



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 521

**ESTUDO DE INCLUSÕES FLUIDAS E QUÍMICA
MINERAL DO DEPÓSITO AURÍFERO DO ALVO
JERIMUM DE BAIXO, CAMPO MINERALIZADO DO
CUIÚ-CUIÚ, PROVÍNCIA AURÍFERA DO TAPAJÓS,
PARÁ**

Dissertação apresentada por:

HELDER THADEU DE OLIVEIRA

Orientador: Prof. Dr. Régis Munhoz Krás Borges (UFPA)

BELÉM
2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Oliveira, Helder Thadeu de, 1987-

Estudo de inclusões fluidas e química mineral do depósito aurífero do Alvo Jerimum de Baixo, campo mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós, Pará / Helder Thadeu de Oliveira. – 2017

xvii, 95 f. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Régis Munhoz Krás Borges

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2017.

1. Minérios de ouro – Pará. 2. Alteração hidrotermal - Pará. 3. Inclusões fluidas. 4. Química mineralógica - Pará. I. Título.

CDD 22. ed.: 622.3422098115

Elaborado por
Hélio Braga Martins
CRB-2/698



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

**ESTUDO DE INCLUSÕES FLUIDAS E QUÍMICA
MINERAL DO DEPÓSITO AURÍFERO DO ALVO
JERIMUM DE BAIXO, CAMPO MINERALIZADO DO
CUIÚ-CUIÚ, PROVÍNCIA AURÍFERA DO TAPAJÓS,
PARÁ**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR:

HELDER THADEU DE OLIVEIRA

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

Data de Aprovação: 06 / 03 / 2018

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Régis Munhoz Krás Borges
Orientador - UFPA

Prof. Dr. Raimundo Netuno Nobre Villas
Membro - UFPA

Prof. Dr. Nilson Francisquini Botelho
Membro - UnB

Aos que contribuíram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente à Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Instituto de Geociências (IG) e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) pelo fornecimento de infraestrutura necessária para a realização deste trabalho;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa de estudo;

Ao INCT GEOCIAM (INCT–CNPq/MCT/FAPESPA–Proc. 573733/2008-2) pelo apoio financeiro;

Ao meu orientador Prof. Dr. Régis Munhoz Krás Borges, pela paciente orientação, com críticas e sugestões relevantes ao desenvolvimento deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão, à geóloga Gisele Marques e às técnicas Ana Paula e Vivian M.M.C. de Araújo, pelo apoio com a Microsonda eletrônica e MEV e as sugestões e discussões acerca do trabalho desenvolvido;

Aos meus pais Andreilino José e Dária Rose por sempre me proporcionarem todas as oportunidades e formas de apoio possíveis;

À minha vó Maria José, aos meus tios André e Silvia Rosana e aos meus irmãos Rômulo e Leonardo pelo apoio nos momentos de penúria;

Aos amigos Pedrão, Rafa, Welton, Andrew, Wal e Simone pela amizade, histórias e alicerce em momentos que se fizeram necessários;

À Bruna Nogueira pelo companheirismo e apoio quase que incondicionais, bem como pelas sugestões ao andamento desse trabalho.

Aos companheiros e integrantes da fuzarca Rafael Guimarães, Patrícia Rodrigues, Paulo Cara de Peixe, Ramon Carvalho e Christian (Bino);

Aos amigos Ingrid Roberta, Reinaldo Fontoura, Rômulo Pinto, Edson Louzada, Aílton Brito, Lívia Ferreira, Franco Felipe;

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho.

“Everybody knows that our cities were built to be destroyed”

(Caetano Veloso)

RESUMO

O alvo Jerimum de Baixo está localizado no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, região central da Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. O alvo abrange rochas monzograníticas, essencialmente isotrópicas, que foram fraca a fortemente hidrotermalizadas e portadoras de biotita rica em Fe. Cloritização, sericitização, sulfetação, silicificação e carbonatação são tipos de alteração mais importantes. A clorita produzida é enriquecida em Fe do tipo chamosita e foi formada principalmente entre 280 e 315°C, enquanto que a mica branca assume composições muscovíticas. A mineralização é representada por vênulas de quartzo com baixo teor de sulfetos (pirita + pirrotita ± calcopirita ± galena ± esfalerita) em que o ouro ocorre livre e em zonas mais fragilizadas e alteradas, geralmente associado à pirrotita. O estudo petrográfico e microtermométrico de inclusões fluidas hospedadas quartzo de vênulas definiu inclusões aquocarbônicas, carbônicas e aquosas. Os fluidos com CO₂ representam o provável fluido mineralizador e foram gerados por processos de separação de fases entre 280 e 380°C, principalmente. Uma posterior infiltração e processos de mistura são indicados para os fluidos aquosos mais tardios. Temperaturas <400°C e o caráter redutor do meio (pirrotita compondo o minério) apontam para o H₂S como o principal ligante no fluido mineralizador e o Au(HS)⁻² como o complexo transportador primário do ouro. Separação de fases, modificações nas condições do pH e interação fluido/rocha foram os mecanismos importantes para a precipitação do Au, que se deu em nível rúptil a localmente rúptil-dúctil da crosta (entre 2 e 6 km). Em linhas gerais, Jerimum de Baixo guarda similaridades com os outros depósitos/alvos previamente estudados no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú no que tange à alteração hidrotermal, tipos de fluidos e mineralização. As feições observadas em Jerimum de Baixo não permitem um enquadramento classificatório absolutamente adequado a nenhum dos modelos tipológicos metalogenéticos clássicos. Características como tipo e estilo da alteração hidrotermal, tipo e teor de sulfetos, tipos de fluidos envolvidos, profundidade estimada para a mineralização, associação metálica (p. ex., S, Bi, Te), juntamente com a boa correspondência entres os dados levantados em outros depósitos/alvos no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú indicam para o alvo Jerimum de Baixo um jazimento aurífero com filiação magmático-hidrotermal, com maior similaridade com aqueles depósitos relacionados a intrusões reduzidas (*reduced intrusion-related gold systems* – RIRGS).

Palavras-chave: Província Tapajós. Alteração hidrotermal. Mineralização aurífera. Inclusões fluidas. Química mineral

ABSTRACT

The Jerimum de Baixo gold target is located in the Cuiú-Cuiú goldfield, central region of the Tapajós Gold Province, Amazonian Craton. The target comprises monzogranitic rocks, essentially isotropic, that were weak to strongly hydrothermal and carriers of Fe-rich biotite. Chloritization, sericitization, sulfidation, silicification and carbonatization are the most important types of alteration. The produced chlorite is enriched in Fe of the chamosite type and was formed mainly between 280 and 315°C, whereas the white mica assumes muscovitic compositions. The mineralization is represented by quartz veinlets with low sulfide content (pyrite + pyrrhotite ± chalcopyrite ± galena ± sphalerite) in which gold occurs as free-milling particles and in more fragil and altered zones, usually associated with pyrrhotite. The petrographic and microtermometric study of fluid inclusions hosted in quartz veinlets defined aqueou-carbonic, carbonic and aqueous inclusions. The fluids with CO₂ represent the probable mineralizing fluid and were generated by phase separation processes between 280 and 380°C, mainly. Further infiltration and mixing processes are indicated for the later aqueous fluids. Temperatures <400°C and the reduced character of the environment (pyrrhotite compounding the ore) point to H₂S as the major ligand in the mineralizing fluid and Au (HS)⁻² as the primary gold transporting complex. Phase separation, changes in pH conditions, and fluid/rock interaction were the important mechanisms for Au precipitation, which occurred at the brittle to locally brittle-ductile level of the crust (between 2 and 6 km). In general terms, Jerimum de Baixo presents similarities among the other deposits/targets previously studied in terms of hydrothermal alteration, fluid types and mineralization. The features observed in Jerimum de Baixo do not allow a classificatory framework absolutely adequate to any of the classical metalogenetic typological models. Characteristics such as type and style of hydrothermal alteration, type and low content of sulfides, types of fluids involved, estimated depth for mineralization, metallic association (e.g., S, Bi, Te), together with the good correspondence between the data collected in other deposits/targets in the Cuiú-Cuiú goldfield indicate for the Jerimum de Baixo target a gold deposit with magmatic-hydrothermal affiliation, presenting greater similarity to those deposits classified as belonging to Reduced Intrusion-Related Gold Systems (RIRGS).

Keywords: Tapajós Province. Hydrothermal alteration. Gold mineralization. Fluid inclusions. Chemistry mineral.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

- Figura 1 – Localização do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú com as principais vias de acesso. A área do campo mineralizado está representada fora da escala. 3
- Figura 2 – Propostas de subdivisão tectono-geocronológica do Cráton Amazônico..... 7
- Figura 3 – Mapa de parte do Cráton Amazônico destacando os quatro domínios da Província Tapajós-Parima. O polígono em destaque corresponde ao Domínio Tapajós 9
- Figura 4 – Mapa geológico do Domínio Tapajós com indicação da localização do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, área de estudo. A representação da área de estudo está fora de escala. 11
- Figura 5 – Mapa geológico da região de Cuiú-Cuiú com a localização do alvo Jerimum de Baixo, entre outros jazimentos. 19

CAPÍTULO 2

- Figura 1 – Mapa geológico do Domínio Tapajós (cujos limites são similares aos da PAT) com indicação da localização do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, área de estudo..... 25
- Figura 2 – Mapa geológico da região de Cuiú-Cuiú com a localização do alvo Jerimum de Baixo, entre outros jazimentos. 27
- Figura 3 – Diagramas QAP e Q(A+P)M' para as amostras do biotita-monzogranito porfirítico e biotita-monzogranito equigranular, amostrados no alvo Jerimum de Baixo. 29
- Figura 4 – Aspectos petrográficos macro e microscópicos dos granitos no alvo Jerimum de Baixo. A) Biotita-monzogranito porfirítico (BMgP) em amostra de testemunho de sondagem; B) Aspecto textural geral microscópico do BMgP evidenciando os fenocristais de feldspato potássico, quartzo e plagioclásio, NC; C) Fenocristais de quartzo com bordas irregulares e evidente sobrecrecimento, NC; D) Biotita-monzogranito equigranular (BMgE) em amostra de testemunho de sondagem; E) Aspecto textural geral microscópico do BMgE, NC; F) Plagioclásio com biotita e acículas de apatita ocorrendo como inclusões, NC. NC – nicóis cruzados; NP – nicóis paralelos. 30

Figura 5 – Aspectos petrográficos macro e microscópicos das rochas graníticas hidrotermalizadas no alvo Jerimum de Baixo. A) BMgP exibindo pontuações esverdeadas, marcando a substituição do plagioclásio por sericita; B) BMgP levemente avermelhado com região cloritizada que é cortada por vênula de calcita+quartzo+fluorita; C) Granito intensa e pervasivamente alterado. Notar veios de quartzo truncando a rocha alterada e vênulas de calcita truncando ambos; D e E) Porções brechoides evidenciando cristais de feldspatos fraturados e de quartzo algo amendoados circundados por matriz de filossilicatos + sulfetos; F) Plagioclásio com planos de geminação deformados, NC; G) Rede de fraturas preenchidas por sericita, NC; H) Zona brechoide rica em sulfetos densamente cortada por microvênulas de sericita, NC. NC – nicóis cruzados; NP – nicóis paralelos..... 31

Figura 6 – Aspectos petrográficos das alterações hidrotermais nas rochas graníticas do alvo Jerimum de Baixo. A) Pseudomorfo de clorita + rutilo em arranjo sagenítico, NP; B) Associação clorita + pirita em rocha alterada mineralizada, NP; C) Cristal de plagioclásio substituído pela associação sericita + pirita, NC; D) Veios de quartzo laminados com fragmentos da rocha encaixante; E) Epidoto substituindo biotita cloritizada, NC; F) Epidoto com cor de interferência anômala em contato irregular com pirrotita, NC; G) Microvênula de calcita truncando agregado de sulfetos em rocha alterada, NC; H) Vênula de calcita + fluorita. NC – nicóis cruzados; NP – nicóis paralelos. 33

Figura 7 – Sequência paragenética esquemática proposta para as rochas do alvo Jerimum de Baixo..... 33

Figura 8 – Aspectos petrográficos macro e microscópicos da mineralização no alvo Jerimum de Baixo. A) Sulfetos (pirita+ pirrotita) disseminados em rocha alterada; B) Associação entre pirita e pirrotita; C) Associação entre os principais sulfetos no minério representada por pirita e pirrotita (principalmente), calcopirita e esfalerita, LR; D) Cristais de esfalerita ocorrendo nas bordas e no interior de pirita, LR; E) Pirita, pirrotita e calcopirita (no contato entre os dois primeiros) compondo microvênula de quartzo, LR; F) Enxofre nativo cristalizado no contato entre vênula de quartzo e rocha alterada encaixante, MEV-ERE; G) Bismuto nativo associado com sericita e quartzo, MEV-ERE; H) Partícula de liga metálica de Ag-Au (electrum?) em veio de quartzo, MEV-ERE ; I) Partícula de prata com teores elevados de Pt, Pb, Bi, Te e Au, MEV-ERE; J) Partícula de ouro em cavidade num cristal de pirrotita, MEV-ERE; K) Partícula de ouro livre em quartzo de veio, MEV-ERE; L) Partícula de ouro em cavidade (textura similar a *boxwork*) de quartzo de veio, MEV-ERE. MEV-ERE – Microscópio Eletrônico de Varredura – Elétrons retroespalhados, LR – Luz refletida, S – enxofre nativo, Bi – Bismuto nativo, Ag – Prata, Au – Ouro. 34

Figura 9 – Inclusões fluidas observadas em quartzo de veios do alvo Jerimum de Baixo. A) Desenho esquemático mostrando os diferentes tipos e modos de ocorrência das inclusões fluidas observadas nos cristais de quartzo de veios mineralizados no alvo Jerimum de Baixo; B) Inclusão fluida do tipo C (CO₂); C) Cristal de quartzo (evidenciado pela linha branca tracejada) com grande densidade de IF com destaque para a trilha intergranular de IF do tipo C; D) Inclusão fluida do tipo AC trifásica enriquecida na fase CO₂; E) Inclusão fluida do tipo AC trifásica enriquecida na fase H₂O; F) Inclusão fluida do tipo AC com rara razão H₂O/CO₂ intermediária; G) IF do tipo AC com diferentes razões H₂O/CO₂ associadas; H) Grupo formado por IF coexistentes dos tipos C e AC; I) Trilha composta por IF pseudossecundárias dos tipos C e AC; J) IF do tipo AC em cristal de quartzo em equilíbrio com cristais de pirita; K) Inclusões fluidas do tipo AQ bifásica; L) Grupamento de inclusões do tipo AQ; M) Cristais de quartzo com IF do tipo AC em pequenas trilhas intragranulares e (1) distribuídas aleatoriamente e (2) IF do tipo AQ em trilhas secundárias aprisionadas em microfraturas seladas..... 37

- Figura 10 – Histogramas de frequência para os dados microtermométricos das inclusões fluidas.38
- Figura 11 – Diagramas binários mostrando variações composicionais da biotita nos plútons do alvo Jerimum de Baixo. A) Diagrama $Fe/(Fe+Mg)$ vs Al^{IV} com composições dos membros finais ideais; B) Diagrama Al total vs Mg.39
- Figura 12 – Diagramas químicos para as micas dioctaédricas estudadas em Jerimum de Baixo. A) variação composicional segundo o diagrama Al total – M^{+2} – Si; B) Diagrama binário catiônico evidenciando a correlação negativa entre Al^{VI} e M^{+2} . Ph – Fengita, Als – Aluminossilicato, Sid - Siderofilita.40
- Figura 13 – Diagramas composicionais e catiônicos para as cloritas do alvo Jerimum de Baixo. A) Diagrama binário $Fe/(Fe+Mg)$ vs Al^{IV} em que o coeficiente de correlação (R) é 0,7. B) Diagrama catiônico Al^{VI} vs R^{+2} evidenciando forte correlação negativa. .41
- Figura 14 – Diagrama Tht vs salinidade, indicando a variação composicional dos tipos de inclusões fluidas aprisionadas em cristais de quartzo em veios, no alvo Jerimum de Baixo. O campo (1) destaca as inclusões aquocarbônicas aprisionadas durante o processo de efervescência, enquanto que o vetor (2) marca o *trend* de mistura e diluição do fluido aquoso primário (AQ_1) por um fluido mais tardio (AQ_2).48
- Figura 15 – Diagrama P-T mostrando as condições de pressão e temperatura estimadas (área azul) para o aprisionamento das IF aquocarbônicas do alvo Jerimum de Baixo. A curva tracejada representa o solvus para o sistema H_2O-CO_2-NaCl com $X_{CO_2} = 10$ e 6% em peso equivalente de NaCl. Linhas verticais mostram o intervalo de temperaturas obtidas a partir do geotermômetro da clorita.49

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Elementos analisados, padrões e cristais analisadores pela microsonda eletrônica.	6
Tabela 2 – Unidades litoestratigráficas do Domínio Tapajós, com intervalos de idade para sua formação.	12

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Composições modais de amostras das rochas graníticas coletadas no alvo Jerimum de Baixo. BMgE – biotita-monzogranito equigranular; BMgP – biotita-monzogranito porfirítico. Valores expressos em porcentagem.	29
Tabela 2 – Síntese dos dados microtermométricos dos diferentes tipos de inclusões fluidas aprisionadas em cristais de quartzo dos veios do alvo Jerimum de Baixo.	36
Tabela 3 – Análises de microsonda eletrônica representativas da biotita dos granitos do alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.	42
Tabela 4 – Análises de microsonda eletrônica representativas da muscovita do alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.	43
Tabela 5 – Análises de microsonda eletrônica representativas da clorita do alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.	45
Tabela 6 – Características geológicas e propriedades físico-químicas dos fluidos disponíveis para os depósitos e alvos do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.	52

LISTA DE ABREVIATURAS

<i>L</i>	líquido
<i>V</i>	vapor
<i>P</i>	pressão
<i>T</i>	temperatura
<i>X</i>	fração molar
ρ	densidade
<i>F</i>	grau de preenchimento
<i>T_{fg}</i>	temperatura da fusão final do gelo
<i>T_{eut}</i>	temperatura do eutético
<i>T_{hCO₂}</i>	temperatura da homogeneização parcial da fase CO ₂
<i>T_{fCO₂}</i>	temperatura da fusão final do sólido de CO ₂
<i>T_{ht}</i>	temperatura de homogeneização total
<i>T_{clat}</i>	temperatura de dissociação do clatrato de CO ₂
IF	inclusões fluidas
CMCC	Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú
Fh	fase de homogeneização

