ab (31,5 - 36,5)	Bt (5,6 - 12,4)	Zrn; Rt; Mnz; ONT (?); Ilm; Ap	Clt; Fl; Ser; Cst; Py; Cpy
	Topázio granito Inequigranular (seriado a porfirítico)	Qz (31,8 - 40,8) Fk (21,6 - 34,1) Ab (23,6 - 41,6)	Mc (1,9 - 2,3); Tpz (0,1 - 0,5)	Zrn; Rt; Mnz; ONT (?)	Fl; Py
	Topázio granito pórfiro I	Qz (31,6 - 47,4) Fk (18,9 - 39,6) Ab (23,3 - 35,5)	Mc (tr. - 6,1); Tpz (tr. - 0,3)	Zrn; Rt; ONT (?)	Tpz; Fl; Py; Gn; Mo; F-ETRs
	Topázio granito pórfiro II	Qz (26,2 - 34,8) Fk (21,5 - 28,6) Ab (36,9 - 44,6)	Mc (1,3 - 3,6); Tpz (0,6 - 2,2)	Zrn; ONT (?)	Fl; ONT; Py; Sf; Cst
	Topázio granito miarolítico	Qz (39,5 - 41,8) Fk (19,4 - 25,4) Ab (29,8 - 33,9)	Mc (3,7 - 5,4); Tpz (tr. - 0,9); Fl (tr. - 1,2)	Zrn; Mnz; ONT (?)	Py; Mo

Os fenocristais, ou glomerocristais, de quartzo apresentam bordas sinuosas, com indícios de corrosão/reabsorção magmática, com poucas inclusões de micas, topázio e albita. A albita ocorre como ripas bem desenvolvidos, com geminação polissintética (Figura 17E), e localmente é mantida por microclínio, caracterizando uma textura tipo anti-rapakivi (Figura 17F). O microclínio tem aspecto turvo, localmente apresenta micro porosidades, e frequentemente apresenta pertitas sob forma de vênulas ou manchas. O topázio é o principal mineral a delinear as estruturas de fluxo (Figura 17G), quando presentes, e ocorre como cristais

granulares ou prismáticos na matriz, ou em agregados esferulíticos (Figura 17H). A mica ocorre em concentrações irregulares ao longo dos diques, finamente disseminadas pela matriz, com variações composicionais ao longo dos planos de clivagem. Os minerais acessórios incluem zircão, monazita e óxidos de Nb-Ta (ver Figura 17H). Minerais de alteração são representados por fluorita, covellita, barita, cassiterita e ixiolita (?) e fosfatos de ETRs.

5.1.1.2. Topázio granito pórfiro (TGP BF)

O topázio granito pórfiro BF tem coloração cinza a rósea e textura porfirítica de matriz fina a média, com até 15% de fenocristais subédricos de quartzo e microclínio (Figura 18A). Localmente, concentrações anômalas de fluorita e topázio conferem um aspecto manchado à rocha (Figura 18B e C). Os fenocristais de quartzo e microclínio apresentam grande quantidade de inclusões de albita ripiforme dispostos em padrão helicítico, que caracterizam a textura bola de neve (Figura 18D). A matriz é maciça, composta essencialmente por albita, quartzo, microclínio e Li-Fe-mica, com concentrações irregulares de topázio.

A albita, fase mineral dominante na matriz, ocorre como ripas euédricas a subédricas de granulação variada, com geminação polissintética segundo a Lei da Albita bem desenvolvida. O microclínio apresenta geminação em grade e/ou manchas de pertita. O quartzo apresenta fraturas e extinção ondulante, anédrico à subédrico. A mica ocorre finamente disseminada ou de forma intersticial, com hábito subédrico, localmente formando microfenocristais na matriz, com variações composicionais a partir das bordas (Figura 18E). Aglomerados de micas comumente ocorrem associados à minerais varietais e acessórios (topázio, zircão e fluorita). O topázio ocorre sob diferentes formas: (1) granular, anédrico e fino na matriz (Figura 18F); (2) prismas muito finos, inclusos nos minerais essenciais (Figura 18F), (3) megacristais, anédricos a subédricos, com inclusões de minerais da matriz (Figura 18G); (4) preenchendo vênulas sinuosas hidrotermais e pouco expressivas. Zircão, monazita e óxidos de Nb-Ta ocorrem como inclusões euédricas a subédricas nos demais minerais (Figura 18H). Fluorita preenche interstícios na matriz, como inclusões nos planos de geminação da albita e, localmente, sobrepondo o zircão (ver Figura 18F). Pirita, esfalerita, molibdenita e barita ocorrem sobrepondo as fases minerais primárias, sob hábito anédricos. Cassiterita ocorre associada à mica muito fina, de forma irregular, sobrepondo os minerais essenciais.

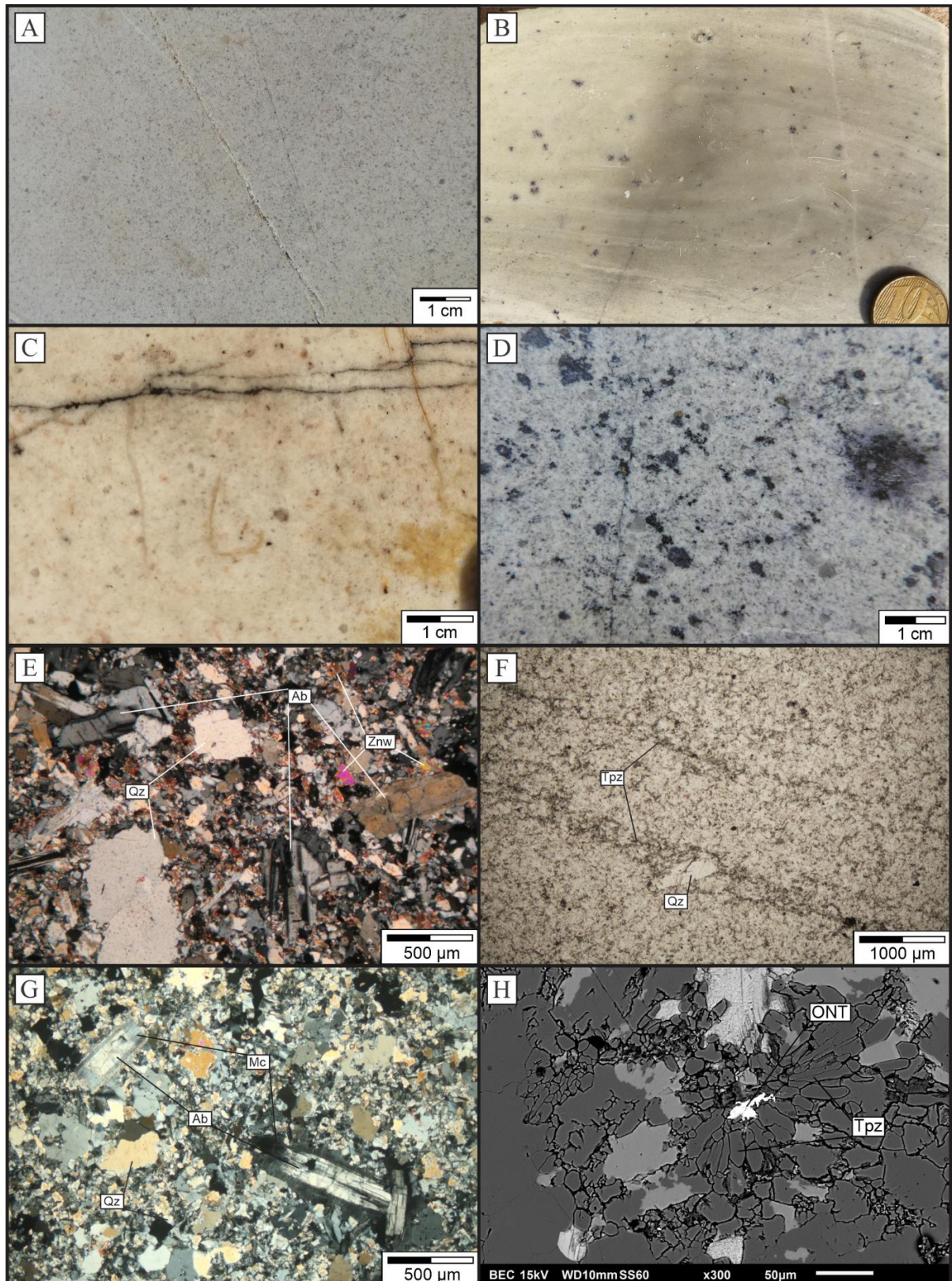


Figura 17. Características macroscópicas do topázio riólito pórfiro com A) textura porfirítica de matriz fina, B) estruturas de fluxo, e pequenos aglomerados micáceos, C) textura porfirítica de matriz densa, com aspecto leitoso, e D) textura mosqueada, marcada por aglomerados de sulfetos de metais de base e fluorita. E) Textura porfirítica de matriz fina, com fenocristais de albita tabular e quartzo anédrico, em matriz riolítica com maior concentração de zinnwaldita (nicóis cruzados). F) Estrutura de fluxo marcada por bandas enriquecidas em topázio (nicóis paralelos). G) fenocristais de albita subédricos manteados por microclínio (nicóis cruzados). H) Imagens de elétrons retroespalhados (BSE) de agregado esférulítico de topázio com núcleo preenchido por óxido de Nb-Ta.

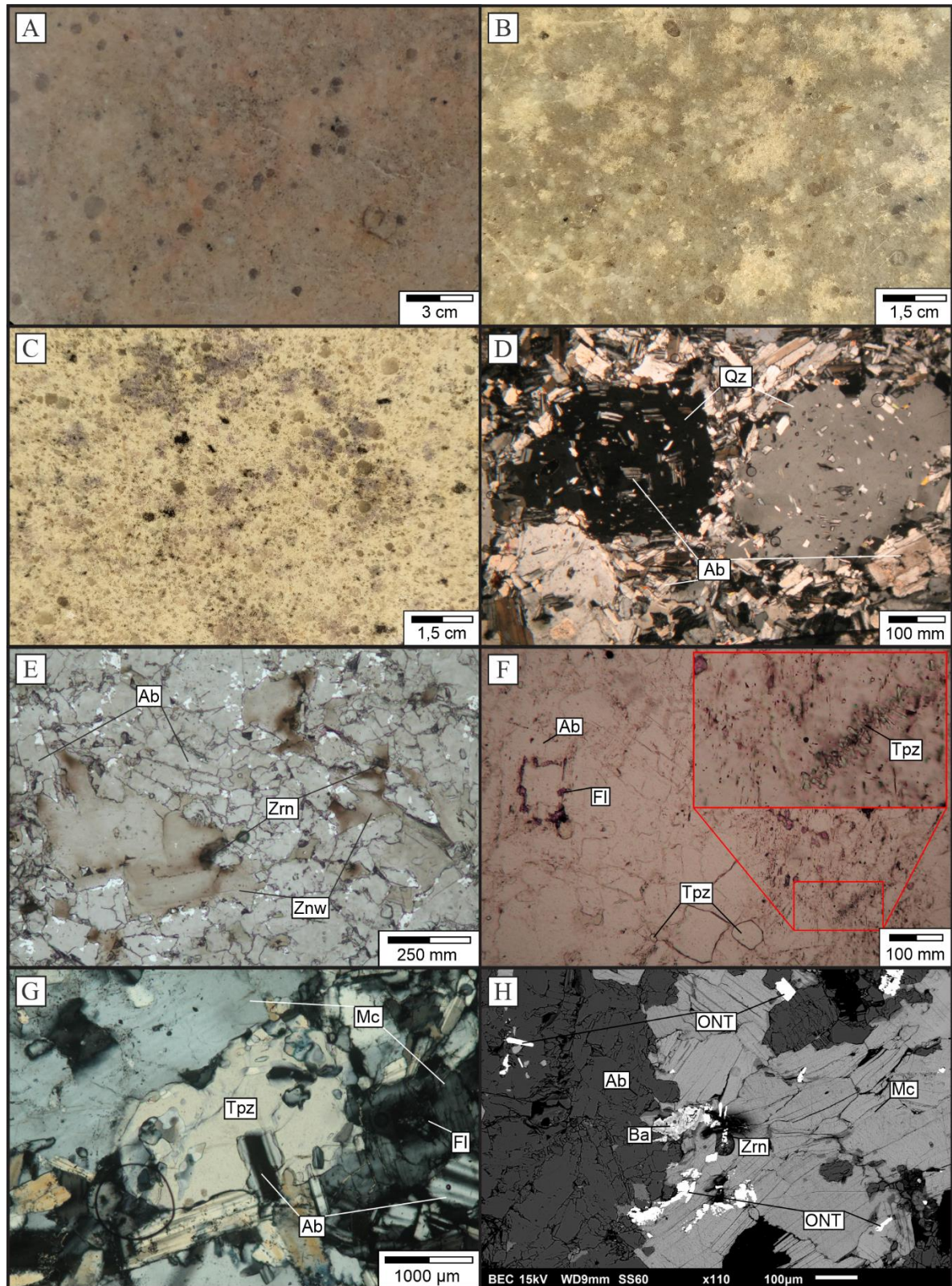


Figura 18. A) Topázio granito pórfiro BF com coloração rósea e, em B) e C), aspecto manchado devido à variadas concentrações de fluorita e topázio. D) Textura bola de neve em fenocristal de quartzo (nicóis cruzados). Notar matriz muito enriquecida em albита. E) Aglomerado de cristais de zinnwaldita intersticial com inclusões de zircão. F) Topázio granular na matriz e fluorita ao longo dos planos de geminação de albита (nicóis descruzados). Destaque na imagem mostra prismas de topázio muito fino incluído em quartzo. G) Fenocristais de topázio, com inclusão de albита, e de microclínio, com incipiente sobreposição de fluorita. H) Imagens de elétrons retroespalhados (BSE) de cristais de zinnwaldita com inclusões de óxidos de Nb-Ta e zircão metamórfico. Barita de alteração tardia sobrepõe zinnwaldita.

5.1.2. Morro Palanqueta

5.1.2.1. Biotita álcali-feldspato granito (BG)

O biotita álcali-feldspato granito, ou biotita granito, tem coloração rosa/alaranjada (Figura 19A), textura equigranular de granulação média (< 4 mm). É constituído essencialmente por quartzo, microclínio, albita e biotita. Vênulas muito pequenas (< 1 mm) recortam a fácies, sem halo de alteração aparente (Figura 19B).

O quartzo é anédrico, arredondado ou intersticial, e comumente contém inclusões fluidas secundárias. O microclínio tem aspecto turvo e geminações em grade e Carlsbad, com manchas de pertita, e pode envolver cristais de albita da matriz. A albita ocorre como cristais subédricos a anédricos, com contato arredondados/sinuosos, ou ainda inclusa no microclínio (Figura 19C). Comumente, os feldspatos estão sericitizados, localmente apresentam até cristais de muscovita (Figura 19D). A biotita é marrom, anédrica, com contatos esgarçados e, localmente, apresenta intercrescimento com quartzo vermiforme e alteração para clorita nas bordas (Figura 19E). Frequentemente contém inclusões de minerais acessórios, como rutilo, ilmenita, apatita, zircão e monazita, os dois últimos com halos pleocroicos (Figura 19F). Óxidos de Nb-Ta ocorrem inclusos nos minerais essenciais, com concentrações variadas de Fe, Mn, Nb, e Ta e hábito subédrico a euédrico. O rutilo também apresenta variadas concentrações de Nb. Fluorita hidrotermal pode ocorrer sob a fácies, com forma anédrica, irregular à arredondada, com variada concentração de Y (Ytrio-fluorita). Os minerais de alteração incluem cassiterita, pirita e calcopirita, que ocorrem irregularmente disseminados pelo granito.

5.1.2.2. Topázio granito inequigranular seriado a porfirítico (TGI)

O Li-Fe mica-topázio álcali-feldspato granito inequigranular tem coloração rósea a alaranjada e textura inequigranular seriada à porfirítica de matriz fina (Figura 20A e B). É composto essencialmente por microclínio, quartzo, albita e mica.

O microclínio ocorre como cristais anédricos, com aspecto sujo e inclusões de albita subédrica. O quartzo ocorre de forma anédrica, subarredondada ou intersticial (anguloso), e, localmente, ocorre de forma mais concentrada, constituindo porções mais quartzosas na fácies. O quartzo também pode conter inclusões de albita. A albita tem forma subédrica a anédrica e ocorre inclusa em cristais de quartzo e microclínio ou disseminada na matriz (Figura 20C). Localmente, a albita é fracamente sericitizada e, ainda mais raramente, tem manchas de microclínio (Figura 20D).

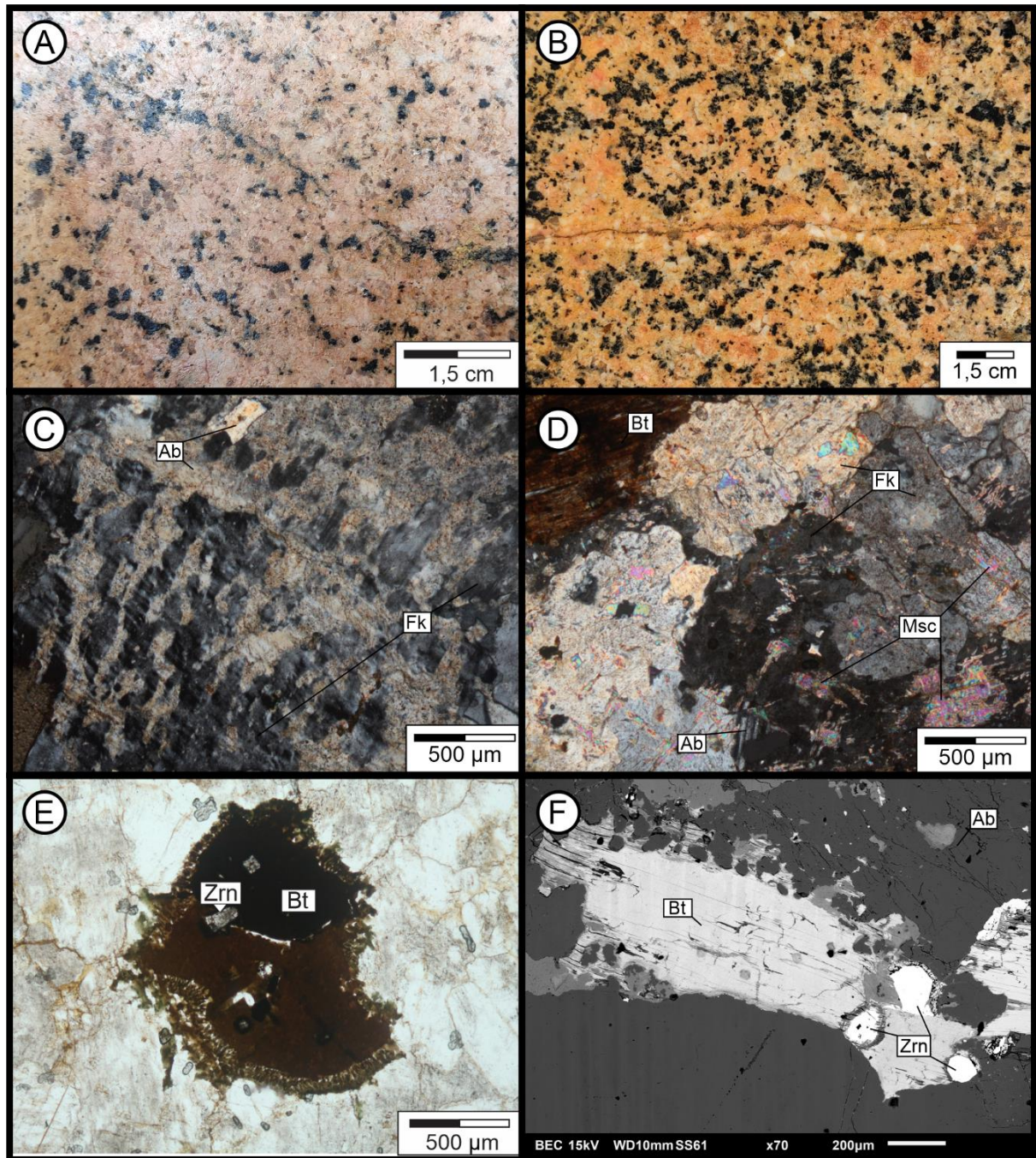


Figura 19. Biotita granito A) de cor rósea, textura equigranular e aspecto mosqueado e B) de cor alaranjada, cortado por vênula milimétrica. C) Manchas peritíticas de albита em microclínio, com fraca alteração serícita (nicóis cruzados). D) Cristais de feldspato moderadamente sericitizados, com sericita e muscovita (nicóis cruzados). E) Biotita com quartzo vermiforme e clorita nas bordas e inclusões de zircão. F) Imagens de BSE cristais de zircão inclusos em biotita.

A mica forma cristais anédricos de coloração castanha claro a esverdeados, de forma anédrica intersticial (Figura 20E) ou como aglomerados subédricos. Apresenta variações composicionais e alterações ao longo dos planos de clivagem e/ou bordas e frequentemente engloba minerais essenciais e acessórios. O topázio constitui cristais subédricos e anédricos maiores (< 1,5 mm) com ou sem inclusões de ripas de albита e/ou menores (aciculares ou não)

inclusos nos feldspatos e quartzo ou mesmo como cristais intersticiais, muitos encontram-se parcialmente alterados para Li-fengita (Figura 20F). Zircão, monazita, rutilo e óxidos de Nb-Ta ocorrem inclusos nas micas ou feldspatos, sendo que os dois primeiros apresentam halos pleocróicos característicos quando em micas. Fluorita e pirita são irregularmente disseminados e ocorrem de forma anédrica. Em um único ponto ocorrem agregados fibrorádias indiferenciados, que apresentam altas concentrações de ETRL.

5.1.2.3. Topázio granito pórfiro I

O Li-Fe mica-topázio álcali-feldspato granito pórfiro I apresentam coloração alaranjada à avermelhada (Figura 21A e B), localmente avermelhada, estrutura maciça e diagnóstica textura porfirítica (5 a 10% de fenocristais). A textura porfirítica é marcada por fenocristais (0,5 a 1 cm) de microclínio (subédrico a anédrico), albita (subédrica) e quartzo (anédrico, arredondado) em matriz de granulação muito fina (Figura 21C).

O microclínio ocorre como cristais anédricos, raramente subédricos, e apresentam geminação em grade. O quartzo representa a fase mineral dominante da matriz e ocorre de forma anédrica, com contatos sinuosos a lobulados, ou engrenados quando em contato com albita. A albita tem hábito ripiforme, subédrica à euédrica, com geminação polissintética bem desenvolvida, frequentemente inclusa em fenocristais de microclínio. A mica aparece como cristais subédricos a anédricos disseminados, com contatos lobulados a esgarçados, e coloração castanho claro (Figura 21D). Frequentemente apresenta inclusões de minerais acessórios e opacos. O topázio ocorre como cristais anédricos, intersticiais (Figura 21E) ou granulares inclusos nos minerais essenciais (Figura 21F) e, localmente, é secundário, sobrepondo os minerais essenciais e em paragênese com micas secundárias, resultantes da greisenização parcial do granito. Zircão, rutilo e óxidos de Nb-Ta ocorrem disseminados, com hábitos euédricos a subédricos, inclusos nos minerais essenciais. Minerais de alteração sobre a fácies incluem topázio, fluorita, pirita, galena e molibdenita, que ocorrem preenchendo microfraturas restritas ou alterando minerais essenciais. Ocorrem ainda, associados à fluorita, fluoretos enriquecidos em ETRL.

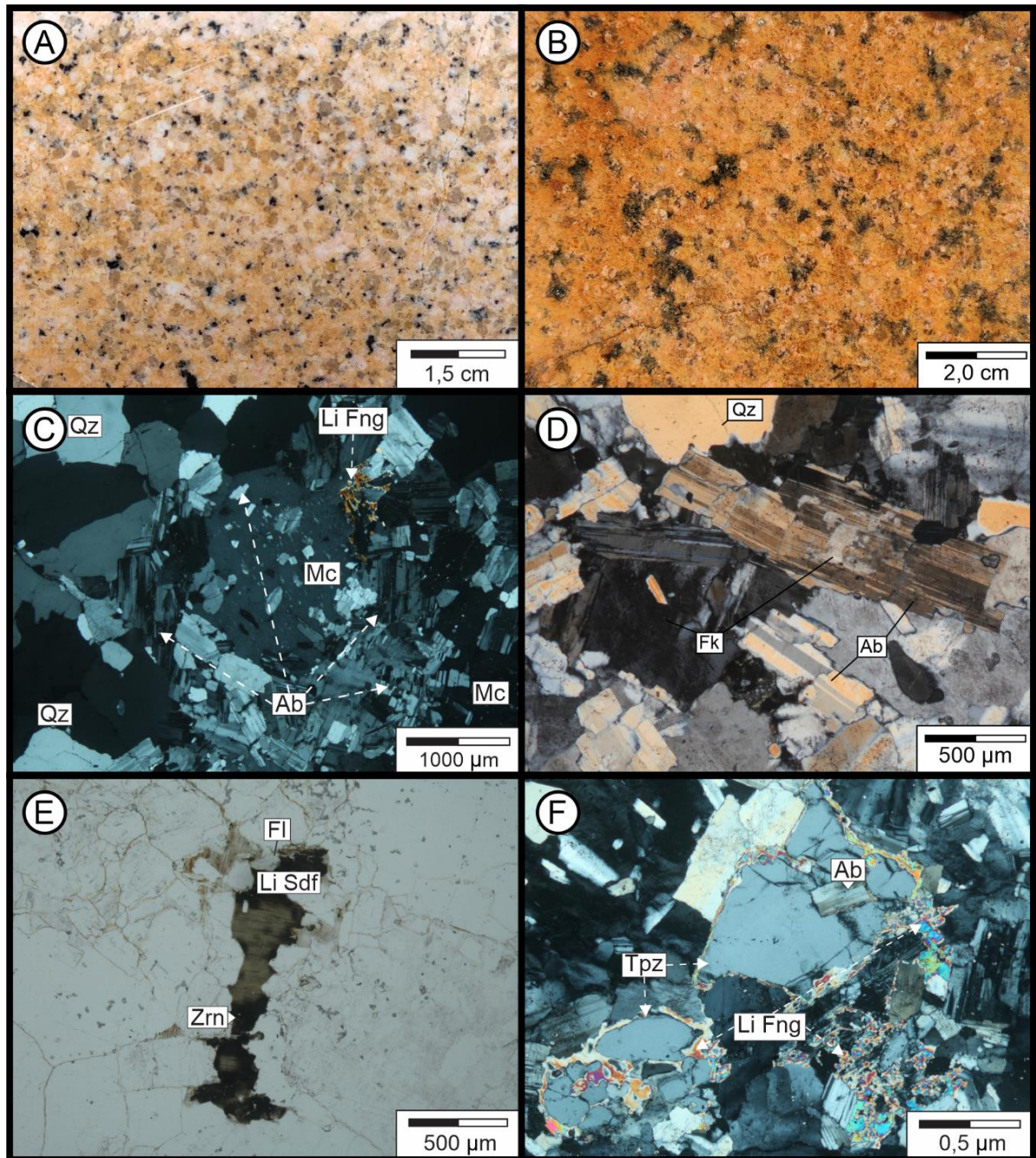


Figura 20. Li-Fe mica-topázio álcali-feldspato granito inequigranular A) com cor rósea e textura inequigranular seriada e B) com cor alaranjada e textura porfírica. C) Textura hipidiomórfica seriada, agregados de quartzo anédricos (à esquerda), albita tabular e microclínio pertítico com inclusões de ripas de albita. D) Manchas de microclínio em albita (nicóis cruzados). E) Agregado de Li-siderofilite fluorita e Li-siderofilite com inclusão de zircão. F) Cristais anédricos de topázio com e sem inclusão de albita tabular e alterados para Li-fengita nas bordas e fraturas.

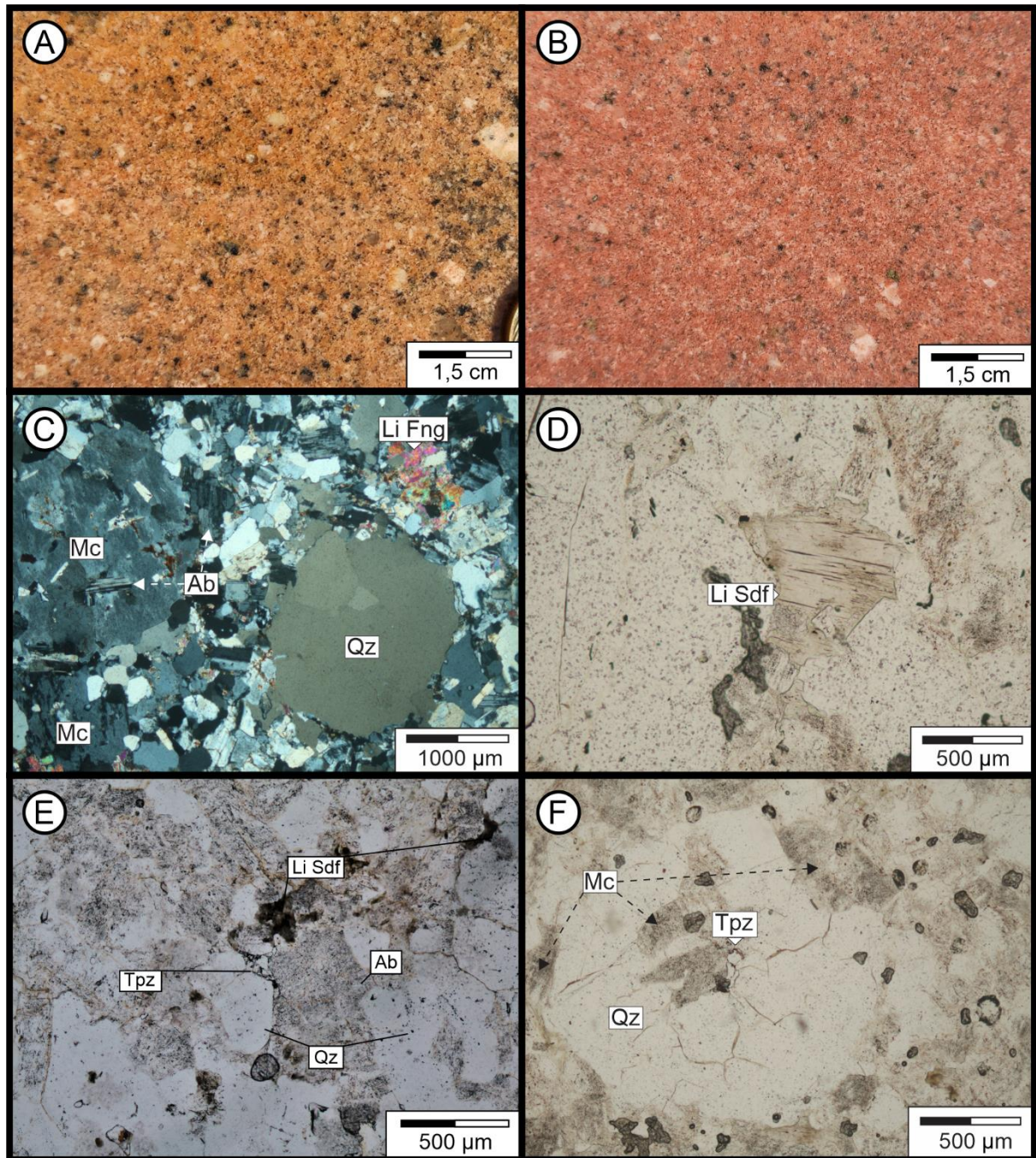


Figura 21. Aspecto macroscópico do Li-Fe mica-topázio álcali-feldspato granito pórfiro I A) de cor alaranjada e B) de cor avermelhada. C) Fenocristais quartzo anédrico arredondado e de microclínio com inclusões de ripas de albita. Aflomerado de Li-fengita secundária (superior direito) altera matriz. D) Cristais anédricos e intersticiais de Li-siderofilita com fraco plecroísmo castanho. E) Topázio intersticial entre cristal de quartzo arredondado e albita subédrica com aspecto turvo. F) Topázio anédrico incluído em fenocristal de quartzo e microclínio com aspecto turvo.

5.1.2.4. Topázio granito pórfiro II (TGP II)

O Li-Fe mica-topázio álcali-feldspato granito pórfiro II se assemelha ao topázio granito pórfiro do morro Bom Futuro. Essa fácies tem coloração rósea, estrutura maciça e textura

porfírica, com até 50% de fenocristais (até 5 mm), essencialmente de quartzo e microclínio. A matriz é fina, composta essencialmente por quartzo, microclínio róseo, albita e mica (Figura 22A e B).

A albita é a fase mineral dominante e ocorre sob a forma de ripas euédricas a subédricas, com geminação polissintética bem desenvolvida segundo a Lei da Albita. O quartzo é o segundo mineral mais expressivo em volume e ocorre na matriz, como fase intersticial anédrica ou agregados granulares, ou como fenocristal subarredondados, com contatos engrenados com a matriz e inclusões de albita que caracterizam uma textura bola de neve (Figura 22C). O microclínio é subédrico, localmente euédrico, com aspecto turvo, geminação em grade e/ou manchas peritíticas, e pode apresentar texturas de corrosão marcadas por sobreposição de manchas/golfos quartzosas (Figura 22D). O topázio ocorre como cristais granulares a prismáticos, finamente disseminados pela matriz albitica, ou como agregados médios a grossos em uma associação paragenética hidrotermal (Figura 22E). A mica ocorre finamente disseminada sob hábitos anédricos, com coloração castanho amarelada, e, em grande parte, representa uma fase secundária, sobrepondo cristais de microclínio e localmente associada a topázio, fluorita e sulfetos (Figura 22F). O zircão é euédrico, fino e frequentemente circundado por halos pleocróicos. Os óxidos de Nb-Ta apresentam ampla variação composicional e morfológica (euédricos a anédricos), provavelmente devido à maior alteração hidrotermal, e ocorrem inclusos nos demais minerais essenciais. A fluorita é anédrica, e ocorre associada a micas e topázio de alteração, sobrepondo minerais essenciais. Por vezes, a fluorita e topázio são de difícil classificação quanto à sua relação genética, pois se desenvolveram a partir de estágios magmáticos e hidrotermais. A cassiterita ocorre inclusa em quartzo, subédrica, e os sulfetos (pirita e esfalerita), associados às demais fases hidrotermais.

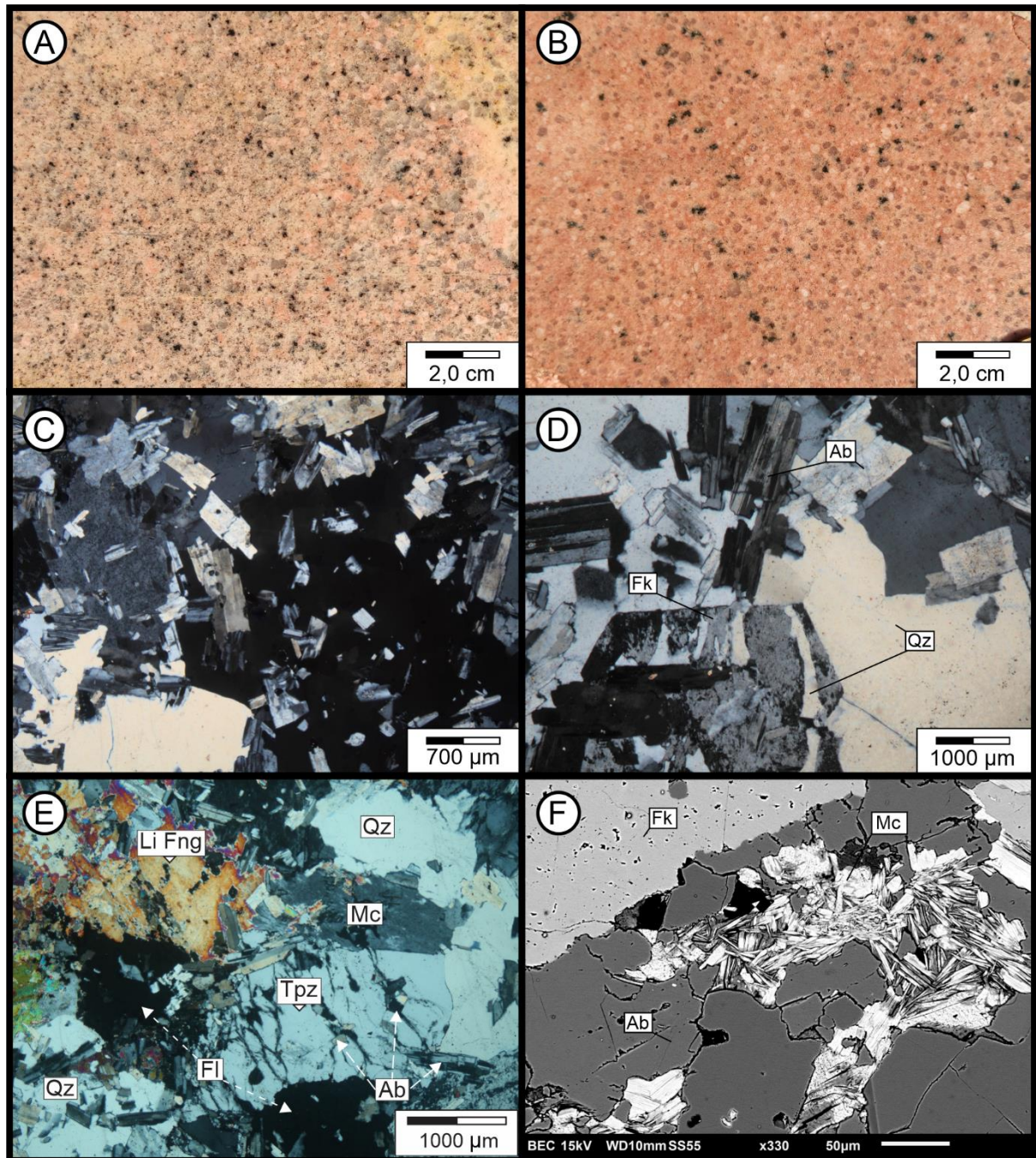


Figura 22. A) e B) Aspecto macroscópico do Li-Fe mica-topázio álcali-feldspato granito pórfiro II. C) quartzo e microclínio com inclusões de albita que caracterizam textura bola de neve. D) Microclínio subédrico à euédrico com golfos de quartzo, indicando corrosão. E) Megacristal subédrico de topázio com inclusões de ripas albita. Li-fengita e fluorita secundárias sobre matriz magmática. F) Agregados de mica fina, associadas a topázio anédrico, substituindo cristal de albita.

5.1.2.5. Topázio granito miarolítico (TGM)

O Li-Fe mica-topázio álcali-feldspato granito miarolítico tem coloração cinza, com manchas rosadas/alaranjadas devido às cavidades miarolíticas (Figura 23A). A matriz do granito é equigranular fina, composta essencialmente por quartzo, microclínio, albita e mica.

Os miárolos ocorrem sob concentrações irregulares ao longo de toda a fácies, com formas angulosas de até 15 cm de diâmetro, compostos por microclínio, albita, quartzo e, por vezes, mica, com tendência à concentração de quartzo no núcleo e feldspatos nas bordas (Figura 23B). Os cristais que compõem os miárolos tendem a ter hábitos mais desenvolvidos (subédricos a euédricos), granulação maior e crescem perpendicularmente às paredes da cavidade. Vênulas tardias e esqueléticas com topázio e mica ocorrem em alguns miárolos (Figura 23C).

O microclínio tem aspecto turvo (Figura 23D), devido à micro porosidades, geminação em grade bem desenvolvida e pertitas sob forma de vênulas. O quartzo é anédrico, intersticial ou arredondado, e apresenta grande quantidade de inclusões fluidas. A albita é subédrica à euédrica, com geminação polissintética. A mica tem coloração verde, o que a difere das demais fácies graníticas, e apresenta variação composicional a partir das bordas e planos de clivagem (Figura 23D). O topázio é raro e ocorre como cristais anédricos ou agregado radiais inclusos nos minerais essenciais da matriz e miárolos (Figura 23D e E). Fluorita ocorre como cristais incolores a violeta, anédricos, preenchendo pequenos interstícios ou sobrepondo micas e feldspatos. O zircão é euédrico, incluso nos minerais essenciais, circundado por halo pleocróico característico (Figura 23F). Óxidos de Nb-Ta ocorrem sob hábitos euédricos, essencialmente inclusos em feldspatos. Pirita e molibdenita ocorrem como minerais de alteração.