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFE	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiv
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 PROBLEMÁTICA DA ÁREA DE ESTUDO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA...	2
1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE TRABALHO	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS	4
1.5.1 Material utilizado	4
1.5.2 Métodos	4
1.5.2.1 Trabalho de campo	4
1.5.2.2 Pesquisa bibliográfica.....	4
1.5.2.3 Petrografia	5
1.5.2.4 Estudo de inclusões fluidas	5
1.5.2.5 Química mineral	6
1.6 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	6
1.6.1 Cráton Amazônico	6
1.6.1.1 Província Tapajós-Parima	8
1.6.1.2 Domínio Tapajós	9
1.6.1.3 Litoestratigrafia e evolução do Domínio Tapajós	12
1.7 METALOGENIA DA PROVÍNCIA AURÍFERA DO TAPAJÓS	16
1.7.1 Depósitos magmático-hidrotermais	17
1.7.2 Depósitos metamórfico-hidrotermais	18
1.8 CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL.....	19

1.8.1	Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú	19
CAPÍTULO 2 ARTIGO CIENTÍFICO		22
	Alteração hidrotermal e fluidos mineralizantes no alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós: um estudo baseado em petrografia, inclusões fluidas e química mineral	23
1.	INTRODUÇÃO	24
2.	CONTEXTO GEOLÓGICO	24
2.1.	Geologia regional	24
2.2.	Geologia do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.....	26
3.	MATERIAIS E MÉTODOS DE ESTUDO	28
4.	ASPECTOS GEOLÓGICOS DO ALVO JERIMUM DE BAIXO	29
4.1.	Petrografia	30
4.2.	Alteração hidrotermal.....	32
4.3.	Mineralização	34
5.	ESTUDO DE INCLUSÕES FLUIDAS	35
5.1.	Tipos e modos de ocorrência das inclusões fluidas.....	35
5.2.	Resultados microtermométricos	36
5.3.	Densidade e composição	39
6.	QUÍMICA MINERAL	39
6.1.	Biotita	39
6.2.	Muscovita	40
6.3.	Clorita.....	41
6.3.1.	Geotermômetro da clorita	47
7.	DISCUSSÕES	47
7.1.	Interpretação dos dados de inclusões fluidas	47
7.2.	Estimativas das condições de pressão e profundidade	49
7.3.	Transporte e mecanismos de deposição	50
7.4.	Evolução do sistema hidrotermal no alvo Jerimum de Baixo.....	50
7.5.	Relação do alvo Jerimum de Baixo com outros jazimentos do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú	51
7.6.	Modelo de depósito mineral	52
8.	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
CAPÍTULO 3 CONCLUSÕES		61

REFERÊNCIAS	64
APÊNDICES	72
APÊNDICE A – DADOS DESCRITIVOS, MICROTERMOMÉTRICOS E COMPOSICIONAIS DAS INCLUSÕES FLUIDAS OBSERVADAS NO ALVO JERIMUM DE BAIXO	73
APÊNDICE B – ANÁLISES QUÍMICAS POR MICROSSONDA ELETRÔNICA DA BIOTITA DO BIOTITA-MONZOGRANITO EQUIGRAMULAR (BMGE) E BIOTITA-MONZOGRANITO PORFIRÍTICO (BMGP)	80
APÊNDICE C – ANÁLISES QUÍMICAS POR MICROSSONDA ELETRÔNICA DA MUSCOVITA	84
APÊNDICE D – ANÁLISES QUÍMICAS POR MICROSSONDA ELETRÔNICA DA CLORITA	91
ANEXO	94
ANEXO A – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO MANUSCRITO	95

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A Província Aurífera do Tapajós (PAT – Faraco *et al.* 1997) abrange grande parte da porção sudoeste do Estado do Pará, situada geologicamente na região centro-sul do Cráton Amazônico e é uma das mais significativas províncias metalogenéticas do Brasil. Com uma produção acumulada de aproximadamente 225 t por atividade garimpeira na metade final do século passado (~750 t até os dias atuais, em estimativas não oficiais), pesquisas minerais mais recentes dão conta de depósitos primários importantes manifestados em ocorrências hospedadas majoritariamente em corpos graníticos *lato sensu* (p. ex., em recursos totais de ouro, Tocantinzinho (83 t), Coringa (74 t), Cuiú-Cuiú (40 t), São Jorge (18 t) e Palito (18 t eq.) – Juliani *et al.* 2014). Mesmo com sua importância econômica, a história geológica da PAT ainda é muito discutida especialmente no que diz respeito à evolução geotectônica, fonte, controle e momento do(s) evento(s) mineralizante(s) em ouro, bem como na classificação dos seus modelos genéticos. De acordo com os modelos metalogenéticos propostos, mesmo que de maneira não consensual, há diversas classes de depósitos na província: do tipo relacionados à intrusão (IRGD – *intrusion-related gold deposits*), epitermais, orogênicos e pórfiros (p. ex., Assunção & Klein 2014, Bettencourt *et al.* 2016, Coutinho 2008, Juliani *et al.* 2005, Klein *et al.* 2001a,b, Santos *et al.* 2001, Veloso *et al.* 2013).

O Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú (CMCC), por sua vez, ocorre próximo da porção central da PAT. Este campo é uma das áreas garimpeiras mais antigas da província e, segundo McMahon (2011), apresenta produção histórica entre 46 e 62 t de ouro. Inicialmente apontado como de derivação de processos orogênicos (Klein *et al.* 2001b), dados recentes de inclusões fluidas, isótopos estáveis e radiogênicos sustentam para os jazimentos abrangidos por este campo uma filiação magmático-hidrotermal (relacionado à intrusão?), em que fluidos provavelmente relacionados ao magmatismo Parauari seriam os responsáveis pela mineralização neles observada (Araújo 2014, Assunção & Klein 2014, Coutinho 2008, Queiroz & Klein 2012, Silva Junior *et al.* 2012, 2013).

A contribuição para o conhecimento metalogenético dessa região se dá, nesta dissertação, pela investigação do paleossistema hidrotermal que gerou a mineralização aurífera sulfetada no alvo Jerimum de Baixo e foi elaborada seguindo o modelo de integração de artigo científico de acordo com as normas estabelecidas pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará (PPGG/UFGPA). As pesquisas desenvolvidas tiveram o suporte do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Geociências

da Amazônia (INCT GEOCIAM), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), do Laboratório de Inclusões Fluidas do PPGG/IG/UFPA e do Laboratório de Microanálises do IG/UFPA.

A estrutura organizacional deste trabalho concebe um capítulo introdutório (Capítulo I), onde é abordada a apresentação da pesquisa, a problemática e os objetivos que motivaram o desenvolvimento desta pesquisa e os procedimentos metodológicos aplicados, localização da área de estudo e contextualização geológica regional e local. Em seguida, no Capítulo II, que constitui a parte central da dissertação, são apresentados os resultados da caracterização petrográfica das rochas encaixantes e hospedeiras do minério e a das paragêneses hidrotermais, estudos de inclusões fluidas (tipos, distribuição e dados microtermométricos) e química mineral (classificação, *trends* composicionais e geotermometria), na forma de um artigo científico. Finalmente, no último capítulo (Capítulo III), os resultados obtidos e as conclusões serão discutidos de forma integrada.

1.2 PROBLEMÁTICA DA ÁREA DE ESTUDO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

As primeiras pesquisas realizadas na área de estudo abordando aspectos geológicos e genéticos foram conduzidos em amostras superficiais, em geral veios de quartzo, expostos em garimpos ativos e levaram a uma interpretação orogenética do tipo mesozonal e epizonal para o CMCC (Coutinho *et al.* 2000, Klein *et al.* 2001b). Todavia, trabalhos exploratórios, sobretudo os de sondagem, mostraram que esse estilo de mineralização não é o único na área abrindo espaço para novas interpretações (McMahon 2011).

Estudos mais recentes, implementando técnicas petrográficas, estudos de inclusões fluidas, isótopos estáveis e radiogênicos e mesmo datações geocronológicas em granitoides hospedeiros das mineralizações vêm levantando dados sobre a alteração hidrotemal (tipo, estilo, intensidade e paragênese) e mineralização (tipo, estilo, paragênese, fonte, temperaturas e mecanismos de deposição), contribuindo, inclusive para a reclassificação da filiação genética do CMCC.

O alvo Jerimum de Baixo recentemente foi caracterizado em termos de petrografia de detalhe e alteração hidrotermal (Oliveira 2015). Todavia, informações metalogenéticas, como características dos fluidos mineralizantes e seus produtos mineralógicos em termos composicionais eram desconhecidas.

Oportunamente, propõe-se contribuir para um melhor conhecimento da metalogênese

deste campo mineralizado investigando o sistema de fluidos e a alteração hidrotermal dele resultante e que atuou sobre as rochas hospedeiras da mineralização aurífera sulfetada no alvo Jerimum de Baixo com base no estudo de inclusões fluidas e química mineral, este último ainda sem dados publicados para o campo.

1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE TRABALHO

O Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, onde se encontra o Alvo Jerimum de Baixo, está localizado próximo ao Rio Crepori a 180 quilômetros a sudoeste da cidade de Itaituba, no Estado do Pará, norte do Brasil (Figura 1).

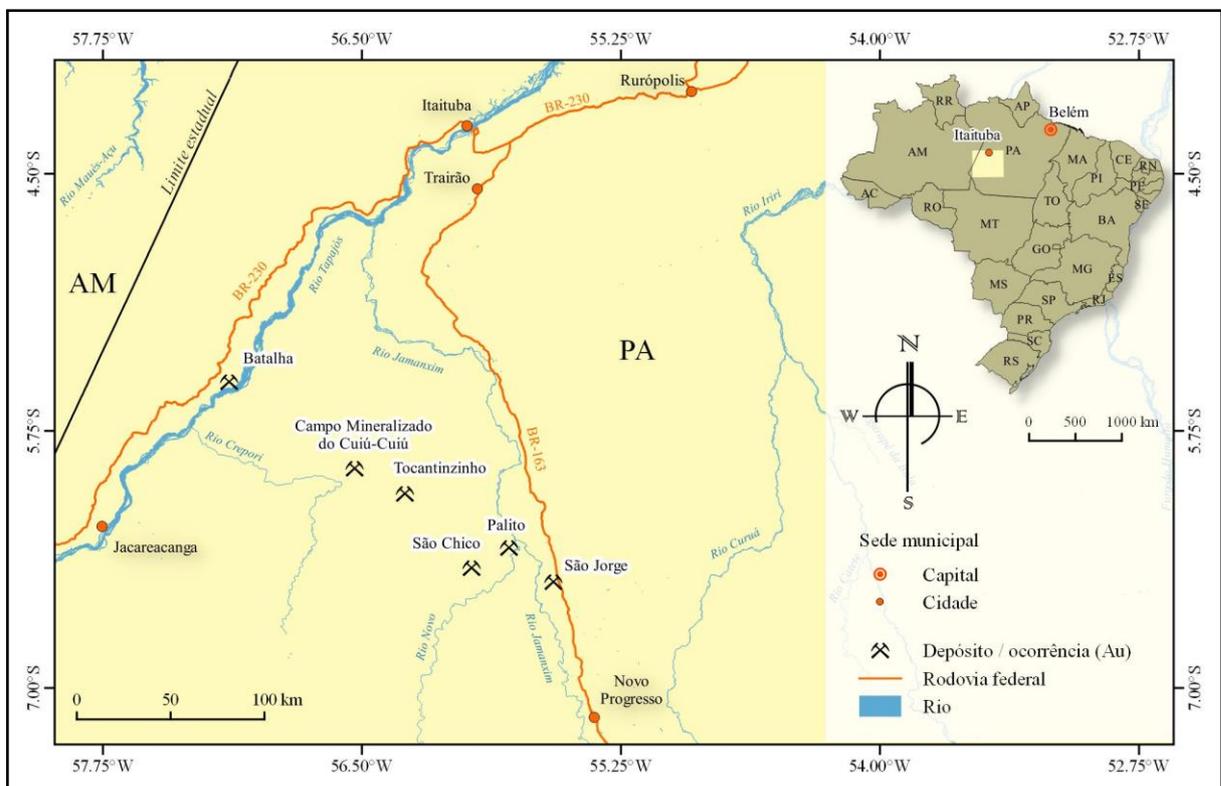


Figura 1 – Localização do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú com as principais vias de acesso. A área do campo mineralizado está representada fora da escala.

A área em Cuiú-Cuiú abrange aproximadamente 55 km² (11 x 5 km) e localiza-se, em coordenadas geográficas, com latitude de 5°59'58" S e longitude 56°34'77" W. A elevação na propriedade varia entre 90 metros e 300 metros acima do nível do mar e apresenta uma topografia relativamente acidentada formando um *trend* de tendências NW com cristas que se elevam até 150 metros acima dos vales baixos.

O acesso ao depósito, partindo-se de Belém, é feito por via aérea ou terrestre até o

município de Itaituba, com cerca de 1.381 km de rodovia. De Itaituba, o acesso torna-se mais restrito, sendo realizado por avião fretado de pequeno porte, mono ou bimotor, ou de barco ao longo dos rios Tapajós e Crepori.

1.4 OBJETIVOS

Em função da problemática apresentada, pretende-se atingir os seguintes objetivos com esta pesquisa no alvo Jerimum de Baixo:

- a. Estimar as condições físico-químicas (T, P e composição) do sistema de fluidos gerador da mineralização e da alteração associada;
- b. Estabelecer a composição química de algumas das fases minerais magmáticas e aquelas formadas ao longo da evolução hidrotermal do depósito aurífero em questão, em especial os filossilicatos (biotita, clorita e mica branca);
- c. Propor mecanismos para a deposição do ouro e da mineralogia sulfetada durante o estágio mineralizante;
- d. Discutir possíveis mecanismos de substituições químicas atuantes durante processo de formação do depósito aurífero;
- e. Sugerir um modelo genético para a mineralização aurífera.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

1.5.1 Material utilizado

As amostras utilizadas neste estudo são provenientes de dois furos (CC_92_10 e CC_94_10) de uma malha de sondagem rotativa realizada pela Magellan Minerals Ltd., cedidos pela mineradora para o Dr. Evandro L. Klein.

1.5.2 Métodos

1.5.2.1 Trabalho de campo

Os testemunhos de sondagem já estavam disponíveis para o desenvolvimento dos estudos, não foram realizados trabalhos de campo adicionais.

1.5.2.2 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica consistiu na leitura e análise de publicações com temáticas relacionadas à geologia e metalogenia da região estudada, processos hidrotermais e mineralizações auríferas associadas, estudos por inclusões fluidas e química mineral de

filossilicatos. Este levantamento foi realizado ao longo de todo o período de trabalho.

1.5.2.3 Petrografia

A caracterização petrográfica de detalhe do minério e da rocha encaixante/hospedeira, bem como a definição das alterações hidrotermais e suas respectivas paragêneses minerais foram primeiramente apresentadas por Oliveira (2015). Não obstante, um trabalho de refinamento petrográfico foi desenvolvido ao longo da pesquisa apresentada nesta dissertação.

1.5.2.4 Estudo de inclusões fluidas

Foram confeccionadas seis lâminas bipolidas de veios de quartzo provenientes de zonas alteradas/mineralizadas e os métodos de estudo aplicados nessa etapa da pesquisa foram petrografia das inclusões e microtermometria: (i) a petrografia foi realizada em microscópio petrográfico ótico Zeiss, modelo Axioplan 2, sendo observadas características das inclusões fluidas em temperatura ambiente (número de fases, tamanho, forma, grau de preenchimento, composição aproximada e relações cronológicas entre os diferentes tipos) aprisionadas em cristais de quartzo; (ii) os testes microtermométricos foram executados em platina Linkam MDSG 600 acoplada a um microscópio Zeiss Axioskop 40, com limites operacionais entre -196 e 600°C, e constituíram a principal ferramenta no estudo das mudanças de fases e na definição dos sistemas correspondentes aos fluidos aprisionados nas cavidades das inclusões (conforme Shepherd *et al.* 1985).

A calibração foi realizada com padrões sintéticos contendo H₂O e CO₂ puro. A precisão das medidas é estimada em $\pm 0,3$ °C e ± 5 °C, para temperaturas abaixo e superiores a 50°C, respectivamente. As salinidades das inclusões aquosas e aquocarbônicas foram calculadas, respectivamente, com base nas T_{fg} e T_{fcla} e sendo reportadas em % em peso equivalente de NaCl. As densidades e composições das inclusões aquosas, aquocarbônicas e carbônicas foram calculadas utilizando-se as equações de Brown & Lamb (1986), e as isócoras das inclusões aquocarbônicas pelas equações de Bowers & Helgeson (1983), com o auxílio do programa FLINCOR v. 1.2.1 (Brown 1989).

O estudo de sistema de fluidos via inclusões fluidas (petrografia e microtermometria) foi desenvolvido no Laboratório de Inclusões Fluidas do GPGE (Grupo de Pesquisa em Geologia Econômica) do IG/UFPA.

1.5.2.5 Química mineral

O material analisado foi tratado na forma de lâminas delgadas polidas, as quais passaram por um processo de metalização com carbono. As análises químicas pontuais quantitativas por WDS (*wavelength dispersive spectroscopy*) foram realizadas no Laboratório de Microanálises do Instituto de Geociências da UFPA.

O equipamento utilizado foi uma microsonda eletrônica JEOL modelo JXA-8230, equipada com 5 espectrômetros WDS. As condições de operação foram: voltagem de aceleração constante = 15 kV, corrente do feixe de elétrons = 20 nA, diâmetro do feixe de elétrons = 10 µm, método de correção dos efeitos de matriz = ZAF, tempo de contagem para análise de elementos maiores e menores = 20 s e 40 s, respectivamente. Os elementos analisados, padrões e cristais analisadores utilizados estão relacionados na Tabela 1. FeO foi considerado como ferro total para todas as análises.

Os resultados analíticos foram utilizados para o cálculo da fórmula estrutural da biotita (base de 22 átomos de oxigênio por fórmula unitária – a.p.f.u.), da clorita (base de 28 átomos de oxigênio a.p.f.u.) e da mica branca (base de 22 átomos de oxigênio a.p.f.u.).

Tabela 1 – Elementos analisados, padrões e cristais analisadores pela microsonda eletrônica.

Elemento	Padrão	Cristais analisadores
F	Biotita	LDEI
Na	Sodalita	TAP
Mg	Diopsídio	TAP
Al	Anortita	TAP
Si	Ortoclásio	TAP
Ca	Wollastonita	PETJ
K	Ortoclásio	PETJ
Fe	Fe ₃ O ₄	LIF
Mn	Rodonita	LIF
Ti	Rutilo	LIF
Cl	Sodalita	PETH

1.6 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

1.6.1 Cráton Amazônico

A área de estudo do presente trabalho está localizada na porção centro-sul do Cráton Amazônico, que representa uma das principais unidades tectônicas da Plataforma Sul-Americana (Almeida *et al.* 2000) e é formado pelos escudos das Guianas e do Brasil Central,

separados entre si pelas Bacias paleozoicas do Amazonas e Solimões (Tassinari *et al.* 2000). Com uma área de cerca de 5.500.000 km², abrange parte do norte do Brasil, Guiana Francesa, Guiana, Suriname, Venezuela, Colômbia e Bolívia. É limitado a leste, ao sul e a sudeste por rochas geradas durante o Ciclo Orogênico Brasileiro de idade 930-540 Ma (Pimentel & Fuck 1992 *apud* Santos 2003).

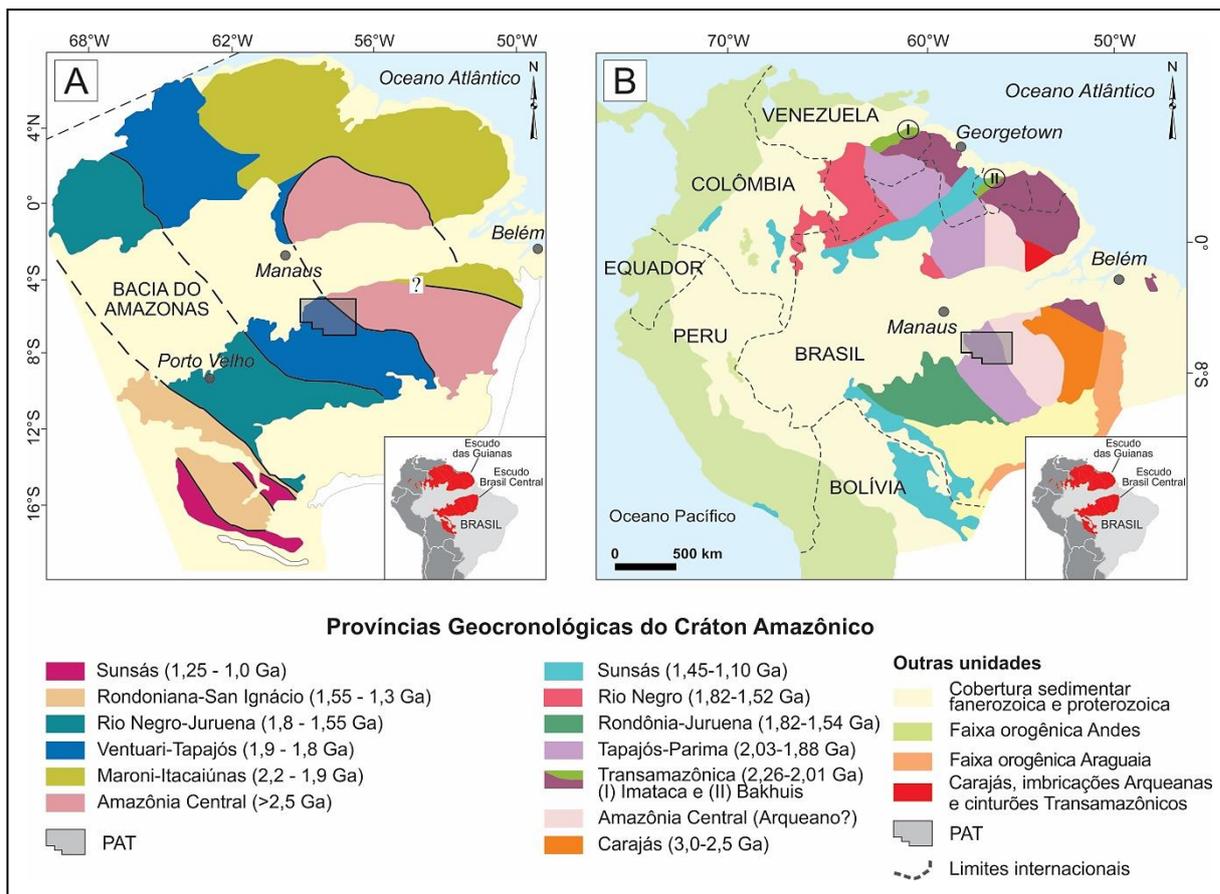


Figura 2 – Propostas de subdivisão tectono-geocronológica do Cráton Amazônico, segundo Tassinari & Macambira (2004), à esquerda, e segundo Santos *et al.* (2008), à direita.

O Cráton Amazônico é objeto ainda de diversos trabalhos e apresenta uma evolução geotectônica carente de melhores definições e que pode diferir de acordo com os modelos propostos por cada autor. Trabalhos mais recentes apoiados em dados geocronológicos, dividem o Cráton em diferentes províncias geocronológicas apontando para uma evolução geológica relacionada ao desenvolvimento de sucessivos arcos magmáticos com a formação de crosta juvenil e retrabalhamento de crosta mais antiga.

Na concepção de Tassinari & Macambira (1999, 2004), o Cráton Amazônico pode ser dividido em seis províncias geocronológicas principais: Amazônia Central (>2,5 Ga), Maroni-Itacaiúnas (2,2–1,9 Ga), Ventuari-Tapajós (1,9–1,8 Ga), Rio Negro-Juruena (1,8–1,55 Ga),

Rondoniana-San Ignácio (1,55–1,3 Ga), e Sunsás (1,25–1,0 Ga) (Figura 2A). Neste contexto a Província Amazônia Central representaria um protocráton arqueano que foi amalgamado por processos orogênicos durante o Paleoproterozoico, as províncias Ventuari-Tapajós e Rio Negro-Juruena são resultados da formação de magma juvenil durante o período de 1,95 a 1,4 Ga, enquanto que a província Sunsás está relacionada ao retrabalhamento de crosta mais antiga. As províncias Maroni-Itacaiúnas e Rondoniana-San Ignácio são, no entanto, resultados de ambos os processos.

Outros autores, como Santos *et al.* (2000, 2004, 2006, 2008) baseando-se em idades U-Pb, dividem o Cráton Amazônico em oito províncias geotectônicas com idades que variam entre 3,1 e 0,99 Ga (Figura 2B). Nesse contexto, as Províncias Carajás-Imataca, Transamazônica, Tapajós-Parima, Rondônia e Juruena teriam sido geradas em ambientes de arcos acrescionários e as províncias Amazônia Central, Rio Negro e Sunsás, em ambientes de colisão continental.

1.6.1.1 Província Tapajós-Parima

Essa província, a de maior interesse neste estudo, localiza-se na porção centro-sul do Cráton Amazônico, estendendo-se da porção noroeste do Estado de Roraima até o sudeste do Estado do Mato Grosso, e é limitada geotectonicamente a leste pela Província Amazônia Central, a sudoeste pela Província Rondônia-Juruena e a noroeste pela Província Rio Negro (Figura 3).

Quatro domínios foram definidos para essa província: localizados ao norte da bacia do Amazonas, os domínios Parima e Uaimiri, e localizados ao sul da bacia, os domínios Tapajós e Alta Floresta (Santos *et al.* 2001, 2004). Os dois primeiros cortados pelo cinturão orogênico K'Mudku e o Domínio Uaimiri separado do Domínio Tapajós pela Bacia do Amazonas.

Esses domínios apresentam evolução geológica entre 2,03-1,87 Ga, *trend* estrutural NNW-SSE, rochas de arcos magmáticos de afinidade cálcico-alcálica, além de algumas rochas metassedimentares e metabasálticas e comparável metalogenia aurífera.

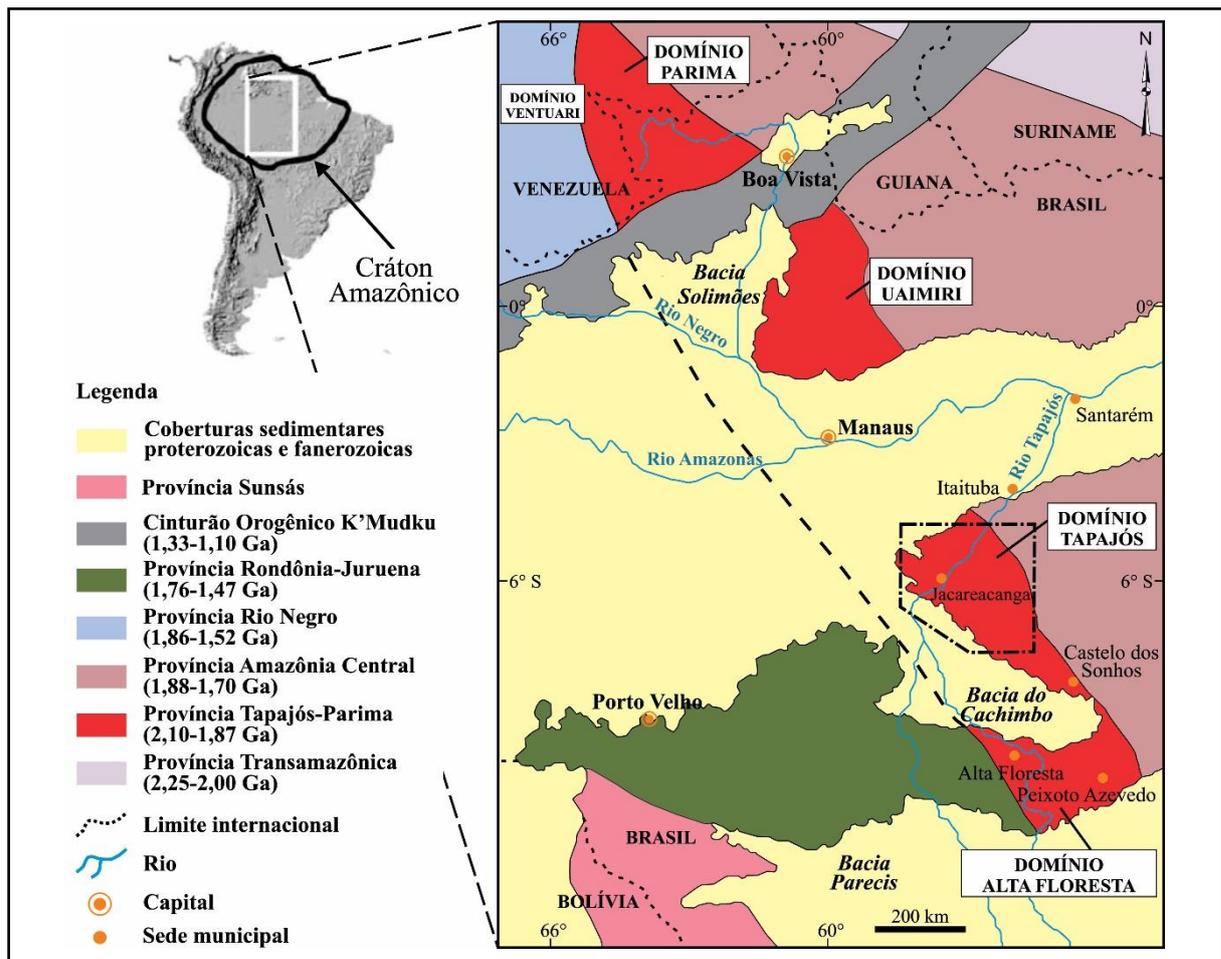


Figura 3 – Mapa de parte do Cráton Amazônico destacando os quatro domínios da Província Tapajós-Parima (Santos *et al.* 2001). O polígono em destaque corresponde ao Domínio Tapajós.

1.6.1.2 Domínio Tapajós

O Domínio Tapajós é o maior segmento da Província Tapajós-Parima e se limita a leste com o Domínio Iriri-Xingu (Província Amazônia Central), ao norte pela Bacia do Amazonas, e ao sul e oeste pela Bacia do Cachimbo (Vasquez *et al.* 2008). Situa-se no sudoeste do estado do Pará, com área em torno de 168.000 km², e abrange os municípios de Itaituba, Jacareacanga, Brasil Novo e Novo Progresso, e uma pequena parte do sudeste do Estado do Amazonas.

A evolução geológica para esse domínio apresenta, de maneira mais corrente, dois modelos distintos: o primeiro enuncia processos acrescionários de arcos ilha e magmáticos a uma borda continental entre 2.050 e 1.877 Ma (Santos *et al.* 2000), e o segundo, aventa o desenvolvimento de um único orógeno Orosiriano (cerca de 2,05-1,80 Ga), ocasionado pela colisão de um arco (arco de ilha Cuiú-Cuiú) a uma porção continental seguido de expressivos pulsos magmáticos pós-colisionais associado a dinâmicas transcorrentes, e posterior formação de riftes continentais orosirianos/estaterianos em eventos extensionais (Vasquez *et al.* 2008).

Klein *et al.* (2012) reconheceram em termos a proposta de (Vasquez *et al.*, *op. cit.*), mas advogam que o magmatismo colocado como pós-colisional desses autores estaria mais ligado à evolução de uma grande província ígnea silicosa (*Silicic Large Igneous Province* - SLIP).

O Domínio Tapajós estrutura-se em zonas de cisalhamento transcorrentes com direção NW-SE, que possivelmente controlaram o posicionamento da maioria das intrusões e dos depósitos vulcânicos tardi- a pós-orogênicos. Contudo, Juliani *et al.* (2013) defendem que as estruturas regionais (percebidas pela magnetometria e gravimetria) orientadas segundo a direção E-W e mais profundas, contínuas desde o leste do Cráton Amazônico (região de Carajás) até a região da PAT, são mais importantes que o arranjo principal NW-SE das megaestruturas mencionadas anteriormente. Segundo a proposta desses autores, a porção sul do Cráton Amazônico é resultado essencialmente de processos de acreção por ocasião de dois arcos continentais (Arcos Tapajônicos), com um possível estágio de *flat subduction*, sob um continente arqueano-paleoproterozoico, em que a subducção se desenvolveu de sul para norte. Ainda nesse modelo, terrenos de arco de ilha são ausentes e o metamorfismo e deformação são correlacionados aos processos colisionais nas Províncias Ventuari-Tapajós (ou Tapajós-Parima) e Amazônia Central (Fernandes *et al.* 2011, Juliani *et al.* 2013, 2014).

A figura 4 disponibiliza um mapa geológico do Domínio Tapajós. A litoestratigrafia da PAT está apresentada na tabela 1 e segue-se uma síntese da geologia dessa província.

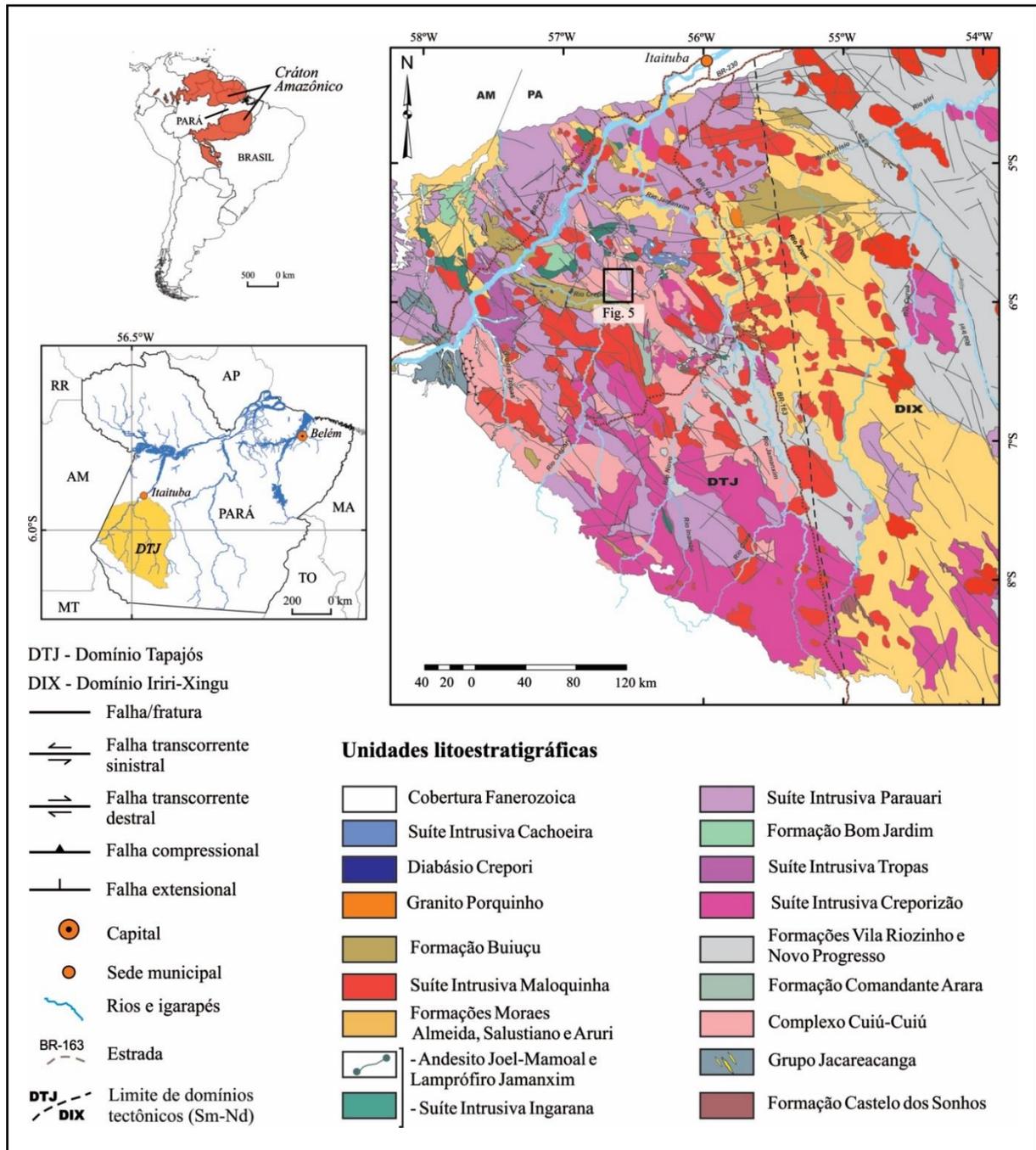


Figura 4 – Mapa geológico do Domínio Tapajós com indicação da localização do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, área de estudo (Vasquez 2014). A representação da área de estudo está fora de escala.

1.6.1.3 Litoestratigrafia e evolução do Domínio Tapajós

Tabela 2 – Unidades litoestratigráficas do Domínio Tapajós, com intervalos de idade para sua formação.