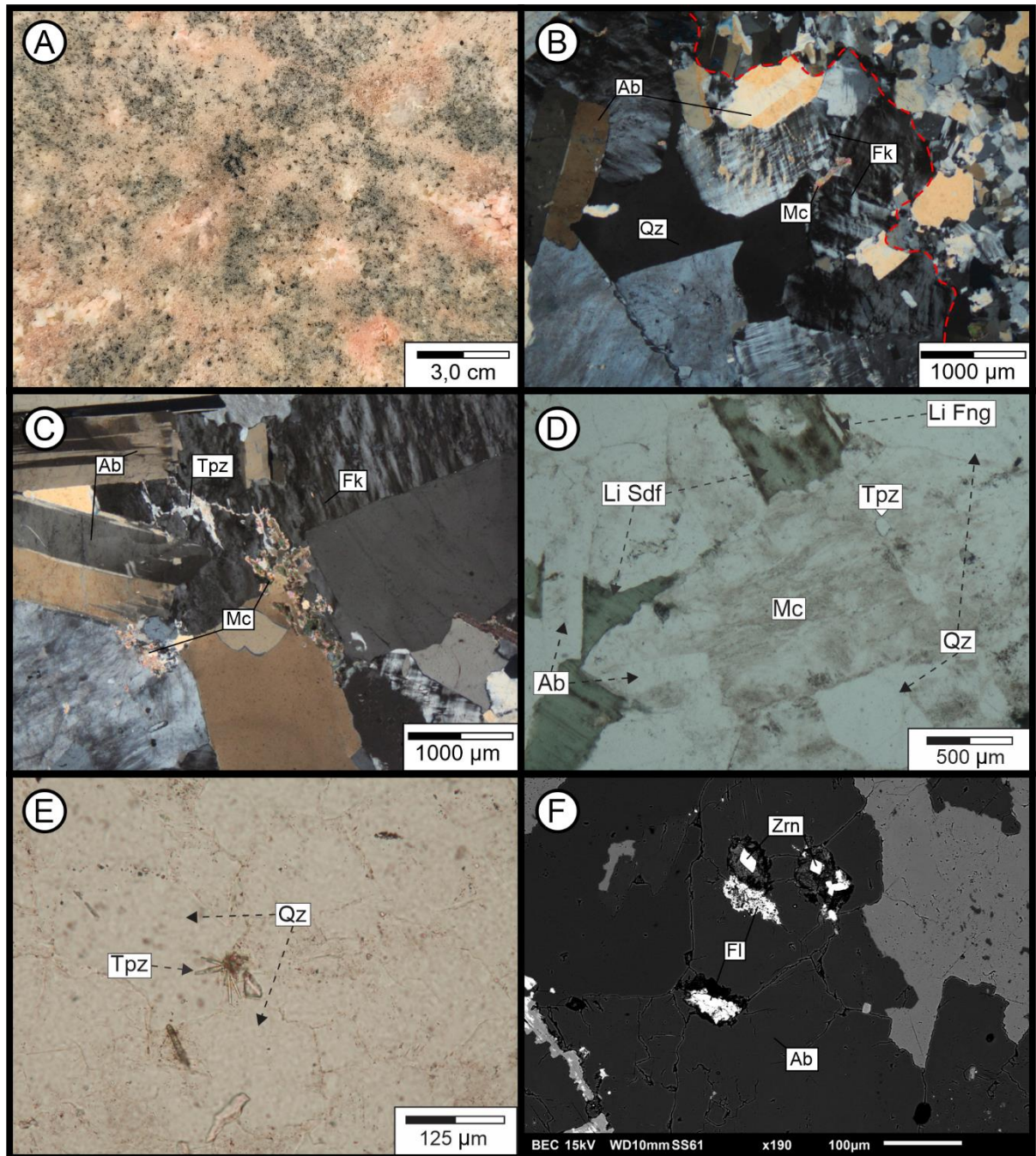


Figura 23. A) Aspecto macroscópico do Li-Fe mica-topázio álcali-feldspato granito miarolítico. B) Cavidade miarolítica preenchida por microclínio pertítico, quartzo e albita. Notar fácies euédricas de microclínio no interior da cavidade. C) Venulas de topázio e mica muito finas cortam microclínio em cavidade miarolítica. D) Miárola composto de microclínio turvo com inclusão de topázio anédrico, albita tabular, quartzo e Li-siderofilita. E) Agregado radial de cristais de topázio muito fino inclusos em quartzo anédrico da matriz. F) Cristais de zircão euédrico com halos de alteração em albita. Agregados de fluorita desenvolvidas sob cristal de albita.

Capítulo 6 – LITOGEOQUÍMICA

6.1. GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL

6.1.1. Elementos Maiores

As análises químicas para as rochas graníticas da mina Bom Futuro e algumas relações elementares são apresentadas nas Tabela 4 e Tabela 5 e foram inicialmente trabalhadas por Foster (2016) e Ciotta (2019). No geral, os granitoides apresentam altas concentrações de SiO_2 (70,96-77,58%), Al_2O_3 (12,05-17,49%), Na_2O (4,02-7,52%), variações de K_2O (1,08-7,48%) e baixa quantidade de Fe_2O_t (0,18-2,47%), MgO (0,01-0,16%), CaO (0,07-1,09%), P_2O_5 (0,01-0,06%) e TiO_2 (0,01-0,13%). Por conta disso, foram inicialmente comparados aos granitos pobres em Ca de Turekian & Wedepohl (1961) (CIOTTA, 2019), tipicamente mais evoluídos do que a média crustal. As fácies graníticas com topázio se assemelham ao subtipo de baixo-P de topázio granitos descritos por Taylor (1992) e London (1992).

O topázio riólito pórfiro e topázio granito pórfiro do morro Bom Futuro apresentam maiores concentrações de Al_2O_3 e Na_2O e menores de SiO_2 , quando comparados aos granitos do maciço Palanqueta, que indicam caráter mais evoluído destes. No geral, a concentração de SiO_2 varia pouco entre as diferentes fácies graníticas presentes na mina Bom Futuro, e apresenta baixa correlação com os demais elementos maiores e traços, com exceção de Al_2O_3 e álcalis (Figura 24A e B).

Segundo o índice molar de alumina-saturação, variam de metaluminosos a, predominantemente, peraluminosos ($A/\text{CNK} = 0,83\text{-}1,46$; Figura 24C) e plotam no campos dos granitos tipo-A de Whalen et al. (1987; Figura 24D) e intraplaca de Pearce et al. (1984; Figura 24E e F).

6.1.2. Elementos Menores e Traços

Os elementos menores e traços são essenciais na distinção e classificação das rochas graníticas da mina Bom Futuro devido ao caráter fortemente evoluído dessas rochas, o que implica em uma relativa homogeneidade dos elementos maiores.

Tabela 4. Resultados das análises químicas das fácies graníticas da mina Bom Futuro.

Amostras	Topázio granito pórfiro BF					Morro Bom Futuro						
	BF - 16B	BF - 24A	BF - 28A	BF - 47A	BF - 159	BF - 16E	BF - 23A	BF - 23B	BF - 28B	BF - 34B	BF - 48A	BF - 112
SiO ₂	71.97	71.34	71.76	71.98	71.26	74.22	74.38	74.5	74	72.48	73.08	74.15
TiO ₂	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.04	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01
Al ₂ O ₃	16.51	17.27	16.45	15.99	16.82	15.18	15.28	15.7	15.62	15.92	15.41	15.67
FeOT	0.27	0.48	0.45	0.51	0.6	0.35	0.51	0.21	1.28	1.61	1.43	0.47
MnO	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0	0.03	0.03	0.04	0.02
MgO	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.16	0.16	0.1	0.01	0.06	0.05	0.03
CaO	0.39	0.07	0.27	0.22	0.4	0.32	0.15	0.28	0.08	0.63	1.09	0.07
Na ₂ O	5.59	5.47	6.77	6.84	6.33	4.72	4.69	6.81	4.09	5.76	6.82	7.52
K ₂ O	4.68	4.53	3.79	3.57	3.93	3.69	3.97	1.08	3.51	3.02	1.72	1.8
P ₂ O ₅	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.03	0.03	0.03	0.04	0.01	0.05	0.04
U	7	14	13	20	5.2	15	10	10	4.26	11	8.46	11.84
Th	21	43	5	12	22.5	9	8	17	12.5	19	16.8	10.5
Hf	4	17	3	2	-	3	4	20	-	15	-	-
Zr	26	69	16	15	7	28	16	74	4	53	47	20
Y	32	64	13	4	21	134	43	53	15	11	42	15
Rb	1280	988	960	920	1162.9	1060	1247	151	966	1188	723	443
Sr	75	42	62	19	61.5	46	25	19	79	22	37	16
Ba	82	406	53	40	39.8	65	67	74	183	204	103	144
Ga	100	162	102	100	80.1	117	114	97	75	98	91	103
Ta	118	251	89	65	-	340	240	187	-	262	-	-
Nb	57	80	59	59	47.7	130	89	33	71	80	62	113
Sn	23	58	71	23	20	85	127	17	<20	83	<20	<20
Cs	1.2	1.3	0.7	0.7	-	1.4	1.4	0.4	-	2.8	-	-
La	23.9	27.1	3.8	5	6	40.5	9.4	13.2	9.9	3.9	3	1
Ce	33.3	41	11.4	14.8	3	39.4	23.2	27.3	18	14.8	15	19
Pr	8.83	12.5	1.3	1.54	1.46	14.76	4.75	6.04	2.67	2.12	1.85	3.17
Nd	39.5	52.6	4.3	3.8	4.3	69.8	20.1	25.9	5.9	6.2	4.5	11.3
Sm	9	12.1	1.7	0.8	0.9	16.8	6.6	6.46	1	1.4	1.2	2.5
Eu	1.03	1.85	0.29	0.05	0.05	2.58	0.79	1.08	0.05	0.27	0.21	0.25
Gd	6.76	12.5	2.22	0.59	0.71	19.87	6.22	8.05	0.56	1.52	1.75	2.54
Tb	1.19	1.98	0.39	0.13	0.14	3.41	1.21	1.4	0.05	0.33	0.41	0.41
Dy	5.56	11.1	2.33	1.03	1.28	16.4	5.81	8.05	0.56	1.77	3.59	2.84
Ho	1.28	2.26	0.54	0.18	0.21	4.19	1.32	1.4	0.06	0.42	0.7	0.53
Er	3.78	6.95	1.81	0.72	0.96	12.26	4.38	8.25	0.33	1.45	2.38	1.78
Tm	0.61	1.11	0.35	0.21	0.88	1.76	0.71	0.84	0.71	0.34	1.33	0.89
Yb	4.11	8.2	3	2.51	2.1	12.96	5.52	6.27	0.7	3.09	4.1	2.4
Lu	0.64	1.27	0.46	0.37	0.28	2.12	0.95	0.99	0.07	0.55	0.53	0.34
Σ ETR	139.49	192.52	33.89	31.73	22.27	256.81	90.96	115.23	40.56	38.16	40.55	48.95

Continuação Tabela 4.

Amostras	Biotita granito BF-42	Topázio granito Inequigranular Seriado			Maciço Palanqueta Topázio granito Pórfiro I					Topázio granito pórfiro II		Topázio granito miarolítico		
		BF-126	BF-43	PP-23	BF-18	BF-52A	BF-99	BF-102	BF-74	BF-19	BF-98	BF-52E	BF-81	PP-28
SiO2	72.27	76.04	75.77	75.56	76.98	76.82	76.44	77.58	76.22	74.54	74.66	74.91	75.00	75.02
TiO2	0.13	0.03	0.02	0.04	0.05	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.04
Al2O3	14.02	13.29	13.71	13.31	13.51	13.12	13.26	12.05	12.97	15.24	15.00	13.76	13.34	13.82
FeOT	2.47	0.82	1.00	0.59	0.53	0.49	1.12	0.93	1.00	0.18	0.65	1.08	0.98	0.62
MnO	0.05	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01
MgO	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
CaO	0.70	0.21	0.09	0.30	0.23	0.25	0.12	0.34	0.50	0.13	0.17	0.41	0.40	0.41
Na2O	4.72	4.56	4.51	5.10	4.50	5.01	4.02	4.39	4.67	5.70	5.88	4.54	4.67	5.30
K2O	4.86	7.48	4.44	4.69	4.06	3.97	4.21	4.10	4.04	3.73	3.05	4.87	5.23	4.44
P2O5	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
U	14	11.4	9.9	13.2	15	9	8.1	12.1	18	4.46	5.4	9.6	8.1	8.2
Th	52.3	25.6	32.4	26.5	21	23	20.7	30	32	9.69	12.7	27.1	23.9	29.7
Hf	12.2	7.5	7	7.3	9	11	7	7.8	8.7	2.8	4.4	11.2	10.9	10.2
Zr	257.7	82.3	69.2	96.6	69	83	66.5	81.5	77	19	32.9	90.9	78.8	96.3
Y	163.5	35.1	41.4	76.7	80	56	53.5	106.1	229	10.3	54.3	183.1	245	130.2
Rb	383.5	417.6	629.7	396.3	513	334.2	462.6	380	534.5	408	321.7	377.2	457.9	379
Sr	17.4	6	1.9	8.4	4	2	2.7	3.9	9	5	4.3	2.1	2.4	1.9
Ba	73.9	21	3.9	25	12	2.3	16	9	15.7	15	9	4	1	3
Ga	33	37	42	35.5	40	43.1	37.1	35.5	43.8	47	47.6	41.7	43.4	36.9
Ta	7.9	26.4	29.9	18.4	26	22	27.4	24.8	46	60.3	39.7	22.5	21.9	12.3
Nb	79	84.7	83.6	55.5	42	50.7	45.7	49.7	55.3	54.6	77.3	54	45.3	32.5
Sn	12	8	12	5	10	2	25	10	13	9	9	3	7	8
Cs	1.6	0.8	1.4	0.8	1.4	0.4	1.4	1	1.2	0.7	0.5	0.4	0.5	0.8
La	60.3	13.2	22.6	20.8	6.5	5.3	8	17.4	29	4.56	19.4	16	28.5	13.9
Ce	119	31.9	37.2	51.9	11.6	15.5	13.6	43	72.5	8.86	15.8	44.2	64.8	38.9
Pr	13.8	3.94	6.53	5.88	1.6	1.89	1.43	5.07	8.5	0.81	4.78	6.51	11.19	4.86
Nd	52.8	13	23.6	21.9	5.8	6.9	4.9	19	31.8	2.54	16	27.6	46.7	19.9
Sm	10.3	3.29	5.5	5.67	2.1	2.7	1.16	5.76	11.3	0.67	3.76	9.89	17.34	7.24
Eu	0.55	0.1	0.11	0.11	0.09	0.07	0.07	0.08	0.17	0.04	0.11	0.06	0.1	0.07
Gd	12	3.34	4.08	6.07	2.95	3.1	1.79	6.22	13.65	0.82	3.91	12.26	20.12	9.22
Tb	2.69	0.84	0.92	1.46	1.06	0.95	0.69	1.56	3.6	0.29	1.01	3.02	4.93	2.28
Dy	18.51	6.27	5.91	10.56	8.44	7.9	6.88	12.2	25.2	2.25	7.13	20.98	33.49	15.26
Ho	4.49	1.4	1.4	2.4	2.6	1.96	1.83	3.04	5.97	0.51	1.59	4.85	7.22	4.15
Er	16.9	5.29	5.01	8.91	11.21	8.01	7.52	12.01	22.25	2.17	5.7	16.69	25.05	13.62
Tm	3.16	1.18	1.09	1.75	2.2	1.81	1.68	2.6	4.5	0.48	1.19	3.21	4.96	2.66
Yb	24.73	8.72	0.85	13.72	18.33	13.76	12.87	20.55	33.07	4.18	8.57	22.87	36.53	19.86
Lu	3.53	1.3	1.47	2.1	2.88	1.96	1.93	3.15	4.92	0.64	1.26	3.39	5.2	3.05
Σ ETR	342.76	93.77	116.27	153.23	77.36	71.81	64.35	151.64	266.43	28.82	90.21	191.53	306.13	154.97

Tabela 5. Relações elementares calculadas para as rochas graníticas da mina Bom Futuro.

	Morro Bom Futuro													
	Topázio granito pórfiro BF					Topázio riolito pórfiro								
Amostras	BF - 16B	BF - 24A	BF - 28A	BF - 47A	BF - 159	BF - 16E	BF - 23A	BF - 23B	BF - 28B	BF - 34B	BF - 48A	BF - 112		
A/CNK	1.10	1.23	1.05	1.03	1.09	1.23	1.24	1.22	1.46	1.15	1.02	1.08		
A/NK	1.16	1.24	1.08	1.06	1.15	1.29	1.27	1.27	1.48	1.25	1.18	1.09		
Fe2O3/ (Fe2O3+MgO)	0.77	0.87	0.87	0.88	0.90	0.69	0.76	0.68	0.99	0.96	0.97	0.94		
K/Rb	30.35	38.06	32.77	32.21	28.05	28.90	26.43	59.37	30.16	21.10	19.75	33.73		
Rb/Sr	17.07	23.52	15.48	48.42	18.91	23.04	49.88	7.95	12.23	54.00	19.54	27.69		
Zr/Hf	6.50	4.06	5.33	7.50	-	9.33	4.00	3.70	-	3.53	-	-		
Nb/Ta	0.48	0.32	0.66	0.91	-	0.38	0.37	0.18	-	0.31	-	-		
Eu/Eu*	0.40	0.46	0.46	0.22	0.19	0.43	0.38	0.46	0.20	0.57	0.44	0.30		
(La/Yb)n	3.92	2.23	0.85	1.34	1.93	2.11	1.15	1.42	9.54	0.85	0.49	0.28		
Y/Ho	25.00	28.32	24.07	22.22	100.00	31.98	32.58	37.86	250.00	26.19	60.00	28.30		
t1	0.77	0.82	1.31	1.50	0.57	0.62	1.05	0.95	1.25	1.56	1.97	3.17		
t3	0.97	0.97	0.96	1.24	1.21	0.90	1.02	1.10	1.01	1.06	1.21	1.03		
TE1,3	0.86	0.90	1.12	1.37	0.83	0.75	1.04	1.03	1.12	1.29	1.54	1.80		
Ce/Ce*	0.55	0.54	1.23	1.28	0.24	0.39	0.84	0.74	0.84	1.24	1.53	2.57		
	Maciço Palanqueta													
	Biotita granito	Topázio granito Inequigranular Seriado			Topázio granito pórfiro I					Topázio granito pórfiro II		Topázio granito miarolítico		
Amostras	BF-42	BF-126	BF-43	PP-23	BF-18	BF-52A	BF-99	BF-102	BF-74	BF-19	BF-98	BF-52E	BF-81	PP-28
A/CNK	0.98	0.83	1.11	0.95	1.11	1.01	1.16	0.98	1.00	1.12	1.13	1.02	0.95	0.97
A/NK	1.08	0.85	1.12	0.99	1.15	1.05	1.19	1.03	1.08	1.14	1.16	1.08	1.00	1.02
Fe2O3/ (Fe2O3+MgO)	0.99	0.99	0.99	0.97	0.96	0.96	0.99	0.99	0.99	0.95	0.98	0.98	0.98	0.98
K/Rb	105.20	148.69	58.53	98.24	65.70	98.61	75.55	89.57	62.75	75.89	78.70	107.18	94.82	97.25
Rb/Sr	22.04	69.60	331.42	47.18	128.25	167.10	171.33	97.44	59.39	81.60	74.81	179.62	190.79	199.47
Zr/Hf	21.12	10.97	9.89	13.23	7.67	7.55	9.50	10.45	8.85	6.79	7.48	8.12	7.23	9.44
Nb/Ta	10.00	3.21	2.80	3.02	1.62	2.30	1.67	2.00	1.20	0.91	1.95	2.40	2.07	2.64
Eu/Eu*	0.15	0.09	0.07	0.06	0.11	0.07	0.15	0.04	0.04	0.17	0.09	0.02	0.02	0.03
(La/Yb)n	1.64	1.02	17.93	1.02	0.24	0.26	0.42	0.57	0.59	0.74	1.53	0.47	0.53	0.47
Y/Ho	36.41	25.07	29.57	31.96	30.77	28.57	29.23	34.90	38.36	20.20	34.15	37.75	33.93	31.37
t1	0.99	1.18	0.93	1.12	0.96	1.23	0.97	1.12	1.12	1.08	0.68	1.11	1.01	1.14
t3	1.06	1.17	1.08	1.14	1.19	1.23	1.33	1.11	1.16	1.38	1.19	1.14	1.18	1.05
TE1,3	1.02	1.17	1.00	1.13	1.07	1.23	1.13	1.11	1.14	1.22	0.90	1.12	1.09	1.09
Ce/Ce*	0.99	1.06	0.74	1.13	0.87	1.18	0.97	1.10	1.11	1.11	0.39	1.04	0.87	1.14

Parâmetros como K/Rb, Zr/Hf, Nb/Ta e Y/Ho são importantes indicadores de fracionamento magmático e são utilizadas para a delimitação do estágio de transição entre sistemas magmáticos-hidrotermais (BAU, 1996, 1997; DOSTAL e CHATTERJEE, 2000; BALLOUARD et al., 2016). Como indicado na Tabela 5 e Figura 25, as rochas graníticas da mina Bom Futuro apresentam baixas razões K/Rb (<150), Zr/Hf (<<25) e Nb/Ta (<5), o que corrobora o caráter fortemente evoluído dos magmas que os formaram (Figura 25A).

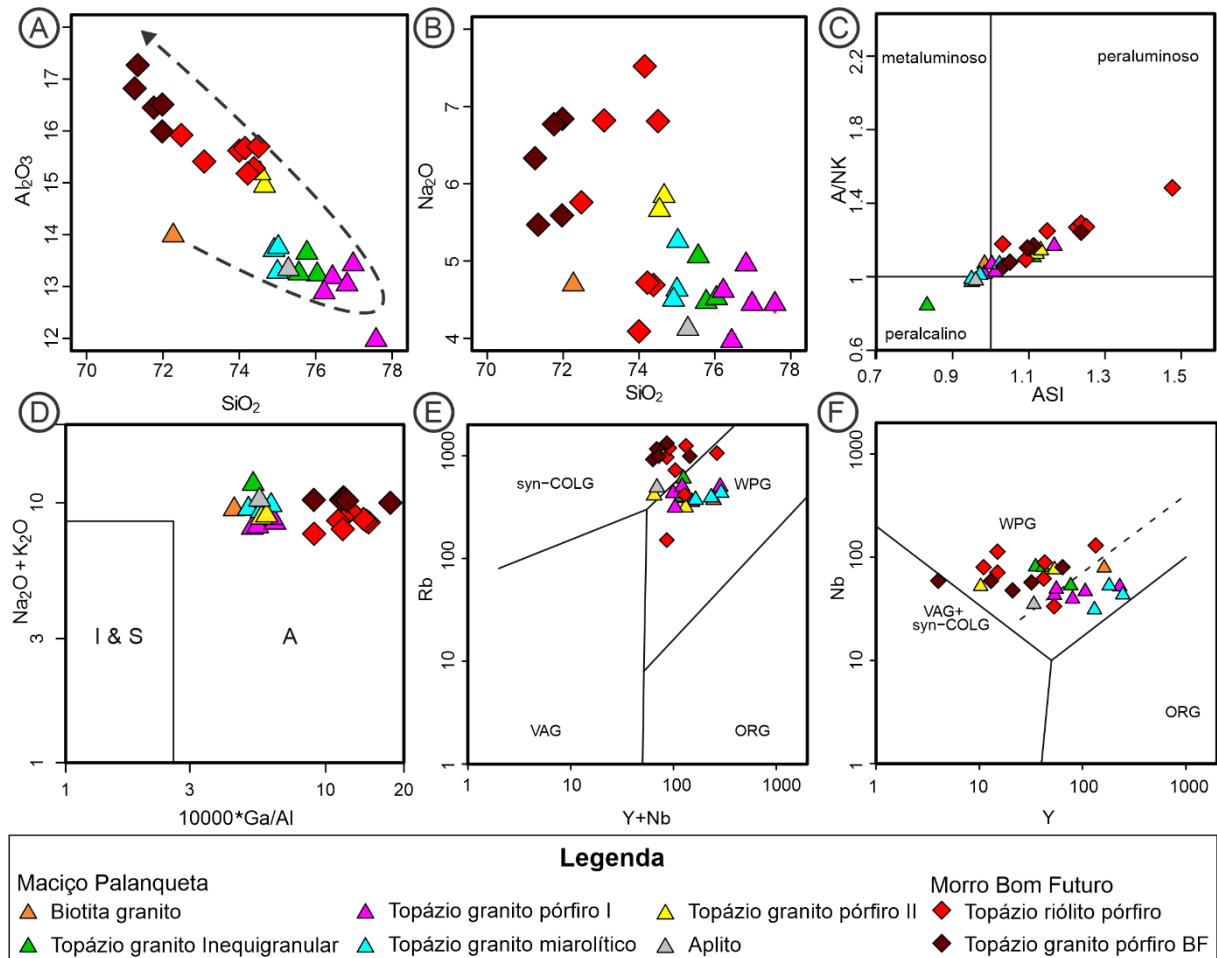


Figura 24. Diagramas de A) Al_2O_3 vs SiO_2 ; B) Na_2O vs SiO_2 ; C) alumina-saturação (A/NK vs A/CNK); D) classificação de Whalen et al. (1987); E) e F) classificação tectônica de granitoides de Pearce et al. (1984).

A correlação das razões Nb/Ta vs Zr/Hf os coloca no campo dos granitos associados a mineralizações de Ta-Cs-Li-Nb-Be-Sn-W, com exceção da fácies biotita granito do maciço Palanqueta (Figura 25B). Segundo esses parâmetros, o biotita granito representa a unidade granítica menos evoluída aflorante na área, mas ainda se enquadra no grupo fortemente evoluído e com alto grau de diferenciação (Figura 27A). Em contrapartida, o topázio riólito pórfiro e topázio granito pórfiro do morro Bom Futuro apresentam as características mais evoluídas, com razões exacerbadamente baixas de K/Rb (19-60), Zr/Hf (3,5-9,5) e Nb/Ta (0,18-0,91).

Segundo o diagrama de Zaraisky et al. (2009; Figura 25C), as rochas graníticas da mina Bom Futuro plotam próximo ao extremo evolutivo, com características compatíveis com Li-F granitos e granitos associados a depósitos de Sn-W-Be do tipo greisen.

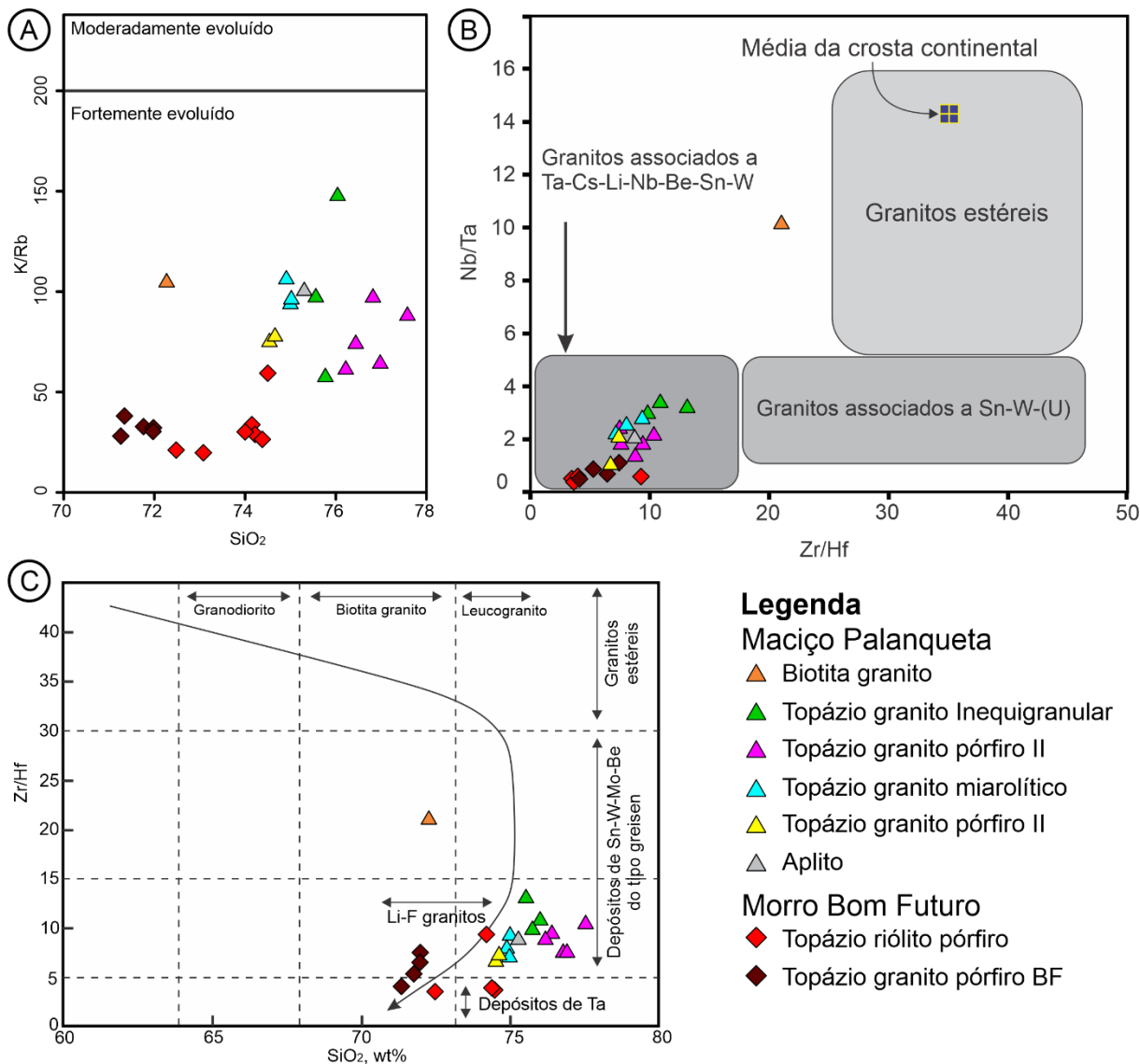


Figura 25. Diagramas de A) K/Rb vs SiO_2 , de Blevin (2004), B) Nb/Ta vs Zr/Hf, com campos delimitados por Ballouard et al. (2016), e C) Zr/Hf vs SiO_2 para os granitoides da mina Bom Futuro. Os limites definidos na figura C foram extraídos de Zaraisky et al. (2009) e foram inicialmente utilizados para granitos pós-orogênicos com afinidade cálcio-alkalina.

A razão Y/Ho das rochas estudadas não apresenta boa correlação com os demais parâmetros evolutivos utilizados, o que sugere a atuação de algum processo distinto em estágios hidrotermais, responsável por alterar o fracionamento desses elementos. Os granitos do maciço Palanqueta apresentam razões Y/Ho predominantemente superiores a 28, com raras exceções. No entanto, os pórfiros graníticos do morro Bom Futuro não apresentam comportamento regular dessa razão, com *outliers* atingindo razões de até 250.

Em diagramas multi-elementares (Figura 26), os granitoides da mina Bom Futuro apresentam baixas concentrações de Ba, Sr e Tl. Comparados aos granitos do maciço Palanqueta, o topázio riólito pórfiro e topázio granito pórfiro do morro Bom Futuro apresentam, no geral, maiores concentrações de Rb, Sr, Ba, Ga, Ta, Sn e Zn, e menores de Zr e Y. A concentração de Cs nessas rochas é muito baixa (0,4-2,8 ppm), o que não é comum em topázio granitos e topázio riólitos ao redor do mundo (ex: 9-12 ppm nos stocks de Artjärvi e Sääskjärvi, LUKKARI, 2002; 10-24 ppm no stock Kymi, HAAPALA & LUKKARI, 2005; 46–198 ppm em ongonitos e 9.8 ppm no pluton Ongon Khairkhan, DOSTAL et al., 2015).

No diagrama ternário Rb–Ba–Sr, os granitoides plotam no campo dos granitos altamente fracionados (Figura 27A) e apresentam evidente deslocamento em direção ao eixo da albita no diagrama haplogranítico Albita-Ortoclásio-Quartzo, com concentrações de flúor no ternário mínimo saturado em água (MANNING, 1982; Figura 27B).

Embora sua aplicação seja sensível à uma grande quantidade de variáveis (ex. pressão litostática, concentrações de CO₂ e B, pressão de H₂O etc.), o diagrama Ab-Or-Q sugere um enriquecimento relativo de flúor no magma que originou os granitoides da mina Bom Futuro, com destaque à acentuada concentração sugerida para os topázio granito pórfiro do morro Bom Futuro.

A temperatura de saturação de zircão foi calculada segundo os parâmetros de Watson & Harrison (1983) e são apresentadas na Tabela 6. As temperaturas médias indicam valores decrescentes das fácies menos evoluídas para a mais evoluída do maciço Palanqueta, de biotita granito a topázio granito pórfiro II (820,0 a 652,0 °C, respectivamente). O topázio riólito pórfiro e topázio granito pórfiro do morro Bom Futuro apresentam variações drásticas entre as amostras, o que inviabiliza sua utilização. Essa grande variação pode estar associada às maiores concentrações de flúor nestas rochas (ver Figura 27B). As concentrações elevadas de flúor no sistema granítico da mina Bom Futuro possibilitam as temperaturas muito baixas estimadas para as fácies mais evoluídas (TAYLOR & FALLICK, 1997).

Apesar disso, o cálculo da temperatura a partir da saturação de zircão apresenta algumas limitações (MILLER et al., 2003). Segundo Keppler (1993) a presença de flúor no magma é um desses fatores, pois suprime a cristalização de zircão. Sendo assim, as estimativas de temperatura a partir desses parâmetros, apesar de auxiliar, pode levar a interpretações equivocadas quando as condições específicas do magma.

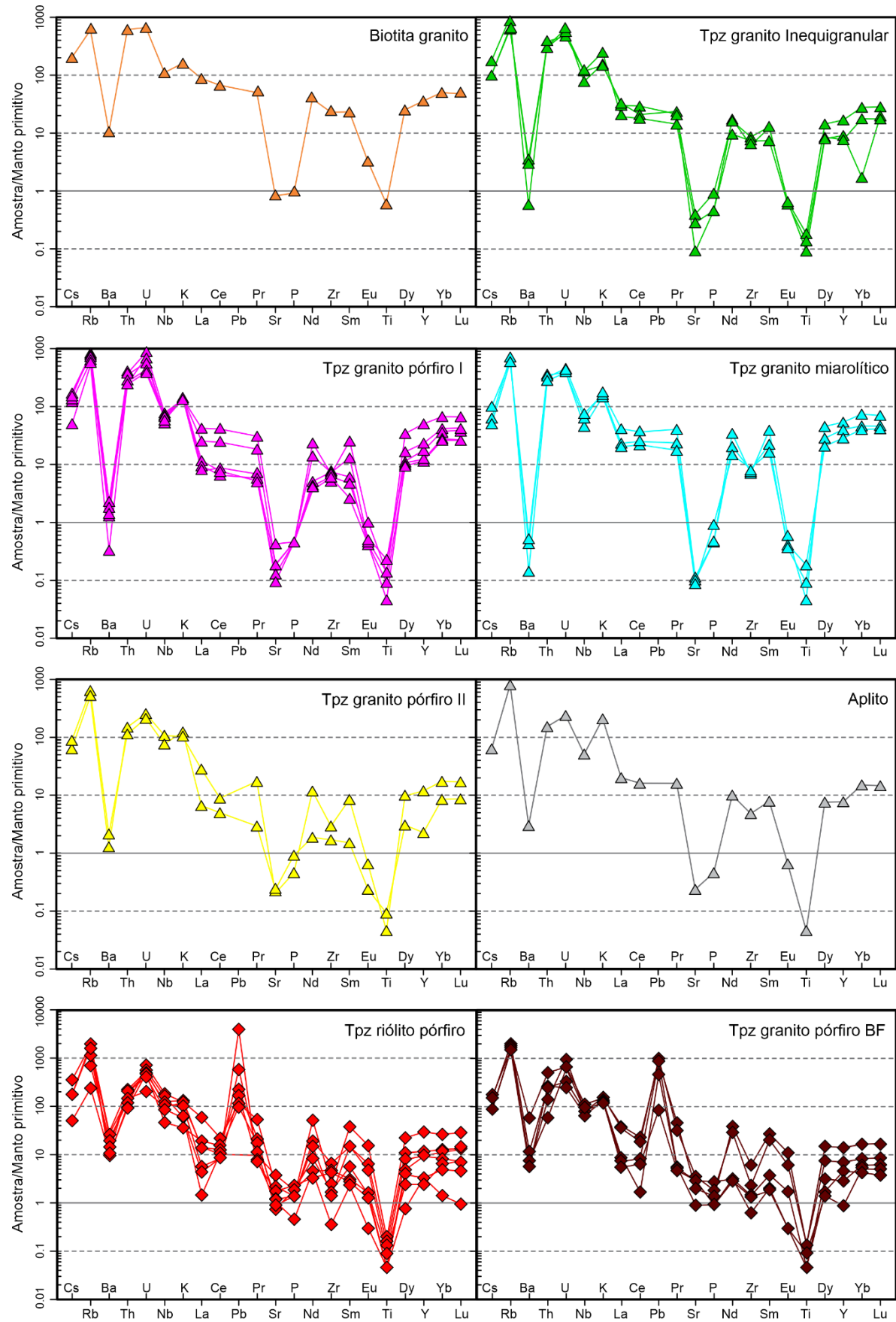


Figura 26. Diagrama multi-elementar de elementos traços, normalizados pelo manto primitivo de McDonough & Sun (1995), das diferentes rochas graníticas da mina Bom Futuro.

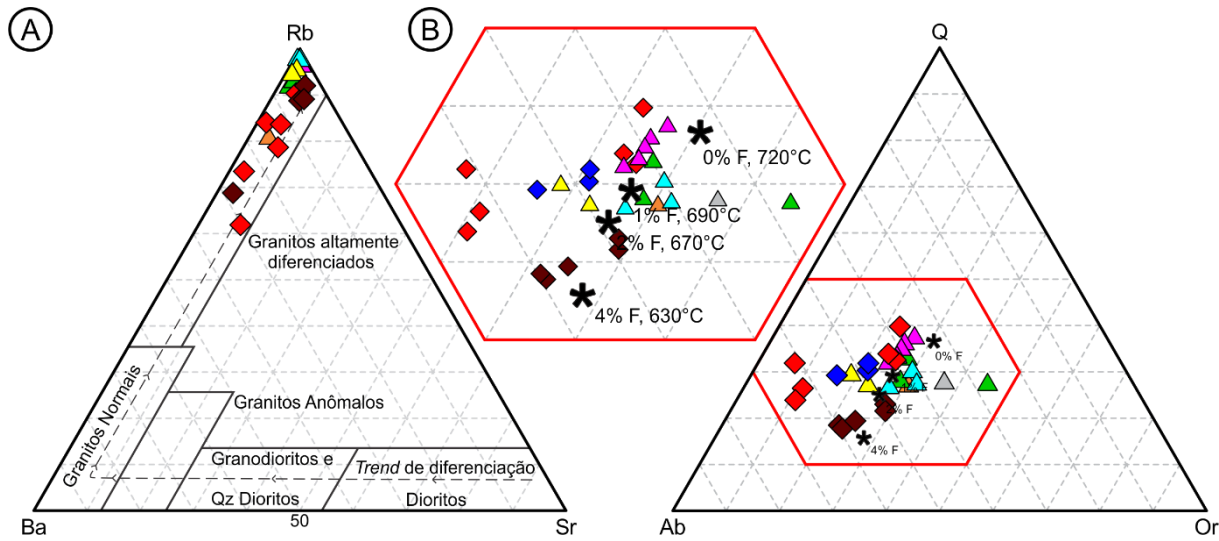


Figura 27. A) Classificação do grau de diferenciação com base nos diagramas ternário Rb-Ba-Sr de Bouseily e Sokkary (1975). B) Diagrama ternário normativo Ab-Or-Q, saturado em água, com 1, 2 e 4% F (*) e respectivas temperaturas mínimas (MANNING, 1982). Área em vermelho é destacada ao lado. Legenda igual às figuras precedentes.

Tabela 6. Temperatura de saturação de Zircão (°C) calculadas segundo Watson & Harrison (1983) para as rochas graníticas da mina Bom Futuro.

	Unidade	T zircão	T zircão (média)		Unidade	T zircão	T zircão (média)
Maciço Palanqueta	Biotita granito (n=1)	820.0	820.0	Maciço Palanqueta	Tpz granito Pórfiro II (n=2)	633,2 - 670,7	652.0
	Tpz granito Inequigranular (n=3)	707,8 - 736,5	723.2	Morro Bom Futuro	Tpz riólito pórfiro (n=7)	558,4 - 736,5	659.0
	Tpz granito Pórfiro I (n=5)	725,4 - 732,3	728.4		Tpz granito pórfiro BF (n=5)	569,1 - 727,9	634.1
	Tpz granito Miarolítico (n=3)	720,0 - 738,3	731.9		n = número de amostras		

6.1.3. Elementos Terras Raras (ETR)

As concentrações dos elementos terra raras (ETRs) nas rochas graníticas da mina Bom Futuro são variáveis (Figura 28). No geral, em relação ao condrito de Boynton (1984), apresentam baixos conteúdos de ETRs com padrão relativamente horizontalizado e anomalias negativas de Eu. Das diferentes fácies do maciço Palanqueta, o biotita granito apresenta as maiores quantidades de ETRs (~343 ppm), com razão $(La/Yb)_n = 1,64$ e $Eu/Eu^* = 0,15$, enquanto o topázio granito pórfiro II contém as menores (29 – 90 ppm), com $(La/Yb)_n = 0,74$ a $1,53$ e $Eu/Eu^* = 0,09$ a $0,17$. Esse *trend* de diminuição da quantidade total de ETRs entre as fácies menos evoluídas à mais evoluída (biotita granito ao topázio granito pórfiro II), a relação entre ETRL e ETRP e as anomalias negativas de európio são comuns em sistemas graníticos crustais, altamente fracionados e peraluminosos (MILLER & MITTLEFEHLDT, 1982; GELMAN et

al., 2014), e refletem a cristalização e separação de minerais como feldspatos, zircão, monazita, xenotímio etc. Nas fácies topázio granito pórfiro II e miarolítico, nota-se uma inversão na proporção relativa entre os ETRs, enriquecimento relativo de ETRP sobre ETRL.

No topázio riólito pórfiro e topázio granito pórfiro do morro Bom Futuro, o padrão de distribuição dos ETRs é menos homogêneo. As concentrações totais variam em ordens de até 10 vezes entre as diferentes amostras e as anomalias negativas de Eu são menos intensas. Ambas as litologias apresentam relativo enriquecimento em ETRL sobre ETRP. A escassez de zircão e monazita, corroboradas pelas mais variadas e menores concentrações de Zr e P, quando comparados às fácies graníticas do maciço Palanqueta, pode justificar o comportamento anômalo na totalidade de ETRs de algumas amostras do morro Bom Futuro.