ASSOCIAÇÃO	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	IDADE DE FORMAÇÃO / FONTE DETRÍTICA	MÉTODO
Magmatismo máfico intracontinental	Suíte Intrusiva Cachoeira Seca	1.186±12	U-Pb S Bdy
Coberturas sedimentares	Formação Buiuçu	-	-
	Formação Novo Progresso	1.857	U-Pb Zrnd
Magmatismo intracontinental	Diabásio Crepori	1.780±7	U-Pb S Bdy
	Granito Porquinho	1.786±14	U-Pb S Zrn
	Granito Caroyal	1.870±4	U-Pb S Zrn
	Granito Pepita	1.872±4	U-Pb S Zrn
	Suíte Intrusiva Maloquinha	1.882±4 a 1.871±8	U-Pb S Zrn
Magmatismo pós-orogênico (Orogênese Cuiú-Cuiú)	Anortosito Jutaf	1.878±8	U-Pb S Ttn
	Olivina Gabro Rio Novo	1.878±3	Pb-Pb Zrn
	Suíte Intrusiva Ingarana	1.881±11	U-Pb S Bdy
		1.880±7	U-Pb S Zrn
		1.887±3	Pb-Pb Zrn
	Suíte Intrusiva Parauari	1.883±4	U-Pb S Zrn
		1.883±8, 1.883±2	Pb-Pb Zrn
		1.879±11	U-Pb T Zrn
	Formação Bom Jardim	1.881±4	Pb-Pb Zrn
	Grupo Iriri	1.870±8	U-Pb S Zrn
		1.893±3 a 1.888±6	Pb-Pb Zrn
Suíte Intrusiva Tropas	1.897±2, 1.893±3	U-Pb T Zrn, Ttn	
	1.907±9 a 1.892±6	U-Pb S Zrn	
	1.898±5	U-Pb S Zrn	
Magmatismo orogênico (Orogênese Cuiú-Cuiú)	Suíte Intrusiva Creporizão	1.997±3, 1.984±1	Pb-Pb Zrn
		1.974±6, 1.970±12, 1.957±6	U-Pb S Zrn
	Formação Vila Riozinho	2.000±4, 1.998±3	Pb-Pb Zrn
	Formação Comandante Arara	2.020 ± 2 a 2.012 ±2	Pb-Pb Zrn
Complexo Cuiú-Cuiú	2.011±23	U-Pb T Zrn	
	2.033±7 a 2.005±7	U-Pb S Zrn	
Sequência metavulcanossedimentar	Grupo Jacareacanga	2.875 a 2.098	U-Pb T Zrnd

Abreviaturas: S = SHRIMP; T = ID-TIMS; Bdy = baddeleyita; Ttn = titanita; Zrn = zircão; Zrnd = zircão detrítico. Fonte: Vasquez *et al.* (2008), com inclusão de dados recentes de Vasquez *et al.* (2013) e Klein *et al.* (2014).

Os limites da PAT confundem-se, de maneira geral, aos do Domínio Tapajós (Santos *et al.* 2001, Vasquez *et al.* 2008) e, em vista disso, nesse capítulo será tratada nos termos desta. De acordo com Vasquez *et al.* (2008 e referências contidas), esse domínio compreende várias

associações tectônicas, incluindo arcos de ilha, rochas plutono-vulcânicas e coberturas de natureza sedimentar formadas ao longo da evolução de um orógeno Orosiriano (cerca de 2,05-1,80 Ma).

Os estágios iniciais da formação do Arco Magmático Cuiú-Cuiú são representados pelas rochas do Grupo Jacareacanga e do Complexo Cuiú-Cuiú (Almeida *et al.* 1999, Vasquez *et al.* 2008). O primeiro, de modo geral, é constituído por rochas metassedimentares químicas e siliciclásticas depositadas em ambiente turbidítico (Santos *et al.* 2000), e rochas metavulcânicas intercaladas apresentando afinidade geoquímica com basaltos tholeiíticos de fundo oceânico (Melo *et al.* 1980), remontando, razoavelmente, ambientes bacinais de retroarco e de fossa oceânica (Santos 2003, Santos *et al.* 2001, 2004). Essa seqüência foi depositada entre 2.875 e 2.098 Ma, indicado por zircões detríticos, e submetida à deformação e metamorfismo sob condições de fácies xisto verde a anfibolito (Santos *et al.* 2001). O Complexo Cuiú-Cuiú, por sua vez, consiste em gnaisses de composição variada, anfibolitos e granitoides cálcico-alcalinos, predominantemente granodioríticos a tonalíticos (Klein *et al.* 2001b), relacionado à fase colisional propriamente dita. Ortognaisses e granitoides forneceram idades U-Pb em zircão entre 2.033 ± 7 e 2.005 ± 7 Ma para essa unidade (Santos *et al.* 2000, 2001).

Idades (Pb-Pb em zircões) de 2.020 ± 2 Ma e de 2.012 ± 2 Ma de corpos vulcânicos félsicos correspondentes à Formação Comandante Arara sugerem uma manifestação extrusiva do Complexo Cuiú-Cuiú (Vasquez *et al.* 2013), embora a ausência de feições metamorfo-deformacionais limite tal interpretação. Constitui-se de derrames de andesitos a riocacitos (Membro Lora) e depósitos piroclásticos e epiclásticos (Membro Manual).

As rochas vulcânicas da Formação Vila Riozinho com composições intermediárias a félsicas de afinidade geoquímica cálcico-alcalina de alto K a shoshonítica, típica de arcos magmáticos maduros (Lamarão *et al.* 2002), aliado à ausência de feições metamorfo-deformacionais, apontam uma origem ligada a um estágio mais tardio da Orogênese Cuiú-Cuiú, ou, alternativamente, ligadas à refusão de uma crosta siálica a partir de processos de *underplating* por magmas máficos (Lamarão *et al.* 2005). Para essas rochas, Lamarão *et al.* (2002) obtiveram idades de cristalização por evaporação de Pb em zircão de 2.000 ± 4 e 1.998 ± 3 Ma.

Após o ápice do evento colisional, foram instaladas zonas de cisalhamento transcorrentes de direção NW-SE ao longo das quais se posicionaram os granitoides tardi-orogênicos da Suíte Intrusiva Creporizão. Esse conjunto intrusivo corresponde a granitoides

cálcico-alcálicos per- a metalauminosos de caráter tardi-colisional (Vasquez *et al.* 2002), agrupando sienogranitos a tonalitos e subordinados quartzo monzodioritos. Em linhas gerais, observa-se a predominância de características ígneas preservadas em detrimento a feições metamorfo-deformacionais. Evaporação de U-Pb e Pb-Pb em zircão apresentaram idades entre 1.997 ± 3 Ma a 1.957 ± 6 Ma (Santos *et al.* 2001, Silva Junior *et al.* 2015, Vasquez *et al.* 2000a).

Após um intervalo de 40-50 Ma, o estágio pós-orogênico que se seguiu à orogênese Cuiú-Cuiú é marcado por magmatismo cálcico-alcálico e, posteriormente, alcálico típicos de ambientes extensionais intraplacas (tipo A) de composições félsicas a máficas.

A Suíte Intrusiva Tropas reúne rochas intrusivas (quartzo dioritos e tonalitos a monzogranitos) e extrusivas (andesitos e basaltos) (Ferreira *et al.* 2004), com assinatura cálcico-alcálica relacionada a ambiente de arco de ilha (Santos *et al.* 2004) e idades U-Pb em zircão e titanita que variam entre 1.907 ± 9 e 1.892 ± 6 Ma (Santos *et al.* 2001, 2004).

A Suíte Intrusiva Parauari é distinguida em duas fácies petrográficas com feições deformacionais pouco representativas: uma granodiorítica e outra granítica (Bahia & Quadros 2000, Brito 2000b, Vasquez *et al.* 2000c). Brito (2000b) e Vasquez *et al.* (2002) identificaram filiação cálcico-alcálica para esses granitoides e, de acordo com esses últimos autores, embora relacionadas a ambiente extensional, teriam preservado a assinatura de arco magmático de sua fonte. Foram obtidas idades de cristalização Pb e U-Pb em zircão de 1.879 ± 11 Ma (Santos *et al.* 2000), 1.883 ± 8 (Brito *et al.* 1999), 1.883 ± 2 (Vasquez *et al.* 2000c) e 1.883 ± 4 (Santos *et al.* 2001). Santos *et al.* (2004), alternativamente, atribuem essa assinatura cálcico-alcálica a um arco magmático continental maduro.

O Grupo Iriri agrupa predominantemente riolitos e dacitos juntamente com rochas epiclásticas e piroclásticas félsicas. As rochas vulcânicas félsicas desse grupo apresentam assinatura cálcico-alcálica que grada para alcálica aluminosa (meta e peraluminosa) a localmente peralcalina (Bahia *et al.* 2001a), com os riolitos apresentando assinatura alcálica aluminosa de ambiente intraplaca (Fernandes 2005, Lamarão *et al.* 2002). Evaporação de Pb e U-Pb em zircão de riolitos e ignimbritos forneceu idades de cristalização entre 1.890 ± 6 e 1.870 ± 8 Ma (Dall'Agnol *et al.* 1999, Lamarão *et al.* 2002, Moura *et al.* 1999, Santos *et al.* 2001, Vasquez *et al.* 1999).

O magmatismo da fase pós-colisional também gerou rochas gabroicas intracontinentais de assinatura cálcico-alcálicas de alto K, reunidas em várias unidades a citar: Suíte Intrusiva Ingarana, com idade de 1.887 ± 3 Ma obtida pelo método evaporação de Pb em zircão (Vasquez

et al. 2000a); Anortosito Jutaí, com idade de 1.878 ± 8 Ma, obtida pelo método U-Pb SHRIMP em titanita (Santos *et al.* 2001); Olivina Gabro Rio Novo (datações inconclusivas e relações de campo conflitantes); Quartzo Monzogabro Igarapé Jenipapo, com idade 1.732 ± 82 Ma, obtida por meio de dados isocrônicos Rb-Sr (Tassinari 1996 apud Vasquez *et al.* 2000c), além do Gabro Serra Comprida, Gabro São Domingos e Quartzo Monzogabro Igarapé Jenipapo, para os quais não há dados geocronológicos.

O conjunto de rochas predominantemente vulcânicas e subvulcânicas de composição intermediária a máfica de afinidade cálcico-alcálica de alto K a shoshonítica (Ferreira 2000, Vasquez & Ricci 2002) possivelmente contemporâneo ao Grupo Iriri, tem sido atribuído a Formação Bom Jardim. O método de evaporação de Pb em zircão de traquito forneceu idade de cristalização de 1.881 ± 4 Ma (Lamarão *et al.* 2002).

Um intenso magmatismo de caráter extensional intracontinental preponderantemente alcalino (tipo A) tomou expressividade, representado principalmente pela Suíte Intrusiva Maloquinha, formada por *stocks* e batólitos graníticos de ampla distribuição no domínio (Almeida *et al.* 1977, Klein *et al.* 2001a, Lamarão *et al.* 2002, Melo *et al.* 1980, Pessoa *et al.* 1977, Vasquez *et al.* 2002). As rochas dessa unidade são representadas por sienogranitos e feldspato alcalino granitos, com monzogranitos subordinados e mais raramente quartzo sienitos e quartzo monzonitos (Bahia & Quadros 2000, Vasquez *et al.* 2000c, b). Apresentam idades de cristalização de 1.882 ± 4 e 1.880 ± 9 Ma, determinadas por evaporação de Pb em zircão (Lamarão *et al.* 2002, Vasquez *et al.* 1999).

Outros corpos graníticos menores como os granitos Caroyal, Pepita e Porquinho, e as rochas do diabásio Crepori também são associados a esse magmatismo tipo A (Vasquez *et al.* 2008). O Granito Caroyal, intrusivo no Complexo Cuiú-Cuiú e datado em 1.870 ± 4 Ma, pelo método U-Pb SHRIMP em zircão (Santos *et al.* 2004), apresenta assinatura cálcico-alcálica de alto K - divergente daquela obtida para a Suíte Intrusiva Maloquinha - e significativa contribuição de crosta arqueana (Almeida *et al.* 1999); o Granito Pepita, datado em 1.872 ± 4 Ma, pelo método U-Pb SHRIMP em zircão (Santos *et al.* 2004), apresenta composição alcálica (Brito 2000a), e o Granito Porquinho, datado em 1.786 ± 14 Ma, pelo método U-Pb SHRIMP em zircão (Santos *et al.* 2004), é cerca de 100 Ma mais jovem que os granitos de 1,88-1,86 e apresenta assinatura subalcálica (cálcico-alcálica?) (Bahia *et al.* 1998, Prazeres *et al.* 1979). Quanto ao diabásio Crepori, sua afinidade alcálica e a presença de quartzo (normativo e modal) indica que os diabásios, olivina diabásios e microgabros dessa unidade também apresentam afinidade quartzo tholeiítica, típica de basaltos continentais (Vasquez *et al.* 2008). Santos *et al.*

(2002) obtiveram idade de cristalização de 1.780 ± 7 Ma (U-Pb SHRIMP em baddeleyita) para o diabásio Crepori.

A implantação de riftes continentais resultou na deposição das coberturas sedimentares da Formação Buiçu, de natureza siliciclástica (arcósios, arcósios líticos e arenitos ortoquartzíticos truncados por soleiras e diques do Diabásio Crepori) e vulcanoclástica (tufos félsicos, arenitos e conglomerados com seixos de rochas vulcânicas seccionados pelo Granito Porquinho), que recobrem parcialmente as rochas do Grupo Jacareacanga, do Complexo Cuiú-Cuiú e da Suíte Intrusiva Creporizão (Vasquez *et al.* 2008).

Após um hiato de cerca de 600 Ma, uma reativação mantélica sob o Domínio Tapajós resultou em um magmatismo máfico intracontinental gerando olivina gabros, olivina gabronoritos, olivina diabásios e troctolitos correspondentes a Suíte Intrusiva Cachoeira Seca. Os troctolitos dessa unidade, com 1.186 ± 12 Ma por U-Pb em baddeleyita (Santos *et al.* 2002), apresentam uma afinidade geoquímica dúbia, sendo em parte alcalinos (Pessoa *et al.* 1977) ou olivina tholeiítos (Quadros *et al.* 1998), e interpretados como produtos de magmatismo alcalino associado à orogênese colisional Sunsás (Santos *et al.* 2002).

Os depósitos cenozoicos, que compreendem coberturas lateríticas, terraços fluviais e sedimentos aluvionares de idade pleistocênica a holocênica, com destaque para os aluviões que sustentaram durante décadas a atividade garimpeira e a produção de ouro na PAT, completam o quadro estratigráfico do Domínio Tapajós.

1.7 METALOGENIA DA PROVÍNCIA AURÍFERA DO TAPAJÓS

O Domínio Tapajós se destaca por representar uma das principais regiões auríferas do Brasil (Província Aurífera do Tapajós), sendo notável nos depósitos primários a associação do ouro com a prata e com metais base, principalmente o cobre (Juliani *et al.* 2014). Os depósitos auríferos da PAT, apesar de um cenário ainda carente de detalhes, têm sido relacionados a modelos magmático-hidrotermais, incluindo os relacionados a intrusões (*intrusion related gold deposits*), os epitermais (*high- e low-sulfidation*), os do tipo pórfiro e a modelos metamórfico-hidrotermais, correspondentes aos depósitos de ouro orogênico ao longo de zonas de cisalhamento. Os primeiros tipicamente se associam ao desenvolvimento de arcos magmáticos continentais e de ilhas e os orogênicos aos terrenos metamórficos, vinculando-se geneticamente com o tectonismo nas margens convergentes (Juliani *et al.* 2014). Recentemente, Queiroz *et al.* (2016) sugeriram que o depósito aurífero Castelo dos Sonhos estaria mais

relacionado ao contexto geológico do Domínio Tapajós do que com o Domínio Iriri-Xingu, o que acrescentaria classe *paleoplacer* à metalogenia da PAT.

1.7.1 Depósitos magmático-hidrotermais

a) Depósitos relacionados a intrusões graníticas: depósitos filonianos (p. ex., Limão, Mamoal), disseminados e *stockwork* (p. ex., Jutaí, Carneirinho e Abacaxis), epizonais, e relacionados espacial e geneticamente com granitoides cálcico-alcálicos das suítes Creporizão e Parauari e granitos alcálicos da Suíte Maloquinha, ocorrendo principalmente na parte N, E, SE e central da PAT (Santos *et al.* 2001). Nessa classe também podem ser mencionados, ainda que não satisfaçam a todas as feições clássicas desse tipo de depósito, os depósitos Tocantzinho (Queiroz & Villas 2015, Santiago *et al.* 2013, Villas *et al.* 2013) e o Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, inicialmente proposto como orogênico (p. ex., Klein *et al.* 2001b), que tem sido reinterpretado para uma filiação mais ligada a um IRGD (Araújo 2014, Assunção & Klein 2014, Silva Junior & Klein 2016).

b) Depósitos epitermais: vários autores (Corrêa Silva 2002, Dreher *et al.* 1998, Jacobi 1999, Juliani *et al.* 2004, 2005, Nunes 2001) caracterizaram depósitos filonianos e disseminados de alta e baixa sulfetação que ocorrem mais restritamente na parte central da PAT, hospedados em rochas vulcânicas, vulcanoclásticas, brechas hidrotermalizadas e piroclásticas félsicas pós-caldeira, além de granófiros e diques porfíricos tardi-tectônicos, majoritariamente do Grupo Iriri (p. ex., Joel, David). Em sistemas epitermais *high-sulfidation*, o minério ocorre em estruturas anelares e fraturas radiais de caldeira, sob crostas silicificadas (*silica cap*) por cavidades preenchidas por sílica (*vuggy-silica*), associado um halo de alteração argílica avançada com variáveis conteúdos de pirofilita, alunita e/ou natroalunita, além de sulfetos, sulfatos, prata e ouro subordinados a ocasionais, entre outros (V3, Jacobi 1999, Juliani *et al.* 2005); já em epitermais *low-sulfidation*, alterações hidrotermais associadas à mineralização são definidas por zonas de: (i) alteração sericítica com adulária, a qual a mineralização de Cu-Mo-(Au) está associada (sericita, quartzo, adulária, pirita, calcopirita, molibdenita, ouro, rutilo, titanita), seguida por uma zona de (ii) alteração propilítica com adulária, e zonas de (iii) alteração argílica com caolinita. A mineralização de Cu-Mo-(Au) associa-se a sulfetos disseminados e vênulas nas rochas hidrotermalizadas e incluem pirita, calcopirita, molibdenita, galena e esfalerita (V6, Aguja Bocanegra 2013). Mais recentemente, metais preciosos têm sido relatados como relacionados a carbonatos ricos em Mn (depósitos low- a intermediate-sulfidation – Coringa, Corrêa Lima 2015, Tokashiki *et al.* 2015).

c) Depósitos porfiríticos: classe ainda bastante discutida na PAT. Segundo Juliani *et al.* (2002), o granito Batalha apresenta várias fases de alteração hidrotermal, estando os maiores teores de ouro ligados a alteração sericitica, e concluem que os granitos tipo Parauari, principalmente em suas fácies mais tardias, apresentam potencial para mineralizações tipo Cu-Au pórfiro. Os depósitos V5, de Au-Cu-Mo (Jacobi 1999), e Palito, de Au-Cu (Echeverri-Misas 2010), também seriam representantes dessa classe. Contudo, Santos *et al.* (2013) sugerem o modelo orogênico com provável contribuição magmática ou uma gênese relacionada à intrusão, não descartando um modelo híbrido entre os mesmos para a gênese do depósito aurífero Palito.

1.7.2 Depósitos metamórfico-hidrotermais

d) Depósitos orogênicos: estima-se um maior potencial para essa classe de depósito de ouro na parte sudoeste-oeste do Domínio Tapajós, tendo em vista a ocorrência das rochas mais antigas, de maior grau metamórfico e mais fortemente afetadas por deformação dúctil, ou com componente dúctil nesta região (Juliani *et al.* 2014, Santos *et al.* 2001). Para essa classe, Santos *et al.* (2001) propuseram que seriam depósitos mesozonais manifestados em (i) veios de quartzo-sulfetado e disseminados em zonas de cisalhamento dúctil, associados as rochas supracrustais do Grupo Jacareacanga (p. ex., Buiçu, Maués e Tapajós), e em (ii) veios de quartzo-sulfeto-carbonato e disseminados em estruturas rúptil-dúcteis, hospedados em rochas formadas em arcos magmáticos, como os gnaisses cálcico-alcálicos do Complexo Cuiú-Cuiú e Suíte Intrusiva Tropas (p. ex., Ouro Roxo, Patinhas e Conceição). Klein *et al.* (2002) propuseram, para os jazimentos por eles estudados, que os estilos de mineralizações em (i) veios em zonas de cisalhamento e em (ii) veios em falhas oblíquas reversas de baixo a moderado ângulo, representariam depósitos mesozonais ligados a processos orogênicos, e que (iii) veios de preenchimento de falhas poderiam estar associados a classe orogênica e a IRGD.

Coutinho (2008), com base em dados de isótopos de Pb em galena e pirita, sugerem duas fases mineralizantes: a primeira entre 1,97 e 1,95 Ga e a segunda em torno de 1,88 Ga. Santos *et al.* (2001) advogam um único estágio de mineralização, ocorrida há 1,86 Ga (Pb-Pb em galena e Ar-Ar em muscovita). Klein *et al.* (2002), baseados em aspectos estruturais dos depósitos da porção sul da PAT, propõem a ocorrência de dois estágios distintos. O primeiro, com idade 1,97-1,95 Ga, estaria relacionado ao regime transcorrente NW-SE que afetou a Suíte Intrusiva Creporizão e se encaixaria no modelo de depósitos orogênicos; e o outro, provavelmente mais jovem, estaria relacionado aos eventos rúpteis de reativação de estruturas e teria propiciado a geração de depósitos relacionado a intrusões.

1.8 CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL

1.8.1 Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú

Na região do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, onde está localizado o Alvo Jerimum de Baixo (Figura 5), afloram rochas do Complexo Cuiú-Cuiú, das suítes intrusivas Creporizão e Parauari, bem como da Formação Buiçu.

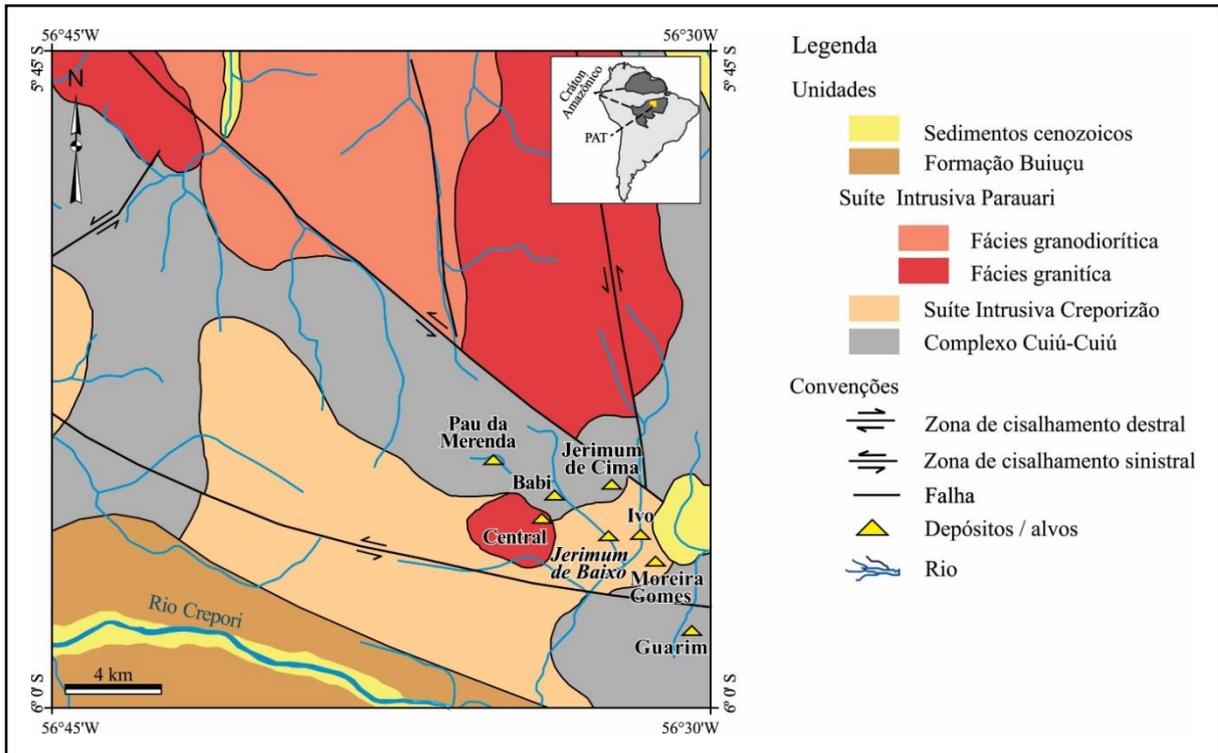


Figura 5 – Mapa geológico da região de Cuiú-Cuiú com a localização do alvo Jerimum de Baixo, entre outros jazimentos (Moura *et al.* 2014).

O Complexo Cuiú-Cuiú, a unidade mais antiga, é composto por metagranitoides (quartzo diorito a monzogranito) e gnaisses com estruturas de foliação e bandamento orientadas segundo N10°-20°E/60°-80°SE (Bahia & Quadros 2000, Klein *et al.* 2001b). As rochas apresentam granulação variando de média a grossa, texturas porfirítica a equigranular e evidências de processos metamórficos compatíveis com a fácies anfibolito de grau médio a alto. O Complexo Cuiú-Cuiú foi intrudido por granitoides cálcico-alcálicos de médio a alto K das suítes intrusivas Creporizão e Parauari. A primeira compreende granodiorito, tonalito e monzogranito de granulação média a grossa com características primárias bem preservadas e com ausência de trama tectônica.

A Suíte Intrusiva Parauari consiste em granitoides com granulação média a grossa, raramente porfirítica e localmente deformadas por discretas zonas de cisalhamento (Bahia &

Quadros 2000). Vasquez *et al.* (2000b) e Bahia & Quadros (*op. cit.*), distinguiram duas fácies petrográficas: na primeira fácies predominam granodioritos portadores de biotita e hornblenda, com monzogranitos, tonalitos e quartzo monzonitos mais subordinadamente. Na segunda fácies predominam monzogranitos e sienogranitos a biotita e hornblenda. A Suíte Intrusiva Parauari apresenta idades de cristalização (Pb-Pb e U-Pb em zircão) entre 1.891 ± 3 e 1.879 ± 11 Ma (Brito *et al.* 1999, Santos *et al.* 2000, 2001, 2004, Silva Junior *et al.* 2012, Vasquez *et al.* 2000b).

A porção sul/sudoeste do campo é composta por rochas da Formação Buiuçu, que compreende arcósios, arcósios líticos e arenitos ortoquartzíticos, com subordinados conglomerados polimíticos, siltitos e argilitos (Bahia *et al.* 2001b). Além da sucessão siliciclástica, Bahia & Quadros (2000) individualizaram uma sucessão de caráter vulcanoclástica, composta por tufos félsicos, arenitos e conglomerados com seixos de rochas vulcânicas.

O Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú abrange dois depósitos (Moreira Gomes e Central) e vários prospectos que, litoestratigraficamente, estão hospedados nas unidades cristalinas (isto é, Complexo Cuiú-Cuiú e as suítes intrusivas Creporizão e Parauari - conforme Assunção & Klein 2014, Bahia & Quadros 2000, Coutinho & Fallick 2008, Klein *et al.* 2001b, McMahon 2011, Moura *et al.* 2014, Queiroz & Klein 2012, Silva Junior *et al.* 2012, 2015). O principal controle dos depósitos e ocorrências auríferas é estrutural. O conjunto de jazimentos está disposto entre duas grandes falhas de orientação predominante WNW-ESE (com inflexões até E-W) e movimentação sinistral, hospedado dentro de uma zona de cisalhamento NW-SE de grande escala.

A mineralização de ouro no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú está associada com veios de quartzo em zonas fortemente sericitizadas e sulfetadas (McMahon 2011). Em geral, o teor em sulfeto é baixo (<2%), mas as zonas de grau elevado (> 10 g/t de Au) estão associados com maiores teores de sulfetos. Na escala de depósito, as zonas de minério têm formas irregulares e parecem ser melhor desenvolvidas em granitos brechados (McMahon, *op. cit.*).

A precipitação do ouro se deu por mecanismos como separação de fases, arrefecimento, mistura e reações fluido-rocha, em um sistema de fluidos hidrotemais, que no entendimento atual, evoluiu por fluidos aquo-carbônicos magmáticos de baixa salinidade e baixa a moderada densidade, se tornando cada vez mais aquosos e levemente mais salinos (separação de fases ou interação com fluido aquoso individualizado), com a participação de fluidos meteóricos nos estágios finais (Araújo 2014, Assunção & Klein 2014, Silva Junior & Klein 2016).

Estudos isotópicos forneceram idades modelos em sulfetos muito próximos de 1,86 Ga para a mineralização de alguns alvos e depósitos (Araújo 2014, Silva Junior *et al.* 2012, 2013), sugerindo o evento magmático relacionado à formação das rochas atribuídas à Suíte Intrusiva Parauari como o relacionado com a mineralização aurífera observada no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.

CAPÍTULO 2 ARTIGO CIENTÍFICO

Nesse capítulo é apresentado o manuscrito de cunho científico submetido à Revista USP - Série Científica, conforme a carta de recebimento da submissão enviada pela Coordenação Editorial ao primeiro autor (abaixo) e uma captura de tela da página de Submissões Ativas do referido periódico (Anexo A).

De: Daniel Machado
Enviado: domingo, 31 de dezembro de 2017 13:24
Para: Helder Thadeu Oliveira
Assunto: [GEOUSP] Agradecimento pela submissão

Helder Thadeu Oliveira,

Agradecemos a submissão do trabalho "Alteração hidrotermal e fluidos mineralizantes no alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós: um estudo baseado em petrografia, inclusões fluidas e química mineral" para a revista Geologia USP. Série Científica.

Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão:

<https://nam04.safelinks.protection.outlook.com/?url=http%3A%2F%2Fwww.revistas.usp.br%2Fguspssc%2Fauthor%2Fsubmission%2F142134&data=02%7C01%7C%7C9b32fb9e69024507a12008d5506ae87a%7C84df9e7fe9f640afb435aaaaaaaaaaaa%7C1%7C0%7C636503342457485657&sdata=V%2B7IKF%2BzJMtzWiEsVQMpPP1C3ar62XuBfhKMIcrUIA%3D&reserved=0>

Login: 

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail.

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho.

Daniel Machado
Geologia USP. Série Científica

Geologia USP. Série Científica

<https://nam04.safelinks.protection.outlook.com/?url=http%3A%2F%2Fwww.revistas.usp.br%2Fguspssc&data=02%7C01%7C%7C9b32fb9e69024507a12008d5506ae87a%7C84df9e7fe9f640afb435aaaaaaaaaaaa%7C1%7C0%7C636503342457485657&sdata=Xgss3hBljxeY6Ev7cKzEWokr1Pfn17mPpXBAYDTCwhM%3D&reserved=0>

Alteração hidrotermal e fluidos mineralizantes no alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós: um estudo baseado em petrografia, inclusões fluidas e química mineral

Hydrothermal alteration and mineralizing fluids in the Jerimum de Baixo prospect, Cuiú-Cuiú Goldfield, Tapajós Gold Province: a study based on petrography, fluid inclusions and mineral chemistry

Título curto: Alvo aurífero Jerimum de Baixo, Província Tapajós

Helder Thadeu de Oliveira^{1,2,*} (helderthadeu@outlook.com) Tel. contato (91) 989318455

Régis Munhoz Krás Borges^{1,2,3} (munhoz@ufpa.br)

Evandro Luiz Klein^{2,5} (evandro.klein@cprm.gov.br)

Claudio Nery Lamarão^{1,3} (lamarao@ufpa.br)

Gisele Tavares Marques^{3,4} (gisageo15@yahoo.com.br)

Rafael Guimarães Correa Lima^{1,2} (rg.correalima@gmail.com)

¹PPGG/Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 1, Belém-PA, CEP: 66075-110, Brasil

²Grupo de Pesquisa em Geologia Econômica, Universidade Federal do Pará, Brasil

³Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides, Universidade Federal do Pará, Brasil

⁴Laboratório de Microanálises, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Brasil

⁵CPRM/Serviço Geológico do Brasil, Divisão de Geologia Econômica, Setor Bancário Norte, Quadra 2, Brasília-DF, CEP: 70040-904, Brasil

*Autor correspondente

Resumo O alvo Jerimum de Baixo está localizado no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, região central da Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. O alvo abrange rochas monzograníticas portadoras de biotita rica em Fe, essencialmente isotrópicas e que foram fraca a fortemente hidrotermalizadas. Cloritização, sericitização, sulfetação, silicificação e carbonatação são tipos de alteração mais importantes. A clorita produzida é enriquecida em Fe do tipo chamosita e foi formada principalmente entre 280 e 315°C, enquanto que a mica branca assume composições muscovíticas. A mineralização é representada por vênulas de quartzo com baixo teor de sulfetos (pirita + pirrotita ± calcopirita ± galena ± esfalerita) em que o ouro ocorre livre e em zonas mais fragilizadas e alteradas, geralmente associado à pirrotita. O estudo petrográfico e microtermométrico de inclusões fluidas hospedadas em vênulas de quartzo definiu inclusões aquocarbônicas, carbônicas e aquosas. Os fluidos com CO₂ representam o provável fluido mineralizador e foram gerados por processos de separação de fases entre 280 e 380°C, principalmente. Uma posterior infiltração e processos de mistura são indicados para os fluidos aquosos mais tardios. Separação de fases, modificações nas condições do pH e interação fluido/rocha foram os mecanismos importantes para a precipitação do Au, que se deu em nível rúptil a rúptil-dúctil da crosta (entre 2 e 6 km). O conjunto de dados até aqui disponíveis indicam para o alvo Jerimum de Baixo uma filiação metalogenética com maiores semelhanças aos depósitos de ouro associados a intrusão reduzida.

Palavras-chave: Província Tapajós; Alteração hidrotermal; Mineralização aurífera; Inclusões fluidas; Química mineral

Abstract The gold target Jerimum de Baixo is located in the Cuiú-Cuiú goldfield, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton. The target is composed by monzogranitic rocks with biotite rich-Fe, which it is mainly isotropic and has been slightly to strongly altered by hydrothermal fluids. Chloritization, sericitization, sulfidation, silicification and carbonatization are the most important types of hydrothermal alteration. The chlorite produced is enriched in Fe (chamosite type) and has been formed mostly between 280 and 315°C, while white mica takes up muscovitic compositions. The mineralization is represented by veinlets quartz with low content of sulfides (pyrite + pyrrhotite ±

chalcopyrite \pm galena \pm sphalerite) in which the gold occurs as free-milling particles and in more fragile and altered zones, where gold is associated to pyrrhotite. The petrographic and microthermometric study of fluid inclusions hosted in quartz veinlets defined aqueous-carbonic, carbonic and aqueous fluids. The CO₂-bearing inclusions represent the probable mineralizing fluid and are interpreted as produced by phase separation process (effervescence) between 280 and 380°C, mainly. The aqueous fluids are late to the mineralization and represent posterior and consecutive events of infiltration and mixture. Phases separation, modifications in the pH conditions and the interaction fluid/rock were important mechanisms for the precipitation of gold, that has occurred in the brittle to brittle-ductile zone of the continental crust (between 2 and 6 km). The available data set point to the Jerimum de Baixo a metallogenic affiliation with greater similarities to the reduced intrusion-related gold deposits.

Keywords: Tapajós Province; Hydrothermal alteration; Gold mineralization; Fluid inclusions; Chemistry mineral.

1. INTRODUÇÃO

A Província Aurífera do Tapajós (PAT) está localizada na parte sudoeste do Estado do Pará, Brasil, no limite com o Estado do Amazonas, abrangendo uma área de aproximadamente 140.000 km² e é uma das mais importantes províncias metalogenéticas do Brasil. A PAT apresenta extensos depósitos auríferos primários, supergênicos e aluvionares, o que a torna alvo de exploração por companhias mineradoras durante as últimas quatro décadas. Algumas delas estão instaladas em depósitos primários conhecidos como Tocantinzinho, São Jorge, Bom Jardim, Cuiú-Cuiú e Ouro Roxo. De acordo com os modelos metalogenéticos propostos, há diversas classes de depósito na província, do tipo relacionados à intrusão, epitermais, orogênicos e pórfiros (p. ex., Juliani et al., 2005; Santos et al., 2001; Veloso et al., 2013; Villas et al., 2013).

O Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú (CMCC) ocorre próximo da porção central da Província Aurífera do Tapajós. Esse campo é uma das áreas garimpeiras mais antigas da província e, segundo McMahan (2011), apresenta produção histórica entre 46 e 62 toneladas de ouro. Dados recentes de inclusões fluidas, isótopos estáveis e radiogênicos apontam para esse campo mineralizado uma filiação ligada a um sistema magmático-hidrotermal (relacionado à intrusão?) em que fluidos relacionados ao magmatismo Parauari seriam os responsáveis pela mineralização desse campo (Araújo, 2014; Assunção e Klein, 2014; Coutinho, 2008; Queiroz e Klein, 2012; Silva Junior et al., 2012; 2013). Esses dados disponíveis na literatura foram obtidos nos alvos Central, Pau da Merenda, Moreira Gomes, Guarim, Jerimum de Cima e Babi.