Outra inconstância nas rochas graníticas da mina Bom Futuro é a presença do efeito tétrade nos ETRs, calculado de acordo com Irber (1999; ver Tabela 5). Segundo Irber (1999), para redução de incertezas analíticas e do próprio método, apenas rochas com $TE_{1,3} > 1,1$ apresentam efeito tétrade real. Todas as litologias estudadas apresentaram valores superiores a 1,1, porém, algumas amostras não alcançam tal métrica, principalmente nos diques do morro Bom Futuro, o que sugere que os processos responsáveis pelo padrão de complexação dos ETRs em estágios magmáticos/hidrotermais (ex. cristalização de fluoretos) tardios afetou as rochas de forma heterogênea.

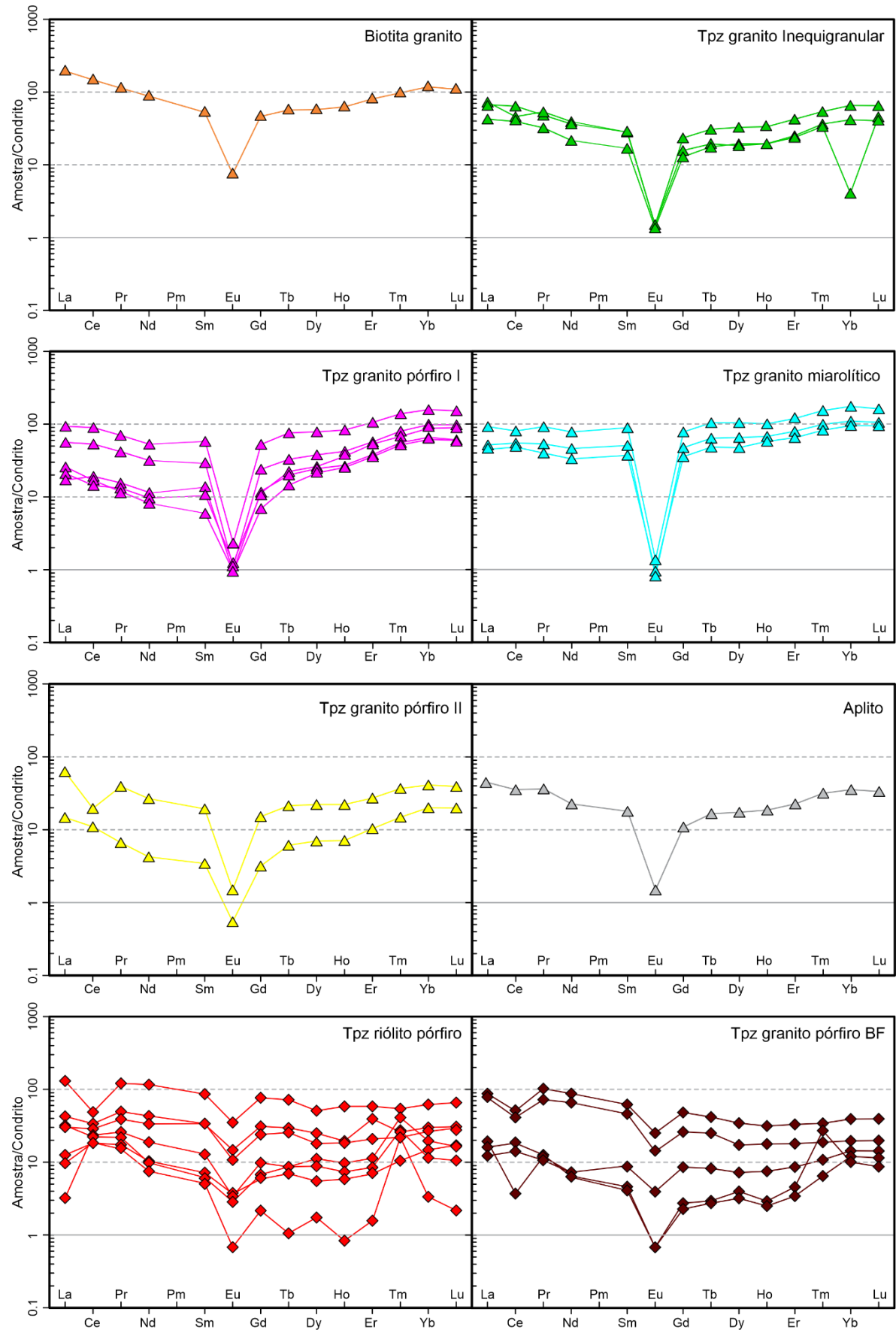


Figura 28. Padrões de abundância dos elementos terras raras nas diferentes rochas graníticas da mina Bom Futuro. Os valores apresentados foram normalizados pelo condrito de Boynton (1984).

Capítulo 7 – GEOQUÍMICA ISOTÓPICA

Neste capítulo serão apresentados os resultados de estudos isotópicos Sm/Nd em rocha total e U/Pb em zircão (SHRIMP).

7.1.U/Pb SHRIMP

Foram selecionadas amostras representativas das fácies biotita granito e topázio granito pórfiro II, do morro Palanqueta, porém, apenas a primeira apresentou as condições necessárias para datação U/Pb via microsonda iônica de alta resolução (SHRIMP) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP). Os cristais de zircão selecionados são euédricos e subédricos, prismáticos, com eixo longitudinal de 200 a 800 μm e razões axiais variando de 2:1 a 7:1. Os zircões têm bandamentos concêntricos e oscilatórios, com fraturas e, em alguns casos, bandas internas corroídas e porções metamitizadas (Figura 29).

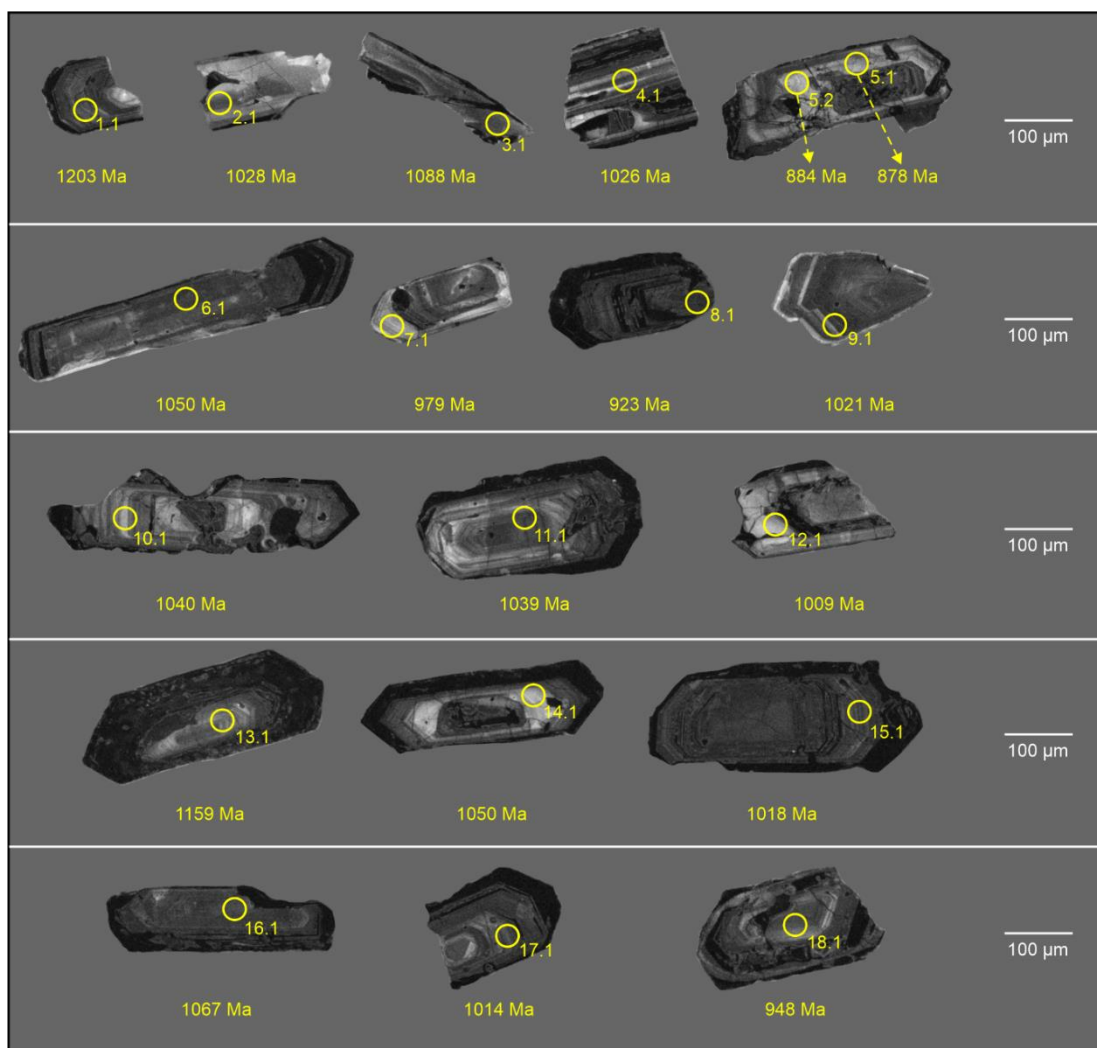


Figura 29. Imagem de catodoluminescência de cristais de zircão do biotita granito do morro Palanqueta (PP-96).

Os resultados das análises isotópicas U-Pb SHRIMP em dezoito cristais diferentes de zircão estão expostos na Tabela 7. Os teores de U e de Th são muito variáveis, com valores entre 120-2597 ppm e 75-3050 ppm, respectivamente. As razões $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ são baixas (0,6 a 3,2), com exceção do ponto 1.1, no qual esse valor é de 8,0. Essas características indicam uma natureza ígnea para os zircões e apontam uma idade concordante de 1026 ± 11 Ma, ao se considerar cinco resultados em cinco cristais diferentes (Figura 30). Essa idade é interpretada como a idade de cristalização do biotita granito.

Tabela 7. Dados geocronológicos U/Pb obtidos em cristais de zircão da amostra PP-96 por SHRIMP.

Número de análise	$^{206}\text{Pb}_c$	U	Th	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_{\text{Rad}}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}_*$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	erro	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}_*$	Discordância
	(%)	(ppm)	(ppm)	(1s erro %)	(ppm)	(1s erro %)	(1s error %)	(1s erro %)	corr.	(Ma 1s erro)	(Ma 1s erro)	(%)
Biotita álcali-feldspato granito equigranular de grão médio (PP-96)										Idade concórdia: 1.026 ± 11 Ma		
1.1	10,34	392	3050	8,04 [0,48]	47	0,0802 [12,7]	1,56 [12,8]	0,141 [1,9]	0,15	851 ± 15	1203 ± 250	31
2.1	0,50	120	75	0,65 [0,60]	18	0,0735 [1,6]	1,73 [2,4]	0,171 [1,9]	0,76	1018 ± 18	1028 ± 32	1
3.1	8,76	2597	2401	0,95 [6,28]	410	0,0757 [5,3]	1,92 [5,8]	0,184 [2,3]	0,40	1087 ± 23	1088 ± 106	0
4.1	7,00	270	846	3,24 [0,45]	26	0,0734 [7,0]	1,15 [7,2]	0,114 [1,9]	0,26	696 ± 12	1026 ± 141	34
5.1	3,29	243	344	1,46 [0,54]	26	0,0683 [4,1]	1,17 [4,5]	0,124 [1,8]	0,40	755 ± 13	878 ± 86	15
5.2	6,56	159	278	1,81 [0,21]	15	0,0685 [7,5]	1,02 [7,8]	0,108 [2,2]	0,29	664 ± 14	884 ± 155	26
6.1	0,43	564	420	0,77 [0,83]	84	0,0743 [1,0]	1,77 [2,2]	0,173 [1,9]	0,88	1029 ± 18	1050 ± 21	2
7.1	5,30	296	432	1,51 [2,60]	23	0,0718 [3,7]	0,89 [5,7]	0,090 [4,3]	0,76	557 ± 23	979 ± 76	45
8.1	2,96	1194	1292	1,12 [2,64]	147	0,0698 [3,2]	1,38 [3,7]	0,144 [1,8]	0,50	865 ± 15	923 ± 66	7
9.1	0,62	307	286	0,96 [1,69]	42	0,0733 [1,3]	1,61 [2,2]	0,159 [1,8]	0,81	951 ± 16	1021 ± 26	7
10.1	3,77	222	289	1,34 [4,22]	20	0,0739 [6,7]	1,07 [7,6]	0,105 [3,7]	0,49	645 ± 23	1040 ± 134	40
11.1	0,30	525	493	0,97 [0,71]	77	0,0739 [0,6]	1,75 [1,9]	0,171 [1,8]	0,94	1020 ± 17	1039 ± 13	2
12.1	3,21	222	301	1,40 [0,81]	28	0,0728 [3,6]	1,47 [4,1]	0,146 [1,8]	0,45	880 ± 15	1009 ± 74	14
13.1	7,30	282	163	0,60 [0,91]	30	0,0785 [4,2]	1,38 [4,9]	0,128 [2,4]	0,50	774 ± 18	1159 ± 84	35
14.1	5,08	177	98	0,57 [0,56]	24	0,0743 [3,1]	1,60 [3,6]	0,156 [1,8]	0,51	993 ± 16	1050 ± 62	12
15.1	-0,09	284	214	0,57 [0,38]	57	0,0732 [0,6]	1,75 [1,9]	0,174 [1,8]	0,94	1034 ± 17	1018 ± 12	-2
16.1	1,95	460	684	1,54 [0,27]	51	0,0749 [1,1]	1,36 [2,1]	0,131 [1,8]	0,84	795 ± 13	1067 ± 23	27
17.1	0,99	359	280	0,81 [0,72]	52	0,0730 [1,2]	1,71 [2,2]	0,170 [1,9]	0,83	1011 ± 17	1014 ± 25	0
18.1	1,12	329	473	1,48 [0,92]	45	0,0707 [1,5]	1,55 [2,3]	0,159 [1,8]	0,76	952 ± 16	948 ± 31	0

Nota: 1) $^{206}\text{Pb}_c$ - comum 2) $^{206}\text{Pb}_{\text{rad}}$ - radiogênico 3) Pb^* - Pb comum corrigido com o uso do ^{204}Pb medido.

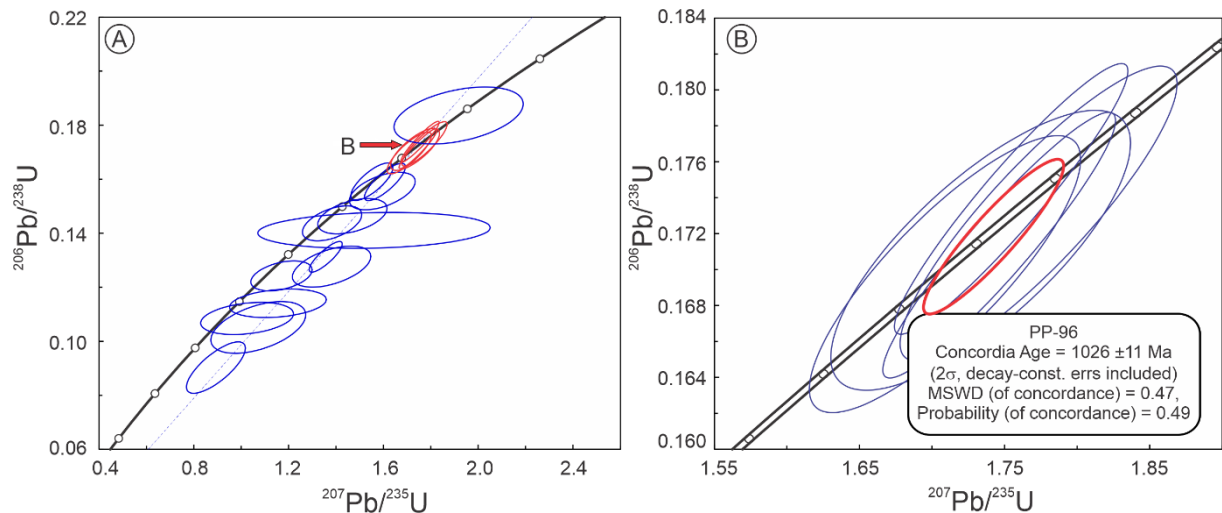


Figura 30. A) Diagrama concórdia para os dados U – Pb em cristais de zircão da amostra PP-96; B) Diagrama concórdia com as cinco amostras representativas que apontam idade concordante de 1.0266 ± 11 Ma.

7.2.ISOTOPIA Sm/Nd

Ao todo, seis amostras foram analisadas e os resultados estão apresentados na Tabela 8. A idade utilizada para cálculo do $\epsilon\text{Nd}(t)$ para o biotita granito foi de 1,03 Ga, obtida via U/Pb SHRIMP, e de 1,0 Ga para as demais amostras analisadas, estipulada a partir de datações prévias de Souza (2003) em rochas intermediárias e nas idades de pegmatitos e greisens, que sucedem as rochas graníticas.

O biotita granito do morro Palanqueta apresenta os maiores valores de Sm e Nd dentre os granitos e $\epsilon\text{Nd}(t)$ fracamente positivo (+0,82). O topázio granito inequigranular (TGI) apresenta os maiores valores $\epsilon\text{Nd}(t)$ dentre as amostras analisadas (+3,25). O topázio granito pórfiro II e topázio granito pórfiro BF apresentam concentrações muito baixas de Sm (<1,0), e $\epsilon\text{Nd}(t)$ negativos de -2,07 e -0,09, respectivamente. O topázio riólito pórfiro do morro Bom Futuro apresentou o $\epsilon\text{Nd}(t)$ mais negativo dentre as rochas graníticas com topázio (-3,68).

Tabela 8. Dados isotópicos Sm/Nd em rocha total das amostras da mina Bom Futuro

	Amostra	Fácies	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	erro (2s)	$\epsilon\text{Nd}(0)$	TDM (Ga)	Tc (Ga)	$\epsilon\text{Nd}(t)$
Morro Palanqueta	BF-42	Biotita granito	10.3	52.8	0.118001	0.512150	0.0000055	-9.52	1.55	1.03	0.82
	BF-43	Topázio Granito Inequigranular	5.5	23.6	0.140972	0.512440	0.0000060	-3.86	1.32	1.00	3.25
	BF-19	Topázio granito pórfiro II	0.67	2.54	0.159560	0.512289	0.0000091	-6.81	1.75	1.00	-2.07
Morro Bom Futuro	BF-112	Topázio riólito pórfiro	2.5	11.3	0.133827	0.512038	0.0000064	-11.70	1.87	1.00	-3.68
	BF-159	Topázio granito Pórfiro BF	0.9	4.3	0.126607	0.512175	0.0000052	-9.03	1.60	1.00	-0.09

Capítulo 8 – QUÍMICA MINERAL

Neste capítulo serão apresentados os resultados das análises de química mineral feitas com a microsonda eletrônica de feldspatos e micas. As tabelas completas são apresentadas no apêndice I. Os símbolos utilizados para representar as fácies graníticas são os mesmos da geoquímica de rocha total.

8.1.FELDSPATOS

Os feldspatos analisados foram classificados a partir das composições químicas, resultantes de 175 análises totais, distribuídas em 10 lâminas delgadas. As fórmulas estruturais foram calculadas para 32 oxigênios e são apresentadas na Tabela 9.

Composicionalmente, os feldspatos analisados em todas as variedades graníticas da mina Bom Futuro são alcalinos, representados por albita e microclínio (Figura 31), com raras exceções, que representam composições intermediárias em pertitas. Além da homogeneidade na classificação do tipo de feldspato, a dispersão das análises de variadas amostras e diferentes cristais é extremamente baixa, o que reflete uma composição geral muito similar dos elementos maiores nos feldspatos dessas rochas, com $An < 3,77$.

8.2.MICAS

As micas analisadas foram classificadas a partir das composições químicas resultantes de 268 pontos, distribuídos em 23 lâminas delgadas, e foram divididas em dioctaédricas e trioctaédricas, integrantes das séries das micas litiníferas. As micas trioctaédricas são pleocróicas, com variações de marrom escuro (biotita granito), pardo à verde pálido, enquanto as micas dioctaédricas são incolores à levemente amareladas. No diagrama $Li - R^{+3}(Al^{VI} + Ti) - R^{+2}(Fe + Mn + Mg)$ de Foster (1960), é possível identificar os dois grupos (Figura 32A).

8.2.1. Micas trioctaédricas

O principal erro associado ao cálculo da fórmula estrutural de micas se deve à quantidade de Li, que não pode ser medido via microsonda eletrônica e é calculado a partir de variadas fórmulas e parâmetros estequiométricos. Para as micas trioctaédricas, a concentração de LiO_2 foi estimada a partir de duas diferentes equações de Tischendorf et al. (1997):

$$(1) \text{LiO}_2 = (0,289 \times \text{SiO}_2) - 9,658$$

$$(2) \text{LiO}_2 = 0,177 \times \text{F}^{1.642}$$

Os resultados obtidos com base na equação 2, a partir da concentração de flúor, foram priorizados e serão justificados no capítulo de discussão. A composição média das micas trioctaédricas analisadas é apresentada na Tabela 10. Apesar de sugestiva pelas características óticas, não foram observadas micas trioctaédricas na fácies topázio granito pórfiro II do morro Palanqueta.

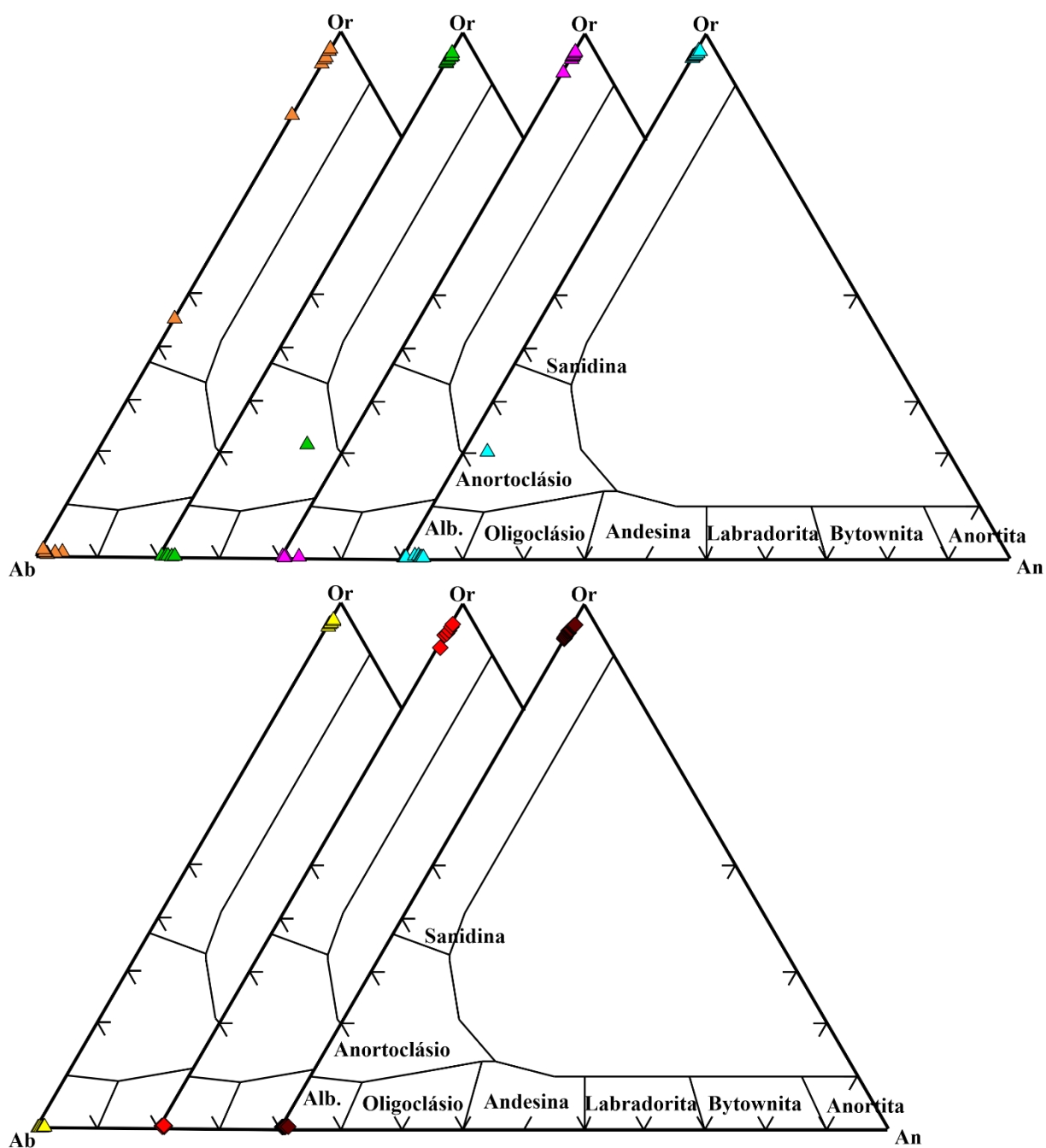


Figura 31. Diagrama ternário Or-Ab-An classificatório de feldspatos com análises realizadas para as diferentes rochas graníticas da mina Bom Futuro. Legenda igual à utilizada em figuras do capítulo 6.

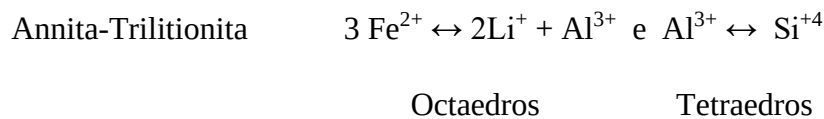
Tabela 9. Análises químicas representativas dos feldspatos das rochas graníticas da mina Bom Futuro.

Fácies	Biotita granito		Inequigranular		Pórfiro I		Miarolítico		Pórfiro II		Riólito Pórfiro		Granito pórfiro BF	
Amostra	PP-126		BF-43		BF-74		BF-28A		PP-33		BF-23A e 28B		BF-24 e BF-47	
Mineral	Kfs	Plg	Kfs	Plg	Kfs	Plg	Kfs	Plg	Kfs	Plg	Kfs	Plg	Kfs	Plg
Óxido (% massa)														
SiO ₂	64.98	68.65	64.32	68.91	65.02	69.11	65.12	69.24	64.91	68.75	64.92	68.99	65.47	68.98
TiO ₂	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 ₂ O ₃	18.33	19.76	17.96	19.57	18.29	19.45	18.19	19.73	18.10	19.47	18.09	19.20	18.26	19.34
Cr ₂ O ₃	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
FeO	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 ₂ O ₃	0.03	0.02	0.02	0.01	0.07	0.05	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02
MnO	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
MgO	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
BaO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.37	0.02	0.24	0.00	0.09	0.01	0.31	0.01	0.17	0.01	0.05	0.00	0.04
Na ₂ O	0.64	11.02	0.44	10.99	0.43	11.34	0.39	11.15	0.36	11.23	0.48	11.43	0.52	11.40
K ₂ O	15.29	0.14	15.55	0.13	15.56	0.13	15.50	0.11	15.53	0.11	15.28	0.12	15.25	0.12
Total	99.27	99.97	98.31	99.84	99.38	100.17	99.23	100.55	98.96	99.77	98.81	99.81	99.53	99.89
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios														
Si	3.01	2.99	3.01	3.01	3.01	3.01	3.02	3.00	3.02	3.00	3.02	3.01	3.02	3.01
Al IV	1.00	1.02	0.99	1.01	1.00	1.00	0.99	1.01	0.99	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99
Ca	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.06	0.93	0.04	0.93	0.04	0.96	0.04	0.94	0.03	0.95	0.04	0.97	0.05	0.96
K	0.90	0.01	0.93	0.01	0.92	0.01	0.92	0.01	0.92	0.01	0.91	0.01	0.90	0.01
Membro final														
Ab	5.95	97.34	4.16	98.05	4.06	98.82	3.72	97.84	3.43	98.51	4.52	99.06	4.90	99.15
An	0.00	1.82	0.08	1.18	0.01	0.43	0.03	1.52	0.08	0.84	0.05	0.24	0.01	0.17
Or	94.04	0.84	95.76	0.77	95.93	0.75	96.25	0.64	96.49	0.64	95.43	0.69	95.09	0.68

As micas trioctaédricas compõem a série de Fe-Li-micas, de siderofilita à zinnwaldita (Figura 32A e B). O caráter mais evoluído e mais enriquecido em lítio das micas corrobora a sequência de evolução magmática proposta para as rochas graníticas da mina Bom Futuro, exceto a fácies miarolítico, que ainda levanta dúvidas. As micas de veios de pegmatito mineralizado foram analisadas em duas amostras e apresentam a menor variação composicional, dentro do campo da zinnwaldita (Figura 33).

Os *trends* apresentados sugerem a sequência de Biotita granito (precoce) → Topázio granito inequigranular → Topázio granito pórfiro I → topázio granito pórfiro II → topázio riólito pórfiro → topázio granito pórfiro BF → pegmatitos.

Em diagramas binários, nota-se uma correlação positiva e negativa entre Al^{VI} com Li e Fe, respectivamente (Figura 34A, B e C). Associada à correlação negativa entre Al^{IV} e Si, fica caracterizada a reação de substituição annita-trilitonita:



A Si e F apresentam correlação positiva nas micas trioctaédricas (Figura 34D).

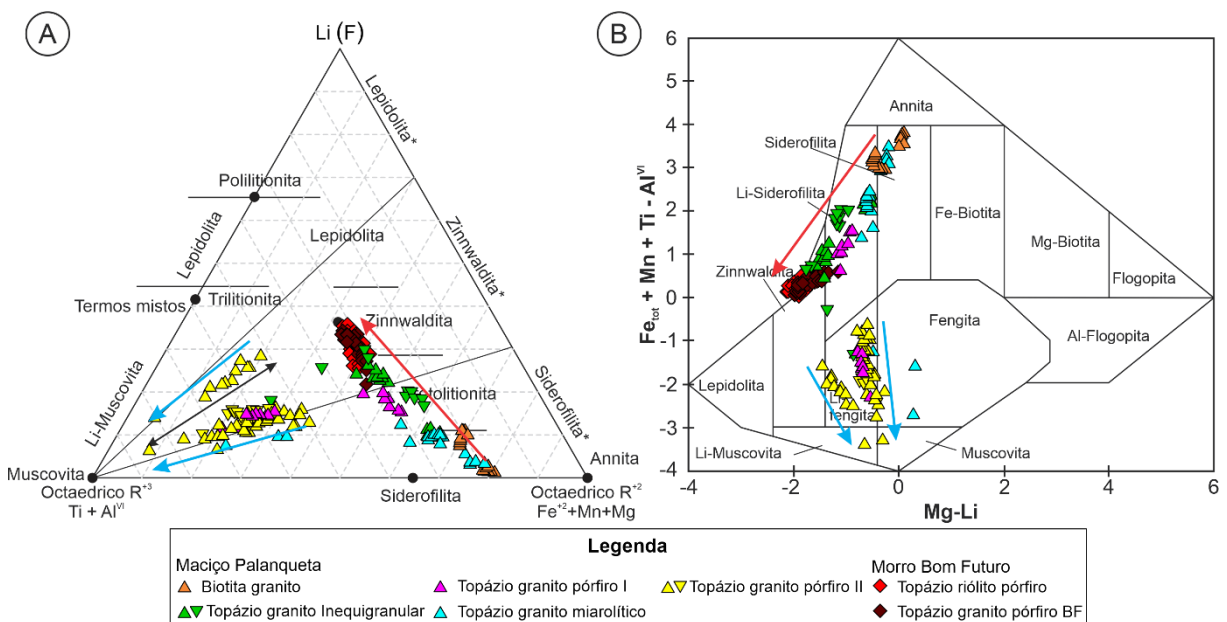


Figura 32. Diagramas de classificação de micas dos granitoides da mina Bom Futuro. A) Ternário a partir da relação entre Li e os cátions octaédricos R^{+2} e R^{+3} de Li-micas (baseado em Foster, 1960). Os limites siderofilita*-zinnwaldita* e zinnwaldita*-lepidolita*, à direita, são de Stone et al. (1988). A linha sólida representa a série transicional entre muscovita-zinnwaldita apresentada por Monier & Robert (1986) de Fe-Al-Li micas. B) Binário

de correlação entre $Fe_{tot} + Mn + Ti - Al^{VI}$ e $Mg - Li$, com campos baseados em Tischendorf et al. (1997, 2001). Setas azuis indicam *trends* hidrotermais. Setas vermelhas indicam *trend* magmático.

8.2.2. Micas dioctaédricas

Para as micas dioctaédricas, o cálculo de LiO_2 foi feito a partir da equação de Monier & Robert (1996):

$$(1) LiO_2 = (0,31134 \times F) - 0,075895$$

As micas dioctaédricas foram observadas exclusivamente nas unidades graníticas do morro Palanqueta. Ocorrem ao longo das bordas e planos de clivagem de micas trioctaédricas (ou ainda substituição total), nas bordas do topázio ou sobre cristais de feldspato. Apresentam pouca variação composicional, no que diz respeito aos elementos maiores, e no diagrama discriminante de Tischendorf et al. (1997), tem composição de Li-fengita a fengita (Figura 32B).

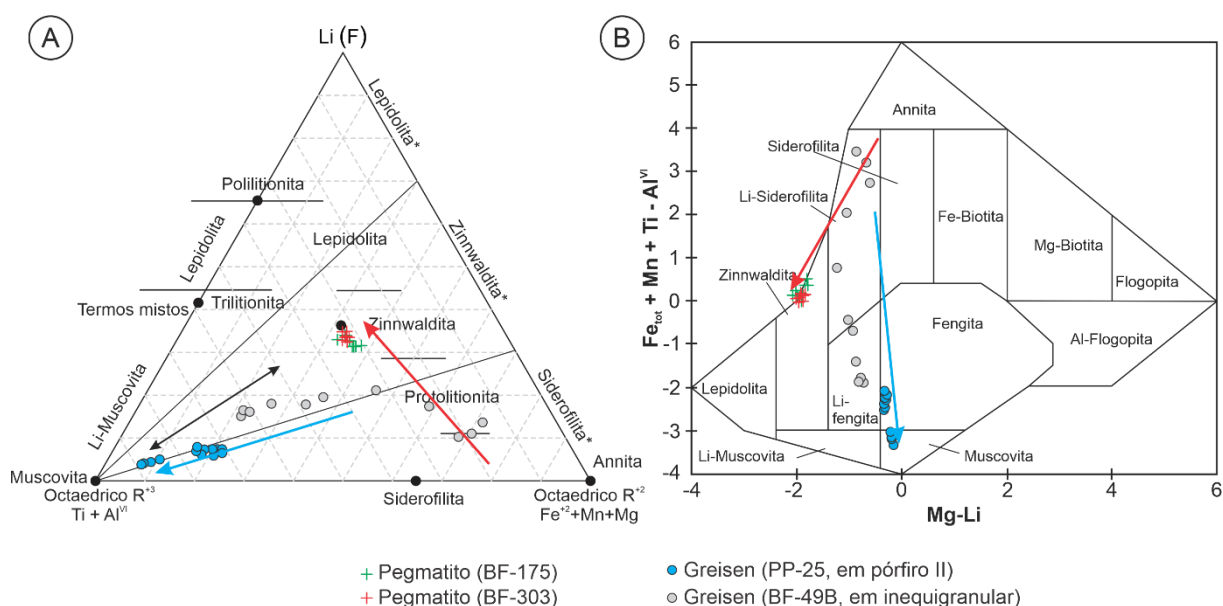
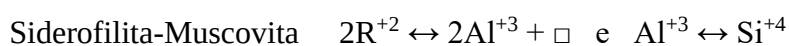


Figura 33. Diagramas de classificação de micas dos pegmatitos e greisens da mina Bom Futuro. A) Ternário a partir da relação entre Li e os cátions octaédricos R^{+2} e R^{+3} de Li-micas (baseado em Foster, 1960). Os limites siderofilita*-zinnwaldita* e zinnwaldita*-lepidolita*, à direita, são de Stone et al. (1988). A linha sólida representa a série transicional entre muscovita-zinnwaldita apresentada por Monier & Robert (1986) de Fe-Al-Li micas. B) Binário de correlação entre $Fe_{tot} + Mn + Ti - Al^{VI}$ e $Mg - Li$, com campos baseados em Tischendorf et al. (1997, 2001).

No diagrama de Foster (1960; Figura 32A) compõe a série de Al-Li micas e ocorrem ao longo de um *trend* entre zinnwaldita e muscovita, o que, aliado às feições texturais, sugerem uma origem posterior das micas em relação à mineralogia essencial dos granitos. Micas de greisens desenvolvidos sobre as fácies de granito inequigranular e pórfiro II foram analisadas,

e apresentam um claro de *trend* que registra uma composição primária no campo da Li-siderofilita em direção ao campo da Li-fengita a muscovita (Figura 33). As análises químicas do greisen corroboram que as micas da fácies pórfiro II foram quase que totalmente substituídas para uma composição secundária.

A composição média das micas dioctaédricas analisadas é apresentada no apêndice I. Em diagramas binários, a forte correlação negativa entre cátions R^{+2} (Fe+Mg+Mn) com Al^{VI} entre as micas dioctaédricas e as trioctaédricas (Figura 34), caracteriza as reações annita-muscovita e/ou siderofilita-muscovita:



Octaedros

Tetraedros

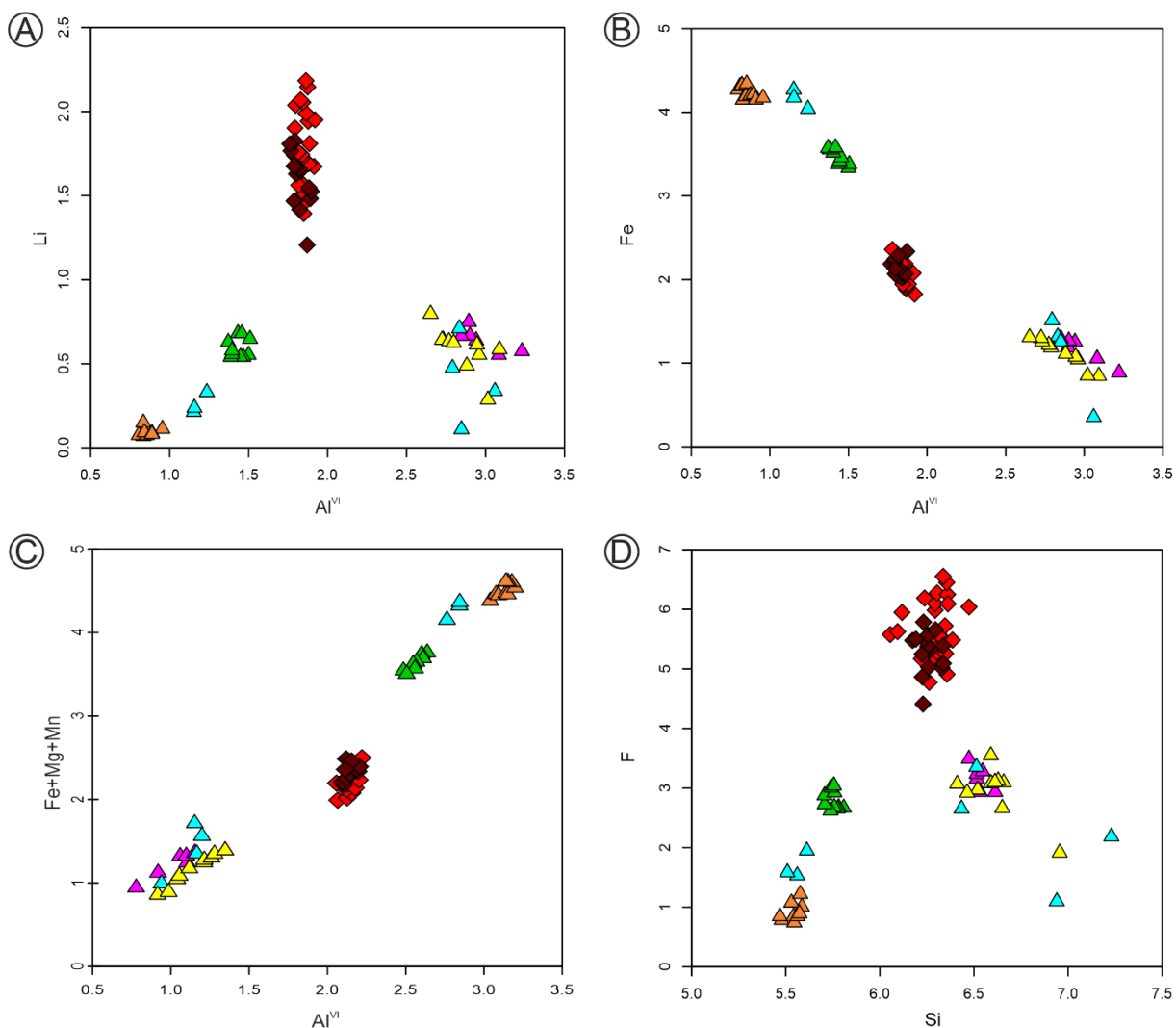


Figura 34. Diagramas binários de unidades de átomos por fórmula (a.p.f.u) de A) Li vs Al^{VI} ; B) Fe vs Al^{VI} ; C) Fe+Mg+Mn vs Al^{VI} ; D) F vs Si.

Tabela 10. Análises químicas representativas das micas primárias das rochas graníticas da mina Bom Futuro

Fácies	Biotita granito	Topázio granito Inequigranular	Topázio granito Pórfiro I	Topázio granito Miarolítico	Topázio Riólito Pórfiro	Topázio granito Pórfiro BF
Amostra	PP-126	BF-43	BF-74	BF-28A	BF-23 e 28B	BF-24 e BF 47
(% massa)						
SiO ₂	34.85	37.22	48.88	47.62	43.80	43.13
TiO ₂	1.69	0.36	0.21	0.13	0.06	0.11
Al ₂ O ₃	18.09	20.58	28.20	26.81	20.73	20.42
FeO	33.07	26.34	11.49	11.49	16.30	17.93
MnO	0.75	0.90	0.31	0.26	0.83	0.81
MgO	0.81	0.13	0.16	0.17	0.27	0.27
CaO	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02
Na ₂ O	0.07	0.11	0.14	0.30	0.40	0.28
K ₂ O	9.33	8.81	7.01	7.80	9.61	9.26
BaO	0.04	0.00	0.05	0.05	0.03	0.00
F	0.83	3.00	3.24	3.39	5.72	5.06
Cl	0.20	0.06	0.01	0.04	0.04	0.01
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Li ₂ O (F)	0.13	1.07	1.22	1.31	3.10	2.54
Li ₂ O (Si)	0.41	1.10	4.47	4.10	3.00	2.81
a.p.f.u						
Si	5.476	5.757	6.512	6.513	6.346	6.329
Al iv	2.524	2.243	1.488	1.487	1.654	1.671
Al total	3.350	3.752	4.429	4.321	3.540	3.533
Al vi	0.826	1.509	2.941	2.834	1.886	1.862
Ti	0.200	0.042	0.021	0.013	0.006	0.013
Cr	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Fe	4.346	3.407	1.280	1.314	1.975	2.200
Mn	0.100	0.117	0.035	0.030	0.102	0.101
Mg	0.189	0.029	0.031	0.034	0.058	0.058
Li (F)	0.082	0.669	0.652	0.723	1.809	1.498
Ca	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.002
Na	0.022	0.032	0.037	0.078	0.112	0.079
K	1.870	1.738	1.192	1.360	1.775	1.734
Ba	0.002	0.000	0.003	0.003	0.002	0.000
OH*	3.537	2.517	2.635	2.525	1.369	1.649
F	0.411	1.467	1.363	1.467	2.622	2.350
Cl	0.053	0.016	0.001	0.008	0.009	0.001
Fe/Fe+Mg	0.958	0.992	0.976	0.975	0.972	0.974

Capítulo 9 - DISCUSSÕES

9.1.AMBIENTE E FORMA DE OCORRÊNCIA

O sistema magmático-hidrotermal da mina Bom Futuro se desenvolveu a partir de múltiplas injeções de magma do tipo-A, em ambiente intraplaca, em condições subvulcânicas. O stock zonado que compõe o maciço Palanqueta representa uma cúpula granítica altamente fracionada e fortemente evoluída com sucessivas intrusões de magma, indicadas pelas relações de contato abruito. As características de campo indicam a seguinte relação temporal: biotita granito → topázio granito inequigranular → topázio granito pórfiro I → topázio granito miarolítico ↔ topázio granito pórfiro II. Devido à ausência de relações de contato entre as fácies miarolítico e pórfiro II, não é possível estabelecer relação temporal entre estas.

A forma de ocorrência, características petrográficas e geoquímicas sugerem que o biotita granito represente uma fase magmática menos evoluída do sistema. O topázio granito inequigranular apresenta grande dispersão em área e a maior variabilidade textural e mineralógica dentre as fácies descritas do maciço Palanqueta. O núcleo do mais jovem é constituído pelas fácies pórfiro I, miarolítico e pórfiro II e, exceto pela fácies miarolítica, a sucessão de intrusões descrita no maciço Palanqueta coincide com magmas cada vez mais evoluídos. Enclaves sinuosos do pórfiro I e fragmentos de quartzo leitoso contidos no pórfiro II sugerem que a intrusão do último ocorreu quando o granito acima (pórfiro I) ainda não estava totalmente cristalizado, como observado em outras cúpulas de topázio granito ao redor do mundo (ex. stock Kymi, LUKKARI et al., 2009).

Souza et al (2005) obtiveram uma idade de 997 ± 48 Ma U-Th-Pb em monazita hidrotermal de greisens do morro palanqueta. Devido à forma de ocorrência dos greisens sugerir origem contemporânea à cristalização do topázio granito pórfiro II, podemos estimar essa idade para a cristalização da intrusão granítica. Bettencourt et al. (2005) obtiveram idades de 994 ± 3 Ma e 993 ± 3 Ma $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ para as duas fases de pegmatitos graníticos do morro Bom Futuro e, sua idade relativa entre os pórfiros graníticos com topázio do mesmo morro sugere um idade similar a estes. Sendo assim, os pórfiros graníticos do morro Bom Futuro têm idade semelhante às rochas graníticas com topázio do maciço Palanqueta e, a partir da idade de 1026 ± 11 Ma U-Pb em zircão para a fácies biotita granito obtida no presente trabalho, têm-se que o sistema

magmático-hidrotermal da mina Bom Futuro desenvolveu-se em um intervalo de tempo de cerca de 30 Ma.

Buch et al. (2019) identificaram, a partir de estudos aeromagnetométricos na região do distrito Bom Futuro, um corpo de área alongada (5,0 x 20 km) de direção NE-SW (Figura 35), que indica uma possível continuação do maciço Palanqueta coberto por sedimentos recentes. Isso abre possibilidades para um potencial metalogenético ainda maior e se aproxima da direção $\pm N65E$ sugerida por Okida (2001) como preferencial para o alojamento dos granitos da Suíte Intrusiva Rondônia.

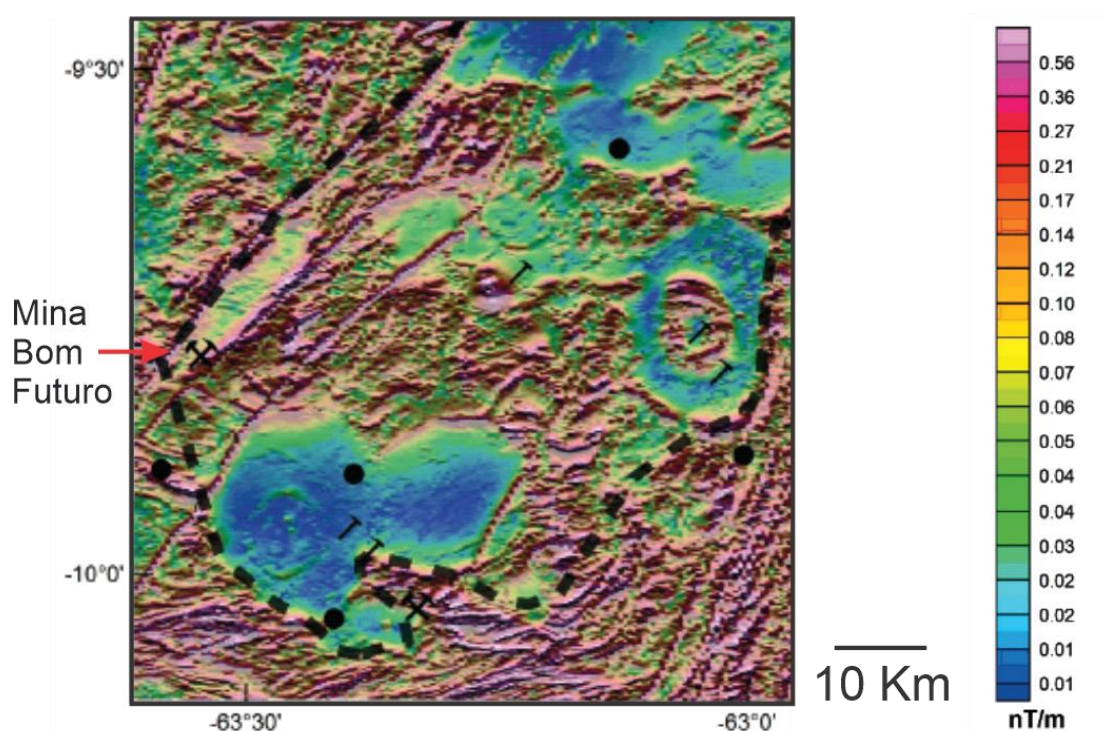


Figura 35. Mapa do Gradiente Total sombreado com a primeira Derivada Vertical. Linha tracejada em preto mostra a região favorável onde se encontra as estruturas de caldeira de formação dos granitos. Extraído e modificado de Buch et al. (2019).

As estruturas anelares e radiais que controlam os diques de TPG BF e TRP do morro Bom Futuro podem ser associadas ao colapso de estruturas vulcânicas (HALL, 1987; TOMEK et al., 2019). As feições brechóides indicam uma colocação permissiva, relativamente fluida (baixa viscosidade), com formação de bandamento composicional por fluxo. Os xenólitos e xenocrístais, presentes nas rochas graníticas do morro Bom Futuro e no TPG II do morro Palanqueta indicam a interceptação de fases já cristalizadas em subsuperfície. Essa hipótese se aproxima do modelo de Breiter et al. (2017) para a cristalização dos granitos do depósito de Sn–W–Li de Cínovec/Zinnwald, com formação de carapaça granítica menos evoluída na cúpula em profundidade e consequente formação de brecha explosiva pelo *first boiling* do sistema.

Ainda em relação ao depósito de Cínovec, a fase TPG II do morro Palanqueta apresenta similaridades petrográficas e geoquímicas com a fase *mica-free granites* que, segundo Breiter et al. (2017), é produto da cristalização em um magma praticamente anidro, devido à exsolução final de fluidos, sendo estes os principais responsáveis pela mineralização do depósito.

As propriedades químicas de rocha total e mineral sugerem um caráter relativamente mais evoluído dos magmas que formaram as rochas do morro Bom Futuro. Essas características podem ser explicadas por uma maior interação fluido-*melt* nos diques, visto que, devido à mais baixa pressão confinante durante a intrusão de diques, o magma canaliza uma maior quantidade de fluidos nestas estruturas e, conseqüentemente, produz maior variação geoquímica sem que haja, necessariamente, variações texturais expressivas (BREITER, 2002; DOSTAL et al., 2015).

Em relação aos aspectos geológicos de campo, a mina Bom Futuro reúne muitas feições de sistemas magmáticos hidrotermais distintos, típicas de depósitos do tipo pórfiro, especialmente aos depósitos de Sn-W-Mo de New Brunswick (ex. Mount Pleasant, INVERNO & HUTCHINSON, 2006; ASSADZADEH et al., 2017) e de Mo do Colorado (ex. Mt. Emmons e Bacia Redwell, THOMAS & GALEY, 1982; AUDÉDAT & LI, 2017), que apresentam stocks multifásicos marginais a brechas sob forma de *pipe* e diques graníticos associados, e que podem servir de base para o entendimento da relação em profundidade entre as rochas graníticas dos morros Bom Futuro e Palanqueta.

9.2.TEXTURAS E MINERALOGIA

As rochas graníticas da mina Bom Futuro são álcali-feldspato granitos predominantemente porfiríticos, de matriz muito fina à média. A textura bola de neve presente em muitas das fácies, mas especialmente bem desenvolvida no TPG BF e TPG II, indica a cristalização magmática simultânea da assembleia quartzo-albita-microclínio, sob condições de baixa temperatura e pressão, a partir de um magma enriquecido em flúor (<700°C, <200 MPa; MÜLLER & SELTMANN, 1999; aproximadamente 500°C, COSTI et al., 2009; BREITER et al., 2017), que condiz com o ambiente subvulcânico da mina Bom Futuro.

Os feldspatos não apresentam grande variação composicional entre as fácies, identificados como microclínios, predominantemente pertíticos, e albita (An<5). Na fácies biotita

granito, o plagioclásio apresenta as maiores concentrações de An (<3,77), o que, aliado ao contexto geológico e geoquímica de rocha total, indica provável substituição pós-magmática dos termos cálcicos (HAAPALA, 1997; PIRAJNO, 2013). Essa mudança da composição original é reforçada pela comum presença de feldspato sericitizado do biotita granito. Alterações potássicas ou sódicas são observadas de forma localizada e muito pouco intensas, representadas por substituição de microclínio por albita e vice-versa.

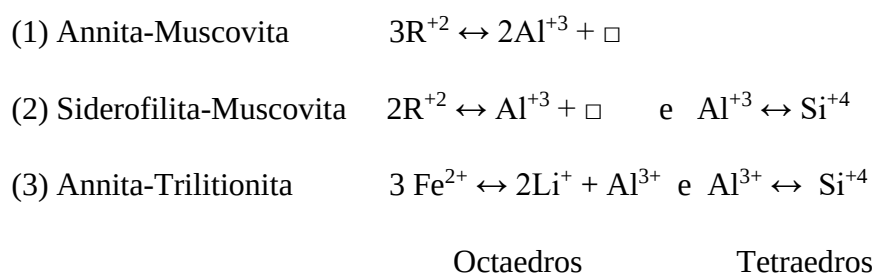
Topázio e fluorita são os principais minerais portadores de F da mina Bom Futuro, com menos concentrações em micas e outros fluoretos. O topázio está presente sob diferentes formas, granulação e textura, nas fácies graníticas da mina Bom Futuro, com exceção da fácies biotita granito: (1) irregularmente disseminado sob hábito prismático/acicular muito fino, incluso em fenocristais de quartzo; (2) intersticial a granular muito fino a fino; (3) agregados esferulíticos/radiais (exclusivo do TRP, TGI e TGM); (4) raros fenocristais, com inclusões de minerais da matriz que sugerem formação de textura bola de neve (exclusivo do TGI); (5) cristais anédricos sobrecrecido em feldspato; e (6) vênulas milimétricas e sinuosas. Com exceção das formas (5) e (6), os cristais de topázio apresentam características texturais que sugerem uma origem predominantemente magmática. Os agregados esferulíticos (2) de topázio, presentes no TRP, TGI e TGM, ocorrem nos ongonitos de Ongon Khairkhan e indicam uma rápida formação do mineral, a partir de um magma já saturado em topázio devido ao acúmulo de flúor, dada a cristalização anterior de minerais não portadores desse elemento (DOSTAL et al., 2015). No entanto, o fechamento total elevado da estrutura do topázio, com base nos resultados de microsonda, abre margem para uma superestimativa das concentrações de flúor.

Souza (2003) associou a presença de topázio nos granitos do maciço Palanqueta ao processo de greisenização/hidrotermalismo porém, as informações apresentadas sugerem o contrário, e topázio magmático já foi observado em sistemas magmáticos muito similares, em determinados aspectos, como nas lavas riolíticas no oeste dos Estados Unidos (ex. BURT et al., 1982; CHRISTIANSEN et al., 1983, 2007), ongonitos da Mongólia (ex. KOVALENKO & KOVALENKO, 1976; STEMPROK, 1991; DOSTAL et al., 2015) e granitos de diversas localidades (ex. CUNEY et al., 1992; DOSTAL & CHATTERJEE, 1995; HAAPALA, 1997; MOURA & BOTELHO, 2000; ZHU et al., 2001; BREITER et al., 2005).

Micas litíferas compõem duas séries composicionais principais: Fe-Li-mica e Al-Li mica (ex. FOSTER, 1960; TISCHENDORF, 1997). De acordo com Monier & Robert (1986), a separação entre essas séries é o resultado de uma lacuna de miscibilidade que diminui em extensão com o aumento do teor de lítio (Figura 32A). As micas trioctaédricas de todas as

rochas graníticas da mina Bom Futuro pertencem à série Fe-Li-mica, e compõe um *trend* evolutivo que parte do campo da siderofilita, presente no biotita granito (unidade mais antiga e menos evoluída), à zinnwaldita, contida nas unidades do morro Bom Futuro (Figura 32 e 34).

Apesar da nomenclatura utilizada, as micas do maciço Palanqueta não apresentam composição perfeitamente trioctaédrica, com maior quantidade de mais vacâncias e, consequentemente, mais cátions Al nos sítios octaédricos. Deer et al (2013) afirma que a concentrações mais baixas de cátions na camada octaédrica de micas litiníferas trioctaédricas (ex. zinnwaldita e lepidolita) são comuns. Breiter et al (2019) e Guimarães et al (2021) constataram a mesma situação nos maciços graníticos altamente evoluídos de Cínovec (República Tcheca/Alemanha) e Santa Bárbara (Brasil), respectivamente. Guimarães et al. (2021) aponta reações capazes de criar vacâncias nas camadas octaédricas e aumentar a concentração de Si (ver RIEDER et al., 1999):



Com base nas reações (2) e (3), a adição de Si (a.p.f.u) na mica pode ser proveniente de duas substituições diferentes, mas o lítio só é associado à última. Isso justifica a recorrente superestimativa da concentração de LiO_2 quando calculado a partir das reações com SiO_2 , visto que as equações não desconsideram o Si em excesso proveniente da substituição 2. Por esse motivo foram utilizadas as equações de Tischendorf et al. (1997) e Monier & Robert (1996) com base na sua concentração de flúor medido. A correlação entre F e Li não pode ser explicada cristalograficamente devido às características físicas distintas dos íons, mas, segundo Guimarães et al. (2021), podem ser resultantes das afinidades geoquímicas e coeficientes de partição dos elementos no sistema granítico evoluído.

Com base nas características texturais, as micas dioctaédricas são produtos de alteração hidrotermal, de origem tardi- ou pós-magmática. Sua composição química representa uma série rara descrita por Monier & Robert (1986) de Fe-Al-Li-mica (ver Figura 32A), que indicam um estágio transicional da composição original das micas trioctaédricas, com enriquecimento em alumínio e perda de cátions R^{+2} e lítio, exemplificadas pelas reações 1 e 2.

Apesar de não serem detalhadamente analisadas, a fluorita apresentara composições significativamente variáveis ao MEV-EDS, com membros enriquecidos em Y, a ponto de configurarem Y-fluoritas. Outros fluoretos com ETRs também foram identificados, caracterizados como uma variedade de bastnasita. Os óxidos de Nb-Ta também apresentam variações texturais e composicionais significativas nas análises via EDS, sugeridos como columbita, columbita-tantalita, ixiolita, etc. O grupo de fluoretos e óxidos ainda carecem de informações concretas e bem estruturadas para uma análise precisa sobre suas variações e reflexos no desenvolvimento do sistema magmático-hidrotermal da mina Bom Futuro.

9.3.FONTE E EVOLUÇÃO MAGMÁTICA

A isotopia de Sm-Nd tem grande dispersão de idades TDM (1,937 a 1,390 Ga) que, como observado por diversos autores (ex: PIMENTEL & CHARNLEY, 1990; AYRES & HARRIS, 1997; SPARRENBARGER, 2003), é algo comum em sistemas magmáticos enriquecidos em sílica e álcalis e altamente fracionados, o que inviabiliza a utilização dessa idade. No entanto, o valor de ϵNd é um parâmetro mais confiável e ainda pode ser usado para estimar a composição isotópica da fonte do magma para rochas graníticas altamente diferenciadas (PIMENTEL & CHARNLEY, 1991). A razão Sm/Nd é menor na fácies biotita granito e cresce nas fácies mais evoluídas, o que indica a extração de fases minerais acessórias portadoras de ETRL (ex: allanita; PIMENTEL & CHARNLEY, 1991) e/ou a interação com fases fluidas exsolvidas em estágios tardi-magmáticos (PERETYAZHKO & SAVINA, 2010), já sugerida por algumas relações de elementos traços e ETRs na geoquímica de rocha total. A presença de efeito tétrade em algumas das amostras analisadas corrobora o fracionamento de ETRs por interação com fluidos tardios com o magma granítico.

Sparrenberger (2003) obteve valores $\epsilon\text{Nd}(t)$ de -2,95, -4,58 e -3,69 idades-modelo T_{DM} respectivas de 1.711, 2.221 e 1.846 Ma para as fácies graníticas que individualizou no maciço granítico Santa Bárbara, também pertencente à Suíte Intrusiva Rondônia. Duas amostras de Souza (2003) de albita granitos (como o autor se refere aos granitos da mina) do morro Palanqueta e Bom Futuro apresentam $\epsilon\text{Nd}(t)$ +0,12 e -4,04, respectivamente, e são mais consistentes com os resultados obtidos no presente trabalho, com razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} < 0,1398$. Dessa forma, os valores de $\epsilon\text{Nd}(t)$ +3,25 à -3,68 são consistentes com os demais analisados na Suíte Intrusiva Rondônia e, se aproximam dos valores definidos por Bettencourt et al. (1999b) para os granitos associados à mineralização de estanho nas Suítes Intrusivas Santa Clara e

Rondônia ($\epsilon\text{Nd}(t)$ +0,33 à -3,25). Dessa forma, interpreta-se uma origem crustal, com alguma contribuição mantélica, para o magma que originou as rochas graníticas com topázio da mina Bom Futuro. Além disso, os topázio granitos da mina Bom Futuro aproximam-se do subtipo de topázio granito pobre em P_2O_5 de Taylor & Fallick (1997) que, segundo os autores e Rene (2012), devem derivar da fusão parcial incipiente de um protólito granulitos félsicos e/ou metagranitos da crosta inferior. Os baixos valores de isótopos de $\delta^{18}\text{O}$ (8,9-9,6 ‰) obtidos por Souza (2003) corroboram a classificação de Taylor & Fallick (1997) e a sugestão de protólito (Figura 36).

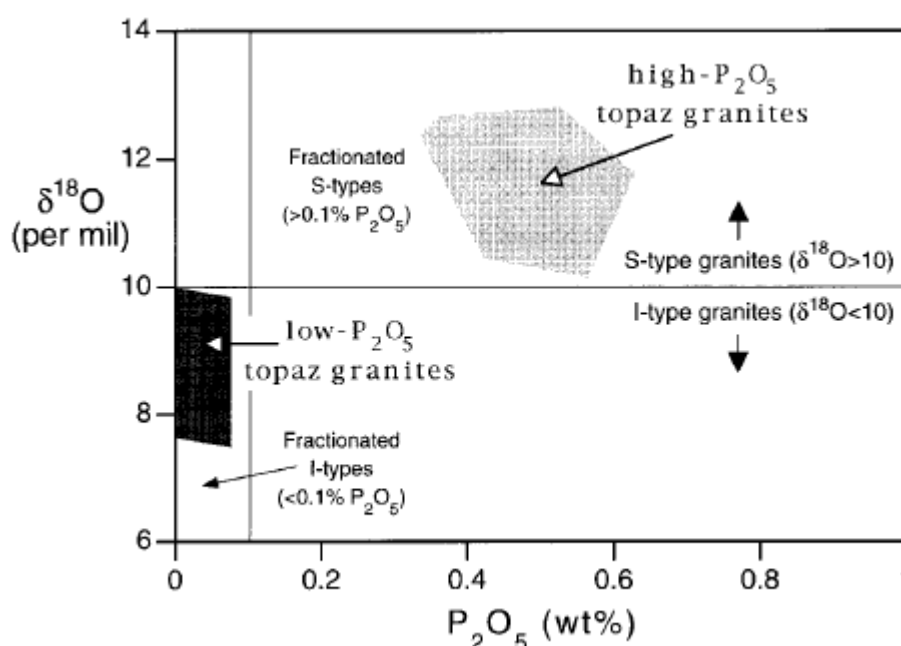


Figura 36. Relação entre o conteúdo de P_2O_5 e $\delta^{18}\text{O}$ de topázio granitos ao redor do mundo, que corrobora a subdivisão baseada na concentração de fósforo, e sua correlação com granitos tipo-I e S fracionados. Retirado de Taylor & Fallick (1997).

O magma que gerou os Li-Fe mica granitos com topázio da mina Bom Futuro era enriquecido em flúor, como já é sugerida pela (o): (1) presença de topázio modal em grande variedade das intrusivas, (2) desvio em direção ao eixo Ab no diagrama ternário Ab-Or-Q, disseminação de fluorita no sistema e (3) inversão do *trend* de diferenciação, com enriquecimento em Na_2O e Al_2O_3 e empobrecimento em SiO_2 nas fácies graníticas mais evoluídas da mina Bom Futuro. A alta concentração de flúor possibilitou a despolimerização e ascensão do magma granítico a níveis crustais mais rasos e seu alojamento em ambiente subvulcânico (<1 Km), inclusive sob forma de diques, devido à redução da viscosidade e densidade do fundido (*melt*) (DINGWELL, 1987; DINGWELL et al., 1993; KEPPLER, 1993; PITCHER, 1997). As estimativas de temperatura médias pela saturação em Zr de Watson &

Harrison (1983), apesar das incertezas devido às altas concentrações de F do sistema, são de 732,2 a 652,0 °C para os topázio granitos, o que coincide com as condições sugeridas por Müller & Seltnann (1999) para formação da textura bola de neve e com o ambiente subvulcânico.

9.3.1. Processos magmáticos vs hidrotermais

A transição entre os estágios magmáticos-hidrotermais separa um sistema exclusivamente magmático, controlado por interações entre cristais e o fundido (*melt*), de um sistema controlado por interações entre cristais, fundido e fluidos magmáticos exsolvidos. Os topázio Li-Fe mica granitos da mina Bom Futuro apresentam características que indicam interação com fases fluidas ortomagmáticas, assim como observado por Haapala (1997) no topázio granito do stock Eurajoki. No morro Palanqueta, a exsolução de fluidos em estágios tardi-magmáticos é evidenciada pela presença de cavidades miarolíticas na fácies miarolítico e pórfiro I, e pelos *pipes* de endogreisen na fácies pórfiro II. No morro Bom Futuro, os bolsões de endogreisen, *stockscheider* e pequenas manchas de sulfetos e fluorita são sugestivas de saturação de fases fluidas dos magmas que cristalizaram nos diques. A alteração hidrotermal é marcada por fengita/Li-fengita (muito bem observada nos granitos greisenizados do maciço Palanqueta), que substitui parcialmente cristais de mica e topázio primários, e por fluorita e topázio, que sobrepõe micas primárias e feldspatos, respectivamente. Outros minerais típicos da fase hidrotermal são os sulfetos e óxidos, como a pirita, calcopirita, esfalerita e cassiterita. A alteração alcalina, marcada pela albitização de microclínio e potassificação de albita, ocorre de forma muito restrita e sob baixa intensidade. Apesar da notável interação fluido-rocha, a mineralogia e texturas primárias são essencialmente magmáticas.

Em sistemas magmáticos, as relações entre K/Rb, Zr/Hf, Nb/Ta e Y/Ho são relativamente constantes, devido ao comportamento geoquímico muito similar desses elementos. (ex. GREEN, 1995), com tendência de decréscimo moderado durante o fracionamento. Porém, razões extremamente baixas, como observadas em todas as fácies da mina Bom Futuro, são incompatíveis com processos estritamente magmáticos (ex. DOSTAL e CHATTERJEE, 2000; LINNEN e KEPPLER, 2002; DOSTAL et al., 2015; BALLOUARD et al., 2016).

A diminuição da razão Nb/Ta em fundidos mais evoluídos pode estar relacionada ao fracionamento e separação de fluidos hidrotermais magmáticos tardios (DOSTAL & CHATTERJEE, 2000; DOSTAL et al., 2015), exsolução de fluido magmático (TARTESE e BOULVAIS, 2010), ou alteração hidrotermal subsolidus (BALLOUARD et al., 2015, 2016). Os valores de Nb/Ta são muito baixos em todas as fácies, porém, muito inferiores nos diques

do morro Bom Futuro, controlados pelo aumento relativo de Ta, ainda que as concentrações absolutas desses elementos sejam maiores no morro Palanqueta. Dostal et al. (2015) observaram o enriquecimento em Ta em ongonitos associado a muscovitização secundária, durante a qual houve sobrecrecimento tardio de bordas ricas no elemento nos óxidos de Nb-Ta. Dostal et al. (2015) também observaram em ongonitos da Mongólia a variações das relações entre outros elementos traços e ETRs, associadas a interação com fluidos, sem que haja grandes mudanças texturais e/ou formação expressiva de novas fases minerais. Neste caso, os minerais essenciais podem apresentar sutis variações composicionais e microtexturais, como microporosidade nos feldspatos e manchas de enriquecimento em Ba nestes.

As distribuição de ETRs em granitos evoluídos e depósitos primários de estanho comumente apresenta um pronunciado padrão convexo de tétrades (MASUDA & AKAGI, 1989; BAU, 1996; IRBER, 1999; MONECKE et al., 2002, 2011), como observado nos granitos do maciço Palanqueta ($TE_{1,3} > 1,1$, com raras excessões). Já nos diques do morro Bom Futuro, não há um padrão de distribuição regular, com grande variação da ΣETR . Monecke et al (2011) afirmam que a fluorita cristalizada a partir de fases de vapor apresenta padrão de distribuição de ETRs côncavo, enquanto a de fases líquidas, convexo. Sendo assim, uma possível perda de vapor durante a cristalização dos diques de TPG BF e TRP resultaria na perda de alguns ETRs complexados nessa fase, associados aos ânions F^- . A perda dos ETRs pela desgaseificação do magma altera o padrão concavo esperado e resulta em uma curva de ETRs mais linear (*flat*) com concentrações mais variadas. No Sistema granítico de Podlesí, Breiter et al (1997) e Breiter (2002) observaram maior heterogeneidade na composição química nas rochas em diques, e associaram às rápidas mudanças na composição do *melt* em um sistema aberto.

9.4.CONCLUSÕES

As rochas graníticas da mina Bom Futuro são representantes da subsuíte peraluminosa da Suíte Intrusiva Rondônia (998-974 Ma). Rochas hipoabissais peraluminosas, associadas à Suíte Intrusiva Rondônia também são reconhecidas em outros maciços (ex. Santa Bárbara) e estão frequentemente associadas, espacial e temporalmente, à mineralização primárias de estanho. As características mineralógicas e petrográficas das diferentes fácies graníticas com topázio da mina Bom Futuro são predominantemente magmáticas.

A datação do biotita granito, unidade intrusiva mais antiga aflorante na mina, em cerca de 1026 Ma indica que o sistema magmático-hidrotermal se desenvolveu em um intervalo de aproximadamente 30 Ma. A anomalia geofísica apresentada por Buch et al. (2019) corrobora a existência de um sistema maior não aflorante, com potencial metalogenético desconhecido, porém promissor.

Assim como observado em outros sistemas graníticos altamente evoluídos ao redor do mundo (ver ex. BREITER et al., 2005; LUKKARI et al., 2009), os diques graníticos/riolíticos do morro Bom Futuro podem representar grandes apófises ascendentes da câmara evoluída em subsuperfície, capazes, inclusive, de canalizar fases fluidas exsolvidas (AUDÉDAT & LI, 2017). As estruturas anelares e radiais dos diques do morro Bom Futuro podem ser associadas ao colapso da estrutura sobreposta, devido ao resfriamento e contração da intrusão granítica em subsuperfície (ex. BREITER et al., 2017). Sendo assim, o sistema magmático representado pelo maciço Palanqueta e diques ácidos do morro Bom Futuro constituem a porção apical de uma cúpula granítica altamente evoluída, rica em flúor, alojada em condições subvulcânicas, com grandes quantidades de fluidos exsolvidos, associados a mineralização de Sn.

As características isotópicas (Sm-Nd) apontam para uma fonte predominantemente crustal, com contribuição mantélica, condizentes com granitos anorogênicos, pertencentes à subsuíte peraluminosa da Suíte Intrusiva Rondônia.

Análises químicas de zircões, óxidos de Nb-Ta, topázio e fluorita, assim como estudos de inclusões fluidas, devem fornecer as demais informações acerca da evolução magmática e dos fluidos que interagiram com esses magmas e mascaram algumas de suas características químicas primárias

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMY, A. Geodiversidade do Estado de Rondônia. Porto Velho: CPRM, p. 337, 2010.
- AMARAL, G. Geologia Pre-Cambriana de Região Amazônica. Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 212, 1974.
- ANDERS, E. GREVESSE, N. 1989. Abundances of the elements: Meteoritic and solar. *Geochimica et Cosmochimica acta*, v. 53(1), p. 197-214.
- ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO. Principais substâncias metálicas. Brasília: DNPM, 2016. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2016-metalicos>>. Acesso em 20 de novembro de 2021.
- ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO. Principais substâncias metálicas. Brasília: DNPM, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb_2020_ano_base_2019_revisada2_28_09.pdf>. Acesso em 02 de dezembro de 2021.
- ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO. Principais substâncias metálicas. Brasília: DNPM, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/AMB_2021_Prod_Preliminar_para_publicacao2.pdf>. Acesso em 02 de dezembro de 2021.
- ARAUJO, F.P., MARTINS, L., PEREIRA, G. de S. & JANASI, V. de A. 2020. Inhandjara topaz leucogranite: A late rare metal-mineralized stock within the A-type Itu batholith, SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 101, 102623.
- ASSADZADEH, G. E., SAMSON, I. M., GAGNON, J. E. 2017. Evidence for aqueous liquid-liquid immiscibility in highly evolved tin-bearing granites, Mount Pleasant, New Brunswick, Canada. *Chemical Geology*, v. 448, p. 123-136.
- AUDÉTAT, A.; GÜNTHER, D.; HEINRICH, C.A.; 2000, Magmatic-hydrothermal evolution in a fractionating granite: A microchemical study of the Sn-W-F-mineralized mole granite (Australia): *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 64, p. 3373–3393.
- AUDÉTAT, A., LI, W. 2017. The genesis of Climax-type porphyry Mo deposits: Insights from fluid inclusions and melt inclusions. *Ore Geology Reviews*, v. 88, p. 436-460.
- BAHIA, R. B. C. A Formação Palmeiral (Proterozóico Superior) na Serra dos Pacaás Novos, Oeste de Rondônia. 1997. 90 p. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1997.
- Ballouard C, Boulvais P, Poujol M, Gapais D, Yamato P, Tartèse R, Cuney M (2015) Tectonic record, magmatic history and hydro-thermal alteration in the Hercynian Guérande leucogranite, Armorican Massif, France. *Lithos* 220–223:1–22.

BALLOUARD, C.; POUJOL, M.; BOULVAIS, P.; BRANQUET, Y.; TARTÈSE, R.; VIGNERESSE, J.L. 2016. Nb-Ta fractionation in peraluminous granites: A marker of the magmatic-hydrothermal transition. *Geology*, 44: 231–234.

BARTORELLI, A., TEIXEIRA, W., BRITO NEVES, B. B. de., Geocronologia e evolução tectônica do Continente Sul-Americano: a contribuição de Umberto Giuseppe Cordani, 2020.

BAU, M., DULSKI, P. 1995. Comparative study of yttrium and rare-earth element behaviours in fluorine-rich hydrothermal fluids. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 119(2), p. 213-223.

BAU, M. 1996. Controls on the fractionation of isovalent trace elements in magmatic and aqueous systems: Evidence from Y/Ho, Zr/Hf, and lanthanide tetrad effect. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 123, 323-333.

BAU, M. 1997. The lanthanide tetrad effect in highly evolved felsic igneous rocks—A reply to the comment by Y. Pan. *Contrib. Mineral. Petrol.* 128, 409–412.

BERNI, G.V., WAGNER, T., FUSSWINKEL, T., WENZEL, T. Magmatic-hydrothermal evolution of the Kymi topaz granite stock, SE Finland: Mineral chemistry evidence for episodic fluid exsolution. *Lithos*, V. 292-293, p. 401–403, 2017.

BETTENCOURT, J.S.; DALL'AGNOL, R.; 1995 Symposium on rapakivi granites and related rocks. Excursion Guide: The rapakivi granites of the Rondonia Tin Province and associated mineralization. IGCP/Project 315, Belém, Brazil. 48p.

BETTENCOURT, J.S.; BATEZELLI, A.; THOMAZELLA, H.R.; SILVA, L.F.; MUZZOLON, R. & LEITE JUNIOR, W.B. 1995. Mapa geológico do depósito de estanho de Bom Futuro. EBESA. Relatório Interno.

BETTENCOURT, J.S.; ONSTOT, T.C.; JESUS, T.de; TEIXEIRA, W. Tectonic implications of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages on country rocks from the central setor of the Rio Negro-Juruena Province, southwest Amazonian craton. *International Geology Review*, v. 38, p. 42-56, 1996.

BETTENCOURT, J.S.; TOSDAL, R.M.; LEITE JÚNIOR, W.B.; PAYOLLA, B.L.; Mesoproterozoic rapakivi granites of the Rondônia Tin Province, southwestern border of the Amazonian craton, Brazil: I. Reconnaissance U-Pb geochronology and regional implications. *Precambrian Research*, v. 95, p. 41-67, 1999.

BETTENCOURT, J.S.; SPARRENBARGER, I.; LEITE JUNIOR, W.B.; PAYOLLA, B.L.; ONOE, A.T.; TOSDAL, R.M. 2005. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Heating Laser System Dating of Zinnwaldite and Muscovite from Tin Deposits of the Rondônia Tin Province, Brazil: Evidence for Multiple Mineralization Episodes. FAPESP. São Paulo – SP.

BETTENCOURT, J.S., PAYOLLA, B.L., TOSDAL, R.M., WOODEN, J.L., LEITE JUNIOR, W.B., SPARRENBARGER, I. SHRIMP-RG U-Pb zircon geochronology of gneiss from the Rio Crespo Intrusive Suite, SW Amazonian Craton, Rondônia, Brazil: New insight about protolith crystallization and metamorphic ages. In: *South American Symposium on Isotope Geology*, v. 5, p. 49-52, 2006.

BETTENCOURT, J.S., LEITE JÚNIOR, W.B., RUIZ, A.S., MATOS, R., PAYOLLA, B.L. & TOSDAL, R.M. The Rondonian-San Ignacio Province in the SW Amazonian Craton: an overview. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 28-46, 2010a.

BETTENCOURT, J.S.; PAYOLLA, B.L.; LEITE JÚNIOR, W.B.; FUCK, R.A.; DANTAS, E.L. LA-MC-ICP-MS U-Pb zircon geochronology and Sm-Nd isotopes for granites of the Teotônio and Santo Antônio intrusive suites, SW Amazonian craton, Rondônia, Brazil: new insights about crystallization ages and tectonic implications. In: South America Symposium on Isotope Geology, 2010, Brasília, Extended Abstract, p. 215-218, 2010b.

BETTENCOURT, J.S.; JULIANI, C.; XAVIER, R.P.; MONTEIRO, L.V.S.; BASTOS NETO, A.C.; KLEIN, E.L.; ASSIS, R.; LEITE JUNIOR, W.B.; MORETO, C.P.N.; FERNANDES, C.M.D.; PEREIRA, V.P. Metallogenetic systems associated with granitoid magmatism in the Amazonian Craton: an overview of the present level of understanding and exploration significance. *Journal of South America Earth Science*, v. 68, p. 22–49, 2016.

BLEVIN P.L. 2004. Redox and compositional parameters for interpreting the granitoid metallogeny of eastern Australia: Implications for gold-rich ore systems. *Resource Geology*, 54(3):241-252.

BOGER, S.D.; RAETZ, M.; GILES, D.; ETCHART, E.; FANNING, M.C. U–Pb age data from the Sunsas region of Eastern Bolivia, evidence for the allochthonous origin of the Paraguá Block. *Precambrian Research*, v. 139, p. 121–146, 2005.

BOUSEILY, A.M; SOKKARY, A.A. 1975. The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks, *Chemical Geology*, v. 16, p. 207-219.

BOWDEN, P. 1981. Uranium in the Niger-Nigeria Younger Granite Province: *Mineralogical Magazine*, v. 44, p. 379–389.

BOYNTON, W.V. Cosmochemistry of the rare Earth elements: meteorite studies. In: Henderson, P., (ed). *Rare Earth element geochemistry (Developments in Geochemistry)*, v. 2, p. 63-114, 1984.

BREITER, K., FRÝDA, J., SELTMANN, R., THOMAS, R. 1997. Mineralogical evidence for two magmatic stages in the evolution of an extremely fractionated P-rich rare-metal granite: the Podlesí stock, Krušné hory, Czech Republic. *Journal of Petrology*, v. 38(12), p. 1723-1739.

BREITER, K. 2002. From explosive breccia to unidirectional solidification textures: magmatic evolution of a phosphorus-and fluorine-rich granite system (Podlesí, Krušné hory Mts., Czech Republic). *Bulletin of the Czech Geological Survey*, v. 77(2), p. 67-92.

BREITER, K., MÜLLER, A., LEICHMANN, J., GABAŠOVÁ, A. 2005. Textural and chemical evolution of a fractionated granitic system: the Podlesí stock, Czech Republic. *Lithos*, v. 80, p. 323–345.

BREITER, K., ĎURIŠOVÁ, J., HRSTKA, T., KORBELOVÁ, Z., HLOŽKOVÁ VAŇKOVÁ, M., VAŠINOVÁ GALIOVÁ, M., KANICKÝ, V., RAMBOUSEK, P., KNĚSL, I., DOBEŠ, P., DOSBABA, M. Assessment of magmatic vs. metasomatic processes in rare-metal granites: A case study of the Cínovec/Zinnwald Sn–W–Li deposit, Central Europe. *Lithos*, v. 292, p. 198-217, 2017.

BREITER, K., HLOŽKOVÁ, M., KORBELOVÁ, Z., GALIOVÁ, M. V. 2019. Diversity of lithium mica compositions in mineralized granite–greisen system: Cínovec Li-Sn-W deposit, Erzgebirge. *Ore Geology Reviews*, v. 106, p. 12-27.

BUCH, T., MARBLER, H., GOLDMANN, S., HAUBRICH, F, TRINKLER, M. Investigation of tin and tantalum ores from the Rondônia Tin Province, northern Brazil, to develop optimized processing technologies. *DERA Rohstoffinformationen*, v. 37: p. 160, Berlin, 2018.

BUCH, T., DALL'IGNA, L.G., GRAÇA, M. C., SILVA, D.R.V. (2019). Áreas de relevante interesse mineral (ARIM): reavaliação da Província Estanífera de Rondônia. Informe de recursos minerais: Série Províncias Minerais do Brasil, nº 18, Porto Velho, CPRM. 70p.