O presente trabalho aborda a caracterização e gênese do alvo Jerimum de Baixo, com base em estudos petrográficos, de inclusões fluidas e de química mineral, complementando o acervo de dados existentes sobre a geologia e metalogênese do CMCC.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

2.1. Geologia regional

A PAT insere-se no contexto geológico do Cráton Amazônico (Fig. 1), localizando-se na porção centro-norte do Escudo Brasil Central (Almeida et al., 1981) sendo parte integrante da província geocronológica Tapajós-Parima (Santos et al., 2000; 2006). Sua evolução geológica (compreendida entre 2033 e 1780 Ma), ainda carente de melhores definições, baseia-se em principalmente dois modelos geotectônicos: (1) eventos acrescionários de cinco arcos magmáticos a uma borda continental, desenvolvidos ao longo de dois eventos orogênicos entre 2040 e 1880 Ma, seguidos por um período pós-orogênico, entre 2050 e 1877 Ma (Santos et al., 2000; 2001; 2004); (2) um único evento orogênico com a colisão de um arco magmático contra

um continente (cerca de 2000 Ma), seguido de geração de sucessivos pulsos magmáticos tardi-a pós-orogênicos e posterior magmatismo intraplaca com o estabelecimento de um ambiente extensional, entre 1880 Ma e 1780 Ma, respectivamente (Vasquez et al., 2008).

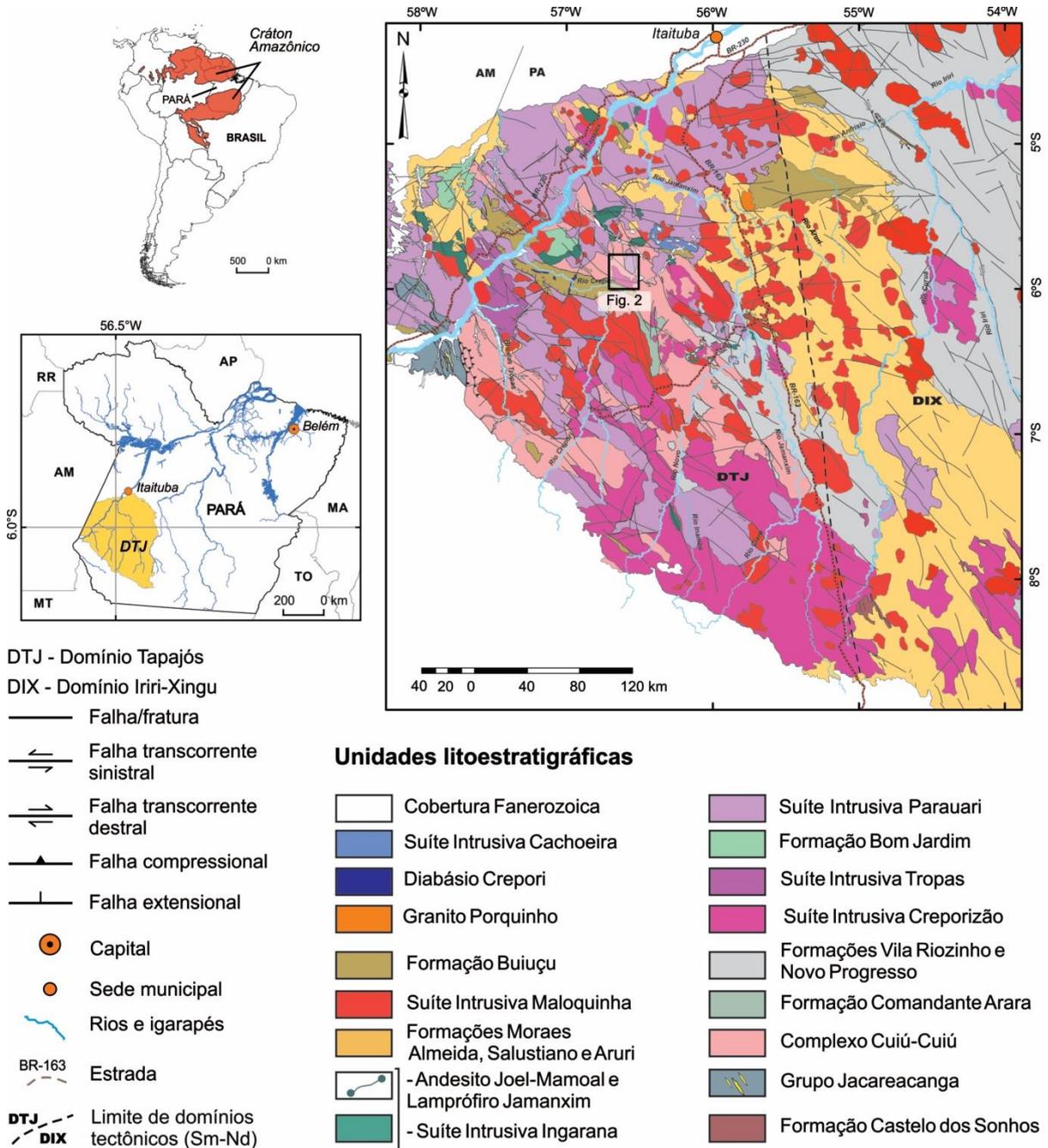


Figura 1. Mapa geológico do Domínio Tapajós (cujos limites são similares aos da PAT) com indicação da localização do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, área de estudo (baseado em Vasquez, 2014).

A litoestratigrafia da PAT tem na sua base as rochas do Grupo Jacareacanga e Complexo Cuiú-Cuiú. O primeiro reúne associações metavulcanossedimentares (cerca de 2010 Ma) metamorfisadas sob condições de fácies xisto verde, predominantemente, a anfibolito (Santos et al., 2001). O Complexo Cuiú-Cuiú (2033-2000 Ma), por sua vez, consiste em gnaisses de

composições variadas, anfíbolitos e granitoides cálcico-alcálicos, predominantemente granodioríticos a tonalíticos (Klein et al., 2001; Santos et al., 2000; 2001). Ambas as unidades representariam uma associação relacionada a ambiente de arco (Santos et al., 2004; Vasquez et al., 2008). Ainda associadas ao contexto de arco, a despeito da ausência de feições de trama deformacional importante, estariam incluídas as rochas vulcânicas félsicas e piroclásticas da Formação Comandante Arara (2022-2012 Ma; Vasquez et al., 2014) e as rochas vulcânicas cálcico-alcálicas de alto K a shoshoníticas da Formação Vila Riozinho (2002-1998 Ma; Lamarão et al., 2002). Após o ápice do evento colisional, zonas de cisalhamento transcorrentes de direção NW-SE se desenvolveram e controlaram o posicionamento de intrusões tardi-orogênicas da Suíte Intrusiva Creporizão (2000-1951 Ma; Santos et al., 2001; Silva Junior et al., 2015; Vasquez et al., 2000). Essa unidade reúne granitoides cálcico-alcálicos de médio a alto K, per- a metaluminosos e com feições ígneas bem preservadas (Vasquez et al., 2002).

Após um intervalo de aproximadamente 50 Ma, grandes eventos plutônicos e vulcânicos ocorreram na PAT, representados pelo magmatismo cálcico-alcálico de alto K das suítes intrusivas Tropas (1907-1892 Ma; Santos et al., 2004) e Parauari (1890-1885 Ma; Santos et al., 2001; Silva Junior et al., 2015). A primeira é composta por tonalitos e granodioritos algo deformados, enquanto que a última é constituída por tonalitos a sienogranitos com feições dúcteis pouco expressivas, associados a *stocks* gabroicos cálcico-alcálicos. Santos et al. (2001, 2004), interpretam ambas as suítes como produtos de ambiente de arco, enquanto que Vasquez et al. (2008) propõem um cenário pós-orogênico para a formação das mesmas. Klein et al. (2012) aventam, ainda, que pelo menos a Suíte Intrusiva Parauari pode estar relacionada ao início de um sistema de *rift* intracontinental em regime extensional, o Uatumã SLIP (*Silicic Large Igneous Province*).

O magmatismo cálcico-alcálico foi parcialmente sobreposto no tempo por um volumoso magmatismo granítico de assinatura alcálica tipo A (1895–1864 Ma), resultante de importante evento extensional, e foi agrupado na Suíte Intrusiva Maloquinha e rochas piroclásticas e vulcânicas alcálicas do Grupo Iriri (Lamarão et al., 2002; Santos et al., 2004; Vasquez et al., 2008) e pelos sedimentos da Formação Novo Progresso. A PAT chega ao fim de sua evolução geológica com o estabelecimento de bacias sedimentares intracratônicas estaterianas e magmatismo alcálico associado.

De acordo com Juliani et al. (2014), a metalogenia aurífera do Domínio Tapajós, mesmo sendo pouco consensual, tem sido relacionada a (i) modelos magmático-hidrotermais, incluindo os *Intrusion Related Gold Deposits* (Assunção e Klein, 2014; Borges et al., 2009; Queiroz e Villas, 2015; Villas et al., 2013), os epitermais (*high-* e *low-sulfidation*) (Jacobi, 1999; Juliani et al., 2005; Tokashiki et al., 2015), e os do tipo pórfiro (Echeverri-Misas et al., 2013; Juliani et al., 2012; Santos et al., 2013), e a (ii) modelos metamórfico-hidrotermais, correspondentes aos depósitos de ouro orogênico (Coutinho et al., 2000; Klein et al., 2004; Veloso et al., 2013). Recentemente, Queiroz et al. (2016) sugeriram que o depósito aurífero Castelo dos Sonhos estaria mais relacionado ao contexto geológico do Domínio Tapajós do que com o Domínio Iriri-Xingu, o que acrescentaria classe *paleoplacer* à metalogenia da PAT.

2.2. Geologia do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú

Na região do CMCC, onde está localizado o alvo Jerimum de Baixo (Fig. 2), afloram rochas do Complexo Cuiú-Cuiú, das suítes intrusivas Creporizão e Parauari, bem como da Formação Buiçu. O Complexo Cuiú-Cuiú, a unidade mais antiga, é composto por metagranitoides (quartzo diorito a monzogranito) de granulação variando de média a grossa, texturas porfirítica a equigranular e gnaisses com evidências de metamorfismo em condições de fácies anfíbolito de grau médio a alto (Bahia e Quadros, 2000; Klein et al., 2001).

Na sequência estratigráfica, colocaram-se intrusões granitoides cálcico-alcálicas de médio a alto K atribuídas às suítes intrusivas Creporizão e Parauari. A primeira compreende tonalitos a monzogranitos de granulação média a grossa e trama dúctil, em geral, ausente (1997 ± 3 Ma; Silva Junior et al., 2015). A Suíte Intrusiva Parauari consiste de granitoides localmente deformados por discretas zonas de cisalhamento e manifesta duas fácies distintas (Bahia e Quadros, 2000; Vasquez et al., 2000): uma em que predominam granodioritos portadores de biotita e hornblenda (com monzogranitos, tonalitos e quartzo monzonitos, subordinadamente) e outra em que predominam monzogranitos e sienogranitos também portadores de biotita e hornblenda. A Suíte Intrusiva Parauari apresenta idades de cristalização entre 1894 e 1868 ± 11 Ma (Brito et al., 1999; Santos et al., 2000; 2001; 2004; Silva Junior et al., 2012; Vasquez et al., 2000). A porção sul/sudoeste do campo é recoberta por rochas siliciclásticas e vulcanoclásticas da Formação Buiúçu (Bahia e Quadros, 2000; Bahia et al., 2001).

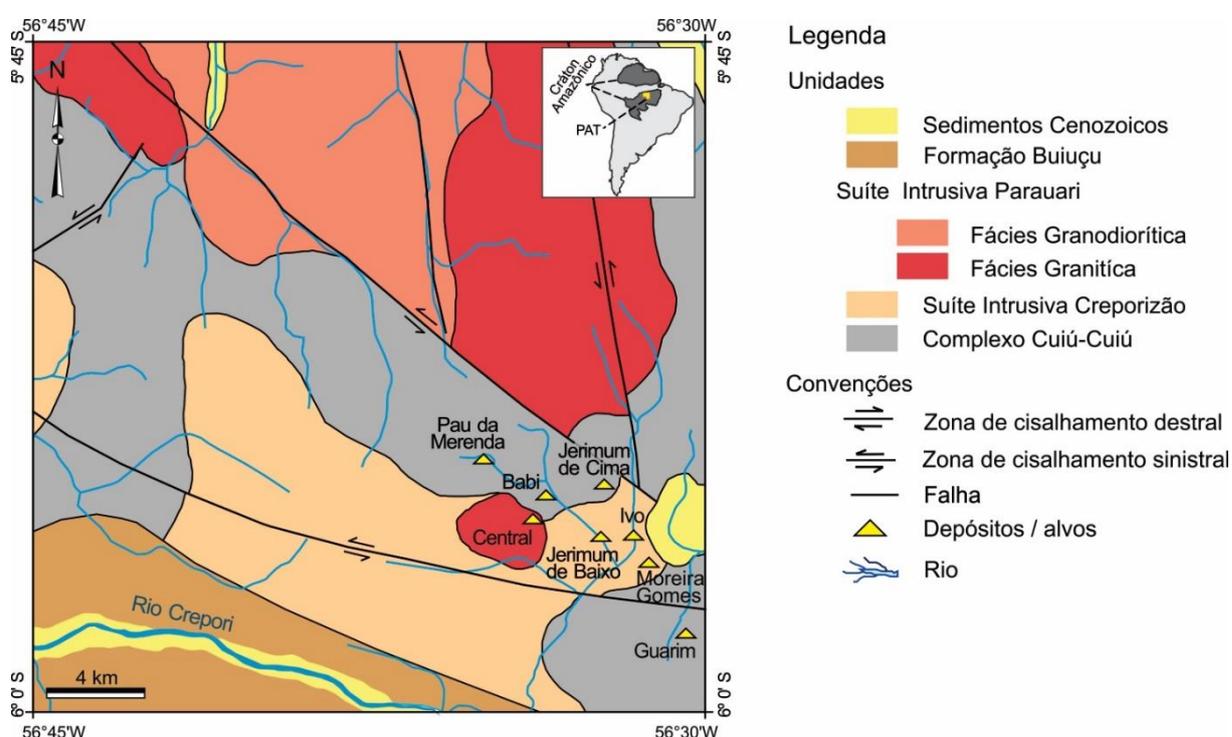


Figura 2. Mapa geológico da região de Cuiú-Cuiú com a localização do alvo Jerimum de Baixo, entre outros jazimentos (Moura et al., 2014).

O CMCC reúne dois depósitos (Moreira Gomes e Central) e vários prospectos que, litoestratigraficamente, estão hospedados nas unidades cristalinas (isto é, Complexo Cuiú-Cuiú e as suítes intrusivas Creporizão e Parauari - cf. Assunção e Klein, 2014; Moura et al., 2014; Silva Junior et al., 2015). O principal controle dos depósitos e ocorrências auríferas é estrutural. O conjunto de jazimentos está disposto entre duas grandes falhas de orientação predominante WNW-ESE (com inflexões até E-W) e movimentação sinistral, hospedado dentro de uma zona de cisalhamento NW-SE de grande escala (*trend* Tocantizinho). A mineralização de ouro no CMCC está hospedada em veios de quartzo de zonas fortemente sericitizadas e sulfetadas (McMahon, 2011). Em geral, o conteúdo em sulfeto é baixo ($< 2\%$), mas as zonas com teores elevados (> 10 g/t de Au) estão associadas àquelas mais ricas em sulfetos. Na escala de depósito, as zonas mineralizadas apresentam formas irregulares e parecem ser bem desenvolvidas em granitoides cataclasados/brechados.

Estudos isotópicos forneceram idades-modelo em sulfetos muito próximas de 1,86 Ga para a mineralização de alguns alvos e depósitos (Araújo, 2014; Silva Junior et al., 2012; 2013; 2015), sugerindo que os estágios finais do magmatismo cálcico-alcálico formador das rochas atribuídas à Suíte Intrusiva Parauari (todavia, não se descartando o magmatismo Maloquinha) como o relacionado com a mineralização aurífera observada no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.

3. MATERIAIS E MÉTODOS DE ESTUDO

As amostras utilizadas neste estudo são provenientes de testemunhos de dois furos de sondagem rotativa cedidos pela mineradora Magellan Minerals Ltd. A identificação petrográfica dos minerais primários e secundários, e das sequências paragenéticas, se deu em microscópio de luz transmitida e refletida (Zeiss, modelo Axioplan 2). Para a classificação das rochas graníticas sãs foram realizadas análises modais em contador de pontos eletrônico (2.000 pontos por lâmina polida), em sete amostras. A identificação de partículas de ouro e sulfetos, além de outras fases acessórias, foi obtida por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) modelo LEO-1430, pertencente ao Laboratório de Microanálises do IG/UFPA (Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará). As lâminas selecionadas foram metalizadas com carbono para imageamento por elétrons retroespalhados (ERE) e análises por EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*). As condições de operação do MEV foram: corrente do feixe de elétrons = 90 μ A, voltagem de aceleração constante = 20 kV, distância de trabalho = 15 mm, tempo de análise = 30 s, com 4.000 a 5.000 c/s para cada análise.

O estudo das inclusões fluidas foi realizado em seis lâminas bipolidas de amostras de veios/vênulas compostos por quartzo \pm sulfetos \pm clorita \pm sericita \pm calcita. As análises microtermométricas foram efetuadas em platina Linkam MDSG 600 pertencente ao Laboratório de Inclusões Fluidas do IG/UFPA. A calibração foi realizada com padrões sintéticos contendo H₂O e CO₂ puros. A precisão das medidas é estimada em $\pm 0,3^\circ\text{C}$ e $\pm 5^\circ\text{C}$, para temperaturas abaixo e superiores a 50 $^\circ\text{C}$, respectivamente. As salinidades dos fluidos foram calculadas com base nas temperaturas de fusão do gelo (Bodnar e Vityk, 1994) para as inclusões aquosas, e temperaturas de fusão do clatrato para as inclusões aquocarbônicas (Collins, 1979). Densidades das inclusões aquosas e aquocarbônicas, e isócoras das aquocarbônicas foram calculadas utilizando-se as equações de Brown e Lamb (1986) e Bowers e Helgeson (1983), com o auxílio do programa FLINCOR (Brown, 1989).

As análises químicas pontuais quantitativas por WDS (*wavelength dispersive spectroscopy*) de minerais filossilicatos foram obtidas por microsonda eletrônica JEOL modelo JXA-8230 no Laboratório de Microanálises do IG/UFPA. As condições analíticas foram: voltagem de aceleração constante = 15 kV, corrente do feixe de elétrons = 20 nA, diâmetro do feixe de elétrons = 10 μm , método de correção dos efeitos de matriz = ZAF, tempo de contagem para análise de elementos maiores e menores = 20 s e 40 s, respectivamente. Os elementos analisados, padrões e cristais analisadores utilizados foram, respectivamente: F - biotita - LDE1, Na - sodalita - TAP, Mg - diopsídio - TAP, Al - anortita - TAP, Si - ortoclásio - TAP, Cr - Cr₂O₃ - PETJ, Ca - wollastonita - PETJ, K - ortoclásio - PETJ, Sr - celestina - PETJ, Ni - NiO - LIF, Fe - Fe₃O₄ - LIF, Mn - rodonita - LIF, Ba - barita - LIF, Ti - rutilo - LIF, Cl - sodalita - PETH, V - Vanadinita - PETH. FeO foi considerado como ferro total ($\Sigma\text{Fe}=\text{FeO}$) para todas as análises. Para o cálculo da fórmula estrutural foram considerados 22 átomos de oxigênio por fórmula unitária (a.p.f.u.) para biotita e mica branca, e 28 átomos de oxigênio (a.p.f.u.) para clorita.

Para as abreviaturas dos nomes dos minerais seguiu-se as recomendações de Whitney e Evans (2010), sendo esclarecidas caso a caso aquelas não listadas na citada proposta.

4. ASPECTOS GEÓLOGICOS DO ALVO JERIMUM DE BAIXO

No referido alvo, foram executados oito furos de sondagens, dos quais dois foram cedidos para este estudo. Tais furos de sondagens registram fundamentalmente rochas graníticas, com termos porfíricos (predominantes) a equigranulares, apresentando variados níveis de modificações secundárias de filiação hidrotermal (pouco a intensamente hidrotermalizados), sendo melhores desenvolvidas em zonas fragilizadas. Veios de quartzo são muito comuns nessas regiões. Diques andesíticos são observados, de maneira não incomum, truncando o corpo porfírico, embora sua amostragem restrita impossibilite maiores considerações.

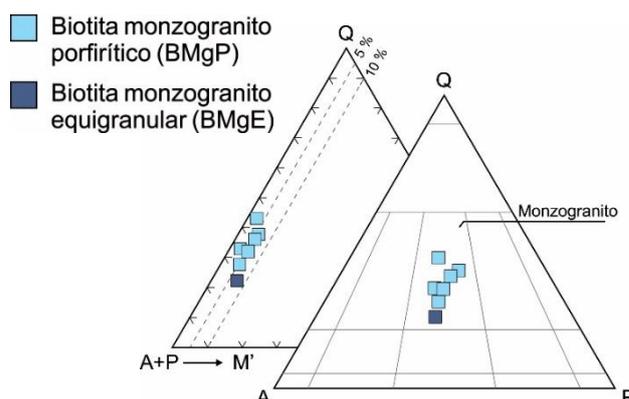


Figura 3. Diagramas QAP e Q(A+P)M', segundo Streckeisen (1976), para as amostras do biotita-monzogranito porfírico e biotita-monzogranito equigranular, amostrados no alvo Jerimum de Baixo.

Tabela 1. Composições modais de amostras das rochas graníticas coletadas no alvo Jerimum de Baixo. BMgE – biotita-monzogranito equigranular; BMgP – biotita-monzogranito porfírico. Valores expressos em percentagem.

Variedade Amostra	BMgE	BMgP						
		R-35	R-19	R-36	R-37	R-39	R-42	R-43
Mineral								
Feldspato potássico	36,12	32,80	27,00	31,25	25,25	30,35	23,40	
Quartzo	21,67	25,98	40,62	29,70	33,17	30,90	36,55	
Plagioclásio	31,53	29,60	23,78	26,30	28,55	29,98	30,95	
Biotita	6,40	4,85	2,00	5,05	5,03	2,75	5,45	
Apatita	0,07	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Minerais opacos	0,47	0,15	0,22	n.d.	0,20	0,06	0,10	
Zircão	0,07	0,07	0,06	0,07	0,05	0,06	n.d.	
Allanita	0,14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Muscovita	1,73	4,90	4,44	5,53	4,35	3,80	2,45	
Clorita	1,40	0,80	0,78	1,20	1,80	0,65	0,55	
Fluorita	0,33	0,15	0,33	0,60	1,25	0,35	0,25	
Calcita	0,00	0,70	0,78	0,30	0,35	1,10	0,30	
Epidoto	0,07	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Q+A+P	89,32	88,38	91,40	87,25	86,97	91,23	90,90	
M'	6,68	4,92	2,06	5,12	5,08	2,81	5,45	
A+P	67,65	62,40	50,78	57,55	53,80	60,33	54,35	
Q	24,26	29,40	44,44	34,04	38,14	33,87	40,21	
A	40,44	37,11	29,54	35,82	29,03	33,27	25,74	
P	35,30	33,49	26,02	30,14	32,83	32,86	34,05	
Nº de pontos	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	

Abreviações: n.d. – mineral não detectado na contagem.

As amostras dos granitos, apesar das diferenças texturais, se situam todas no campo do monzogranito, como mostrado no diagrama QAP da Fig. 3 (Streckeisen, 1976). O diagrama $Q(A+P)M'$ (Fig. 3), revela que tais granitos são rochas hololeucocráticas com conteúdo modal de máficos variando entre 2,20 e 6,96 %. Dessa forma, tem-se que as rochas amostradas, quando são, apresentam características composicionais essencialmente similares, porém texturalmente distintas, sendo diferenciados: um biotita-monzogranito porfirítico (BMgP) e um biotita-monzogranito equigranular (BMgE). As composições modais, em porcentagem, das amostras graníticas são fornecidas na Tabela 1.

4.1. Petrografia

Biotita monzogranito porfirítico O BMgP, em amostra de mão, é uma rocha de cor cinza rosado com porções locais levemente esverdeadas, fanerítica, hololeucocrática ($M'=2,0$ a $5,4\%$), não magnética e, também, sem feições de deformação dúctil aparente (Fig. 4A). Exibe textura porfirítica hipidiomórfica, com a granulação dos fenocristais mostrando-se grossa e, da matriz, fina (Fig. 4B). Os fenocristais sustentam o arcabouço da rocha e exibem, comumente, minerais matriciais inclusos nos seus domínios próximos às bordas, onde por vezes destacam feições de sobrecrecimento (Fig. 4C). Sua composição mineralógica é essencialmente formada por feldspato potássico, quartzo e plagioclásio, ocorrendo como fenocristais e compondo a matriz. A biotita desponta como o único mineral varietal e ocorre como lamelas finas a médias medindo em geral 1,0 mm, alotriomórficas a hipidiomórficas, exibindo cor avermelhada e pleocroísmo variando de marrom avermelhado claro ($Y=Z$) a creme pálido (X). A fase acessória é representada por finos cristais de zircão encontrados normalmente inclusos na biotita.

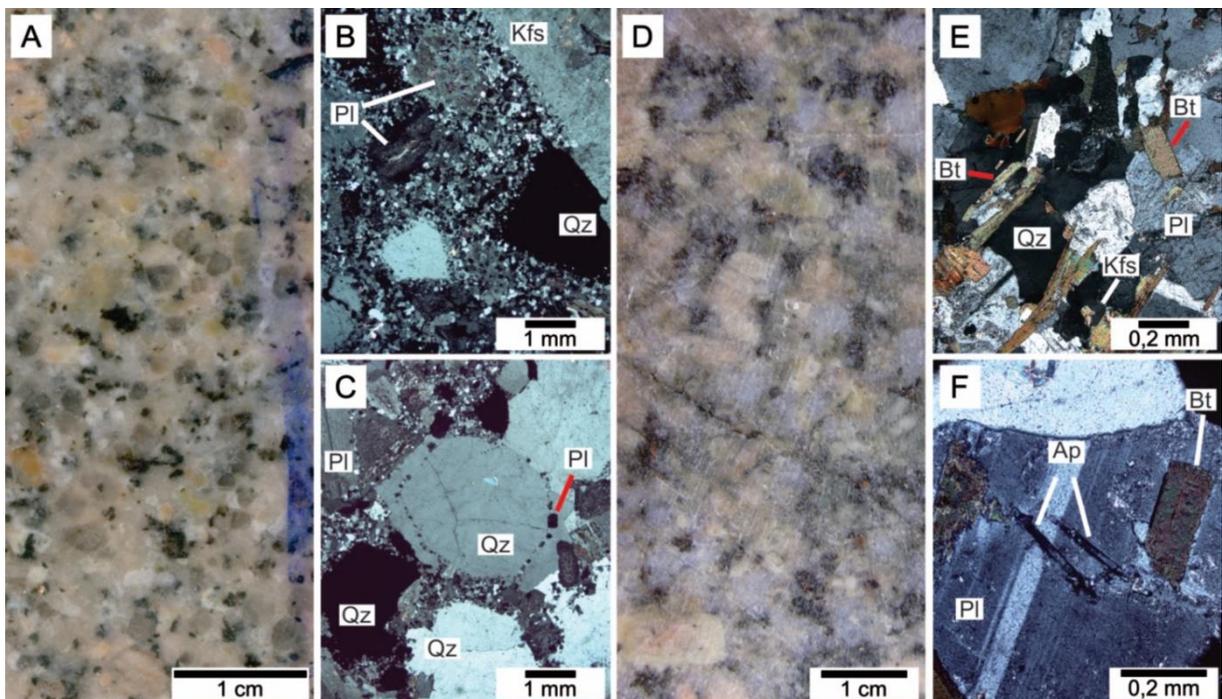


Figura 4. Aspectos petrográficos macro e microscópicos dos granitos no alvo Jerimum de Baixo. A) Biotita-monzogranito porfirítico (BMgP) em amostra de testemunho de sondagem; B) Aspecto textural geral microscópico do BMgP evidenciando os fenocristais de feldspato potássico, quartzo e plagioclásio, NC; C) Fenocristais de quartzo com bordas irregulares e evidente sobrecrecimento, NC; D) Biotita-monzogranito equigranular (BMgE) em amostra de testemunho de sondagem; E) Aspecto textural geral microscópico do BMgE, NC; F) Plagioclásio com biotita e acículas de apatita ocorrendo como inclusões, NC. NC – nicóis cruzados; NP – nicóis paralelos.

Biotita monzogranito equigranular Rocha com cor rosa esverdeado, fanerítica e não magnética (Fig. 4D). O baixo conteúdo de máficos lhe confere características hololeucocráticas expressas por um baixo índice de cor ($M^*=6,7\%$). Microscopicamente, apresenta um arranjo textural equigranular hipidiomórfico de granulação grossa. Feldspato potássico, quartzo e plagioclásio compõem essencialmente esse litotipo (Fig. 4E). A biotita se apresenta em lamelas hipidiomórficas (Fig. 4F), com dimensões variando entre 0,1 e 1,0 mm, isoladas ou em pequenos agregados e exibindo pleocroísmo que varia do vermelho amarronzado (Y=Z) ao creme pálido (X). Apesar de a rocha não exibir trama deformacional de caráter dúctil, é observável microscopicamente a fase varietal, por vezes, com discreta orientação. A mineralogia acessória é simples, representada por cristais de allanita, zircão e apatita. Os dois primeiros, normalmente metamictizados e o último sendo recorrente como inclusões em plagioclásio.

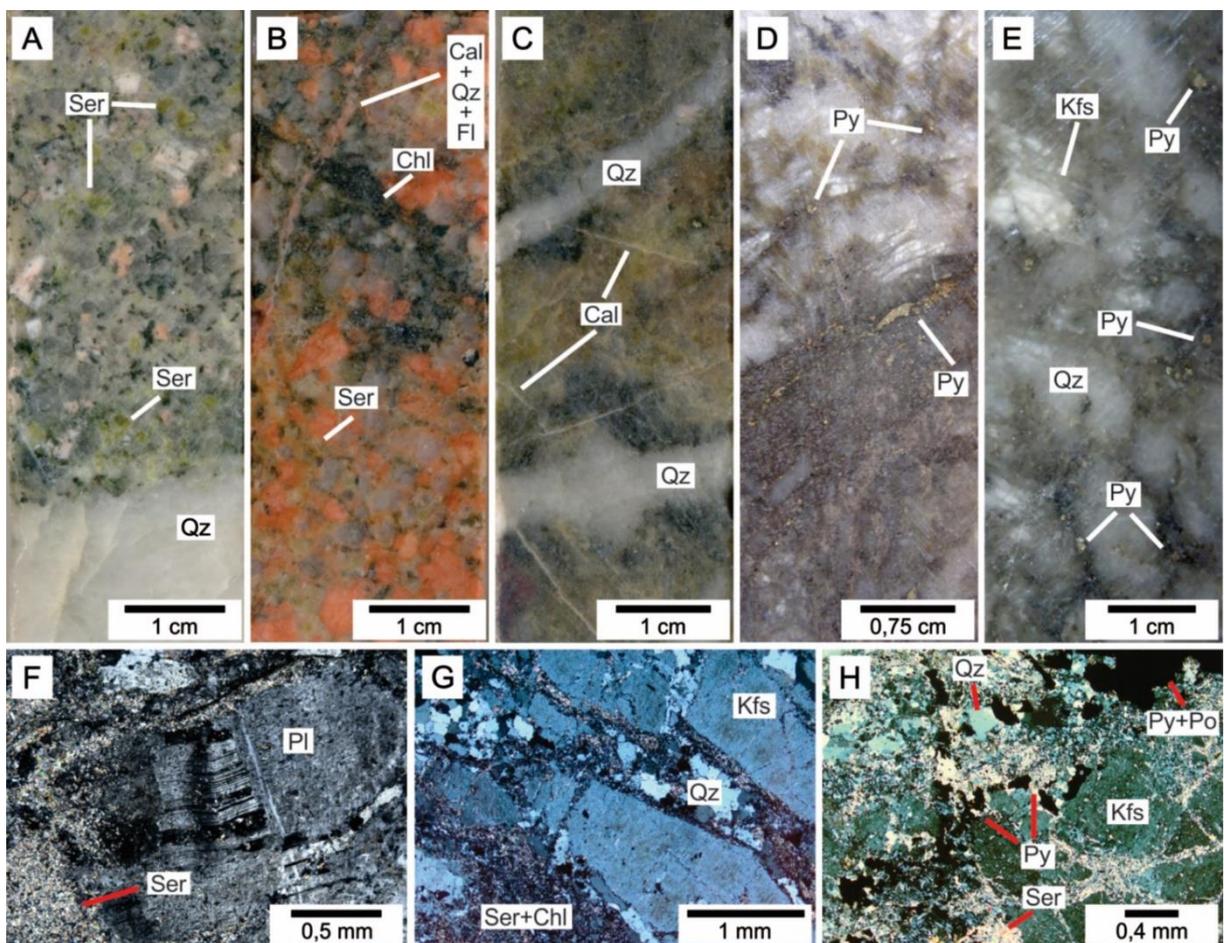


Figura 5. Aspectos petrográficos macro e microscópicos das rochas graníticas hidrotermalizadas no alvo Jerimum de Baixo. A) BMgP exibindo pontuações esverdeadas, marcando a substituição do plagioclásio por sericita; B) BMgP levemente avermelhado com região cloritizada que é cortada por vênula de calcita+quartzo+fluorita; C) Granito intensa e pervasiveamente alterado. Notar veios de quartzo truncando a rocha alterada e vênulas de calcita truncando ambos; D e E) Porções brechoides evidenciando cristais de feldspatos fraturados e de quartzo algo amendoado circundados por matriz de filossilicatos + sulfetos; F) Plagioclásio com planos de geminação deformados, NC; G) Rede de fraturas preenchidas por sericita, NC; H) Zona brechoide rica em sulfetos densamente cortada por microvênulas de sericita, NC. NC – nicóis cruzados; NP – nicóis paralelos.

Granitos intensamente hidrotermalizados Ambas as fácies graníticas descritas anteriormente encontram-se transformadas por processos hidrotermais em diferentes intensidades, de maneira que a composição e o arranjo textural das rochas originais foram bastante comprometidos nas

mais intensamente alteradas. Com o aumento da participação dos minerais secundários as rochas adquiriram cores acinzentadas a esverdeadas ou mesmo enegrecidas, com regiões por vezes mais avermelhadas nas amostras dos testemunhos (Fig. 5A-C). Tais rochas exibem, de maneira muito comum, feições de fraturamento e, por vezes, brechoides. Nessas regiões, os produtos hidrotermais e feldspatos com geminações deformadas são mais evidenciados (Fig. 5D-F). Os minerais hidrotermais ocorrem seja substituindo minerais primários, seja como componentes de veios/vênulas de preenchimento, cuja distribuição espacial, em algumas vezes, se assemelha ao estilo *stockwork*. Veios e vênulas de quartzo, clorita, sericita, calcita e sulfetos (pirita + pirrotita, principalmente) são comuns nessas zonas fragilizadas. Os sulfetos são encontrados em veios e vênulas de quartzo, bem como em disseminações na rocha alterada e em zonas brechoides associadas. As feições de brecha caracterizam-se por cristais angulosos de minerais primários (notadamente os feldspatos), que são muitas vezes rodeados por lamelas de sericita \pm clorita \pm quartzo \pm sulfetos (Fig. 5G-H).

4.2. Alteração hidrotermal

A alteração hidrotermal em Jerimum de Baixo, em linhas gerais, foi generalizada e mais evidente em locais onde a deformação frágil/cataclástica foi mais pronunciada e ao longo de alguns veios/vênulas. Os produtos hidrotermais são geralmente formados às custas de minerais primários presentes na rocha dando um aspecto pervasivo à alteração quando mais intensa, mas também ocorre preenchendo espaços como diminutas cavidades ou constituindo veios monominerálicos e poliminerálicos assumindo, então, um estilo mais fissural. Seis tipos de alteração hidrotermal foram identificados: cloritização, sericitização, sulfetação, silicificação, epidotização e carbonatação, representando os minerais mais abundantes em cada estágio.

A cloritização é o estágio hidrotermal mais precoce, sendo responsável pela coloração verde enegrecido nas regiões em que se faz presente. A clorita se origina (i) da substituição parcial ou total da biotita, em que o rutilo se associa parageneticamente quase sempre em um arranjo sagenítico (Fig. 6A), e (ii) como constituinte de vênulas monominerálicas e poliminerálicas (quartzo \pm clorita \pm sericita). Mesmo que subordinadamente, clorita ainda foi formada em estágios subsequentes (Fig. 6B).

A sericitização apresenta-se bem desenvolvida e sua ocorrência mais expressiva é coincidente com o estágio de formação de sulfetos nas regiões fragilizadas por processos de fraturamento e brechação. A sericita substitui a biotita magmática e os feldspatos – em particular o plagioclásio (Fig. 6C) –, gerando, por vezes, pseudomorfos e conferindo à rocha cor verde em tons mais claros.

A sulfetação é representada por pirita e pirrotita, principalmente, e calcopirita, galena, esfalerita e enxofre nativo em proporções muito reduzidas. Os sulfetos ocorrem principalmente como disseminações nas rochas ricas em filossilicatos (sericita, em particular) e em veios/vênulas de quartzo.