BURT, D.M., SHERIDAN, M.F., BIKUN, J.V., CHRISTIANSEN, E.H. Topaz rhyolites – distribution, origin, and significance for exploration. *Economic Geology*, v. 77, p. 1818-1836, 1982.

CASTRO, C. C. e. Porção sul do batólito Serra da Providência e sua inserção no panorama metalogênico da província estanífera de Rondônia: percepções sobre uma possível recorrência das mineralizações estaníferas. 2016. 1 DVD. Tese (Doutorado)-Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

CASTRO, C.; PEREIRA, R.; SILVA, L.; GERALDES, M.; PALERMO., N. 2019. Greisens associados a Suíte Intrusiva Serra da Providência. . In: IV Simpósio Brasileiro de Metalogenia, Gramado, Anais, p.85.

ČERNÝ, P. 1991. Rare-element granitic pegmatites, part I: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. *Geoscience Canada*, v. 18 (2), p. 49–67.

ČERNÝ, P., BLEVIN, P.L., CUNEY, M., & LONDON, D. 2005. Granite-related ore deposits. *Economic Geology 100th Anniversary* 337–370.

CIOTTA, M.R. Petrologia dos topázio granito e riólito do morro Bom Futuro, mina Bom Futuro, Rondônia. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, p. 58, 2019.

CIOTTA, M.R. et al. Em preparação.

CHRISTIANSEN, E.H., BURT, D.M., SHERIDAN, M.F., WILSON, R.T. 1983. Petrogenesis of topaz rhyolites from the western United States. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 83, p. 16–30.

CHRISTIANSEN, E.H., HAAPALA, I., HART, G.L. 2007. Are Cenozoic topaz rhyolites the erupted equivalents of Proterozoic rapakivi granites? Examples from the western United States and Finland. *Lithos*, V. 97, p. 219-246.

COLLINS, W.J., BEAMS, S.D., WHITE, A.J.R., CHAPPELL, B.W. 1982. Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 80, p. 189–200.

CORDANI, H. G. História geológica do Cráton Amazônico. In: 15º Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém, p. 11-17, 2017.

CORDANI, U.G.; TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W.; BASEI, M.A.S.; KAWASHITA, K. Evolução Tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: II Cong. Geol. Chileno. Arica, Actas, v. 4, p. 137-148, 1979.

CORDANI, U.G. & TEIXEIRA, W. Proterozoic accretionary belts in the Amazonian Craton. In: HATCHER, R.D.Jr., CARLSON, M.P., MCBRIDE, J.H., MATÍNEZ-CATALÁN, J.R. (Org.). 4-D Framework of the Continental Crust. Denver, USA: Geological Society of America, v. 200, p. 297-320, 2007.

CORDANI, U.G.; TEIXEIRA, W.; D'AGRELLA-FILHO, M.S.; TRINDADE, R.I. The position of the Amazonian Craton in supercontinents. *Gondwana Research*, v. 15, p. 396-407, 2009.

- COSTA, J.B.S., BEMERGUY, R.L., HASUI, Y., BORGES, M.S., FERREIRA Jr., C.R.P., BEZERRA, P.E.L., FERNANDES, J.M.G., COSTA, M.L. Neotectônica da Região Amazônica: aspectos estruturais, tectônicos, geomorfológicos e estratigráficos. *Geonomos*, v. 4, n. 2, p. 23-44, 1996.
- COSTI, H.T., DALL'AGNOL, R., PICHAVANT, M., RAMO, O.T. The peralkaline tin-mineralized Madeira cryolite albite-rich granite of Pitinga, Amazonian Craton, Brazil: petrography, mineralogy and crystallization processes. *The Canadian Mineralogist*, v. 47, p. 1301–1327, 2009.
- CREASER, R.A., PRICE, R.C., WORMALD, R.J. 1991. A-type granites revisited: assessment of a residual source model. *Geology*, v. 19, p. 163–166.
- CUNEY, M., MARIGNAC, C., WEISBROD, A. 1992. The Beauvoir topaz–lepidolite–albite granite (Massif Central, France): the disseminated magmatic Sn–Li–Ta–Nb–Be mineralization. *Economic Geology*, v. 87, p. 1766–1794.
- DEBOWSKI, B.P.; ALVES, M.I.; SANTOS, A.C.; TAVARES JR, A.D; GERALDES, M.C. Contribution to the understanding of the Rondonia Tin Province granites (SW Amazonian Craton) origin using U-Pb and Lu-Hf in zircon by LA-ICPMS: implications to A-type granite genesis. *Journal of the Geological Survey of Brazil*, v. 2, n. 3, p. 151-164, 2019.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A., & ZUSSMAN, J., 1992, *An Introduction to the Rock-forming Minerals*: Hong Kong, Longman Scientific & Technical, p. 558.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A., & ZUSSMAN, J., 2013, *An Introduction to the Rock-forming Minerals*. Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, p. 506.
- Departamento Nacional De Produção Mineral (DNPM). Balanço Mineral Brasileiro: Estanho. pp.1 – 29. 2001.
- DIAS, C.A.T. Geologia e mineralogia de pegmatito mineralizado em estanho e metais associados (Nb, Ta, Zn, Cu, Pb), Mina Bom Futuro, Rondônia. Tese de Mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 89p, 2012.
- DINGWELL, D.B., 1987. Melt viscosities in the system NaAlSi₃O₈-H₂O-F₂O-1. In: *Magmatic Processes-Physicochemical Principles* (B.O. Mysen, ed.), p. 423-433. The Geochemical Society, San Antonio, Texas.
- DINGWELL, D.B., KNOCH, R., WEBB, S.L., 1993. The effect of fluorine on the density of haplogranite melt. *American Mineralogist*, v. 78, p. 325-330.
- DOSTAL, J., CHATTERJEE, A.K. 1995. Origin of topaz-bearing and related peraluminous granites of late Devonian Davis Lake pluton, Nova Scotia, Canada. *Chemical Geology*, v. 123, p. 67–88.
- DOSTAL, J., CHATTERJEE, A.K. 2000. Contrasting behaviour of Nb/Ta and Zr/Hf ratios in a peraluminous granitic pluton (Nova Scotia, Canada). *Chem Geol*, 163: 207–218
- DOSTAL, J., KONTAK, D.J, GEREL, O., GREGORY SHELLNUTT, J., FAYEK, M. 2015. Cretaceous ongonites (topaz-bearing albite-rich microleucogranites) from Ongon Khaikhan, Central Mongolia: Products of extreme magmatic fractionation and pervasive metasomatic fluid: Rock interaction. *Lithos*, 236-237: 173–189.

DUC-TIN, Q., KEPPLER, H. 2015. Monazite and xenotime solubility in granitic melts and the origin of the lanthanide tetrad effect. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 169, 1–26.

EXLEY, C.S. 1958. Magmatic Differentiation and Alteration in the St. Austell Granite: *Quarterly Journal of the Geological Society*, v. 114, p. 197–230.

FARIAS, V. Geologia, Litogeoquímica e Geocronologia U – Pb (SHRIMP) do plúton, associado a mineralização de Sn, Saubinha. SW do Cráton Amazônico. Distrito Mineiro de São Lourenço-Macisa. 2017. Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, p. 112, 2017.

FOSTER, M.D. Interpretation of the composition of lithium micas. U.S. Geological Survey Professional Paper 354-E, p. 115-147, 1960.

FOSTER, P.L.L. Caracterização petrográfica das zonas de alteração hidrotermal associadas aos pegmatitos da Mina Bom Futuro, Rondônia. Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, p. 95, 2012.

FOSTER, P.L.L. Geologia e Petrologia do Maciço Palanqueta, Mina Bom Futuro, Rondônia. 2016. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, p. 86, 2016.

FROST, C.D., BEARD, B.R., JAMES, S. 2016. On silica-rich granitoids and their eruptive equivalents. *American Mineralogist*, v. 101, p. 1268–1284.

GELMAN S E, DEERING C D, BACHMANN O, HUBER C, GUTIÉRREZ F J. 2014. Identifying the crystal graveyards remaining after large silicic eruptions. *Earth Planetary Science Letters*, v. 403, p. 299–306.

GERALDES, M. C., VAN SCHMUS, W. R., CONDIE, K. C., BELL, S., TEIXEIRA, W., BABINSKI, M. Proterozoic geologic evolution of the SW part of the Amazonian Craton in Mato Grosso state, Brazil. *Precambrian Research*, v. 111, p. 91-128, 2001.

GORAIEB, C.L. Aspectos geológicos e metalogenéticos do Maciço Correias. São Paulo, 1995. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.

GU, L.X.; ZHANG, Z.Z.; WU, C.Z.; GOU, X.Q.; LIAO, J.J.; YANG, H.. 2011, A topaz- and amazonite bearing leucogranite pluton in eastern Xinjiang, NW China and its zoning: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 42, p. 885–902.

GUIMARÃES, F. S., de OLIVEIRA, A. L. R., AMORIM, L. E. D., RIOS, F. J., LEHMANN, B., HERNÁNDEZ, C. R., MORAES, R. 2021. Lithium-mica composition as pathfinder and recorder of Grenvillian-age greisenization, Rondonia Tin Province, Brazil. *Geochemistry*, v. 81 (2), 125737.

GREEN T H. 1995. Significance of Nb/Ta as an indicator of geochemical processes in the crust-mantle system. *Chemical Geology*, v. 120, p. 347–359.

HAAPALA, I. Magmatic and postmagmatic processes in tin-mineralized granites: Topaz-bearing leucogranite in the Eurajoki rapakivi granite stock, Finland. *Journal of Petrology*, v. 38, p. 1645–1659, 1997.

HAAPALA, I., LUKKARI, S. 2005. Petrological and geochemical evolution of the Kymi stock, a topaz granite cupola within the Wiborg rapakivi batholith, Finland. *Lithos*, v. 80, p. 347–362.

- HAAPALA, I.; FRINDT, S.; KANDARA, J. 2007, Cretaceous Gross Spitzkoppe and Klein Spitzkoppe stocks in Namibia: Topaz-bearing A-type granites related to continental rifting and mantle plume: *Lithos*, v. 97, p. 174–192.
- HALL, A. 1987. *Igneous Petrology*, Longman p. 75-78.
- HASUI Y., HARALYI N.L.E., SCHOBENHAUS C. Elementos geofísicos e geológicos da região Amazônica: subsídios para o modelo geotectônico. In: *Anais do 2º Simpósio Amazônico*, DNPM/CNPq, Manaus, p. 129- 141, 1984.
- INVERNO, C.M.C., HUTCHINSON, R.W., 2006. Petrochemical discrimination of evolved granitic intrusions associated with Mount Pleasant deposits, New Brunswick, Canada. *Applied Earth Science*, v. 115, p. 23–39.
- IRBER W. 1996. Laugungsexperimente an peraluminischen Graniten als Sonde für Alterationsprozesse im finalen Stadium der Granitkristallisation mit Anwendung auf das Rb-Sr-Isotopensystem. Ph.D. dissertation (German with English abstract), FU Berlin.
- IRBER, W. 1999. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 63, p. 489-508.
- ISHIHARA, S., & MURAKAMI, H. 2006. Fractionated ilmenite-series granites in southwest Japan: Source magma for REE-Sn-W mineralizations: *Resource Geology*, v. 56, p. 245–256,
- ISOTTA, C.A.L.; CARNEIRO, J.M.; KATO, H.T.; BARROS, R.J.L. Projeto Província Estanífera de Rondônia. Porto Velho, DNPM/CPRM, Relatório Final, v. 1, 2 e 3, 1978.
- JANOUSEK, V., FARROW, C.M., ERBAN, V. 2006. Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, v. 47(6), p. 1255-1259.
- JUNG, C., JUNG, S., NEBEL, O., HELLEBRAND, E., MASBERG, P., HOFFER, E., 2009. Fluid-present melting of meta-igneous rocks and the generation of leucogranites—constraints from garnet major- and trace element data, Lu–Hf whole rock–garnet ages and whole rock Nd–Sr–Hf–O isotope data. *Lithos*, v. 111, p. 220–235.
- KEPPLER, H. 1993. Influence of fluorine on the enrichment of high field strength trace elements in granitic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 114, p. 479–488.
- KERR, A., FRYER, B.J. 1993. Nd isotope evidence for crust-mantle interaction in the generation of A-type granitoid suites in Labrador, Canada. *Chemical Geology*, v. 104 (1–4), p. 39–60.
- KLOOSTERMAN, J.B. Granites and rhyolites of São Lourenço: A vulcano-plutonic complex in southern Amazonia. *Eng. Min. Met.*, v. 44 (262), p. 169-171, 1966.
- KLOOSTERMAN, J.B. A tin province of the Nigerian type in Southern Amazônia. In: *Technical Conference on Tin*, London, 1967. *Int. Tin Council*, v. 2, p. 381-400, 1968.
- KOVALENKO, V.I., KUZ`MIN, M.I., ANTIPIN, V.S., PETROV, L.L. Topaz-bearing quartz keratophyre (ongonite), a new variety of subvolcanic igneous vein rock. *Acad. Sci. USSR Doklady, Earth Sci. Sec.*, v. 199, p. 132-314, 1971.
- KOVALENKO, V.I., KOVALENKO, N.I., 1976. Ongonites (Topaz Bearing Quartz Keratophyre)-Subvolcanic Analogues of Rare Metal Li–F Granites. *Nauka, Moskva*, p. 124 (in Russian).

LEAL, J.W.L.; SILVA, G.H.; SANTOS, D.B.; TEIXEIRA, W.; LIMA, M.I.C.; FERNANDES, C.A.C.; PINTO, A.C. Geologia. In: Projeto Radam Brasil. Folha SC. 20 – Porto Velho. Rio de Janeiro, MME/DNPM, p. 19-184, 1978.

LEHMANN, B. Metallogeny of Tin. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, p. 211, 1990.

LEHMANN, B. 2021. Formation of tin ore deposits: a reassessment. *Lithos* 402-403, 105756.

LEITE JÚNIOR, W.B.O. Maciço Oriente Novo (RO) e a mineralização estanho-tungstenífera associada. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, USP, São Paulo, p. 192, 1992.

LEITE JÚNIOR, W.B. A suíte intrusiva Santa Clara e a mineralização polimetálica (Sn, W, Nb, Ta, Zn, Cu e Pb) associada. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, USP, São Paulo, p. 305, 2002.

LEITE JÚNIOR, W.B., PAYOLLA, B.L., BETTENCOURT, J.S. Petrogenesis, of two Grenvillian tin-bearing rapakivi granite suítes, southwestern Amazonian craton, Rondonia, Brazil. In: IUGS/SBG, International Geologic Congress. Brazil, 2000.

LEITE JÚNIOR, W. B.; PAYOLLA, B. L.; MUZZOLON, R.; OLIVEIRA, L. R.; BETTENCOURT, J.S. 2002a. Rochas subvulcânicas ácidas e intermediárias na mina Bom Futuro, Rondônia. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, XLI, João Pessoa, Anais, p. 601.

LEITE JÚNIOR, W. B.; PAYOLLA, B. L.; MUZZOLON, R.; OLIVEIRA, L. R.; BETTENCOURT, J. S. 2002b. Topaz leucorhyolite porphyry (ongonite) from Bom Futuro mine, Rondônia. In: SBG-NN, Simpósio sobre Vulcanismo e Ambientes Associados, II, Belém, Boletim de Resumos, p. 20.

LEITE JÚNIOR, W. B.; PAYOLLA, B. L.; OLIVEIRA, L. R.; MUZZOLON, R.; BETTENCOURT, J. S. 2003. Geoquímica dos pórfiros graníticos com topázio do morro Bom Futuro, mina Bom Futuro, Rondônia. In: SBGq, Congresso Brasileiro de Geoquímica, IX, Belém, Livro de Resumos, p.734-736.

LEITE JUNIOR, W. B.; OLIVEIRA, L. R.; PAYOLLA, B. L.; BETTENCOURT, J. S., 2004. Fácies brechóides dos diques de pórfiros graníticos com topázio do morro Bom Futuro, mina Bom Futuro, Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XLII, 2004, Araxá, Anais, SBG, 1 CD-ROM.

LEITE JÚNIOR, W. B.; OLIVEIRA, R. C. B.; TAMBORIM, D. A. R.; PAYOLLA, B. L.; BETTENCOURT, J. S., 2005. Geoquímica dos topázio granitos do stock Palanqueta, mina Bom Futuro, Rondônia: considerações preliminares. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, X, Porto de Galinhas, SBGq, 1 CD-ROM.

LEITE JÚNIOR, W. B.; PAYOLLA, B. L.; OLIVEIRA, L. R.; BETTENCOURT, J. S., 2006. Geological and petrological aspects of Grenvillian A-type topaz granites of the Bom Futuro tin-mine, Rondônia, Brazil. In: DALL'AGNOL, R.; ROSA-COSTA, L.T.; KLEIN, E.L. ed. Symposium on Magmatism, Crustal Evolution, and Metallogenesis of the Amazonian Craton. Belém, PRONEX-UFPA/SBG-NO, Abstracts Volume and Field Trips Guide, p. 61.

LEITE JÚNIOR, W. B.; PAYOLLA, B. L.; BETTENCOURT, J. S., 2008. Tin mineralization related to pegmatite, quartz vein and greisen in anorogenic subvulcanic environment. In: 33rd International Geological Congress, 2008, Oslo. Abstract. Oslo: International Union of Geological Sciences; 33rd IGC Foundation, 2008, v. 1.

- LEITE JUNIOR, W.B., PAYOLLA, B.L., DIAS, C.A.T., BETTENCOURT, J.S. Litogeoquímica de granites e riólitos do distrito mineiro São Lourenço-Macisa, maciço São Lourenço, Rondônia: considerações preliminares. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, XIV, Diamantina, SBGq, , Conferências e Resumos científicos, 01 CD-Rom, 2013.
- LEITE JÚNIOR, W. B.; PAYOLLA, B. L.; BETTENCOURT, J.S.; DIAS, C.A.T. 1.38-1.30 Ga A-Type Granites Related to the Evolution of the Rondonian-San Ignacio Orogenic System, SW Amazonian Craton, Brazil: a geochemical overview. *Comunicações Geológicas*, v. 101, p. 125–29, 2014.
- LENHARO, S.L.R., POLLARD, P.J., BORN, H. Matrix rock texture in the Pitinga topaz granite, Amazonas, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, p. 238-241, 2000.
- LINNEN R L, KEPPLER H. 2002. Melt composition control of Zr/Hf fractionation in magmatic processes. *Geochim Cosmochim Acta*, 66: 3293–3301
- LITHERLAND, M., ANNELS, R.N., APPLETON, J., BERRANGE, J., BLOOMFIELD, K., BURTON, C., DARBYSHIRE, D.P.F., FLETCHER, C.J.N., HAWKINS, M.P., KLINK, B.A., LLANOS, A., MITCHELL, W.I., O'CONNOR, E.A., PITFIELD, P.E.J., POWER, G., WEBB, B.C. The geology and mineral resources of the Bolivian Precambrian shield. *Overseas Memoir, British Geological Survey Paper*, v. 9, p. 154, 1986.
- LITHERLAND, M.; ANNELS, R.N.; HAWKINS, M.P.; KLINCK, B.A.; O'CONNOR, E.A.; PITFIELD, P.E.J.; POWER, G.; DARBYSHIRE, D.P.F.; FLETCHER, C.N.J.; MITCHELL, W.I.; WEBB, B.C. The Proterozoic of eastern Bolivia and its relationships to the Andean mobile belt: *Precambrian Research*, v. 43, p. 157–174, 1989.
- LITVINOVSKY, B.A., JAHN, B.-M., ZANVILEVICH, A.N., SAUNDERS, A., POULAIN, S., KUZMIN, D.V., REICHOW, M.K., TITOV, A.V. 2002. Petrogenesis of syenite–granite suites from the Bryansky Complex (Transbaikalia, Russia): implications for the origin of A-type granitoid magmas. *Chemical Geology*, v. 189 (1–2), p. 105–133.
- LIU, Z.-C., WU, F.-Y., DING, L., LIU, X.-C., WANG, J.-G., JI, W.-Q., 2016. Highly fractionated Late Eocene (~35 Ma) leucogranite in the Xiaru Dome, Tethyan Himalaya, South Tibet. *Lithos*, v. 240–243, p. 337–354.
- LOBATO, F.P.N.S.; APEEL, L.E.; GODOY, M.C.F.T.; RITTER, J.E.; LASA. 1966. Pesquisa de cassiterita no Território Federal de Rondônia (Relatório Final). MME-DNPM-DFPM. Boletim Nº 125, 209 p.
- LONDON, D. Phosphorus in S-type magmas: the P₂O₅ content of feldspars from peraluminous granites, pegmatites, and rhyolites. *American Mineralogist* 77, 126–145, 1992.
- LUKKARI, S. Petrography and geochemistry of the topaz-bearing granite stocks in Artjarvi and Saaskjarvi, western margin of the Wiborg rapakivi granite batholith. *Bulletin of the Geological Society of Finland*, v. 74, parts 1-2, p. 115-132, 2002.
- LUKKARI, S., THOMAS, R., HAAPALA, I. 2009. Crystallization of the Kymi topaz granite stock within the Wiborg rapakivi granite batholith, Finland: evidence from melt inclusions. *The Canadian Mineralogist*, v. 47, p. 1359–1374.
- MANNING, D.A.C. Na experimental study of the effects of the fluorine on the crystallization of granitic melts. In: EVANS, A.M. (ed). *Metallization associated with acid magmatism*. Chichester, John Wiley, p. 191-203, 1982.

- MANNING, D.A.C., 1986, Contrasting styles of Sn-W mineralisation in peninsular Thailand and SW England: *Mineralium Deposita*, v. 21, p. 44–52.
- MASUDA, A., & AKAGI, T. 1989. Lanthanide tetrad effect observed in leucogranites from China: *Geochemical Journal*, v. 23, p. 245–253.
- MATA, S.P.; VIEIRA, O.A.R.P.; GODOY, A.M. *Geologia do Maciço Correias, Sudeste do Estado de São Paulo*. Unesp, Geociências, v. 39, n. 2, p. 297-316, 2020.
- MCDONOUGH, W.F., SUN, S.S. 1995 The composition of the Earth. *Chemical Geology*, v. 120 (3–4), p. 223–253.
- MILLER, C. F., MITTLEFEHLDT, D. W. 1982. Depletion of light rare-earth elements in felsic magmas. *Geology*, v. 10, p. 129–133.
- MILLER, C.F., MCDOWELL, S.M., RUSSEL, W.M. 2003. Hot and cold granites? Implications of zircon saturation temperatures and preservation of inheritance. *Geology*, v. 6, p. 529-532.
- MONECKE, T., KEMPE, U., MONECKE, J., SALA, M., & WOLF, D. 2002. Tetrad effect in rare earth element distribution patterns: A method of quantification with application to rock and mineral samples from granite-related rare metal deposits: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 66, p. 1185–1196.
- MONECKE, T., KEMPE, U., TRINKLER, M., THOMAS, R., DULSKI, P., WAGNER, T. 2011. Unusual rare earth element fractionation in a tin-bearing magmatic-hydrothermal system. *Geology*, v. 39(4), p. 295-298.
- MONIER, G., ROBERT, J.-L. Evolution of the miscibility gap between muscovite and biotite solid solutions with increasing lithium content: an experimental study in the system $K_2O-Li_2O-MgO-FeO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O-HF$ at 600°C, 2 kbar P_{H_2O} : comparison with natural lithium micas. *Mineralogical Magazine*, v. 50, p. 641-651, 1986.
- MOURA, M.A., BOTELHO, N.F. The topaz-albite granite and related rocks from the Sn-In mineralized zone of Mangabeira granitic Massif (GO, Brazil). *Revista Brasileira de Geociências*. Rio de Janeiro, v. 30, n. 2, p. 270-273, 2000.
- MOURA, M.A.; BOTELHO, N.F.; OLIVO, G.R.; KYSER, K.; PONTES, R.M. 2014. Genesis of the Proterozoic Mangabeira tin-indium mineralization, Central Brazil: Evidence from geology, petrology, fluid inclusion and stable isotope data: *Ore Geology Reviews*, v. 60, p. 36–49.
- MÜLLER, A., SELTMANN, R. The genetic significance of snowball quartz in highly fractionated tin granites of the Krušné Hory/Erzgebirge. In: Stanley, C.J. (Ed.), 5th Biennial SGA Meeting, London, UK, Abstract Volume: v. 1, CRC Press, p. 409–412, 1999.
- MUSHKIN, A., NAVON, O., HALICZ, L., HARTMANN, G., STEIN, M. 2003. The Petrogenesis of A-type Magmas from the Amram Massif, Southern Israel. *Journal of Petrology*, v. 44 (5), p. 815–832.
- OKIDA, R. Aplicação do sensoreamento remoto e aerogamaespectrometria ao estudo do controle estrutural dos granitos estaníferos de Rondônia. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 217, 2001.
- PAYOLLA, B.L.; BETTENCOURT, J.S.; KOZUCH, M.; LEITE JÚNIOR, W.B.; FETTER, A.H.; SCHMUS, W.R.V. Geological Evolution of the Basement Rocks in the East-Central part

of the R ndonia Tin Province, SW Amazonian Craton Brazil: U-Pb and Sm-Nd Isotopic Constraints. *Precambrian Research*, v.119, p.141-169, 2002.

PEARCE, J.A.; HARRIS, N. B. W.; TINDLE, A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, v. 25, p. 956-983, 1984.

PETRONILHO, L., 2009, Método Sm-Nd no CPGeo_IGc-USP: Procedimentos Analíticos Atualmente em Rotina, in Boletim de Resumos Expandidos Simpósio 45 Anos de Geocronologia no Brasil, v. 8, p. 116–118.

PICHAVANT, M., MANNING, D.A.C. 1984. Petrogenesis of tourmaline granites and topaz granites: the contribution of experimental data. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, v. 35, p. 31-50.

PIRAJNO, F. Effects of Metasomatism on Mineral Systems and Their Host Rocks: Alkali Metasomatism, Skarns, Greisens, Tourmalinites, Rodingites, Black-Wall Alteration and Listvenites, in HARLOV, D.E. and AUSTRHEIM, H. eds., *Metasomatism and the Chemical Transformation of Rock*, Berlin Heidelberg, Springer, p. 203–251, 2013.

PITCHER, W.S. *The Nature and Origin of Granite*. Second Edition. Springer, p. 413, 1997.

POLLARD, P.J. Geochemistry of granites associated with tantalum and niobium. In: MOLLER, CERNY, P & SAUP , F. (ed) *Lanthanides, tantalum and niobium*. Berlin, Springer-Verlag, p. 145-168. 1989.

POLLARD, P.J. & TAYLOR, R.P. 1991. Petrogenetic and metallogenetic implications of the occurrence of topaz Li-mica granite at the Yichun Ta-Nb-Li mine, Jiangxi Province, south China. In M. Pagel and J.L. Leroy (eds.) *Source, transport and deposition of metals*. Rotterdam, Balkema, 789-791.

PRANDI, P.H. Projeto de Aproveitamento Mineral com Controle Ambiental da Jazida de Cassiterita de Bom Futuro, Rondônia. EBESA, v. 1, p. 1-6, 1990.

QUADROS, N. L. E. S. & RIZZOTTO G. J. *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia – Sistema de Informações Geográficas. Texto Explicativo do Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Rondônia*. Programa Geologia do Brasil, CPRM, Porto Velho, p. 153. 2007.

RIEDER, M., CAVAZZINI, G., D’YAKONOV, Y.S., FRANK-KAMENETSKII, V.A., GOTTARDI, G., GUGGENHEIM, S., KOVAL’, P.V., MÜLLER, G., NEIVA, A.M.R., RADOSLOVICH, E.W., ROBERT, J.-L., SASSI, F.P., TAKEDA, H., WEISS, Z., WONES, D.R. 1999. Nomenclature of the micas. *Mineralogical Magazine*, v. 63, p. 267–279.

RIZZOTTO, G.J.; QUADROS, M.L. do E.S.; BAHIA, R.B.C.; CORDEIRO, A.V. Folha SC. 20- Porto Velho. In: SCHOBENHAUS, C., GONÇALVES, J.H., SANTOS, J.O.S., ABRAM, M.B, LEÃO NETO, R., MATOS, G.M.M., VIDOTTI, R.M., RAMOS, M.A.B., JESUS, J.D.A de (Eds.). *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas Programa Geologia do Brasil*. Brasília: CPRM, 2004.

RIZZOTTO, G.J., SANTOS, J.O.S., HARTMANN, L.A., TOHVER, E., PIMENTEL, M.M., MCNAUGHTON, N.J. The Mesoproterozoic Guaporé suture in the SW Amazonian Craton: Geotectonic implications based on field geology, zircon geochronology and Nd-Sr isotope geochemistry. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 48, p. 271-295, 2013.

RIZZOTTO, G. J., HARTMANN, L. A., SANTOS, J. O. S., MCNAUGHTON, N. J. Tectonic evolution of the southern margin of the Amazonian craton in the late Mesoproterozoic based

on field relationships and zircon U-Pb geochronology. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 86, p. 57-84, 2014.

RIZZOTTO, G.J., ALVES, C.L., RIOS, F.S., SANT'ANA, M.B. The Western Amazonia igneous belt. *Journal of South America Earth Science*, v. 96, 2019.

ROMANINI, S.J. Geologia e resultados prospectivos das áreas Serra dos Pacaás Novos e Rio Cautário – Rondônia. Porto Alegre: CPRM (Informe de Recursos Minerais. Série Metais do Grupo da Platina e Associados, 20), 2000.

RUIZ, A.S. Evolução geológica do sudoeste do Craton Amazônico, região limítrofe Brasil-Bolívia-Mato Grosso. Tese de doutoramento, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, Brazil, p. 260, 2005.

RUIZ, A.S., SIMÕES, L.S.A., ARAUJO, L.M.B., GODOY, A.M., MATOS, J.B., SOUZA, M.Z.A. Cinturão Orogênico Aguapeí (1025-900 Ma): Um exemplo de Faixa Móvel Intracontinental no SW do Cráton Amazônico. In: XI Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Natal. *Anais*, p. 116-118, 2007.

SADOWSKI, G.R., & BETTENCOURT, J.S. Mesoproterozoic tectonic correlations between eastern Laurentia and the western border of the Amazonian Craton: *Precambrian Research*, v. 76, p. 213–227, 1996.

SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E.; GROVES, D. I.; MCNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R. A new understanding of the Amazon Craton Provinces based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gondwana Research*, Japão, v. 3, n.4, p. 453-488, 2000.

SANTOS, J.O.S., RIZZOTTO, G.J., EASTON, M.R., POTTER, P.E., HARTMANN, L.A., MCNAUGHTON, N.J. The Sunsás Orogen in Western Amazon Craton, South America and correlation with the Grenville Orogen of Laurentia, based on U-Pb isotopic study of detrital and igneous zircons. Denver: Geological Society of America, 2002.

SANTOS, J.O.S., RIZZOTTO, G.J., CHEMALE, F., HARTMANN, L.A., QUADROS, M.L. do E.S.; MCNAUGHTON N.J. Three distinctive collisional orogenies in the Southwestern Amazon craton: constraints from U-Pb geochronology. In: South American Symposium on Isotope Geology, Salvador. *Papers*, Salvador: CBPM, p. 282-285, 2003.

SANTOS, J.O.S., HARTMANN, L.A., FARIA, M.S.G., RIKER, S.R., SOUZA, M.M., ALMEIDA, M.E., & MCNAUGHTON, N.J. A compartimentação do Cráton Amazonas em províncias: avanços ocorridos no período 2000–2006, in Sociedade Brasileira de Geociências, Núcleo Norte (SBG-NO), Simpósio de Geologia da Amazônia, 9, Belém, CD-Rom, 2006.

SANTOS JUNIOR, P.S.M. Metalogênese do Depósito de Estanho Liberdade, Campo Novo de Rondônia – RO. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia, UNB, Brasília, p. 71, 2015.

SATO, K., TASSINARI, C.C.G., BASEI, M.A.S., SIGA, O., ONOE, A.T., e DE SOUZA, M.D. 2014. Sensitive High Resolution Ion Microprobe (SHRIMP IIe/MC) of the Institute of Geosciences of the University of São Paulo, Brazil: Analytical method and first results: *Geologia USP - Serie Científica*, v. 14, p. 3–18.

SAWKA, W.N., KISTLER, R.W., CHAPPELL, B.W. 1990. Geochemistry of highly fractionated I- and S-type granites from the tin-tungsten province of western Tasmania: *GSA Special Paper*, v. 246.

SCANDOLARA, J.E. Geologia e evolução do Terreno Jamari, embasamento da faixa Sunsás/Aguapeí, centro-leste de Rondônia, sudoeste do Cráton Amazônico. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, p. 384, 2006.

SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G.J.; BAHIA, R.B.C.; QUADROS, M.L.E.S; AMORIM, J.L.; DALL'IGNA, L.G. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia: texto explicativo e mapa geológico, escala 1:1.000.000. Programa Levantamentos Geológicos do Brasil. CPRM Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Brasil, 1999.

SCANDOLARA, J.E., RIBEIRO, P.S.E., QUADROS, M.E.S., DUARTE, T.B., FRASCA, A.A.S. O arco magmático Juruena-Jamari: uma entidade geotectônica Paleoproterozóica única no SW do Cráton Amazônico? Simpósio de Geologia da Amazônia, Boa Vista. In: Boletim de Resumos Expandidos, 2011.

SCANDOLARA, J.E., FUCK, R.A., DALL'AGNOL, R. & DANTAS, E.L. Geochemistry and origin of the early Mesoproterozoic mangerite-charnockite-rapakivi granite association of the Serra da Providencia suite and associated gabbros, central-eastern Rondonia, SW Amazonian Craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 45, p. 166-193, 2013.

SCANDOLARA, J. E., CORREA, R. T., FUCK, R. A., SOUZA, V. S., RODRIGUES, J. B., RIBEIRO, P. S. E., FRASCA, A. A. S. SABOIA, A. M., & LACERDA FILHO, J. V. Paleoproterozoic arc-accretion along the southwestern margin of the Amazonian craton: The Juruena accretionary orogen and possible implications for Columbia supercontinent. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 73, p. 223–247, 2017.

SHAW D. M. 1968. A review of K-Rb fractionation trends by covariance analysis. *Geochim. Cosmochim. Acta* 32, 573–601.

SILVA, L. F. S.; COSTI, H. T.; TEIXEIRA, J. T. 1995. Faciologic mapping and preliminar petrography of Palanqueta albite granite, Bom Futuro, Rondônia, Brazil. In: DALL'AGNOL, R.; MACAMBIRA, M. J. B. & COSTI, H. T. ed. *International Symposium on Rapakivi Granite and Related Rocks*, 6, Belém, 1995, Abstract Volume, UFPA, p. 73.

SILVA, L. F. S.; COSTI, H. T.; DALL'AGNOL, R.; TEIXEIRA, J. T. 1997. Petrographic and geochemical characteristics of the tin-bearing albite granite of Morro da Palanqueta, Bom Futuro Mine, Rondônia, Brazil. In: FERREIRA, V. P. & SIAL, A. N. ed. *International Symposium on Granites and Associated Mineralizations*, II, Salvador, 1997, Extended Abstract and Program, SGM, p. 155-156.

SINCLAIR, W.D., KOOIMAN, G.J.A., MARTIN, D.A. Geological setting of granites and related tin deposits in the North Zone, Mount Pleasant, New Brunswick. *Geology Survey Canada Papers*, v 88-1B, p. 201-208, 1988.

SOUZA, S., 2009, Métodos Radiométricos Rb-Sr e Sm-Nd no CPGeo-IGc-USP, in Boletim de Resumos Expandidos Simpósio 45 Anos de Geocronologia no Brasil, p. 137–139.

SOUZA, V. S. Evolução Magmática e Modelo Metalogenético do Sistema Vulcano-Plutônico Estanífero Bom Futuro. Tese de doutorado. Instituto de Geociências, UnB. Brasília, 2003.

SOUZA, V. S. & BOTELHO, N. F. 2002. Geologia do depósito de estanho do Bom Futuro (Rondônia) e composição dos fluidos nos sistemas de veios e greisens. In: KLEIN, E.L.; VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. ed. *Contribuições à Geologia da Amazônia*. Belém, SBG-NN, pp. 199-214.

- SOUZA V.S., TEIXEIRA L.M., BOTELHO N.F. 2005. Datação U-Th-Pb de monazita hidrotermal e sua aplicação na geocronologia da mineralização de estanho em zonas de greisens do sistema plutônico Palanqueta, depósito do Bom Futuro (RO). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35(1), p. 43-48.
- SOUZA, V. S.; BOTELHO, N. F.; DANTAS, E. L.; LAUX, J. H. Geoquímica e geologia isotópica (Sm-Nd e U-Pb) do magmatismo traquítico no depósito de estanho do Bom Futuro (RO). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, n. 4, p. 660-667, 2007.
- SPARRENBARGER, I. Evolução da mineralização primária estanífera associada ao Maciço Granítico Santa Bárbara, Rondônia. 2003. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, p 252, 2003.
- ŠTEMPROK, M., 1991. Ongonite from Ongon Khairkhan, Mongolia. *Mineralogy and Petrology*, v.43, p. 253–273.
- ŠTEMPROK, M., HOLUB, F. V., NOVÁK, J. K. 2003. Multiple magmatic pulses of the Eastern Volcano-Plutonic Complex, Krušné hory/Erzgebirge batholith, and their phosphorus contents. *Bull Geosci*, v. 78(3), p. 277-296.
- ŠTEMPROK, M.; PIVEC, E.; LANGROVÁ, A. 2005, The petrogenesis of a wolframite-bearing greisen in the Vykmánov granite stock, Western Krušné hory pluton (Czech Republic): *Bulletin of Geosciences*, v. 80, p. 163–184.
- STONE, M., EXLEY, C.S., GEORGE, M.C. Compositions of trioctahedral micas in the Cornubian batholith. *Mineralogical Magazine*, v. 52, p. 175-192, 1988.
- TARTÈSE, R., BOULVAIS, P. (2010). Differentiation of peraluminous leucogranites “en route” to the surface. *Lithos*, v. 114(3-4), p. 353-368.
- TASSINARI, C.C.G. O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos IGCUSP, São Paulo, Tese de Livre Docência, p. 139, 1996.
- TASSINARI, C.C.G. & MACAMBIRA, M.J.B. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, 22(3):174-182, 1999.
- TASSINARI C.C.G. & MACAMBIRA M.J.B. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C., BRITO-NEVES, B.B. (eds.). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, São Paulo. p. 471-485, 2004.
- TAYLOR S. R. 1965. The application of trace element data to problems in petrology. *Phys. Chem. Earth* 6, 133–213.
- TAYLOR, R.G., 1979. *Geology of Tin Deposits*. Elsevier, Amsterdam, p. 543.
- TAYLOR, R.P. 1992. Petrological and geochemical characteristics of the Pleasant Ridge zinnwaldite-topaz granite, southern New Brunswick, and comparisons with other topaz-bearing felsic rocks. *Can. Mineral.* 30:895-921.
- TAYLOR, R.P., SINCLAIR, W.D., LUTES, G. Geochemical and isotopic characterization of granites related to W-Sn-Mo mineralization in the Mount Pleasant area, New Brunswick. *Conference on Granite-related mineral deposits*. Halifax, Canada, p. 254-273, 1985.
- TAYLOR, R.P. & FALLICK, A.E., 1997. The Evolution of fluorine-rich felsic magmas: source dichotomy, magmatic convergence and the origin of topaz granite. *Terra Nova*, 9: 105-108.

- TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C.C.G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. A review of the geochronology of the Amazonian Craton: tectonic implications. *Precambrian Research*, v. 42, p. 213-227, 1989.
- TEIXEIRA, W.; GERALDES, M. C.; MATOS, R.; RUIZ, A. S.; SAES, G.; VARGASMATTOS, G. A. review of the tectonic evolution of the Sunsás belt, SW Amazonian Craton. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 47-60, 2010.
- TEIXEIRA, W., CORDANI, U.G., FALEIROS, F.M., SATO, K., MAURER, V.C., RUIZ, A.S., AZEVEDO, E.J.P. The Rio Apa Terrane reviewed: U-Pb zircon geochronology and provenance studies provide paleotectonic links with a growing Proterozoic Amazonia. *Earth Science Reviews*, v. 202, p. 1–35, 2020.
- THOMAS, J.A., GALEY, J.T.J. 1982. Exploration and geology of the Mt. Emmons molybdenite deposits, Gunnison County, Colorado. *Economic Geology*, v. 77, p. 1085–1104.
- THOMAS, R., WEBSTER, J.D., RHEDE, D., SEIFERT, W., RICKERS, K., FORSTER, H.J., HEINRICH, W., DAVIDSON, P. 2006. The transition from peraluminous to peralkaline granitic melts: evidence from melt inclusions and accessory minerals. *Lithos*, v. 91, p. 137–149.
- TISCHENDORF, G., GOTTESMANN, B., FÖRSTER, H.-J., TRUMBULL, R.B. On Li-bearing micas: estimating Li from electron microprobe analyses and an improved diagram for graphical representation. *Mineralogical Magazine*, v. 61, p. 809–834, 1997.
- TISCHENDORF, G., FÖRSTER, H.-J., GOTTESMANN, B. Minor-and trace-element composition of trioctahedral micas: a review. *Mineralogical Magazine*, v. 65, p. 249–276, 2001.
- THOMAS, R., TISCHENDORF G. Evolution of Variscan magmatic metallogenic processes in the Erzgebirge according to thermometric investigations. —*Z. geol. Wiss.* — Berlin, v. 1, p. 25-42, 1987.
- TOHVER E., VAN DER PLUIJM B., VAN DER VOO, R. RIZZOTTO G., SCANDOLARA, J.E. Paleogeography of the Amazon craton at 1.2 Ga: early Grenvillian collision with the Liano segment of Laurentia. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 6188, p. 1-16, 2002.
- TOHVER, E.; Van Der PLUIJM, B.A.; MEZGER, K.; ESSENE, E.; SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G. Significance of the Nova Brasilândia metasedimentary belt in western Brazil: Refining the Mesoproterozoic boundary of the Amazon craton: *Tectonics*, v. 23, p. 1–20, 2004.
- TOHVER, E.; Van DER PLUIJM, B.A.; SCANDOLARA, J.E.; ESSENE, E. Late Mesoproterozoic deformation of SW Amazonia (Rondonia, Brazil): Geochronological and structural evidence for collision with southern Laurentia: *Journal of Geology*, v. 113, p. 309–323, 2005.
- TOMEK, F., ŽÁK, J., SVOJTKA, M., FINGER, F., WAITZINGER, M. 2019. Emplacement dynamics of syn-collapse ring dikes: an example from the Altenberg-Teplice caldera, Bohemian Massif. *GSA Bulletin*, v. 131, p. 997–1016.
- TUREKIAN, K.K., WEDEPOHL, K.H. 1961. Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *The Geological Society of America Bulletin*, v. 72, p. 175-191.
- TURNER, S.P., FODEN, J.D., MORRISON, R.S. 1992. Derivation of some A-type magmas by fractionation of basaltic magma-an example from the Padthaway Ridge, South Australia. *Lithos*, v. 28(2), p.151–179

- VAN ACHTERBERGH, E., RYAN, C.G., JACKSON, S.E., GRIFFIN, W.L., 2001, Data reduction software for LA-ICP-MS, in Sylvester P.J. (ed.), *Laser ablation-ICP-mass spectrometry in the Earth Sciences: Principles and applications*: Ottawa, Ontario, Mineralogical Association of Canada, Short Course Series, v. 29, p. 239-243.
- VEKSLER, I.V., 2004. Liquid immiscibility and its role at the magmatic-hydrothermal transition: a summary of experimental studies. *Chemical Geology*, v. 210, p. 7–31.
- VENEZIANI, P.; OKIDA, R.; BETTENCOURT, J.S. Movimentos tectônicos ao longo das principais linhas de fraquezas crustais na Província Estanífera de Rondônia (PER) e sua implicação no alojamento dos maciços graníticos. In: BETTENCOURT, J.S.; TEIXEIRA, W.; PACCA, I.G.; GERALDES, M.C.; SPARRENBURGER, I. (eds.). *Workshop Geology of the SW Amazonian Craton: State-of-the-Art*. Institute of Geosciences – University of São Paulo – Brazil. IGCP Project 426, p. 105-109, 2001.
- VILLANOVA, M. T. & FRANKE, N.D. 1995. Serra do Bom Futuro – Rondônia: a volcanic-breccia pipe-hosted tin mineralization. In: DALL’AGNOL, R., MACAMBIRA, M.J.B. & COSTI, H.T. *Simposio Sudamericano de Geologia Isotopica*. Serviço Nacional de Geologia Y Minería/Universidad de Chile/Sociedad Geologica de Chile. Pucon-Chile, p. 79-82.
- WANG, L.-X., MA, C.-Q., ZHANG, C., Zhang, J.-Y., MARKS, M.A.W., 2014. Genesis of leucogranite by prolonged fractional crystallization: a case study of the Mufushan complex, South China. *Lithos*, v. 206–207, p. 147–163.
- WATSON, E.B., HARRISON, T.M. 1983. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 64, p. 295-304.
- WHALEN, J.B., CURRIE, K.L., CHAPPELL, B.W. A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, s. ed. 95: 407-419, 1987.
- WICKHAM, S.M., ALBERTS, A.D., ZANVILEVICH, A.N., LITVINOVSKY, B.A., BINDEMAN, I.N., SCHAUBLE, E.A. 1996. A stable isotope study of anorogenic magmatism in East Central Asia. *Journal of Petrology*, v. 37 (5), p. 1063–1095.
- WIEDENBECK, M., ALLÉ, P., CORFU, F., GRIFFIN, W.L., MEIER, M., OBERLI, F., VON QUADT, A., RODDICK, J.C., & SPIEGEL, W., 1995, Three natural zircon standards for U–Th–Pb, Lu–Hf, trace element and REE analyses. *Geostandards Newsletter*, v. 19, p. 1–23.
- WU, F., LIU, X., JI, W., WANG, J., YANG, L., 2017. Highly fractionated granites: recognition and research. *Science China Earth Sciences*, v. 60, p. 1201–1219.
- XIE, L., WANG, R., CHEN, J., ZHU, J., ZHANG, W., LU, J., ZHANG, R. 2013. A tin-mineralized topaz rhyolite dike with coeval topaz granite enclaves at Qiguling in the Qitianling tin district, southern China. *Lithos*, v. 170, p. 252-268.
- YANG, J.H., WU, F.Y., CHUNG, S.L., WILDE, S.A., CHU, M.F. 2006. A hybrid origin of the Qianshan A-type granite, northeast China: geochemical and Sr–Nd–Hf isotopic evidence. *Lithos*, v. 89, p. 89–106.
- YU, J. H., O’REILLY, S. Y., ZHAO, L., GRIFFIN, W. L., ZHANG, M., ZHOU, X., JIANG, S.Y., WANG, L.J., WANG, R. C. 2007. Origin and evolution of topaz-bearing granites from the Nanling Range, South China: a geochemical and Sr–Nd–Hf isotopic study. *Mineralogy and Petrology*, v. 90(3-4), p. 271-300.

ZARAIISKY, G.P., AKSYUK, A.M., DEVYATOVA, V.N., UDORATINA, O.V., CHEVYCHELOV, V. YU. 2009. The Zr/Hf Ratio as a Fractionation Indicator of Rare-Metal Granites. *Petrology*, v. 17, p. 25-45.

ZHU, J. C., LI, R. K., LI, F. C., XIONG, X. L., ZHOU, F. Y., & HUANG, X. L. 2001. Topaz–albite granites and rare-metal mineralization in the Limu district, Guangxi Province, southeast China. *Mineralium Deposita*, v. 36(5), p. 393-405.

APÊNDICE I

Feldspatos

Fácies	Granito pórfiro BF								
Amostra	BF-24								
Análise	bf24a_fk_1	bf24a_fk_2	bf24a_plg_3	bf24a_plg_4	bf24a_fk_5	bf24a_fk_6	bf24a_plg_7	bf24a_plg_8	bf24a_fk_9_c
Localização	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	65.74	65.28	69.26	68.88	65.56	65.52	69.22	69.08	65.64
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	18.49	18.27	19.35	19.23	18.24	18.29	19.39	19.38	18.03
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.02
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na2O	0.51	0.39	11.39	11.57	0.50	0.43	11.59	11.33	0.54
K2O	15.28	15.44	0.13	0.13	15.33	15.46	0.13	0.12	15.19
Total	100.06	99.39	100.18	99.85	99.64	99.72	100.37	99.90	99.42
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.01	3.02	3.01	3.01	3.02	3.02	3.01	3.01	3.03
Al IV	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	0.98
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.05	0.03	0.96	0.98	0.04	0.04	0.98	0.96	0.05
K	0.89	0.91	0.01	0.01	0.90	0.91	0.01	0.01	0.89
Membro final									
Ab	4.84	3.69	99.16	99.06	4.70	4.08	99.27	99.34	5.11
An	0.00	0.00	0.10	0.22	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Or	95.16	96.31	0.74	0.72	95.30	95.92	0.72	0.66	94.89

Fácies									
Amostra									
Análise	bf24a_fk_9_b	bf24a_plg_9	bf24a_plg_10	bf24a_fk_11_c	bf24a_fk_11_b	bf24a_plg_12	bf24a_plg_13	bf24a_fk_14_c	bf24a_fk_14_b
Localização	Borda	Centro	Centro	Centro	Borda	Centro	Centro	Centro	Borda
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	63.51	69.04	68.99	65.55	65.38	68.95	69.03	65.31	65.72
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	18.05	19.52	19.28	18.21	18.20	19.27	19.31	18.08	18.21
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.25	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
CaO	0.03	0.07	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00
Na2O	0.54	11.31	11.26	0.69	0.64	11.57	11.48	0.40	0.55
K2O	14.66	0.14	0.11	14.97	15.11	0.10	0.10	15.28	15.20
Total	97.06	100.10	99.67	99.42	99.34	99.93	99.94	99.12	99.69
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.00	3.01	3.01	3.02	3.02	3.01	3.01	3.02	3.02
Al IV	1.01	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.05	0.95	0.95	0.06	0.06	0.98	0.97	0.04	0.05
K	0.88	0.01	0.01	0.88	0.89	0.01	0.01	0.90	0.89
Membro final									
Ab	5.28	98.85	99.27	6.56	6.09	99.29	99.41	3.80	5.21
An	0.16	0.34	0.08	0.00	0.00	0.12	0.00	0.06	0.00
Or	94.56	0.81	0.65	93.44	93.91	0.59	0.59	96.14	94.79

Fácies	Riólito pórfiro								
Amostra	BF-28B								
Análise	bf24a_plg_15	bf24a_plg_16	bf28b_fk_1	bf28b_fk_2	bf28b_plg_3	bf28b_plg_4	bf28b_fk_5	bf28b_fk_6	bf28b_plg_7
Localização	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	69.07	67.83	64.85	65.68	69.27	69.13	64.62	63.79	69.81
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	19.19	18.97	18.23	18.29	19.19	19.26	17.95	17.79	19.42
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.01	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
CaO	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.08	0.08
Na2O	11.39	11.01	0.51	0.51	11.41	11.62	0.41	0.83	11.78
K2O	0.14	0.14	15.15	15.25	0.07	0.09	15.40	15.03	0.10
Total	99.85	97.97	98.81	99.75	99.97	100.13	98.41	97.58	101.20
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.02	3.01	3.01	3.02	3.02	3.01	3.02	3.01	3.01
Al IV	0.99	0.99	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.96	0.95	0.05	0.05	0.96	0.98	0.04	0.08	0.98
K	0.01	0.01	0.90	0.89	0.00	0.01	0.92	0.90	0.01
Membro final									
Ab	99.15	99.12	4.85	4.86	99.50	99.44	3.92	7.70	99.11
An	0.08	0.06	0.00	0.06	0.09	0.03	0.00	0.41	0.36
Or	0.77	0.82	95.15	95.08	0.40	0.53	96.08	91.89	0.54

Fácies						Granito pórfiro BF			
Amostra	BF-47								
Análise	bf28b_plg_8	bf28b_fk_9	bf28b_plg_10	bf28b_fk_11	bf28b_plg_12	bf47a_fk_1_c	bf47a_fk_1_b	bf47a_plg_1	bf47a_plg_2
Localização	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Borda	Centro	Centro
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	68.32	65.34	69.35	65.41	68.78	66.01	64.93	68.80	69.11
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	19.20	18.10	19.38	18.09	19.16	18.61	18.19	19.47	19.39
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.03
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
CaO	0.22	0.00	0.08	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01
Na2O	11.25	0.46	11.63	0.56	11.30	0.66	0.57	11.19	11.57
K2O	0.12	15.39	0.11	15.13	0.09	15.13	15.08	0.12	0.11
Total	99.11	99.39	100.55	99.18	99.34	100.43	98.79	99.58	100.21
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.01	3.02	3.01	3.02	3.02	3.01	3.02	3.01	3.01
Al IV	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99
Ca	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.96	0.04	0.98	0.05	0.96	0.06	0.05	0.95	0.98
K	0.01	0.91	0.01	0.89	0.00	0.88	0.89	0.01	0.01
Membro final									
Ab	98.24	4.36	99.00	5.30	99.41	6.20	5.42	99.29	99.36
An	1.07	0.00	0.39	0.00	0.08	0.00	0.00	0.04	0.03
Or	0.69	95.64	0.62	94.70	0.51	93.80	94.58	0.67	0.60

Fácies									
Amostra									
Análise	bf47a_fk_3	bf47a_fk_4	bf47a_plg_5	bf47a_plg_6	bf47a_fk_7-c	bf47a_fk_7-b	bf47a_plg_8	bf47a_plg_9	bf47a_fk_10_c
Localização	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Borda	Centro	Centro	Centro
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	65.89	65.30	69.11	69.11	65.45	65.82	69.29	69.11	65.88
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	18.44	18.54	19.54	19.36	18.10	18.22	19.35	19.49	18.24
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.08	0.04	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.00	0.07	0.12	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00
Na2O	0.48	0.44	11.46	11.55	0.38	0.58	11.33	11.41	0.41
K2O	15.53	15.38	0.11	0.11	15.47	15.28	0.10	0.12	15.40
Total	100.42	99.70	100.28	100.28	99.41	99.96	100.09	100.18	99.94
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.01	3.01	3.00	3.01	3.02	3.02	3.01	3.01	3.02
Al IV	0.99	1.01	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	0.99
Ca	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.04	0.04	0.97	0.97	0.03	0.05	0.96	0.96	0.04
K	0.91	0.90	0.01	0.01	0.91	0.90	0.01	0.01	0.90
Membro final									
Ab	4.46	4.19	99.08	98.77	3.59	5.48	99.33	99.08	3.90
An	0.00	0.00	0.31	0.58	0.01	0.02	0.07	0.25	0.00
Or	95.54	95.81	0.60	0.64	96.40	94.50	0.60	0.66	96.10

Fácies								Granito Pórfiro II	
Amostra	PP-33								
Análise	bf47a_fk_10_b	bf47a_plg_11	bf47a_plg_12	bf47a_fk_13_c	bf47a_fk_13_b	bf47a_plg_14	bf47a_plg_15	pp33_fk_1_c	pp33_fk_1_b
Localização	Borda	Centro	Centro	Centro	Borda	Centro	Centro	Centro	Borda
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	65.82	69.58	68.85	65.23	65.77	67.94	69.27	64.07	65.09
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	18.24	19.45	19.14	18.11	18.34	19.20	19.47	18.04	18.20
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00
CaO	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.16	0.03	0.07	0.02
Na2O	0.47	11.57	11.36	0.61	0.54	11.27	11.49	0.38	0.40
K2O	15.42	0.12	0.10	15.23	15.23	0.14	0.12	15.39	15.53
Total	99.96	100.75	99.51	99.18	99.90	98.73	100.42	98.02	99.27
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.02	3.01	3.02	3.02	3.02	3.00	3.01	3.01	3.01
Al IV	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Na	0.04	0.97	0.96	0.05	0.05	0.97	0.97	0.03	0.04
K	0.90	0.01	0.01	0.90	0.89	0.01	0.01	0.92	0.92
Membro final									
Ab	4.46	99.20	99.29	5.72	5.13	98.41	99.22	3.62	3.72
An	0.00	0.12	0.16	0.00	0.00	0.78	0.12	0.39	0.09
Or	95.54	0.68	0.55	94.28	94.87	0.81	0.66	96.00	96.19

Fácies									
Amostra									
Análise	pp33_plg_2_c	pp33_plg_2_b	pp33_fk_3_c	pp33_fk_3_d	pp33_plg_4	pp33_plg_5	pp33_fk_6_c	pp33_fk_6_b	pp33_plg_7
Localização	Centro	Borda	Centro	Borda	Centro	Centro	Centro	Borda	Centro
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO ₂	68.95	68.64	65.37	64.91	68.64	68.28	64.65	64.59	68.34
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	19.41	19.65	18.17	18.17	19.41	19.37	17.88	18.03	19.53
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	0.02	0.03	0.00	0.00	0.03	0.04	0.00	0.03	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
CaO	0.11	0.17	0.01	0.00	0.14	0.21	0.00	0.01	0.32
Na ₂ O	11.32	11.25	0.44	0.38	11.08	11.26	0.38	0.28	11.25
K ₂ O	0.13	0.13	15.57	15.58	0.12	0.12	15.54	15.46	0.11
Total	99.95	99.87	99.60	99.06	99.42	99.27	98.46	98.42	99.56
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.01	3.00	3.02	3.01	3.01	3.00	3.02	3.02	3.00
Al IV	1.00	1.01	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	0.99	1.01
Ca	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02
Na	0.96	0.95	0.04	0.03	0.94	0.96	0.03	0.03	0.96
K	0.01	0.01	0.92	0.92	0.01	0.01	0.93	0.92	0.01
Membro final									
Ab	98.72	98.43	4.15	3.56	98.61	98.31	3.58	2.70	97.83
An	0.52	0.82	0.05	0.01	0.70	1.00	0.02	0.07	1.54
Or	0.76	0.75	95.80	96.42	0.69	0.69	96.40	97.23	0.63

Fácies						Riólito Pórfiro			
Amostra	BF-23A								
Análise	pp33_plg_8	pp33_fk_9_c	pp33_fk_9_b	pp33_plg_10	pp33_plg_11	bf23a_fk_1	bf23a_fk_2	bf23a_fk_3	bf23a_plg_5
Localização	Centro	Centro	Borda	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	68.72	65.17	65.47	69.09	69.32	65.03	64.96	68.92	69.28
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	19.28	18.09	18.20	19.53	19.60	18.31	18.04	18.97	19.29
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.00	0.00	0.04	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.15	0.00	0.00	0.11	0.19	0.00	0.00	0.01	0.00
Na2O	11.16	0.35	0.29	11.33	11.19	0.32	0.45	11.33	11.52
K2O	0.11	15.57	15.60	0.07	0.10	15.40	15.30	0.10	0.10
Total	99.42	99.24	99.60	100.25	100.42	99.06	98.75	99.35	100.20
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.01	3.02	3.02	3.00	3.01	3.01	3.02	3.02	3.01
Al IV	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.99
Ca	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.95	0.03	0.03	0.96	0.94	0.03	0.04	0.96	0.97
K	0.01	0.92	0.92	0.00	0.01	0.91	0.91	0.01	0.01
Membro final									
Ab	98.61	3.32	2.78	99.11	98.47	3.04	4.29	99.35	99.42
An	0.72	0.00	0.00	0.51	0.94	0.00	0.00	0.07	0.00
Or	0.66	96.68	97.22	0.38	0.59	96.96	95.71	0.58	0.58

Fácies									
Amostra									
Análise	bf23a_fk_6_c	bf23a_fk_6_b	bf23a_plg_7	bf23a_fk_8	bf23a_fk_9	bf23a_plg_10	bf23a_plg_11	bf23a_fk_12	bf23a_plg_13
Localização	Centro	Borda	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro	Centro
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	64.28	65.19	68.77	64.91	65.17	68.07	69.17	64.71	69.03
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	17.72	18.25	19.29	18.21	18.22	19.09	19.19	17.97	19.10
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.04	0.01	0.01	0.00	0.02	0.04	0.01	0.00	0.01
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.11	0.02
CaO	0.03	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.01
Na2O	0.45	0.38	11.41	0.46	0.32	11.28	11.35	0.54	11.41
K2O	15.25	15.39	0.14	15.25	15.47	0.18	0.14	15.23	0.12
Total	97.79	99.23	99.72	98.86	99.20	98.75	99.89	98.56	99.70
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.02	3.02	3.01	3.02	3.02	3.01	3.02	3.02	3.02
Al IV	0.98	1.00	0.99	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.04	0.03	0.97	0.04	0.03	0.97	0.96	0.05	0.97
K	0.91	0.91	0.01	0.90	0.91	0.01	0.01	0.91	0.01
Membro final									
Ab	4.27	3.64	98.73	4.34	3.07	98.51	99.17	5.11	99.29
An	0.15	0.00	0.47	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.05
Or	95.59	96.36	0.80	95.66	96.93	1.02	0.83	94.89	0.66

Fácies	Biotita Granito								
Amostra	PP-126								
Análise	bf23a_plg_14	pp126_fk_1	pp126_fk_2	pp126_plg_3	pp126_plg_4	pp126_fk_5	pp126_fk_6	pp126_fk_7	pp126_fk_8
Localização	Centro								
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	68.96	65.37	65.99	69.06	69.55	64.50	64.95	68.46	66.75
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	19.10	18.44	18.60	19.81	19.22	18.15	18.43	19.89	18.85
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.03	0.02	0.10
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.05
CaO	0.01	0.00	0.00	0.18	0.07	0.00	0.00	0.31	0.01
Na2O	11.32	0.64	1.71	11.09	11.31	0.50	0.64	11.20	5.89
K2O	0.22	15.41	13.88	0.15	0.24	15.32	15.32	0.08	7.44
Total	99.63	99.88	100.21	100.32	100.44	98.52	99.37	99.96	99.08
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.02	3.01	3.01	3.00	3.02	3.01	3.00	2.99	3.01
Al IV	0.98	1.00	1.00	1.01	0.98	1.00	1.01	1.02	1.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Na	0.96	0.06	0.15	0.93	0.95	0.05	0.06	0.95	0.51
K	0.01	0.90	0.81	0.01	0.01	0.91	0.90	0.00	0.43
Membro final									
Ab	98.66	5.95	15.79	98.25	98.26	4.74	6.00	98.04	54.57
An	0.07	0.00	0.00	0.90	0.35	0.00	0.00	1.48	0.04
Or	1.27	94.05	84.21	0.85	1.39	95.26	94.00	0.48	45.38

Fácies									
Amostra									
Análise	pp126_fk_9	pp126_fk_10	pp126_plg_11	pp126_plg_12	pp126_fk_13	pp126_fk_14	pp126_plg_15	pp126_plg_16	pp126_fk_17
Localização									
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	65.14	64.63	67.87	67.91	65.03	64.79	69.09	69.04	64.38
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	18.33	18.31	20.33	19.78	18.36	18.25	19.34	19.88	18.01
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.05	0.00	0.02	0.00	0.01	0.05	0.02	0.00	0.01
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01
CaO	0.00	0.00	0.79	0.51	0.00	0.00	0.19	0.28	0.00
Na2O	0.55	0.38	11.00	10.77	0.57	0.50	11.08	11.25	0.33
K2O	15.41	15.70	0.16	0.14	15.36	15.59	0.14	0.10	15.61
Total	99.49	99.05	100.16	99.12	99.35	99.19	99.85	100.55	98.36
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.01	3.01	2.96	2.99	3.01	3.01	3.01	2.99	3.01
Al IV	1.00	1.00	1.05	1.03	1.00	1.00	0.99	1.02	0.99
Ca	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Na	0.05	0.03	0.93	0.92	0.05	0.05	0.94	0.95	0.03
K	0.91	0.93	0.01	0.01	0.91	0.92	0.01	0.01	0.93
Membro final									
Ab	5.16	3.58	95.35	96.61	5.30	4.69	98.29	98.08	3.16
An	0.00	0.00	3.77	2.54	0.02	0.00	0.91	1.33	0.00
Or	94.84	96.42	0.88	0.85	94.68	95.31	0.80	0.59	96.84

Fácies	Granito Inequigranular								
Amostra	BF-43								
Análise	pp126_fk_18	pp126_plg_19	pp126_plg_20	bfsp43_fk_1	bfsp43_fk_2	bfsp43_plg_3	bfsp43_plg_4	bfsp43_fk_5	bfsp43_fk_6
Localização									
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO ₂	65.00	68.14	68.72	64.95	64.72	69.07	68.50	65.07	64.98
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	18.42	19.90	19.72	18.30	18.19	19.55	19.94	18.16	18.20
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	0.03	0.05	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.49	0.53	0.00	0.00	0.20	0.47	0.01	0.00
Na ₂ O	0.55	10.69	10.78	0.61	0.51	11.00	10.74	0.51	0.42
K ₂ O	15.33	0.17	0.13	15.25	15.53	0.10	0.15	15.56	15.65
Total	99.33	99.44	99.88	99.12	98.97	99.92	99.81	99.32	99.26
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.01	2.99	3.00	3.01	3.01	3.01	2.99	3.01	3.01
Al IV	1.00	1.03	1.01	1.00	1.00	1.00	1.03	0.99	1.00
Ca	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00
Na	0.05	0.91	0.91	0.05	0.05	0.93	0.91	0.05	0.04
K	0.90	0.01	0.01	0.90	0.92	0.01	0.01	0.92	0.93
Membro final									
Ab	5.18	96.55	96.63	5.73	4.76	98.44	96.78	4.77	3.88
An	0.00	2.45	2.63	0.00	0.00	0.99	2.33	0.03	0.00
Or	94.82	0.99	0.74	94.27	95.24	0.57	0.89	95.20	96.12

Fácies									
Amostra									
Análise	bfsp43_plg_7	bfsp43_plg_8	bfsp43_fk_9	bfsp43_fk_10	bfsp43_fk_13	bfsp43_fk_14	bfsp43_plg_15	bfsp43_plg_16	bfsp43_fk_17
Localização									
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	68.41	68.08	63.42	61.60	64.93	64.53	69.60	69.23	64.89
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	19.60	19.38	17.84	16.53	18.19	18.12	19.47	19.85	18.10
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.00	0.01	0.03	0.05	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.26	0.23	0.01	0.10	0.00	0.00	0.08	0.37	0.01
Na2O	11.06	10.91	0.37	0.39	0.55	0.32	11.11	10.77	0.42
K2O	0.14	0.16	15.64	15.41	15.45	15.79	0.09	0.12	15.61
Total	99.48	98.78	97.30	94.09	99.13	98.78	100.37	100.35	99.05
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.00	3.00	3.01	3.03	3.01	3.01	3.02	3.00	3.01
Al IV	1.01	1.01	1.00	0.96	0.99	1.00	0.99	1.02	0.99
Ca	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Na	0.94	0.93	0.03	0.04	0.05	0.03	0.93	0.91	0.04
K	0.01	0.01	0.95	0.97	0.91	0.94	0.01	0.01	0.93
Membro final									
Ab	97.91	97.91	3.45	3.67	5.15	2.98	99.06	97.42	3.94
An	1.26	1.15	0.03	0.51	0.00	0.00	0.38	1.86	0.05
Or	0.83	0.94	96.53	95.82	94.85	97.02	0.56	0.72	96.01

Fácies	Granito Pórfiro I								
Amostra	BF-74								
Análise	bfsp43_fk_18	bfsp43_plg_19	bfsp43_plg_20	bf74_fk_1	bf74_fk_2	bf74_plg_3	bf74_plg_4	bf74_fk_1	bf74_fk_2
Localização									
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	64.07	69.40	68.99	64.72	64.81	68.60	69.00	65.05	65.07
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	17.93	19.35	19.39	18.19	18.16	20.16	19.59	18.54	18.56
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.05	0.02	0.01	0.03	0.02	0.14	0.18	0.02	0.03
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.04	0.05	0.24	0.01	0.00	0.56	0.07	0.00	0.00
Na2O	0.35	11.36	10.93	0.40	0.41	11.28	11.52	0.44	0.41
K2O	15.66	0.13	0.16	15.63	15.51	0.13	0.12	15.68	15.57
Total	98.10	100.32	99.71	99.00	98.90	100.87	100.47	99.72	99.64
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	2.97	3.00	3.00	3.00
Al IV	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.03	1.00	1.01	1.01
Ca	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.96	0.93	0.04	0.04	0.95	0.97	0.04	0.04
K	0.94	0.01	0.01	0.93	0.92	0.01	0.01	0.92	0.92
Membro final									
Ab	3.25	99.01	97.89	3.75	3.89	96.65	99.00	4.07	3.85
An	0.20	0.24	1.20	0.06	0.00	2.64	0.32	0.00	0.00
Or	96.54	0.75	0.92	96.18	96.11	0.71	0.68	95.93	96.15

Fácies									
Amostra									
Análise	bf74_plg_3	bf74_plg_4	bf74_fk_5	bf74_fk_6	bf74_plg_7	bf74_plg_8	bf74_fk_9	bf74_fk_10	bf74_plg_11
Localização									
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	69.44	69.99	65.53	65.73	68.94	69.19	65.03	64.42	68.85
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	19.40	19.32	18.38	18.53	19.20	19.34	18.18	17.86	19.23
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.01	0.01	0.08	0.35	0.07	0.08	0.00	0.04	0.02
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.09	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05
Na2O	11.13	11.16	0.44	0.74	11.49	11.21	0.33	0.41	11.29
K2O	0.10	0.14	15.59	15.04	0.13	0.11	15.67	15.61	0.10
Total	100.16	100.70	100.04	100.38	99.82	99.95	99.20	98.34	99.54
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.02	3.02	3.01	3.01	3.01	3.01	3.02	3.02	3.01
Al IV	0.99	0.98	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.94	0.93	0.04	0.07	0.97	0.95	0.03	0.04	0.96
K	0.01	0.01	0.91	0.88	0.01	0.01	0.93	0.93	0.01
Membro final									
Ab	98.98	98.87	4.15	6.93	99.27	99.27	3.10	3.87	99.16
An	0.46	0.33	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.24
Or	0.56	0.80	95.85	93.07	0.73	0.67	96.90	96.13	0.60

Fácies						Granito Miarolítico				
Amostra	BF-28A									
Análise	bf74_plg_12	bf74_fk_13	bf74_fk_14	bf74_plg_15	bf74_plg_16	pp28a_fk_1	pp28a_fk_2	pp28a_plg_3	pp28a_plg_4	
Localização										
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	
Óxido (% massa)										
SiO2	69.36	64.99	64.90	68.76	68.94	65.27	65.50	68.15	68.62	
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Al2O3	19.38	18.32	18.13	19.48	19.35	18.38	18.39	20.29	20.01	
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Fe2O3	0.00	0.02	0.09	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
BaO	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	
CaO	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.71	0.54	
Na2O	11.33	0.37	0.37	11.64	11.37	0.48	0.42	10.87	10.93	
K2O	0.13	15.72	15.61	0.22	0.14	15.43	15.59	0.12	0.10	
Total	100.22	99.43	99.12	100.19	99.80	99.58	99.90	100.15	100.21	
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios										
Si	3.01	3.01	3.01	3.00	3.01	3.01	3.01	2.97	2.99	
Al IV	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.03	
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	
Na	0.95	0.03	0.03	0.98	0.96	0.04	0.04	0.92	0.92	
K	0.01	0.93	0.92	0.01	0.01	0.91	0.92	0.01	0.01	
Membro final										
Ab	99.17	3.48	3.50	98.63	99.17	4.54	3.92	95.84	96.82	
An	0.09	0.00	0.06	0.15	0.00	0.00	0.00	3.45	2.63	
Or	0.74	96.52	96.44	1.23	0.83	95.46	96.08	0.71	0.56	

Fácies									
Amostra									
Análise	pp28a_fk_5	pp28a_fk_6	pp28a_plg_7	pp28a_plg_8	pp28a_fk_9	pp28a_fk_10	pp28a_plg_11	pp28a_plg_12	pp28a_fk_13
Localização									
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)									
SiO2	65.15	64.86	69.40	69.94	65.16	66.24	69.09	69.54	64.80
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	18.06	18.09	19.67	19.44	18.33	18.29	20.00	19.48	18.08
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.00	0.13	0.09	0.00	0.00	0.56	0.09	0.00
Na2O	0.46	0.30	11.15	11.25	0.38	0.42	11.23	11.32	0.34
K2O	15.60	15.84	0.08	0.08	15.57	15.09	0.13	0.12	15.53
Total	99.27	99.10	100.44	100.81	99.45	100.06	101.02	100.57	98.76
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios									
Si	3.02	3.01	3.01	3.02	3.01	3.03	2.99	3.01	3.02
Al IV	0.99	0.99	1.00	0.99	1.00	0.99	1.02	0.99	0.99
Ca	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
Na	0.04	0.03	0.94	0.94	0.03	0.04	0.94	0.95	0.03
K	0.92	0.94	0.00	0.00	0.92	0.88	0.01	0.01	0.92
Membro final									
Ab	4.26	2.76	98.89	99.14	3.61	4.06	96.61	98.84	3.19
An	0.00	0.00	0.64	0.42	0.00	0.00	2.66	0.45	0.00
Or	95.74	97.24	0.46	0.44	96.39	95.94	0.73	0.71	96.81

Fácies					
Amostra					
Análise	pp28a_fk_14	pp28a_fk_17	pp28a_fk_18	pp28a_plg_19	pp28a_plg_20
Localização					
Mineral	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs	Kfs
Óxido (% massa)					
SiO2	65.44	65.30	63.48	69.09	70.12
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	18.39	18.16	17.73	19.56	19.39
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.00	0.05	0.38	0.01
Na2O	0.43	0.38	0.34	11.12	11.28
K2O	15.67	15.58	15.13	0.16	0.10
Total	99.93	99.42	96.79	100.34	100.90
Cations (a.p.f.u.) - base para 8 oxigênios					
Si	3.01	3.02	3.02	3.00	3.02
Al IV	1.00	0.99	0.99	1.00	0.99
Ca	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Na	0.04	0.03	0.03	0.94	0.94
K	0.92	0.92	0.92	0.01	0.01
Membro final					
Ab	4.02	3.57	3.31	97.22	99.40
An	0.00	0.00	0.28	1.85	0.05
Or	95.98	96.43	96.41	0.93	0.55

Micas

Fácies	Topázio granito pórfiro BF									
Amostra	bf24a_bio_1_c	bf24a_bio_1_b	bf24a_bio_2_c	bf24a_bio_2_b	bf24a_bio_3_c	bf24a_bio_3_b	bf24a_bio_4	bf24a_bio_5_c	bf24a_bio_5_b	bf24a_bio_6_c
(% massa)										
SiO2	43.11	43.04	43.73	43.61	43.62	41.84	41.16	43.13	43.46	44.17
TiO2	0.05	0.10	0.10	0.12	0.11	0.23	0.19	0.11	0.04	0.09
Al2O3	20.89	21.13	20.70	20.56	20.42	20.53	20.42	20.42	20.76	20.33
FeO	18.16	18.62	18.13	18.17	17.76	18.38	18.32	17.93	17.29	17.00
MnO	0.84	0.85	0.83	0.83	0.80	0.84	0.78	0.81	0.78	0.81
MgO	0.27	0.24	0.26	0.24	0.25	0.24	0.30	0.27	0.35	0.25
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.07	0.02	0.02	0.01	0.01
Na2O	0.20	0.18	0.18	0.21	0.25	0.21	0.21	0.28	0.23	0.37
K2O	9.49	9.74	9.55	9.46	9.40	9.49	9.34	9.26	9.67	9.72
BaO	0.02	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	5.79	5.29	5.64	5.54	5.40	4.84	4.39	5.06	5.13	5.53
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Cr2O3	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Li2O (F)	3.17	2.73	3.03	2.95	2.82	2.36	2.01	2.54	2.60	2.93
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.233	6.224	6.296	6.305	6.339	6.225	6.229	6.329	6.334	6.386
Al iv	1.767	1.776	1.704	1.695	1.661	1.775	1.771	1.671	1.666	1.614
Al vi	1.793	1.826	1.808	1.808	1.837	1.826	1.871	1.862	1.900	1.851
Ti	0.005	0.010	0.011	0.013	0.013	0.026	0.022	0.013	0.004	0.009
Cr	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Fe	2.197	2.252	2.183	2.197	2.159	2.287	2.319	2.200	2.108	2.056
Mn	0.103	0.104	0.101	0.101	0.098	0.106	0.100	0.101	0.096	0.099
Mg	0.058	0.051	0.057	0.052	0.054	0.054	0.067	0.058	0.076	0.053
Li (F)	1.841	1.587	1.753	1.714	1.651	1.412	1.222	1.498	1.522	1.706
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.012	0.004	0.002	0.002	0.001
Na	0.057	0.051	0.051	0.059	0.069	0.061	0.062	0.079	0.065	0.103
K	1.751	1.797	1.753	1.744	1.742	1.800	1.804	1.734	1.799	1.793
Ba	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OH*	1.349	1.579	1.432	1.462	1.511	1.720	1.896	1.649	1.633	1.469
F	2.648	2.420	2.566	2.535	2.484	2.279	2.100	2.350	2.366	2.528
Cl	0.003	0.002	0.003	0.003	0.005	0.001	0.003	0.001	0.001	0.003
Razões atômicas										
Al total	3.560	3.603	3.513	3.504	3.498	3.601	3.642	3.533	3.566	3.465
Fe/Fe+Mg	0.974	0.978	0.975	0.977	0.976	0.977	0.972	0.974	0.965	0.975

Fácies	Topázio riólito pórfiro									
Amostra	bf24a_bio_6_b	bf28b_bio_1	bf28b_bio_2	bf28b_bio_3	bf28b_bio_4	bf28b_bio_5	bf28b_bio_6	bf28b_bio_7	bf28b_bio_8	bf28b_bio_9
(% massa)										
SiO ₂	42.74	41.78	43.80	45.11	41.69	43.96	44.25	42.66	45.09	45.18
TiO ₂	0.07	0.06	0.06	0.05	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
Al ₂ O ₃	21.09	21.65	20.73	20.37	21.76	20.86	20.67	21.75	21.29	21.23
FeO	18.88	18.50	16.30	15.42	19.42	16.87	16.33	18.51	16.21	16.25
MnO	0.68	0.94	0.83	0.75	0.92	0.83	0.76	0.96	0.80	0.79
MgO	0.24	0.20	0.27	0.23	0.18	0.22	0.23	0.19	0.24	0.21
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Na ₂ O	0.17	0.21	0.40	0.19	0.21	0.19	0.22	0.17	0.17	0.17
K ₂ O	9.75	9.52	9.61	9.54	9.57	9.41	9.65	9.68	9.56	9.59
BaO	0.05	0.01	0.03	0.01	0.05	0.00	0.04	0.02	0.06	0.00
F	5.49	5.63	5.72	6.04	5.58	6.27	6.09	5.95	6.55	6.47
Cl	0.00	0.02	0.04	0.00	0.04	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02
Cr ₂ O ₃	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Li ₂ O (F)	2.90	3.02	3.10	3.39	2.98	3.61	3.44	3.31	3.88	3.79
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.192	6.094	6.346	6.474	6.055	6.304	6.362	6.117	6.336	6.355
Al iv	1.808	1.906	1.654	1.526	1.945	1.696	1.638	1.883	1.664	1.645
Al vi	1.794	1.816	1.886	1.920	1.779	1.830	1.864	1.794	1.863	1.874
Ti	0.008	0.006	0.006	0.005	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002
Cr	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000
Fe	2.288	2.257	1.975	1.851	2.359	2.024	1.964	2.220	1.905	1.912
Mn	0.083	0.116	0.102	0.091	0.114	0.100	0.093	0.117	0.095	0.094
Mg	0.052	0.042	0.058	0.050	0.039	0.046	0.049	0.041	0.050	0.045
Li (F)	1.691	1.771	1.809	1.958	1.738	2.083	1.989	1.908	2.192	2.146
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000
Na	0.049	0.059	0.112	0.052	0.059	0.053	0.060	0.049	0.047	0.046
K	1.801	1.771	1.775	1.747	1.773	1.722	1.769	1.770	1.714	1.721
Ba	0.003	0.000	0.002	0.001	0.003	0.000	0.002	0.001	0.004	0.000
OH*	1.483	1.401	1.369	1.258	1.428	1.150	1.228	1.296	1.084	1.118
F	2.517	2.595	2.622	2.742	2.562	2.846	2.770	2.698	2.913	2.877
Cl	0.001	0.004	0.009	0.000	0.010	0.004	0.002	0.006	0.003	0.005
Razões atômicas										
Al total	3.601	3.722	3.540	3.447	3.725	3.526	3.503	3.677	3.527	3.519
Fe/Fe+Mg	0.978	0.982	0.972	0.974	0.984	0.978	0.976	0.982	0.974	0.977

Fácies	Topázio granito pórfiro BF									
Amostra	bf28b_bio_10	bf28b_bio_11	bf28b_bio_12	bf28b_bio_13	bf47a_bio_1_c	bf47a_bio_1_b	bf47a_bio_2_c	bf47a_bio_2_b	bf47a_bio_3_c	bf47a_bio_3_b
(% massa)										
SiO ₂	43.32	44.53	43.84	44.01	42.97	42.47	42.84	42.61	42.40	43.01
TiO ₂	0.03	0.04	0.03	0.04	0.12	0.10	0.12	0.08	0.11	0.12
Al ₂ O ₃	20.98	20.70	21.16	21.23	20.54	20.43	20.73	20.63	21.07	20.83
FeO	17.41	16.49	16.69	16.76	18.07	18.10	18.08	18.15	18.63	18.47
MnO	0.85	0.79	0.81	0.80	0.74	0.74	0.75	0.76	0.74	0.74
MgO	0.22	0.23	0.21	0.24	0.26	0.27	0.26	0.25	0.30	0.31
CaO	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.03	0.02	0.00	0.02	0.01
Na ₂ O	0.24	0.24	0.20	0.24	0.31	0.28	0.40	0.33	0.20	0.30
K ₂ O	9.49	9.48	9.51	9.47	9.52	9.42	9.32	9.36	9.58	9.49
BaO	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05
F	6.19	6.27	6.10	6.02	5.62	5.32	5.38	5.38	5.49	5.50
Cl	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02
Cr ₂ O ₃	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Li ₂ O (F)	3.53	3.60	3.45	3.37	3.02	2.76	2.81	2.81	2.90	2.91
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.238	6.359	6.293	6.297	6.260	6.261	6.256	6.252	6.176	6.234
Al iv	1.762	1.641	1.707	1.703	1.740	1.739	1.744	1.748	1.824	1.766
Al vi	1.798	1.844	1.872	1.878	1.786	1.809	1.825	1.819	1.794	1.793
Ti	0.003	0.004	0.004	0.005	0.013	0.012	0.013	0.008	0.012	0.013
Cr	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe	2.096	1.970	2.003	2.006	2.202	2.231	2.208	2.227	2.270	2.239
Mn	0.104	0.095	0.099	0.098	0.091	0.093	0.092	0.094	0.092	0.090
Mg	0.047	0.049	0.044	0.052	0.056	0.059	0.057	0.055	0.065	0.067
Li (F)	2.044	2.069	1.989	1.942	1.767	1.634	1.649	1.657	1.696	1.695
Ca	0.000	0.002	0.000	0.000	0.006	0.005	0.004	0.000	0.003	0.001
Na	0.066	0.065	0.055	0.066	0.088	0.081	0.112	0.093	0.057	0.084
K	1.743	1.726	1.741	1.729	1.768	1.771	1.736	1.751	1.780	1.754
Ba	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003
OH*	1.175	1.167	1.229	1.267	1.405	1.512	1.505	1.497	1.469	1.474
F	2.818	2.830	2.768	2.725	2.590	2.481	2.486	2.498	2.527	2.521
Cl	0.007	0.003	0.003	0.008	0.005	0.006	0.009	0.005	0.004	0.005
Razões atômicas										
Al total	3.560	3.484	3.579	3.580	3.526	3.549	3.568	3.568	3.618	3.559
Fe/Fe+Mg	0.978	0.976	0.979	0.975	0.975	0.974	0.975	0.976	0.972	0.971

Fácies	Granito pórfiro II									
Amostra	bf47a_bio_4_c	bf47a_bio_4_b	bf47a_bio_5	pp33_bio_1_c	pp33_bio_1_b	pp33_bio_2_c	pp33_bio_2_b	pp33_bio_3_c	pp33_bio_3_b	pp33_bio_4_c
(% massa)										
SiO ₂	42.78	43.32	43.11	48.01	47.13	47.72	48.26	47.01	50.52	46.88
TiO ₂	0.69	0.10	0.10	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	20.39	20.43	20.56	28.56	24.65	25.07	26.05	25.20	25.02	28.13
FeO	18.25	17.41	17.68	7.71	11.42	10.97	9.74	10.63	7.48	9.64
MnO	0.67	0.67	0.67	0.07	0.48	0.36	0.29	0.41	0.22	0.04
MgO	0.31	0.32	0.32	0.00	0.01	0.06	0.21	0.07	0.15	0.00
CaO	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
Na ₂ O	0.25	0.39	0.34	0.20	0.12	0.13	0.11	0.13	1.92	0.17
K ₂ O	9.35	9.29	9.36	10.54	10.17	10.25	10.09	9.88	7.64	10.68
BaO	0.06	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
F	5.03	5.18	5.40	2.99	3.58	3.16	2.70	3.10	1.95	3.11
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01
Cr ₂ O ₃	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Li ₂ O (F)	2.51	2.64	2.82	1.07	1.44	1.17	0.90	1.13	0.53	1.14
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.264	6.347	6.300	6.516	6.590	6.628	6.650	6.603	6.956	6.411
Al iv	1.736	1.653	1.700	1.484	1.410	1.372	1.350	1.397	1.044	1.589
Al vi	1.784	1.874	1.842	3.084	2.652	2.732	2.882	2.775	3.015	2.946
Ti	0.076	0.011	0.011	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
Fe	2.234	2.133	2.160	0.875	1.335	1.274	1.122	1.249	0.862	1.102
Mn	0.083	0.083	0.083	0.008	0.057	0.043	0.033	0.049	0.025	0.005
Mg	0.068	0.071	0.069	0.000	0.001	0.013	0.044	0.014	0.031	0.001
Li (F)	1.478	1.554	1.660	0.582	0.810	0.655	0.501	0.640	0.294	0.626
Ca	0.000	0.004	0.002	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.006	0.000
Na	0.071	0.112	0.097	0.053	0.031	0.034	0.031	0.036	0.511	0.045
K	1.746	1.735	1.745	1.825	1.813	1.816	1.773	1.770	1.342	1.863
Ba	0.003	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
OH*	1.668	1.596	1.500	2.717	2.413	2.609	2.819	2.617	3.146	2.654
F	2.328	2.401	2.497	1.281	1.585	1.390	1.177	1.376	0.850	1.344
Cl	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.004	0.007	0.004	0.002
Razões atômicas										
Al total	3.519	3.527	3.542	4.568	4.063	4.104	4.231	4.172	4.059	4.535
Fe/Fe+Mg	0.970	0.968	0.969	1.000	0.999	0.990	0.963	0.989	0.965	0.999

Fácies	Topázio riólito pórfiro									
Amostra	pp33_bio_4_b	pp33_bio_5_c	pp33_bio_5_b	bf23a_bio_1_c	bf23a_bio_1_b	bf23a_bio_2_c	bf23a_bio_2_b	bf23a_bio_3_c	bf23a_bio_3_b	bf23a_bio_4_c
(% massa)										
SiO ₂	47.17	48.00	46.85	42.75	41.77	44.26	42.79	43.42	43.90	43.58
TiO ₂	0.01	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02
Al ₂ O ₃	27.83	25.27	24.88	20.04	20.27	20.60	20.56	20.31	21.42	20.56
FeO	9.29	10.47	11.27	17.18	17.77	17.03	18.04	17.27	17.34	17.43
MnO	0.07	0.31	0.41	0.97	1.07	1.01	1.03	1.03	0.98	0.97
MgO	0.00	0.08	0.00	0.09	0.10	0.12	0.12	0.12	0.10	0.12
CaO	0.00	0.01	0.03	0.12	0.03	0.01	0.04	0.09	0.00	0.00
Na ₂ O	0.16	0.08	0.09	0.29	0.26	0.26	0.22	0.24	0.27	0.25
K ₂ O	10.78	10.02	10.00	9.45	9.62	9.42	9.59	9.54	9.23	9.48
BaO	0.05	0.01	0.00	0.03	0.00	0.02	0.02	0.00	0.04	0.00
F	2.94	3.11	3.12	4.91	4.77	5.52	5.11	5.26	5.48	5.58
Cl	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Cr ₂ O ₃	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Li ₂ O (F)	1.04	1.14	1.15	2.41	2.30	2.93	2.58	2.70	2.90	2.98
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.464	6.658	6.596	6.371	6.276	6.389	6.290	6.363	6.306	6.333
Al iv	1.536	1.342	1.404	1.629	1.724	1.611	1.710	1.637	1.694	1.667
Al vi	2.960	2.789	2.725	1.891	1.866	1.895	1.852	1.871	1.932	1.854
Ti	0.001	0.000	0.000	0.005	0.005	0.000	0.004	0.002	0.003	0.002
Cr	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe	1.065	1.214	1.327	2.142	2.234	2.056	2.217	2.117	2.083	2.118
Mn	0.008	0.037	0.049	0.123	0.137	0.124	0.128	0.127	0.119	0.119
Mg	0.000	0.016	0.000	0.021	0.022	0.026	0.027	0.026	0.021	0.026
Li (F)	0.572	0.638	0.649	1.446	1.392	1.700	1.523	1.591	1.673	1.742
Ca	0.000	0.002	0.004	0.018	0.005	0.002	0.006	0.014	0.000	0.000
Na	0.041	0.022	0.024	0.084	0.074	0.071	0.064	0.067	0.074	0.071
K	1.884	1.773	1.796	1.796	1.844	1.735	1.798	1.784	1.691	1.757
Ba	0.003	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000
OH*	2.725	2.632	2.607	1.685	1.729	1.475	1.622	1.561	1.504	1.430
F	1.273	1.366	1.388	2.313	2.268	2.522	2.375	2.436	2.492	2.566
Cl	0.002	0.001	0.004	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.004
Razões atômicas										
Al total	4.496	4.132	4.129	3.520	3.590	3.506	3.561	3.508	3.626	3.521
Fe/Fe+Mg	1.000	0.987	1.000	0.990	0.990	0.988	0.988	0.988	0.990	0.988

Fácies	Biotita granito									
Amostra	bf23a_bio_4_b	bf23a_bio_5_c	bf23a_bio_5_b	pp126_bio_1_c	pp126_bio_1_b	pp126_bio_2_c	pp126_bio_2_b	pp126_bio_3_c	pp126_bio_3_b	pp126_bio_4_c
(% massa)										
SiO ₂	42.16	43.25	43.23	35.65	35.49	35.18	35.48	34.54	34.50	34.85
TiO ₂	0.07	0.04	0.02	1.93	1.87	1.92	1.51	1.58	1.41	1.69
Al ₂ O ₃	20.65	20.66	20.64	17.67	18.15	18.05	18.19	17.97	18.09	18.09
FeO	18.12	17.72	17.71	32.00	32.05	32.16	31.76	32.87	32.88	33.07
MnO	1.03	0.96	1.07	0.79	0.83	0.70	0.68	0.66	0.73	0.75
MgO	0.10	0.11	0.08	0.79	0.74	0.53	0.57	0.76	0.74	0.81
CaO	0.02	0.03	0.08	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
Na ₂ O	0.13	0.16	0.21	0.11	0.13	0.06	0.08	0.12	0.09	0.07
K ₂ O	9.76	9.45	9.25	9.35	9.39	9.12	9.31	9.06	9.20	9.33
BaO	0.00	0.04	0.02	0.03	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.04
F	5.17	5.28	5.56	1.26	1.09	0.78	1.04	0.84	0.89	0.83
Cl	0.01	0.01	0.00	0.21	0.20	0.20	0.21	0.23	0.22	0.20
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O (F)	2.63	2.72	2.96	0.26	0.21	0.12	0.19	0.13	0.15	0.13
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.235	6.319	6.300	5.577	5.536	5.545	5.585	5.483	5.475	5.476
Al iv	1.765	1.681	1.700	2.423	2.464	2.455	2.415	2.517	2.525	2.524
Al vi	1.835	1.877	1.846	0.834	0.872	0.899	0.960	0.846	0.859	0.826
Ti	0.008	0.004	0.002	0.226	0.220	0.228	0.178	0.188	0.169	0.200
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	2.242	2.165	2.158	4.187	4.181	4.240	4.180	4.364	4.363	4.346
Mn	0.128	0.119	0.132	0.104	0.109	0.093	0.091	0.089	0.098	0.100
Mg	0.021	0.025	0.017	0.183	0.173	0.125	0.133	0.179	0.176	0.189
Li (F)	1.562	1.597	1.733	0.163	0.129	0.074	0.120	0.085	0.093	0.082
Ca	0.003	0.005	0.012	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000
Na	0.039	0.046	0.059	0.034	0.040	0.019	0.025	0.038	0.028	0.022
K	1.841	1.761	1.720	1.865	1.869	1.833	1.869	1.835	1.863	1.870
Ba	0.000	0.003	0.001	0.002	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002
OH*	1.580	1.559	1.439	3.320	3.406	3.559	3.423	3.516	3.494	3.537
F	2.417	2.438	2.561	0.623	0.540	0.388	0.519	0.421	0.447	0.411
Cl	0.003	0.003	0.000	0.057	0.054	0.053	0.057	0.063	0.059	0.053
Razões atômicas										
Al total	3.600	3.558	3.546	3.257	3.336	3.354	3.375	3.363	3.384	3.350
Fe/Fe+Mg	0.991	0.989	0.992	0.958	0.960	0.971	0.969	0.960	0.961	0.958

Fácies	Granito Ineqigranular									
Amostra	pp126_bio_4_b	pp126_bio_5_c	pp126_bio_5_b	bfsp43_bio_1_c	bfsp43_bio_1_b	bfsp43_bio_2_c	bfsp43_bio_2_b	bfsp43_bio_3_c	bfsp43_bio_3_b	bfsp43_bio_4_c
(% massa)										
SiO ₂	35.14	34.67	35.11	37.45	37.50	37.03	37.32	37.22	37.38	37.66
TiO ₂	1.96	1.66	1.63	0.34	0.32	0.33	0.35	0.36	0.33	0.33
Al ₂ O ₃	17.50	17.64	17.93	20.30	20.17	20.02	20.14	20.58	20.50	20.46
FeO	32.56	31.52	31.55	26.99	26.98	27.53	25.83	26.34	27.04	26.95
MnO	0.67	0.81	0.75	0.95	0.98	1.00	0.93	0.90	0.91	0.97
MgO	0.77	0.79	0.82	0.14	0.15	0.14	0.15	0.13	0.13	0.12
CaO	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Na ₂ O	0.09	0.09	0.12	0.26	0.29	0.33	0.32	0.11	0.13	0.18
K ₂ O	9.37	9.28	9.04	9.17	9.10	9.27	9.27	8.81	8.88	9.37
BaO	0.01	0.02	0.00	0.01	0.04	0.03	0.00	0.00	0.05	0.02
F	0.82	0.92	0.84	2.69	2.72	2.66	2.71	3.00	3.08	3.10
Cl	0.19	0.18	0.20	0.08	0.09	0.11	0.13	0.06	0.07	0.08
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O (F)	0.13	0.15	0.13	0.90	0.92	0.88	0.91	1.07	1.12	1.13
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	5.544	5.544	5.566	5.769	5.780	5.735	5.804	5.757	5.745	5.755
Al iv	2.456	2.456	2.434	2.231	2.220	2.265	2.196	2.243	2.255	2.245
Al vi	0.798	0.868	0.916	1.455	1.443	1.390	1.496	1.509	1.458	1.440
Ti	0.233	0.200	0.194	0.039	0.038	0.038	0.041	0.042	0.038	0.038
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	4.296	4.214	4.183	3.477	3.478	3.565	3.360	3.407	3.476	3.444
Mn	0.090	0.109	0.101	0.124	0.128	0.131	0.123	0.117	0.119	0.126
Mg	0.182	0.188	0.193	0.032	0.034	0.032	0.034	0.029	0.029	0.028
Li (F)	0.081	0.100	0.085	0.558	0.568	0.550	0.569	0.669	0.695	0.696
Ca	0.000	0.004	0.003	0.002	0.004	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001
Na	0.028	0.029	0.036	0.078	0.085	0.098	0.096	0.032	0.037	0.053
K	1.886	1.893	1.828	1.802	1.789	1.832	1.838	1.738	1.740	1.826
Ba	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.003	0.001
OH*	3.540	3.484	3.525	2.668	2.650	2.667	2.634	2.517	2.482	2.483
F	0.410	0.466	0.422	1.312	1.327	1.303	1.333	1.467	1.499	1.496
Cl	0.050	0.049	0.054	0.020	0.023	0.029	0.033	0.016	0.019	0.021
Razões atômicas										
Al total	3.254	3.323	3.350	3.686	3.663	3.654	3.692	3.752	3.713	3.685
Fe/Fe+Mg	0.959	0.957	0.956	0.991	0.990	0.991	0.990	0.992	0.992	0.992

Fácies	Granito Pórfiro I									
Amostra	bfsp43_bio_4_b	bfsp43_bio_5_c	bfsp43_bio_5_b	bf74_bio_1_b	bf74_bio_1_b2	bf74_bio_2_c	bf74_bio_3_c	bf74_bio_4_c	bf74_bio_5_b	bf28a_bio_1_c
(% massa)										
SiO ₂	37.47	36.62	37.01	48.38	48.88	49.41	48.55	48.28	49.35	47.62
TiO ₂	0.41	0.37	0.36	0.26	0.21	0.16	0.16	0.40	0.29	0.13
Al ₂ O ₃	20.13	20.12	20.17	27.36	28.20	28.33	27.47	27.98	30.10	26.81
FeO	27.56	27.54	27.93	11.69	11.49	9.66	11.34	10.84	8.26	11.49
MnO	0.93	1.03	0.99	0.36	0.31	0.28	0.46	0.07	0.18	0.26
MgO	0.15	0.14	0.13	0.16	0.16	0.18	0.11	0.22	0.18	0.17
CaO	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Na ₂ O	0.32	0.22	0.15	0.24	0.14	0.19	0.13	0.14	0.20	0.30
K ₂ O	9.32	8.75	9.11	7.75	7.01	6.79	7.39	7.87	6.69	7.80
BaO	0.07	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05
F	2.73	2.77	2.91	3.28	3.24	2.97	3.30	3.53	3.00	3.39
Cl	0.09	0.09	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
Cr ₂ O ₃	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O (F)	0.92	0.94	1.02	1.24	1.22	1.06	1.26	1.40	1.08	1.31
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	5.751	5.708	5.706	6.507	6.512	6.613	6.540	6.473	6.529	6.513
Al iv	2.249	2.292	2.294	1.493	1.488	1.387	1.460	1.527	1.471	1.487
Al vi	1.393	1.403	1.372	2.846	2.941	3.081	2.901	2.896	3.222	2.834
Ti	0.047	0.043	0.041	0.027	0.021	0.016	0.017	0.041	0.029	0.013
Cr	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	3.538	3.590	3.601	1.315	1.280	1.082	1.278	1.216	0.914	1.314
Mn	0.121	0.136	0.129	0.041	0.035	0.031	0.052	0.008	0.020	0.030
Mg	0.033	0.031	0.031	0.032	0.031	0.035	0.021	0.044	0.036	0.034
Li (F)	0.567	0.590	0.634	0.673	0.652	0.569	0.681	0.757	0.573	0.723
Ca	0.000	0.000	0.009	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
Na	0.095	0.066	0.045	0.062	0.037	0.050	0.035	0.036	0.051	0.078
K	1.824	1.739	1.792	1.330	1.192	1.159	1.270	1.346	1.128	1.360
Ba	0.004	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003
OH*	2.654	2.612	2.570	2.598	2.635	2.741	2.592	2.501	2.742	2.525
F	1.323	1.364	1.419	1.394	1.363	1.257	1.406	1.496	1.257	1.467
Cl	0.023	0.025	0.011	0.008	0.001	0.002	0.002	0.003	0.001	0.008
Razões atômicas										
Al total	3.642	3.695	3.666	4.339	4.429	4.469	4.361	4.423	4.693	4.321
Fe/Fe+Mg	0.991	0.991	0.992	0.976	0.976	0.968	0.984	0.965	0.962	0.975

Fácies	Granito Miarolítico						Granito Pórfiro II			
Amostra	bf28a_bio_1_b	bf28a_bio_2_c	bf28a_bio_2_b2	bf28a_bio_3_c	bf28a_bio_3_b	bf28a_bio_4_c	bf98_bio_1	bf98_bio_2	bf98_bio_3	bf98_bio_4
(% massa)										
SiO ₂	35.92	46.64	35.26	49.76	35.19	54.61	44.74	48.45	47.94	49.07
TiO ₂	0.17	0.01	0.25	0.08	0.50	0.01	0.25	0.27	0.17	0.08
Al ₂ O ₃	19.68	26.86	19.83	23.77	19.29	24.54	25.90	26.44	26.97	25.71
FeO	31.12	13.33	32.75	11.01	31.79	3.43	11.04	7.65	8.28	8.46
MnO	0.81	0.41	0.85	0.09	0.79	0.01	0.24	0.12	0.15	-0.02
MgO	0.02	0.01	0.00	2.14	0.03	3.23	0.13	0.16	0.05	0.18
CaO	0.00	0.00	0.01	0.08	0.00	0.11	-0.01	-0.02	0.02	0.02
Na ₂ O	0.07	0.10	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.07	0.05
K ₂ O	9.40	8.34	9.27	4.64	9.19	6.77	10.43	10.37	10.61	10.04
BaO	0.00	0.00	0.06	0.03	0.00	0.02	0.04	0.07	0.00	0.01
F	1.99	2.65	1.61	1.14	1.55	2.22	3.47	3.31	3.42	3.32
Cl	0.10	0.01	0.23	0.18	0.23	0.09	0.01	0.00	0.00	-0.01
Cr ₂ O ₃	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	-0.01	-0.01	0.01
Li ₂ O (F)	0.55	0.88	0.39	0.22	0.36	0.66	1.37	1.26	1.33	1.27
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	5.612	6.434	5.505	6.940	5.561	7.230	6.358	6.660	6.572	6.743
Al iv	2.388	1.566	2.495	1.060	2.439	0.770	1.642	1.340	1.428	1.257
Al vi	1.236	2.801	1.155	2.848	1.153	3.060	2.697	2.943	2.930	2.908
Ti	0.020	0.001	0.030	0.008	0.060	0.001	0.027	0.028	0.017	0.009
Cr	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	-0.001	-0.001	0.001
Fe	4.066	1.538	4.277	1.284	4.201	0.380	1.312	0.879	0.950	0.972
Mn	0.107	0.048	0.113	0.011	0.105	0.001	0.029	0.014	0.017	-0.002
Mg	0.004	0.002	0.000	0.445	0.007	0.637	0.027	0.032	0.010	0.037
Li (F)	0.343	0.487	0.243	0.122	0.232	0.350	0.781	0.699	0.734	0.703
Ca	0.000	0.000	0.002	0.012	0.000	0.016	-0.002	-0.003	0.003	0.003
Na	0.023	0.026	0.031	0.025	0.027	0.025	0.030	0.031	0.020	0.012
K	1.873	1.467	1.846	0.825	1.853	1.143	1.892	1.818	1.856	1.759
Ba	0.000	0.000	0.004	0.002	0.000	0.001	0.002	0.004	0.000	0.001
OH*	2.993	2.842	3.144	3.457	3.164	3.048	2.436	2.561	2.517	2.557
F	0.982	1.157	0.795	0.501	0.776	0.930	1.561	1.440	1.482	1.445
Cl	0.026	0.002	0.061	0.042	0.060	0.021	0.003	-0.001	0.001	-0.001
Razões atômicas										
Al total	3.624	4.368	3.650	3.908	3.592	3.830	4.338	4.284	4.358	4.165
Fe/Fe+Mg	0.999	0.998	1.000	0.743	0.998	0.374	0.980	0.965	0.989	0.963

Fácies										
Amostra	bf98_bio_5	bf98_bio_6	bf98_bio_7	bf98_bio_8	bf98_bio_9	bf98_bio_10	bf98_bio_11	bf80_bio_1	bf80_bio_2	bf80_bio_3
(% massa)										
SiO ₂	47.10	46.18	45.00	44.28	47.16	48.86	45.68	40.98	40.53	39.39
TiO ₂	0.16	0.30	0.54	0.24	0.26	0.24	0.33	0.37	0.23	0.44
Al ₂ O ₃	27.23	26.45	26.99	26.31	25.77	27.83	25.91	21.74	20.94	20.98
FeO	8.89	9.69	9.84	11.37	9.68	6.34	10.15	18.03	18.94	20.46
MnO	0.13	0.16	0.20	0.13	0.18	-0.01	0.19	1.01	1.08	1.23
MgO	0.18	0.13	0.14	0.13	0.13	0.19	0.11	0.04	0.00	0.03
CaO	0.05	-0.01	-0.01	-0.02	0.03	-0.01	-0.01	0.01	0.00	0.00
Na ₂ O	0.18	0.12	0.12	0.13	0.08	0.04	0.09	0.06	0.07	0.08
K ₂ O	10.18	10.55	10.53	10.45	10.14	9.84	10.52	8.95	9.55	9.39
BaO	-0.02	0.07	-0.03	-0.02	0.00	0.02	0.04	0.02	0.06	0.02
F	3.34	3.40	3.28	3.27	3.21	2.55	3.28	4.86	5.14	4.72
Cl	0.00	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	-0.01	0.00	-0.02	0.02	-0.02	0.00	-0.02	0.00
Li ₂ O (F)	1.28	1.32	1.24	1.24	1.20	0.82	1.25	2.37	2.61	2.26
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.488	6.449	6.327	6.306	6.579	6.682	6.452	6.113	6.084	5.961
Al iv	1.512	1.551	1.673	1.694	1.421	1.318	1.548	1.887	1.916	2.039
Al vi	2.909	2.802	2.801	2.722	2.817	3.168	2.766	1.935	1.789	1.705
Ti	0.017	0.031	0.057	0.025	0.027	0.025	0.035	0.041	0.026	0.050
Cr	0.001	0.001	-0.001	0.000	-0.002	0.002	-0.002	0.000	-0.003	-0.001
Fe	1.025	1.132	1.157	1.354	1.130	0.725	1.198	2.249	2.377	2.589
Mn	0.015	0.018	0.024	0.016	0.022	-0.001	0.022	0.127	0.137	0.158
Mg	0.038	0.027	0.029	0.027	0.028	0.039	0.024	0.009	0.001	0.006
Li (F)	0.710	0.743	0.703	0.709	0.675	0.453	0.709	1.424	1.573	1.378
Ca	0.007	-0.001	-0.001	-0.003	0.005	-0.001	-0.002	0.002	0.000	0.001
Na	0.048	0.033	0.033	0.035	0.023	0.011	0.026	0.017	0.020	0.024
K	1.789	1.879	1.888	1.899	1.804	1.717	1.895	1.703	1.828	1.813
Ba	-0.001	0.004	-0.002	-0.001	0.000	0.001	0.002	0.001	0.004	0.001
OH*	2.545	2.494	2.539	2.520	2.581	2.898	2.531	1.703	1.554	1.734
F	1.455	1.503	1.458	1.472	1.418	1.103	1.467	2.292	2.441	2.260
Cl	0.001	0.003	0.003	0.009	0.001	0.000	0.002	0.004	0.005	0.006
Razões atômicas										
Al total	4.421	4.354	4.474	4.416	4.237	4.486	4.314	3.822	3.705	3.743
Fe/Fe+Mg	0.964	0.976	0.975	0.981	0.976	0.948	0.981	0.996	1.000	0.998

Fácies	Granito miarolítico									
Amostra	bf80_bio_4	bf80_bio_5	bf80_bio_6	bf80_bio_7	bf80_bio_8	bf80_bio_9	bf80_bio_10	pp30_bio_1	pp30_bio_2	pp30_bio_3
(% massa)										
SiO ₂	40.32	40.70	39.77	39.81	39.64	39.72	39.36	35.11	34.61	35.11
TiO ₂	0.32	0.28	0.42	0.27	0.34	0.47	0.47	1.97	1.83	1.59
Al ₂ O ₃	21.17	20.62	20.61	20.58	20.77	20.96	20.62	17.37	17.48	17.84
FeO	19.69	19.86	20.74	19.89	20.26	21.11	21.92	28.58	28.23	27.88
MnO	1.22	0.94	1.04	1.15	1.06	0.65	0.64	0.90	0.87	0.85
MgO	0.04	0.05	0.07	0.02	0.04	0.03	0.01	0.78	0.79	0.73
CaO	-0.01	0.06	0.05	0.02	0.00	-0.01	0.01	-0.02	-0.01	-0.01
Na ₂ O	0.08	0.12	0.10	0.06	0.08	0.07	0.06	0.12	0.10	0.11
K ₂ O	9.20	9.42	9.21	9.31	9.78	9.67	9.79	9.33	9.36	9.38
BaO	-0.03	0.04	0.06	-0.02	-0.03	0.05	-0.02	0.07	-0.02	-0.06
F	4.76	5.04	4.93	4.80	4.65	4.71	4.62	2.87	2.98	2.57
Cl	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.04	0.23	0.23	0.26
Cr ₂ O ₃	-0.04	0.04	-0.04	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	-0.01
Li ₂ O (F)	2.29	2.52	2.43	2.33	2.21	2.26	2.18	1.00	1.06	0.83
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.050	6.088	6.000	6.050	6.009	5.976	5.953	5.605	5.574	5.639
Al iv	1.950	1.912	2.000	1.950	1.991	2.024	2.047	2.395	2.426	2.361
Al vi	1.795	1.723	1.666	1.737	1.720	1.692	1.628	0.873	0.892	1.016
Ti	0.037	0.031	0.047	0.031	0.038	0.054	0.054	0.237	0.222	0.192
Cr	-0.004	0.005	-0.005	0.000	-0.002	-0.001	0.000	0.000	0.002	-0.002
Fe	2.471	2.485	2.616	2.528	2.569	2.655	2.772	3.815	3.802	3.744
Mn	0.155	0.119	0.133	0.148	0.137	0.083	0.082	0.122	0.119	0.116
Mg	0.009	0.011	0.015	0.005	0.010	0.007	0.003	0.186	0.189	0.175
Li (F)	1.384	1.518	1.474	1.422	1.345	1.365	1.329	0.642	0.690	0.538
Ca	-0.001	0.010	0.008	0.004	-0.001	-0.001	0.001	-0.003	-0.001	-0.002
Na	0.022	0.033	0.030	0.017	0.023	0.022	0.019	0.037	0.031	0.033
K	1.760	1.798	1.772	1.805	1.891	1.855	1.889	1.901	1.923	1.921
Ba	-0.002	0.002	0.003	-0.001	-0.002	0.003	-0.001	0.004	-0.002	-0.004
OH*	1.737	1.609	1.643	1.691	1.767	1.752	1.780	2.488	2.417	2.625
F	2.258	2.386	2.352	2.307	2.228	2.242	2.210	1.449	1.519	1.304
Cl	0.005	0.005	0.005	0.002	0.005	0.007	0.010	0.063	0.064	0.071
Razões atômicas										
Al total	3.745	3.635	3.665	3.687	3.710	3.716	3.675	3.268	3.317	3.377
Fe/Fe+Mg	0.997	0.995	0.994	0.998	0.996	0.997	0.999	0.954	0.953	0.955

Fácies	Biotita granito									
Amostra	pp30_bio_4	pp30_bio_5	pp30_bio_6	pp30_bio_7	pp30_bio_8	pp30_bio_9	pp30_bio_10	bf99_bio_1	bf99_bio_2	bf99_bio_3
(% massa)										
SiO ₂	34.97	34.62	34.23	35.06	34.56	34.56	34.63	41.13	38.65	46.73
TiO ₂	1.56	2.25	1.84	1.79	1.52	1.53	1.55	0.39	0.64	0.15
Al ₂ O ₃	17.76	16.96	17.49	17.39	17.44	18.24	18.12	21.13	20.20	25.40
FeO	27.74	28.36	28.59	28.05	28.41	27.84	27.67	19.49	21.87	10.16
MnO	0.90	0.86	0.89	0.80	0.85	0.86	0.88	0.46	0.44	0.21
MgO	0.78	0.80	0.77	0.75	0.77	0.80	0.76	0.16	0.15	0.17
CaO	-0.01	0.00	-0.02	-0.02	0.01	0.01	0.00	0.07	0.05	0.04
Na ₂ O	0.06	0.18	0.13	0.10	0.15	0.09	0.07	0.10	0.08	0.11
K ₂ O	9.46	9.26	9.17	9.36	9.12	9.27	9.46	9.36	9.29	10.26
BaO	0.04	0.07	0.01	0.00	0.09	0.04	0.04	-0.01	0.02	0.02
F	2.69	2.79	2.83	2.90	2.95	2.36	2.39	4.20	3.78	3.37
Cl	0.23	0.25	0.20	0.21	0.19	0.16	0.18	0.02	0.03	0.00
Cr ₂ O ₃	-0.01	-0.02	-0.02	0.03	0.00	-0.01	-0.02	0.00	0.00	-0.01
Li ₂ O (F)	0.90	0.96	0.97	1.02	1.04	0.72	0.74	1.87	1.57	1.30
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	5.628	5.591	5.543	5.633	5.591	5.575	5.592	6.155	5.984	6.555
Al iv	2.372	2.409	2.457	2.367	2.409	2.425	2.408	1.845	2.016	1.445
Al vi	0.996	0.818	0.882	0.927	0.918	1.045	1.042	1.882	1.671	2.754
Ti	0.189	0.273	0.224	0.216	0.185	0.186	0.188	0.044	0.074	0.016
Cr	-0.002	-0.003	-0.003	0.003	0.000	-0.002	-0.002	0.000	0.001	-0.001
Fe	3.733	3.830	3.872	3.769	3.844	3.756	3.737	2.439	2.832	1.191
Mn	0.123	0.117	0.122	0.109	0.117	0.118	0.120	0.058	0.058	0.025
Mg	0.186	0.193	0.185	0.179	0.185	0.194	0.183	0.035	0.035	0.036
Li (F)	0.583	0.621	0.635	0.656	0.679	0.470	0.482	1.125	0.977	0.733
Ca	-0.002	-0.001	-0.003	-0.003	0.001	0.002	0.000	0.011	0.008	0.006
Na	0.019	0.056	0.040	0.032	0.047	0.030	0.021	0.028	0.024	0.031
K	1.943	1.906	1.895	1.917	1.883	1.908	1.950	1.788	1.835	1.836
Ba	0.003	0.004	0.000	0.000	0.005	0.003	0.002	-0.001	0.001	0.001
OH*	2.567	2.505	2.498	2.470	2.441	2.752	2.730	2.008	2.142	2.507
F	1.371	1.427	1.447	1.473	1.507	1.203	1.222	1.988	1.849	1.493
Cl	0.062	0.068	0.055	0.057	0.052	0.045	0.048	0.004	0.009	0.000
Razões atômicas										
Al total	3.369	3.227	3.339	3.294	3.327	3.469	3.450	3.727	3.687	4.199
Fe/Fe+Mg	0.952	0.952	0.954	0.955	0.954	0.951	0.953	0.986	0.988	0.970

Fácies	Granito pórfiro I									
Amostra	bf99_bio_4	bf99_bio_5	bf99_bio_6	bf99_bio_7	bf99_bio_8	bf99_bio_9	bf99_bio_10	bf99_bio_11	bf99_bio_12	bf99_bio_13
(% massa)										
SiO ₂	39.09	46.90	37.15	37.26	45.94	39.43	39.06	46.89	46.00	47.27
TiO ₂	0.54	0.18	0.71	0.71	0.42	0.21	0.26	0.13	0.20	0.14
Al ₂ O ₃	20.52	26.14	20.47	20.67	24.78	20.53	20.91	25.83	25.20	26.11
FeO	21.59	9.94	23.26	23.12	10.90	21.58	21.52	9.25	10.44	9.19
MnO	0.71	0.18	0.50	0.53	0.30	0.28	0.29	0.30	0.42	0.35
MgO	0.12	0.12	0.09	0.13	0.12	0.10	0.10	0.19	0.12	0.15
CaO	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02
Na ₂ O	0.03	0.10	0.16	0.11	0.11	0.06	0.06	0.11	0.10	0.11
K ₂ O	9.64	10.10	9.08	9.31	9.96	9.63	9.60	10.51	10.43	10.35
BaO	0.00	0.05	-0.05	-0.04	0.02	-0.02	0.06	-0.02	0.01	0.09
F	4.06	3.23	3.54	3.68	3.30	4.04	4.25	3.33	3.28	3.30
Cl	0.04	0.00	0.02	0.03	0.01	0.04	0.03	0.00	0.00	-0.01
Cr ₂ O ₃	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.02	-0.02	0.03	-0.02	0.02	0.01
Li ₂ O (F)	1.76	1.22	1.41	1.50	1.25	1.75	1.90	1.28	1.25	1.25
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	5.980	6.534	5.824	5.807	6.525	6.040	5.971	6.561	6.512	6.566
Al iv	2.020	1.466	2.176	2.193	1.475	1.960	2.029	1.439	1.488	1.434
Al vi	1.680	2.826	1.607	1.605	2.673	1.747	1.738	2.821	2.718	2.842
Ti	0.062	0.019	0.084	0.084	0.045	0.024	0.030	0.013	0.022	0.015
Cr	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.003	-0.002	0.003	-0.002	0.002	0.001
Fe	2.762	1.158	3.050	3.013	1.295	2.764	2.751	1.082	1.236	1.068
Mn	0.092	0.022	0.066	0.070	0.036	0.036	0.038	0.036	0.050	0.041
Mg	0.027	0.024	0.022	0.031	0.025	0.024	0.023	0.039	0.025	0.030
Li (F)	1.085	0.681	0.889	0.942	0.717	1.078	1.169	0.718	0.710	0.701
Ca	-0.003	-0.001	-0.001	-0.001	0.002	0.003	-0.002	-0.002	-0.001	-0.002
Na	0.009	0.028	0.048	0.033	0.029	0.018	0.018	0.029	0.026	0.028
K	1.881	1.794	1.815	1.850	1.804	1.881	1.871	1.876	1.883	1.834
Ba	0.000	0.003	-0.003	-0.002	0.001	-0.001	0.004	-0.001	0.000	0.005
OH*	2.027	2.575	2.240	2.179	2.518	2.036	1.940	2.526	2.530	2.553
F	1.962	1.424	1.755	1.814	1.480	1.955	2.053	1.473	1.471	1.448
Cl	0.011	0.001	0.006	0.008	0.002	0.009	0.007	0.001	0.000	-0.001
Razões atômicas										
Al total	3.700	4.292	3.783	3.797	4.148	3.707	3.767	4.260	4.206	4.275
Fe/Fe+Mg	0.990	0.980	0.993	0.990	0.981	0.991	0.992	0.965	0.980	0.972

Fácies	Pegmatito I									
Amostra	bf99_bio_14	bf175_bio_1	bf175_bio_2	bf175_bio_3	bf175_bio_4	bf175_bio_5	bf175_bio_6	bf175_bio_7	bf175_bio_8	bf175_bio_9
(% massa)										
SiO ₂	45.67	41.35	42.11	41.60	42.54	41.83	41.55	43.46	43.25	43.38
TiO ₂	0.21	0.52	0.66	0.71	0.52	0.70	0.76	0.56	0.44	0.48
Al ₂ O ₃	24.91	20.50	20.90	21.00	21.00	20.81	20.99	20.59	20.67	20.62
FeO	11.34	16.55	15.61	15.81	15.15	15.86	16.23	14.66	14.47	14.81
MnO	0.48	1.32	1.29	1.19	1.19	1.19	1.27	1.11	1.19	1.24
MgO	0.09	0.58	0.49	0.50	0.46	0.52	0.45	0.56	0.54	0.51
CaO	-0.02	0.05	0.03	0.01	-0.02	0.04	-0.02	0.07	0.00	0.05
Na ₂ O	0.09	0.28	0.20	0.19	0.11	0.18	0.17	0.14	0.09	0.13
K ₂ O	10.07	9.24	9.38	9.42	9.62	9.48	9.73	8.99	9.57	9.74
BaO	-0.03	0.02	0.02	0.01	0.07	0.06	0.05	0.07	0.05	0.06
F	3.45	5.83	5.80	5.88	6.24	5.83	5.82	6.26	6.35	6.22
Cl	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01
Cr ₂ O ₃	-0.01	-0.02	0.04	-0.02	-0.01	-0.02	0.00	0.00	-0.03	-0.01
Li ₂ O (F)	1.35	3.20	3.18	3.24	3.58	3.20	3.19	3.60	3.69	3.56
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.485	6.139	6.188	6.139	6.206	6.166	6.116	6.314	6.292	6.292
Al iv	1.515	1.861	1.812	1.861	1.794	1.834	1.884	1.686	1.708	1.708
Al vi	2.655	1.726	1.809	1.792	1.817	1.781	1.758	1.840	1.837	1.817
Ti	0.022	0.058	0.072	0.079	0.057	0.078	0.084	0.061	0.049	0.052
Cr	-0.001	-0.002	0.004	-0.002	-0.001	-0.002	0.000	0.001	-0.004	-0.001
Fe	1.347	2.055	1.918	1.952	1.849	1.955	1.998	1.781	1.760	1.796
Mn	0.058	0.166	0.161	0.148	0.147	0.148	0.158	0.137	0.147	0.152
Mg	0.020	0.128	0.108	0.111	0.100	0.114	0.098	0.122	0.117	0.110
Li (F)	0.773	1.913	1.878	1.924	2.101	1.898	1.888	2.102	2.157	2.075
Ca	-0.002	0.009	0.005	0.001	-0.002	0.006	-0.003	0.011	0.001	0.008
Na	0.026	0.080	0.058	0.055	0.031	0.051	0.050	0.041	0.027	0.037
K	1.824	1.750	1.759	1.773	1.790	1.783	1.827	1.667	1.776	1.802
Ba	-0.002	0.001	0.001	0.000	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003
OH*	2.449	1.254	1.299	1.257	1.120	1.279	1.287	1.121	1.076	1.146
F	1.550	2.739	2.697	2.742	2.880	2.718	2.708	2.876	2.923	2.852
Cl	0.000	0.007	0.004	0.001	0.000	0.003	0.004	0.003	0.001	0.002
Razões atômicas										
Al total	4.169	3.587	3.621	3.653	3.611	3.616	3.641	3.526	3.545	3.525
Fe/Fe+Mg	0.986	0.942	0.947	0.946	0.949	0.945	0.953	0.936	0.938	0.942

Fácies	Pegmatito I									
Amostra	bf175_bio_10	bf303_bio_1	bf303_bio_2	bf303_bio_3	bf303_bio_4	bf303_bio_5	bf303_bio_6	bf303_bio_7	bf303_bio_8	bf303_bio_9
(% massa)										
SiO₂	43.22	43.63	44.08	43.59	43.96	44.19	43.93	43.02	44.45	43.62
TiO₂	0.45	0.28	0.29	0.24	0.30	0.26	0.24	0.38	0.29	0.31
Al₂O₃	21.69	20.44	20.29	20.38	20.40	20.47	20.27	20.33	20.16	20.32
FeO	14.29	15.04	14.69	14.82	14.98	14.49	14.79	15.01	14.99	14.97
MnO	1.13	0.77	0.82	0.85	0.83	0.87	0.78	0.94	0.82	0.82
MgO	0.49	0.38	0.40	0.49	0.42	0.46	0.43	0.47	0.45	0.42
CaO	-0.01	0.01	-0.03	-0.01	-0.01	0.00	0.05	0.01	0.01	-0.02
Na₂O	0.15	0.09	0.08	0.12	0.14	0.13	0.14	0.14	0.18	0.15
K₂O	9.81	9.45	9.56	9.24	9.44	9.10	9.09	9.32	9.39	9.16
BaO	-0.03	0.07	0.01	0.10	0.09	0.01	0.04	0.05	0.02	0.11
F	6.00	6.18	6.13	6.07	6.08	6.23	6.00	5.92	6.13	6.07
Cl	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	-0.01	-0.01	0.00
Cr₂O₃	-0.01	0.01	0.02	0.00	0.04	-0.01	-0.02	0.03	0.01	0.01
Li₂O (F)	3.36	3.52	3.47	3.42	3.43	3.56	3.36	3.28	3.48	3.42
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.246	6.363	6.414	6.379	6.387	6.413	6.423	6.337	6.431	6.383
Al iv	1.754	1.637	1.586	1.621	1.613	1.587	1.577	1.663	1.569	1.617
Al vi	1.942	1.877	1.894	1.895	1.881	1.914	1.917	1.867	1.868	1.887
Ti	0.049	0.031	0.031	0.026	0.032	0.029	0.027	0.043	0.032	0.034
Cr	-0.001	0.001	0.002	0.000	0.005	-0.002	-0.002	0.003	0.001	0.001
Fe	1.727	1.835	1.787	1.813	1.820	1.759	1.809	1.849	1.814	1.832
Mn	0.138	0.096	0.101	0.105	0.102	0.107	0.096	0.117	0.101	0.102
Mg	0.105	0.082	0.087	0.107	0.091	0.100	0.093	0.103	0.097	0.091
Li (F)	1.952	2.064	2.032	2.015	2.003	2.080	1.974	1.946	2.023	2.010
Ca	-0.002	0.001	-0.005	-0.002	-0.002	0.000	0.008	0.001	0.002	-0.003
Na	0.042	0.024	0.023	0.035	0.041	0.037	0.040	0.040	0.051	0.042
K	1.809	1.759	1.774	1.725	1.750	1.684	1.696	1.751	1.732	1.709
Ba	-0.002	0.004	0.001	0.005	0.005	0.001	0.002	0.003	0.001	0.006
OH*	1.254	1.151	1.181	1.189	1.205	1.143	1.223	1.242	1.196	1.193
F	2.744	2.849	2.819	2.811	2.793	2.857	2.775	2.759	2.805	2.807
Cl	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	-0.001	-0.001	0.000
Razões atômicas										
Al total	3.695	3.513	3.480	3.516	3.494	3.501	3.494	3.531	3.437	3.504
Fe/Fe+Mg	0.943	0.957	0.954	0.944	0.952	0.946	0.951	0.947	0.949	0.953

Fácies	Greisen									
Amostra	bf303_bio_10	bf303_bio_11	bf303_bio_12	pp25_bio_1	pp25_bio_2	pp25_bio_3	pp25_bio_4	pp25_bio_5	pp25_bio_6	pp25_bio_7
(% massa)										
SiO ₂	43.87	0.00	44.27	47.25	47.21	46.72	47.25	45.95	45.78	48.06
TiO ₂	0.27	-0.04	0.23	-0.02	-0.02	-0.03	-0.01	0.30	-0.01	-0.02
Al ₂ O ₃	20.17	0.00	20.24	28.22	29.05	28.05	32.43	29.31	28.69	29.57
FeO	15.03	8.35	14.94	7.18	6.88	8.21	3.40	7.90	8.39	8.65
MnO	0.84	0.12	0.82	0.05	0.03	0.04	0.03	0.08	0.04	0.03
MgO	0.38	0.00	0.41	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.01	-0.01	-0.01
CaO	0.03	0.00	-0.03	-0.01	-0.01	0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.00
Na ₂ O	0.09	2.40	0.13	0.17	0.14	0.08	0.18	0.12	0.09	0.06
K ₂ O	9.50	0.04	9.52	10.61	10.66	10.58	10.64	10.54	10.80	8.28
BaO	0.01	0.01	0.01	-0.04	0.05	-0.03	0.03	0.03	-0.02	0.03
F	6.08	-0.01	6.25	2.02	1.93	2.04	1.50	1.76	1.93	2.12
Cl	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02
Cr ₂ O ₃	0.02	0.01	-0.01	-0.01	-0.05	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.01
Li ₂ O (F)	3.43	#NÚM!	3.58	0.56	0.52	0.57	0.35	0.45	0.52	0.61
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.402	#NÚM!	6.414	6.562	6.515	6.512	6.404	6.374	6.402	6.520
Al iv	1.598	#NÚM!	1.586	1.438	1.485	1.488	1.596	1.626	1.598	1.480
Al vi	1.872	#NÚM!	1.871	3.182	3.240	3.120	3.584	3.165	3.132	3.248
Ti	0.030	#NÚM!	0.026	-0.003	-0.002	-0.003	-0.001	0.032	-0.001	-0.002
Cr	0.002	#NÚM!	-0.001	-0.001	-0.005	0.000	0.001	-0.001	0.000	-0.001
Fe	1.835	#NÚM!	1.810	0.834	0.794	0.957	0.386	0.916	0.982	0.982
Mn	0.103	#NÚM!	0.100	0.006	0.004	0.005	0.003	0.009	0.004	0.003
Mg	0.083	#NÚM!	0.089	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	0.002	-0.003	-0.002
Li (F)	2.011	#NÚM!	2.088	0.315	0.288	0.320	0.188	0.250	0.293	0.332
Ca	0.004	#NÚM!	-0.005	-0.002	-0.001	0.003	-0.001	0.000	-0.001	0.000
Na	0.024	#NÚM!	0.038	0.046	0.037	0.022	0.046	0.031	0.025	0.016
K	1.768	#NÚM!	1.759	1.879	1.875	1.882	1.839	1.865	1.926	1.432
Ba	0.000	#NÚM!	0.001	-0.002	0.003	-0.001	0.001	0.001	-0.001	0.002
OH*	1.193	#NÚM!	1.139	3.110	3.158	3.099	3.356	3.221	3.142	3.086
F	2.805	#NÚM!	2.861	0.889	0.840	0.899	0.644	0.773	0.854	0.909
Cl	0.002	#NÚM!	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001	0.005	0.004	0.005
Razões atômicas										
Al total	3.470	#NÚM!	3.456	4.620	4.725	4.608	5.180	4.792	4.730	4.728
Fe/Fe+Mg	0.957	#NÚM!	0.953	1.005	1.006	1.005	1.010	0.997	1.003	1.002

Fácies	Granito miarolítico									
Amostra	pp25_bio_8	pp25_bio_9	pp25_bio_10	pp25_bio_11	pp25_bio_12	bf81_bio_1	bf81_bio_2	bf81_bio_3	bf81_bio_4	bf81_bio_5
(% massa)										
SiO ₂	47.84	47.86	47.16	48.60	47.65	35.84	35.87	34.71	34.78	35.21
TiO ₂	0.00	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.05	0.07	0.07	0.07	0.08
Al ₂ O ₃	31.74	29.16	33.95	28.71	33.66	21.02	21.16	20.54	20.77	20.41
FeO	3.85	6.40	2.83	6.39	2.92	26.64	26.73	28.31	27.62	27.87
MnO	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.91	0.90	0.97	0.98	0.93
MgO	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
CaO	-0.03	0.03	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.03	0.00	0.01	-0.01
Na ₂ O	0.13	0.12	0.16	0.16	0.19	0.10	0.08	0.07	0.06	0.07
K ₂ O	10.59	10.59	10.91	10.45	10.45	9.44	9.44	9.32	9.48	9.41
BaO	0.04	-0.06	-0.08	0.01	0.00	0.01	-0.04	-0.05	0.10	-0.05
F	1.64	2.02	1.38	2.09	1.40	2.57	2.72	2.61	2.57	2.72
Cl	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.11	0.13	0.14	0.13	0.12
Cr ₂ O ₃	0.02	-0.02	0.02	-0.03	0.01	-0.01	0.01	0.01	0.00	-0.02
Li ₂ O (F)	0.40	0.56	0.30	0.59	0.31	0.83	0.91	0.86	0.84	0.91
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.470	6.558	6.312	6.629	6.364	5.643	5.628	5.532	5.540	5.591
Al iv	1.530	1.442	1.688	1.371	1.636	2.357	2.372	2.468	2.460	2.409
Al vi	3.529	3.268	3.668	3.244	3.663	1.544	1.539	1.391	1.438	1.411
Ti	0.000	-0.002	-0.001	0.000	-0.001	0.006	0.008	0.008	0.009	0.010
Cr	0.002	-0.002	0.002	-0.003	0.001	-0.001	0.002	0.002	0.000	-0.003
Fe	0.435	0.733	0.317	0.729	0.326	3.508	3.507	3.772	3.679	3.702
Mn	0.000	0.000	0.000	0.006	0.003	0.121	0.119	0.130	0.133	0.125
Mg	-0.003	-0.003	-0.004	-0.003	-0.003	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.005
Li (F)	0.217	0.310	0.162	0.326	0.166	0.528	0.577	0.548	0.536	0.583
Ca	-0.004	0.004	0.000	0.000	-0.001	0.000	-0.006	0.000	0.001	-0.002
Na	0.034	0.032	0.043	0.042	0.050	0.029	0.023	0.023	0.018	0.021
K	1.828	1.852	1.862	1.818	1.780	1.895	1.888	1.894	1.926	1.906
Ba	0.002	-0.003	-0.004	0.001	0.000	0.001	-0.002	-0.003	0.006	-0.003
OH*	3.298	3.123	3.414	3.097	3.407	2.690	2.618	2.647	2.668	2.603
F	0.702	0.876	0.585	0.902	0.592	1.280	1.349	1.315	1.297	1.364
Cl	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.030	0.034	0.037	0.036	0.033
Razões atômicas										
Al total	5.059	4.710	5.356	4.615	5.299	3.901	3.912	3.859	3.898	3.820
Fe/Fe+Mg	1.007	1.005	1.013	1.004	1.009	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001

Fácies						Granito pórfiro II				
Amostra	bf81_bio_6	bf81_bio_7	bf81_bio_8	bf81_bio_9	bf81_bio_10	bf41_bio_1	bf41_bio_2	bf41_bio_3	bf41_bio_4	bf41_bio_5
(% massa)										
SiO ₂	35.77	35.31	35.53	36.53	35.95	35.61	34.19	36.98	32.43	31.04
TiO ₂	0.10	0.10	0.08	0.06	0.11	0.24	0.20	0.28	0.02	0.04
Al ₂ O ₃	20.57	20.58	20.45	21.76	20.31	21.36	19.07	23.00	25.01	20.14
FeO	26.95	27.86	26.55	25.18	27.55	4.24	5.61	3.79	1.61	4.23
MnO	0.93	0.95	0.96	0.81	0.94	0.19	0.14	0.19	0.01	0.19
MgO	-0.02	0.00	-0.02	-0.01	-0.04	0.29	0.17	0.22	0.01	0.10
CaO	0.00	0.00	-0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.04	-0.01
Na ₂ O	0.07	0.05	0.06	0.08	0.07	0.17	0.10	0.18	0.21	0.15
K ₂ O	9.34	9.36	9.29	7.94	9.14	7.59	7.45	7.62	7.09	7.29
BaO	0.02	-0.07	0.00	-0.04	-0.06	0.05	0.07	0.07	-0.02	0.00
F	2.76	2.82	2.75	2.47	2.83	3.66	4.02	3.35	2.61	3.50
Cl	0.11	0.10	0.08	0.11	0.10	0.03	0.01	0.02	0.00	0.01
Cr ₂ O ₃	0.01	-0.03	0.02	-0.02	0.02	-0.03	-0.02	0.04	0.01	0.00
Li ₂ O (F)	0.94	0.97	0.93	0.78	0.98	1.49	1.74	1.29	0.86	1.39
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	5.650	5.582	5.657	5.740	5.665	6.449	6.494	6.436	6.099	6.255
Al iv	2.350	2.418	2.343	2.260	2.335	1.551	1.506	1.564	1.901	1.745
Al vi	1.479	1.417	1.495	1.769	1.437	3.008	2.763	3.154	3.644	3.040
Ti	0.012	0.012	0.009	0.007	0.014	0.033	0.028	0.037	0.003	0.006
Cr	0.001	-0.003	0.002	-0.003	0.002	-0.004	-0.002	0.005	0.002	-0.001
Fe	3.559	3.683	3.535	3.308	3.631	0.643	0.891	0.551	0.254	0.713
Mn	0.125	0.127	0.130	0.108	0.125	0.029	0.023	0.028	0.001	0.032
Mg	-0.004	0.000	-0.005	-0.003	-0.009	0.077	0.047	0.056	0.002	0.031
Li (F)	0.597	0.616	0.598	0.494	0.618	1.083	1.328	0.901	0.649	1.124
Ca	-0.001	0.000	-0.003	0.002	0.000	0.003	0.004	0.003	0.007	-0.003
Na	0.022	0.017	0.017	0.024	0.020	0.058	0.038	0.060	0.075	0.058
K	1.883	1.887	1.886	1.591	1.837	1.753	1.804	1.692	1.700	1.874
Ba	0.001	-0.004	0.000	-0.002	-0.004	0.004	0.005	0.005	-0.001	0.000
OH*	2.590	2.566	2.593	2.742	2.564	1.897	1.581	2.150	2.444	1.766
F	1.380	1.408	1.386	1.228	1.409	2.094	2.415	1.843	1.555	2.232
Cl	0.029	0.026	0.021	0.030	0.026	0.009	0.004	0.007	0.000	0.002
Razões atômicas										
Al total	3.829	3.834	3.838	4.029	3.772	4.559	4.269	4.718	5.545	4.785
Fe/Fe+Mg	1.001	1.000	1.001	1.001	1.002	0.893	0.950	0.908	0.992	0.958

Fácies										
Amostra	bf41_bio_6	bf41_bio_7	bf41_bio_8	bf41_bio_9	bf41_bio_10	bf41_bio_11	bf47_bio_1	bf47_bio_2	bf47_bio_3	bf47_bio_4
(% massa)										
SiO ₂	29.12	30.53	19.83	19.64	37.36	36.89	40.38	40.47	41.10	39.70
TiO ₂	0.01	0.16	0.29	0.13	0.17	0.10	0.23	0.26	0.06	0.06
Al ₂ O ₃	18.26	21.28	15.01	15.99	20.27	18.63	19.99	19.72	19.81	20.14
FeO	4.16	3.42	4.03	3.22	5.20	5.61	14.74	14.68	14.51	15.24
MnO	0.20	0.15	0.15	0.08	0.23	0.22	0.79	0.82	0.78	0.89
MgO	0.12	0.18	0.13	0.14	0.09	0.17	0.23	0.25	0.26	0.24
CaO	-0.04	-0.01	0.05	0.02	0.01	0.08	0.01	0.02	-0.02	0.02
Na ₂ O	0.47	0.14	0.08	0.12	0.09	0.09	0.21	0.18	0.14	0.19
K ₂ O	6.83	7.44	7.03	7.27	6.74	6.14	8.84	8.93	8.85	8.74
BaO	-0.01	0.04	0.01	0.01	0.02	-0.06	-0.02	-0.01	-0.01	0.02
F	3.62	3.33	3.40	3.30	3.82	4.12	5.74	5.91	5.95	5.81
Cl	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Cr ₂ O ₃	0.01	-0.02	0.01	-0.02	0.01	-0.03	0.01	-0.01	0.00	0.01
Li ₂ O (F)	1.46	1.27	1.32	1.26	1.60	1.81	3.12	3.27	3.31	3.18
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.276	6.128	5.621	5.540	6.674	6.782	6.259	6.270	6.327	6.187
Al iv	1.724	1.872	2.379	2.460	1.326	1.218	1.741	1.730	1.673	1.813
Al vi	2.913	3.163	2.639	2.856	2.943	2.818	1.912	1.872	1.922	1.888
Ti	0.001	0.025	0.062	0.028	0.023	0.013	0.027	0.030	0.007	0.007
Cr	0.002	-0.003	0.001	-0.005	0.002	-0.004	0.001	-0.002	0.000	0.001
Fe	0.749	0.574	0.955	0.759	0.777	0.863	1.911	1.902	1.868	1.987
Mn	0.036	0.026	0.035	0.018	0.034	0.034	0.104	0.108	0.102	0.117
Mg	0.040	0.053	0.053	0.060	0.025	0.048	0.053	0.058	0.061	0.056
Li (F)	1.268	1.029	1.506	1.429	1.150	1.336	1.945	2.040	2.052	1.993
Ca	-0.008	-0.003	0.014	0.005	0.001	0.017	0.002	0.003	-0.003	0.003
Na	0.197	0.056	0.045	0.067	0.032	0.032	0.063	0.053	0.041	0.058
K	1.876	1.904	2.542	2.615	1.537	1.439	1.749	1.765	1.738	1.738
Ba	-0.001	0.003	0.002	0.001	0.001	-0.004	-0.001	-0.001	-0.001	0.001
OH*	1.532	1.883	0.949	1.047	1.839	1.606	1.187	1.101	1.099	1.135
F	2.467	2.113	3.049	2.947	2.160	2.393	2.814	2.897	2.899	2.862
Cl	0.001	0.004	0.001	0.005	0.001	0.001	-0.001	0.002	0.002	0.002
Razões atômicas										
Al total	4.637	5.035	5.018	5.316	4.268	4.036	3.653	3.601	3.594	3.701
Fe/Fe+Mg	0.950	0.916	0.947	0.927	0.969	0.948	0.973	0.970	0.968	0.973

Fácies	Topázio granito pórfiro BF									
Amostra	bf47_bio_5	bf47_bio_6	bf47_bio_7	bf47_bio_8	bf47_bio_9	bf47_bio_10	bf47_bio_11	bf47_bio_12	bf43_bio_1	bf43_bio_2
(% massa)										
SiO ₂	39.70	41.90	40.65	-0.01	40.21	11.65	40.33	41.78	37.04	36.96
TiO ₂	0.05	0.08	0.05	-0.01	0.06	0.01	0.23	0.07	0.38	0.38
Al ₂ O ₃	20.46	20.70	20.79	0.13	20.53	23.51	19.37	20.55	19.89	20.12
FeO	15.64	15.72	16.35	0.12	16.69	0.02	14.22	15.81	24.56	24.44
MnO	0.86	0.63	0.70	0.01	0.69	0.00	0.64	0.68	0.98	1.03
MgO	0.23	0.28	0.26	0.03	0.26	0.01	0.27	0.28	0.11	0.14
CaO	0.01	-0.01	0.01	74.57	0.02	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.02
Na ₂ O	0.21	0.09	0.13	0.11	0.19	0.00	0.12	0.14	0.12	0.21
K ₂ O	8.91	9.22	9.15	0.01	9.11	0.01	8.74	9.36	9.39	9.31
BaO	0.01	0.01	-0.03	-0.05	0.00	0.02	-0.08	-0.01	-0.01	-0.02
F	5.78	5.82	5.82	48.02	5.64	8.61	5.83	5.93	4.19	4.11
Cl	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.06	0.04
Cr ₂ O ₃	-0.04	0.02	0.03	-0.02	0.03	-0.01	-0.03	0.00	-0.01	-0.02
Li ₂ O (F)	3.16	3.19	3.19	102.05	3.03	6.07	3.20	3.29	1.86	1.80
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.151	6.270	6.160	-0.001	6.148	3.323	6.330	6.256	5.772	5.752
Al iv	1.849	1.730	1.840	0.012	1.852	4.677	1.670	1.744	2.228	2.248
Al vi	1.887	1.921	1.874	0.000	1.847	3.229	1.913	1.882	1.425	1.443
Ti	0.006	0.009	0.006	0.000	0.007	0.001	0.027	0.008	0.044	0.045
Cr	-0.005	0.002	0.004	-0.001	0.004	-0.003	-0.003	-0.001	-0.001	-0.002
Fe	2.027	1.967	2.072	0.008	2.135	0.004	1.866	1.980	3.201	3.181
Mn	0.113	0.080	0.089	0.001	0.090	-0.001	0.086	0.086	0.130	0.136
Mg	0.053	0.062	0.058	0.004	0.059	0.003	0.062	0.062	0.027	0.033
Li (F)	1.969	1.922	1.942	31.623	1.864	6.967	2.023	1.984	1.167	1.129
Ca	0.002	-0.001	0.001	6.156	0.003	0.003	0.001	0.001	-0.002	0.003
Na	0.063	0.026	0.037	0.016	0.056	0.001	0.038	0.041	0.035	0.063
K	1.760	1.760	1.768	0.001	1.777	0.005	1.750	1.788	1.866	1.848
Ba	0.001	0.000	-0.002	-0.002	0.000	0.002	-0.005	-0.001	-0.001	-0.001
OH*	1.164	1.244	1.211	0.000	1.269	0.000	1.103	1.186	1.919	1.965
F	2.834	2.755	2.787	11.700	2.727	7.769	2.896	2.810	2.066	2.024
Cl	0.001	0.001	0.002	0.000	0.004	0.001	0.001	0.004	0.015	0.011
Razões atômicas										
Al total	3.736	3.651	3.713	0.012	3.699	7.906	3.583	3.626	3.653	3.691
Fe/Fe+Mg	0.975	0.970	0.973	0.668	0.973	0.564	0.968	0.970	0.992	0.990

Fácies	Granito Inequigranular									
Amostra	bf43_bio_3	bf43_bio_4	bf43_bio_5	bf43_bio_6	bf43_bio_7	bf43_bio_8	bf43_bio_9	bf43_bio_10	bf43_bio_11	bf43_bio_12
(% massa)										
SiO ₂	41.81	41.40	37.27	44.05	37.11	37.00	37.29	37.53	36.79	47.02
TiO ₂	0.14	0.26	0.36	0.39	0.37	0.36	0.38	0.36	0.40	0.09
Al ₂ O ₃	20.75	20.87	20.04	21.55	20.44	20.43	19.66	20.09	19.70	23.86
FeO	18.54	19.01	23.36	14.05	23.67	23.44	25.27	24.60	25.46	10.55
MnO	0.90	0.95	1.16	0.69	1.00	1.00	0.95	0.90	0.85	0.32
MgO	0.10	0.08	0.09	0.09	0.13	0.10	0.09	0.08	0.13	0.14
CaO	0.01	-0.01	-0.02	0.03	0.01	0.08	0.00	0.00	-0.01	0.00
Na ₂ O	0.08	0.05	0.09	0.09	0.17	0.16	0.11	0.08	0.06	0.10
K ₂ O	9.68	9.79	9.30	10.06	9.12	8.98	9.53	9.39	9.55	10.27
BaO	0.02	-0.07	-0.03	0.09	0.00	-0.06	-0.02	0.03	0.03	0.03
F	5.61	5.33	4.27	4.80	4.21	4.14	4.06	4.31	3.84	3.76
Cl	0.01	0.02	0.06	0.01	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.00
Cr ₂ O ₃	0.01	-0.01	-0.03	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	0.01
Li ₂ O (F)	3.00	2.77	1.92	2.33	1.87	1.83	1.77	1.95	1.61	1.56
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.163	6.124	5.816	6.440	5.771	5.779	5.789	5.792	5.757	6.653
Al iv	1.837	1.876	2.184	1.560	2.229	2.221	2.211	2.208	2.243	1.347
Al vi	1.768	1.763	1.502	2.153	1.517	1.542	1.387	1.448	1.391	2.633
Ti	0.016	0.029	0.042	0.042	0.044	0.042	0.045	0.042	0.047	0.010
Cr	0.001	-0.001	-0.003	-0.001	-0.003	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	0.001
Fe	2.285	2.352	3.049	1.718	3.079	3.062	3.281	3.176	3.332	1.248
Mn	0.113	0.119	0.153	0.085	0.131	0.132	0.125	0.118	0.113	0.038
Mg	0.022	0.018	0.021	0.020	0.029	0.023	0.022	0.018	0.030	0.030
Li (F)	1.780	1.646	1.204	1.368	1.171	1.147	1.104	1.208	1.014	0.888
Ca	0.002	-0.001	-0.003	0.004	0.001	0.013	0.001	-0.001	-0.002	0.001
Na	0.023	0.014	0.027	0.025	0.052	0.049	0.034	0.025	0.018	0.027
K	1.820	1.847	1.851	1.877	1.808	1.789	1.887	1.848	1.906	1.853
Ba	0.001	-0.004	-0.002	0.005	0.000	-0.004	-0.001	0.002	0.002	0.001
OH*	1.384	1.499	1.876	1.778	1.917	1.936	1.989	1.884	2.083	2.315
F	2.614	2.496	2.107	2.220	2.068	2.046	1.994	2.101	1.899	1.684
Cl	0.002	0.006	0.017	0.003	0.015	0.018	0.017	0.015	0.018	0.001
Razões atômicas										
Al total	3.606	3.639	3.686	3.713	3.746	3.763	3.598	3.656	3.634	3.980
Fe/Fe+Mg	0.991	0.992	0.993	0.989	0.991	0.993	0.993	0.994	0.991	0.977

Fácies	Greisen									
Amostra	bf49b_bio_1	bf49b_bio_2	bf49b_bio_3	bf49b_bio_4	bf49b_bio_5	bf49b_bio_6	bf49b_bio_7	bf49b_bio_8	bf49b_bio_9	bf49b_bio_10
(% massa)										
SiO₂	32.41	40.15	43.60	22.35	46.86	34.97	47.15	34.88	43.56	37.45
TiO₂	0.16	0.10	0.02	0.02	0.13	0.13	0.11	0.05	0.16	0.09
Al₂O₃	19.83	21.98	23.72	19.48	27.32	19.04	27.60	17.04	23.98	19.69
FeO	30.99	20.33	15.07	43.32	8.53	29.36	8.63	31.85	13.46	26.19
MnO	1.00	0.84	0.64	0.26	0.16	0.65	0.17	0.90	0.52	0.73
MgO	0.07	0.08	0.08	0.02	0.11	0.07	0.08	0.08	0.05	0.06
CaO	0.02	-0.03	0.01	-0.01	0.01	0.06	0.00	-0.01	0.03	-0.02
Na₂O	0.03	0.17	0.07	0.01	0.19	0.03	0.12	0.06	0.12	0.11
K₂O	8.97	9.55	10.10	0.04	10.44	8.45	10.55	8.86	10.26	9.42
BaO	-0.08	-0.01	-0.04	-0.04	0.07	-0.06	-0.02	-0.03	-0.04	0.01
F	2.96	4.49	4.09	0.14	3.61	2.80	3.43	3.45	3.82	3.97
Cl	0.10	0.01	0.03	0.01	0.01	0.11	0.01	0.18	0.04	0.05
Cr₂O₃	-0.01	-0.01	-0.05	-0.01	0.00	-0.02	0.02	0.03	-0.02	-0.04
Li₂O (F)	1.05	2.08	1.79	0.01	1.45	0.96	1.34	1.35	1.60	1.70
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	5.289	5.988	6.290	4.251	6.465	5.640	6.471	5.645	6.330	5.805
Al iv	2.711	2.012	1.710	3.749	1.535	2.360	1.529	2.355	1.670	2.195
Al vi	1.103	1.851	2.324	0.618	2.908	1.261	2.935	0.897	2.437	1.402
Ti	0.019	0.011	0.003	0.002	0.013	0.016	0.012	0.006	0.017	0.011
Cr	-0.002	-0.002	-0.005	-0.001	0.000	-0.003	0.002	0.004	-0.003	-0.005
Fe	4.229	2.536	1.819	6.891	0.984	3.961	0.991	4.311	1.636	3.395
Mn	0.138	0.106	0.079	0.042	0.019	0.088	0.020	0.123	0.064	0.096
Mg	0.017	0.017	0.018	0.007	0.023	0.017	0.015	0.018	0.011	0.014
Li (F)	0.689	1.248	1.037	0.006	0.807	0.622	0.741	0.881	0.934	1.060
Ca	0.003	-0.005	0.002	-0.002	0.002	0.011	0.000	-0.002	0.005	-0.004
Na	0.010	0.049	0.019	0.002	0.050	0.010	0.032	0.018	0.033	0.032
K	1.868	1.816	1.858	0.010	1.837	1.739	1.846	1.828	1.902	1.863
Ba	-0.005	-0.001	-0.002	-0.003	0.004	-0.004	-0.001	-0.002	-0.002	0.000
OH*	2.446	1.882	2.127	3.913	2.424	2.541	2.507	2.183	2.236	2.042
F	1.526	2.116	1.865	0.086	1.573	1.428	1.491	1.767	1.755	1.944
Cl	0.028	0.003	0.008	0.002	0.002	0.031	0.002	0.050	0.009	0.013
Razões atômicas										
Al total	3.813	3.863	4.034	4.366	4.443	3.621	4.464	3.252	4.107	3.597
Fe/Fe+Mg	0.996	0.993	0.990	0.999	0.977	0.996	0.985	0.996	0.993	0.996

Fácies	Topázio riólito pórfiro									
Amostra	bf49b_bio_11	bf49b_bio_12	bf49b_bio_13	BF28b_bio_1	BF28b_bio_2	BF28b_bio_3	BF28b_bio_4	BF28b_bio_5	BF28b_bio_6	BF28b_bio_7
(% massa)										
SiO ₂	46.40	0.00	43.79	41.54	41.23	40.34	39.74	40.08	41.68	39.10
TiO ₂	0.01	-0.02	0.05	0.00	0.03	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	27.63	0.00	24.82	21.04	20.88	20.69	21.50	20.93	21.34	21.01
FeO	9.38	0.12	10.19	19.70	20.17	20.13	21.31	21.32	19.17	22.60
MnO	0.11	-0.01	0.36	0.96	1.01	1.01	0.97	1.03	0.96	0.98
MgO	0.06	0.01	0.08	0.16	0.15	0.16	0.12	0.11	0.15	0.11
CaO	-0.01	75.21	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	0.17	0.00	0.21	0.05	0.26	0.07	0.21	0.02	0.06	0.00
K ₂ O	10.41	0.00	9.53	9.46	9.49	9.34	8.54	9.29	9.05	9.39
BaO	0.02	0.02	0.02	0.04	0.08	0.09	0.09	0.09	0.06	0.08
F	3.58	47.09	3.70	5.00	4.93	4.92	4.54	4.44	4.62	4.17
Cl	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
Cr ₂ O ₃	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O (F)	1.44	98.85	1.52	2.48	2.43	2.42	2.12	2.04	2.18	1.84
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.404	0.000	6.427	6.138	6.104	6.071	5.976	6.033	6.179	5.934
Al iv	1.596	0.000	1.573	1.862	1.896	1.929	2.024	1.967	1.821	2.066
Al vi	2.898	0.000	2.721	1.802	1.749	1.741	1.788	1.747	1.907	1.691
Ti	0.001	-0.001	0.006	0.000	0.003	0.004	0.002	0.002	0.000	0.000
Cr	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	1.083	0.008	1.251	2.435	2.498	2.534	2.680	2.684	2.377	2.868
Mn	0.013	-0.001	0.045	0.120	0.127	0.129	0.123	0.132	0.120	0.126
Mg	0.013	0.001	0.017	0.035	0.033	0.036	0.028	0.025	0.033	0.026
Li (F)	0.798	31.296	0.897	1.476	1.448	1.464	1.282	1.238	1.303	1.125
Ca	-0.001	6.343	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.047	0.000	0.060	0.015	0.073	0.021	0.061	0.007	0.017	0.000
K	1.832	0.000	1.785	1.782	1.793	1.793	1.638	1.784	1.712	1.818
Ba	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.006	0.005	0.005	0.003	0.005
OH*	2.437	0.000	2.271	1.662	1.689	1.657	1.838	1.884	1.830	1.997
F	1.563	11.724	1.719	2.335	2.309	2.340	2.157	2.113	2.166	1.999
Cl	0.001	0.000	0.010	0.004	0.002	0.003	0.005	0.003	0.004	0.004
Razões atômicas										
Al total	4.494	0.000	4.294	3.664	3.644	3.670	3.812	3.714	3.729	3.758
Fe/Fe+Mg	0.989	0.924	0.987	0.986	0.987	0.986	0.990	0.991	0.986	0.991

Fácies										
Amostra	BF28b_bio_8	BF28b_bio_9	BF28b_bio_10	BF28b_bio_11	BF28b_bio_12	BF28b_bio_13	BF28b_bio_14	BF28b_bio_15	BF28b_bio_16	BF41_bio_1
(% massa)										
SiO2	41.40	41.36	38.82	39.96	40.96	39.32	41.36	41.15	39.14	47.51
TiO2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.02	0.01	0.16
Al2O3	21.20	21.02	20.71	21.41	21.16	21.07	21.02	21.04	20.82	28.35
FeO	20.31	20.22	22.71	21.89	20.73	22.78	20.52	20.47	22.76	8.59
MnO	0.97	0.96	1.01	0.98	0.99	0.99	0.96	0.95	0.99	0.23
MgO	0.11	0.13	0.13	0.14	0.15	0.13	0.16	0.16	0.13	0.07
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na2O	0.16	0.06	0.18	0.24	0.02	0.31	0.14	0.13	0.05	0.15
K2O	9.47	9.49	9.30	8.74	9.55	9.14	9.42	9.77	9.35	10.36
BaO	0.02	0.01	0.08	0.00	0.14	0.06	0.08	0.14	0.00	0.00
F	4.88	4.84	4.28	4.46	4.57	4.27	4.88	4.90	4.12	2.87
Cl	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00
Cr2O3	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Li2O (F)	2.39	2.36	1.92	2.06	2.14	1.92	2.39	2.41	1.81	1.00
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.101	6.119	5.918	5.977	6.080	5.922	6.104	6.078	5.946	6.466
Al iv	1.899	1.881	2.082	2.023	1.920	2.078	1.896	1.922	2.054	1.534
Al vi	1.784	1.784	1.638	1.752	1.782	1.663	1.760	1.741	1.673	3.015
Ti	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.003	0.000	0.003	0.001	0.017
Cr	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe	2.503	2.501	2.895	2.739	2.573	2.870	2.532	2.528	2.891	0.977
Mn	0.121	0.121	0.130	0.124	0.125	0.126	0.120	0.118	0.128	0.027
Mg	0.025	0.029	0.029	0.032	0.032	0.030	0.035	0.035	0.031	0.014
Li (F)	1.417	1.405	1.180	1.238	1.280	1.163	1.417	1.431	1.104	0.548
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.047	0.019	0.055	0.070	0.007	0.090	0.040	0.039	0.014	0.041
K	1.779	1.791	1.808	1.668	1.808	1.757	1.773	1.841	1.812	1.798
Ba	0.001	0.001	0.005	0.000	0.008	0.004	0.005	0.008	0.000	0.000
OH*	1.722	1.730	1.933	1.888	1.850	1.961	1.722	1.707	2.017	2.763
F	2.275	2.267	2.062	2.108	2.145	2.034	2.276	2.291	1.978	1.236
Cl	0.003	0.003	0.005	0.004	0.005	0.004	0.002	0.003	0.006	0.001
Razões atômicas										
Al total	3.683	3.665	3.721	3.775	3.703	3.741	3.656	3.663	3.727	4.549
Fe/Fe+Mg	0.990	0.989	0.990	0.989	0.988	0.990	0.986	0.986	0.990	0.986

Fácies	Granito pórfiro II									
Amostra	BF41_bio_2	BF41_bio_3	BF41_bio_4	BF41_bio_5	BF41_bio_6	BF41_bio_7	BF41_bio_8	BF41_bio_9	BF41_bio_10	BF41_bio_11
(% massa)										
SiO ₂	46.82	48.86	47.04	47.07	46.24	47.33	47.59	45.55	44.30	47.52
TiO ₂	0.18	0.01	0.23	0.08	0.28	0.17	0.02	0.41	0.37	0.31
Al ₂ O ₃	25.69	30.07	25.03	26.81	25.01	25.46	28.69	28.98	24.81	26.14
FeO	11.16	6.83	12.00	10.36	12.02	12.03	7.97	9.19	13.50	10.42
MnO	0.47	0.12	0.40	0.41	0.50	0.46	0.27	0.40	0.40	0.38
MgO	0.08	0.17	0.21	0.12	0.13	0.14	0.09	0.35	0.21	0.18
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	0.07	0.06	0.25	0.22	0.13	0.25	0.29	0.15	0.16	0.13
K ₂ O	10.24	9.73	10.07	9.29	9.43	9.42	9.81	10.15	9.83	9.10
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00
F	3.18	2.49	3.14	3.04	3.27	3.28	2.66	2.82	2.93	3.08
Cl	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Li ₂ O (F)	1.19	0.79	1.16	1.10	1.24	1.24	0.88	0.97	1.03	1.12
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.513	6.521	6.535	6.505	6.503	6.535	6.492	6.260	6.350	6.566
Al iv	1.487	1.479	1.465	1.495	1.497	1.465	1.508	1.740	1.650	1.434
Al vi	2.725	3.252	2.634	2.872	2.649	2.678	3.105	2.954	2.541	2.823
Ti	0.018	0.001	0.024	0.008	0.030	0.018	0.002	0.042	0.040	0.032
Cr	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe	1.298	0.762	1.395	1.197	1.414	1.389	0.909	1.056	1.618	1.204
Mn	0.055	0.013	0.048	0.048	0.060	0.054	0.031	0.047	0.048	0.044
Mg	0.017	0.034	0.043	0.024	0.027	0.028	0.018	0.071	0.045	0.038
Li (F)	0.663	0.425	0.647	0.611	0.700	0.691	0.485	0.538	0.597	0.623
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.019	0.016	0.066	0.058	0.034	0.066	0.077	0.040	0.044	0.036
K	1.817	1.656	1.784	1.639	1.692	1.659	1.706	1.779	1.797	1.604
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.000
OH*	2.599	2.949	2.619	2.670	2.546	2.567	2.850	2.762	2.665	2.655
F	1.401	1.051	1.380	1.329	1.454	1.432	1.149	1.228	1.329	1.345
Cl	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.010	0.007	0.000
Razões atômicas										
Al total	4.212	4.731	4.099	4.367	4.146	4.143	4.613	4.694	4.191	4.258
Fe/Fe+Mg	0.987	0.957	0.970	0.980	0.982	0.980	0.980	0.937	0.973	0.970

Fácies										
Amostra	BF41_bio_12	BF41_bio_13	BF41_bio_14	BF41_bio_15	BF41_bio_16	BF41_bio_17	BF41_bio_18	BF41_bio_19	BF41_bio_20	BF41_bio_21
(% massa)										
SiO₂	47.15	46.71	44.49	47.67	47.39	47.67	47.51	47.62	47.56	46.57
TiO₂	0.16	0.33	0.31	0.10	0.16	0.24	0.03	0.19	0.24	0.24
Al₂O₃	26.01	29.63	23.51	26.82	31.33	26.14	34.10	25.40	24.59	23.70
FeO	11.09	7.34	14.65	9.43	5.33	11.27	3.08	11.51	12.11	13.64
MnO	0.47	0.21	0.22	0.32	0.03	0.46	0.02	0.47	0.44	0.50
MgO	0.18	0.27	0.24	0.15	0.03	0.16	0.06	0.17	0.22	0.22
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na₂O	0.11	0.12	0.04	0.17	0.00	0.24	0.19	0.19	0.10	0.26
K₂O	9.93	10.31	10.03	10.00	10.34	9.76	9.40	9.47	9.49	9.76
BaO	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.04	0.00
F	3.44	2.65	3.06	3.09	2.46	3.38	1.99	3.47	3.51	3.55
Cl	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Cr₂O₃	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Li₂O (F)	1.35	0.88	1.11	1.13	0.77	1.31	0.55	1.36	1.39	1.42
a.p.f.u (22 Oxigênios)										
Si	6.498	6.363	6.419	6.550	6.393	6.511	6.322	6.560	6.591	6.531
Al iv	1.502	1.637	1.581	1.450	1.607	1.489	1.678	1.440	1.409	1.469
Al vi	2.723	3.122	2.418	2.895	3.374	2.719	3.671	2.685	2.608	2.448
Ti	0.017	0.033	0.034	0.010	0.016	0.024	0.003	0.020	0.025	0.025
Cr	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Fe	1.278	0.836	1.767	1.084	0.602	1.287	0.343	1.326	1.403	1.600
Mn	0.054	0.024	0.027	0.038	0.003	0.053	0.002	0.055	0.051	0.060
Mg	0.036	0.056	0.051	0.030	0.006	0.032	0.011	0.036	0.045	0.045
Li (F)	0.747	0.481	0.644	0.623	0.420	0.718	0.293	0.756	0.776	0.801
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.029	0.030	0.012	0.044	0.000	0.063	0.049	0.051	0.028	0.069
K	1.746	1.792	1.846	1.753	1.779	1.701	1.595	1.664	1.678	1.746
Ba	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.002	0.000
OH*	2.499	2.854	2.602	2.657	2.951	2.540	3.162	2.488	2.460	2.421
F	1.500	1.142	1.396	1.342	1.048	1.460	0.837	1.511	1.539	1.576
Cl	0.001	0.004	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.003
Razões atômicas										
Al total	4.225	4.758	3.999	4.345	4.982	4.208	5.349	4.125	4.017	3.917
Fe/Fe+Mg	0.972	0.937	0.972	0.973	0.991	0.976	0.968	0.974	0.969	0.973

BF41_bio_22	BF41_bio_23	BF41_bio_24	BF41_bio_25	BF41_bio_26	BF41_bio_27
47.03	45.60	44.02	46.18	45.61	46.59
0.11	0.23	0.06	0.05	0.13	0.23
25.46	23.88	24.93	30.37	23.97	24.03
10.97	12.19	13.33	7.48	13.66	12.77
0.47	0.46	0.47	0.10	0.49	0.46
0.05	0.20	0.22	0.10	0.16	0.18
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	0.01	0.10	0.02	0.22	0.04
10.14	9.75	9.44	9.75	9.17	9.49
0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04
3.15	3.39	3.00	2.59	3.41	3.30
0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
1.16	1.31	1.08	0.84	1.33	1.26
6.555	6.534	6.356	6.327	6.490	6.572
1.445	1.466	1.644	1.673	1.510	1.428
2.737	2.568	2.599	3.233	2.510	2.566
0.012	0.024	0.006	0.005	0.014	0.024
0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
1.279	1.461	1.610	0.858	1.625	1.507
0.055	0.055	0.058	0.012	0.059	0.055
0.011	0.043	0.047	0.020	0.035	0.038
0.653	0.756	0.625	0.464	0.760	0.715
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.032	0.002	0.028	0.006	0.060	0.011
1.803	1.782	1.738	1.705	1.664	1.707
0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002
2.612	2.464	2.623	2.878	2.464	2.523
1.388	1.535	1.371	1.121	1.535	1.474
0.000	0.001	0.007	0.001	0.001	0.003
4.182	4.034	4.243	4.906	4.019	3.995
0.992	0.971	0.972	0.978	0.979	0.976