A silicificação é reconhecida pela formação de quartzo em cristais grossos exibindo formas anédricas a subédricas, como componentes de veios e vênulas poliminerálicas (quartzo \pm sulfetos \pm ouro \pm sericita \pm clorita \pm fluorita \pm calcita). Esses veios ocorrem com espessuras milimétricas, nas porções mais rasas dos furos exibem um estilo laminado apresentando fragmentos da rocha hospedeira (Fig. 6D). O epidoto tem pouca expressividade nas amostras estudadas, ocorrendo por substituição da biotita (Fig. 6E), em pequenos agregados anédricos apresentando, por vezes, contatos irregulares com sulfetos (Fig. 6F). A carbonatação é o estágio mais tardio, considerando as relações de truncamento, e é representada por vênulas de calcita \pm fluorita \pm quartzo \pm clorita \pm sericita (Fig. 6G-H).

Um quadro paragenético esquemático é mostrado na Fig. 7.

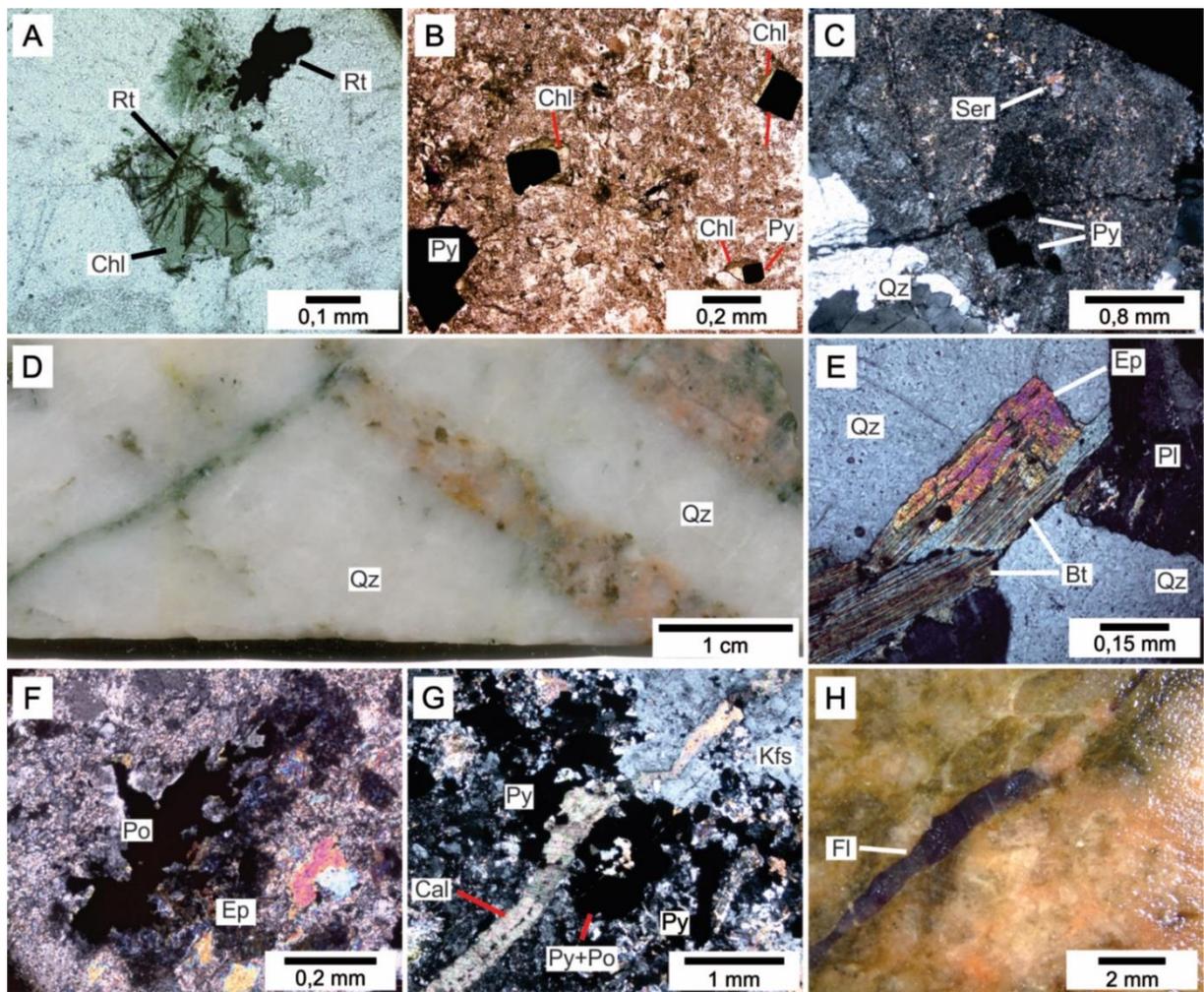


Figura 6. Aspectos petrográficos das alterações hidrotermais nas rochas graníticas do alvo Jerimum de Baixo. A) Pseudomorfo de clorita + rutilo em arranjo sagenítico, NP; B) Associação clorita + pirita em rocha alterada mineralizada, NP; C) Cristal de plagioclásio substituído pela associação sericita + pirita, NC; D) Veios de quartzo laminados com fragmentos da rocha encaixante; E) Epidoto substituindo biotita cloritizada, NC; F) Epidoto com cor de interferência anômala em contato irregular com pirrotita, NC; G) Microvênula de calcita truncando agregado de sulfetos em rocha alterada, NC; H) Vênula de calcita + fluorita. NC – nicóis cruzados; NP – nicóis paralelos.

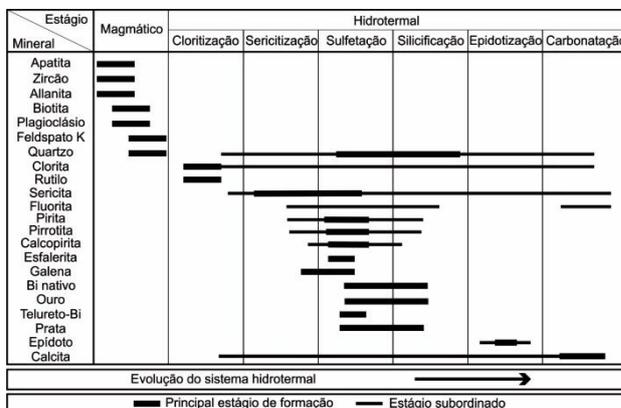


Figura 7. Sequência paragenética esquemática proposta para as rochas do alvo Jerimum de Baixo.

4.3. Mineralização

Em Jerimum de Baixo as hospedeiras da mineralização são rochas com moderado e, mais localmente, elevado grau de alteração hidrotermal, bem como veios de quartzo encaixados nos corpos graníticos. A mineralização está espacial e temporalmente relacionada ao estágio de formação de sulfetos, fazendo com que a região mineralizada seja composta por pirita e pirrotita, principalmente, além de calcopirita, esfalerita e galena em menor importância. Os sulfetos, que não ultrapassam 2% do volume das rochas (estimativa visual), ocorrem principalmente disseminados em regiões em que a geração de sericita hidrotermal foi mais expressiva, em particular onde o processo de brechiação foi mais eficaz e também em vênulas de quartzo (Fig. 5D, 5E, 5H, 8A-8E).

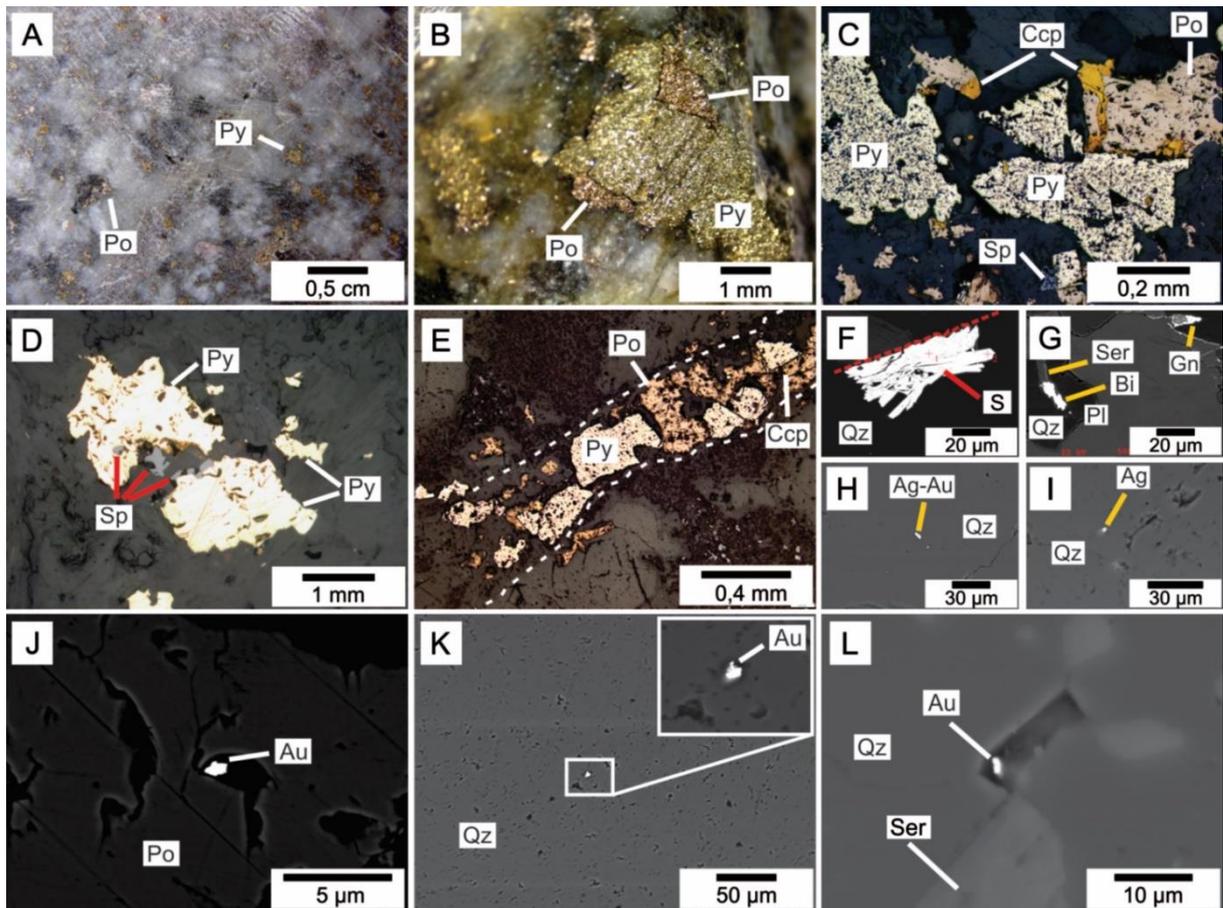


Figura 8. Aspectos petrográficos macro e microscópicos da mineralização no alvo Jerimum de Baixo. A) Sulfetos (pirita+ pirrotita) disseminados em rocha alterada; B) Associação entre pirita e pirrotita; C) Associação entre os principais sulfetos no minério representada por pirita e pirrotita (principalmente), calcopirita e esfalerita, LR; D) Cristais de esfalerita ocorrendo nas bordas e no interior de pirita, LR; E) Pirita, pirrotita e calcopirita (no contato entre os dois primeiros) compondo microvênula de quartzo, LR; F) Enxofre nativo cristalizado no contato entre vênula de quartzo e rocha alterada encaixante, MEV-ERE; G) Bismuto nativo associado com sericita e quartzo, MEV-ERE; H) Partícula de liga metálica de Ag-Au (electrum?) em veio de quartzo, MEV-ERE; I) Partícula de prata com teores elevados de Pt, Pb, Bi, Te e Au, MEV-ERE; J) Partícula de ouro em cavidade num cristal de pirrotita, MEV-ERE; K) Partícula de ouro livre em quartzo de veio, MEV-ERE; L) Partícula de ouro em cavidade (textura similar a *boxwork*) de quartzo de veio, MEV-ERE. MEV-ERE – Microscópio Eletrônico de Varredura – Elétrons retroespalhados, LR – Luz refletida, S – enxofre nativo, Bi – Bismuto nativo, Ag – Prata, Au – Ouro.

A pirita é o sulfeto predominante e ocorre como disseminações em regiões alteradas na rocha hospedeira, em fissuras da rocha brechoide e em veios de quartzo ± sericita ± clorita ±

carbonato. A pirrotita é também um sulfeto importante e normalmente compartilha com a pirita os modos de ocorrência. Calcopirita, esfalerita e galena ocorrem em menores quantidades e como inclusões ou na borda da pirita ou pirrotita. Enxofre nativo é raro e foi localizado no contato veio de quartzo/rocha encaixante (Fig. 8F). Finos cristais de bismuto nativo foram encontrados associados com quartzo + sericita + galena (Fig. 8G).

Análises químicas semiquantitativas por EDS permitiram observar quantidades subordinadas de Pb, Bi e Te na pirita, calcopirita e pirrotita com pouca variação composicional entre eles na forma disseminada e fissural. Na esfalerita quantidades pequenas de Bi também foram detectadas. A galena mostrou-se com quantidades significativas em As e Bi. Ligas metálicas de Ag-Au (electrum?) e Ag (Fig. 8H-8I) foram observadas em veios de quartzo + sericita + clorita + sulfetos e apresentando quantidades menores de Pb, Pt, Te e Bi nas suas composições.

O ouro foi identificado como partículas anédricas preenchendo cavidades em cristais de pirrotita disseminada em rocha alterada (Fig. 8J) e como partículas livres inclusas em quartzo de vênulas contendo sericita + clorita + sulfetos (Fig. 8K-8L). Análises de MEV-EDS revelaram Te, Bi, Pb e Ag como componentes menores na composição das partículas de ouro.

5. ESTUDO DE INCLUSÕES FLUIDAS

5.1. Tipos e modos de ocorrência das inclusões fluidas

As análises foram realizadas em inclusões fluidas (IF) aprisionadas em cristais de quartzo de veios, privilegiando aqueles cristais com menores graus de deformação. As inclusões primárias se apresentam de quatro maneiras (Fig. 9A): em distribuição aleatória no interior dos cristais, em trilhas intragranulares, como IF isoladas e/ou em pequenos grupos, sendo a primeira largamente a mais comum. As inclusões secundárias se caracterizam tipicamente preenchendo microfraturas transgranulares seladas. IF preenchendo microfraturas intragranulares (pseudosecundárias) foram observadas subordinadamente. Inclusões com feições de modificações pós-aprisionamento foram evitadas. Com base nos seus aspectos petrográficos e composicionais à temperatura ambiente, foram distinguidos três tipos de inclusões fluidas.

Tipo C (Fig. 9B) é o menos abundante; são inclusões de fluidos carbônicos monofásicos e, principalmente, bifásicos ($\text{CO}_{2\text{liq}} \pm \text{CO}_{2\text{vap}}$). Apresenta-se em formas poligonais, irregulares, alongadas ou, menos comum, negativa com dimensões entre 6-12 μm . Ocorre em planos intragranulares (Fig. 9C), raramente isolado, sendo mais comumente distribuído em arranjos aleatórios, em que normalmente se associa espacialmente com o tipo AC;

Tipo AC refere-se a fluidos aquocarbônicos bifásicos ($\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}} + \text{CO}_{2\text{vap}}$, rara) e trifásicos ($\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}} + \text{CO}_{2\text{liq}} + \text{CO}_{2\text{vap}}$) com dimensões variando entre 5-20 μm . Morfologicamente, as cavidades se apresentam arredondadas, irregulares, levemente alongadas ou poligonalizadas. Esse tipo de inclusão mostra ampla variação nas proporções volumétricas de CO_2 ($\text{CO}_2 = 0,20-0,85$, tipicamente entre 0,65-0,80 nas enriquecidas em CO_2 e 0,25-0,35 nas enriquecidas em H_2O). Agrupamentos de IF aquocarbônicas apresentando grandes variações nas razões $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ são comumente observados em arranjos aleatórios tridimensionais (Fig. 9D-H), principalmente, isolados ou em trilhas intragranulares (Fig. 9I). Como será discutido mais adiante, os fluidos do tipo AC são aqueles que ocorrem com mais frequência nos cristais de quartzo associados a sulfetos (Fig. 9J).

Tipo AQ são inclusões fluidas aquosas que, quando monofásicas, manifestam-se em cavidades preenchidas pela fase líquida, com as menores dimensões (1-4 μm), em formas arredondadas e exclusivamente em trilhas secundárias. Quando bifásicas (Fig. 9K), são dominadas por líquido ($F=0,70$ a $0,90$), sem a presença de fase carbônica detectável

microtermometricamente, em cavidades arredondadas, poligonalizadas ou levemente alongadas. Apresentam maiores dimensões (5-15 μm), ocorrendo principalmente em arranjos aleatórios algo orientados, e mais subordinadamente em pequenos conjuntos de inclusões ou isoladas, e em trilhas transgranulares (Fig. 9L-M).

5.2. Resultados microtermométricos

Uma síntese dos dados microtermométricos obtidos nos vários tipos de inclusões fluidas no alvo Jerimum de Baixo é disponibilizada na Tabela 2.

As IF do tipo C têm temperatura final de fusão do sólido de CO_2 ($T_f\text{CO}_2$) no intervalo de -58,6 a -56,6°C, com um único caso em -61,3°C (Fig. 10A), estendendo-se ligeiramente abaixo do ponto tríplice de CO_2 e indicando a presença de outros voláteis na fase carbônica (p. ex., N_2 , H_2S , CH_4). As temperaturas de homogeneização parcial do CO_2 ($Th\text{CO}_2$) variam entre 12,5 e 31,1°C (Fig. 10B).

Tabela 2. Síntese dos dados microtermométricos dos diferentes tipos de inclusões fluidas aprisionadas em cristais de quartzo dos veios do alvo Jerimum de Baixo.

Tipo ¹	Origem ²	$T_f\text{CO}_2$	$T_f\text{clat}$	$Th\text{CO}_2$	$Teut$	T_{fg}	Th_t	Salinidade
Tipo C	P e Ps	-61,3 a -56,6	—	12,5 a 31,1	—	—	—	—
Tipo AC ($\text{CO}_2 > 0,5$)	P e Ps	-58,2 a -56,6	6,6 a 8,5	22,7 a 31,1	—	—	255,1 a 405,0	3,0 a 6,5
Tipo AC ($\text{CO}_2 < 0,5$)	P e Ps	-58,1 a -56,6	4,8 a 8,9	26,2 e 30,9	-36,8 e -33,6	—	237,0 a 361,2	2,2 e 9,4
Tipo AQ₁ ($\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl} \pm \text{KCl} \pm \text{P}$ $\text{MgCl}_2 \pm \text{FeCl}_2$)	P	—	—	—	-37,2 a -20,1	-13,2 a -2,6	118,0 a 249,0	4,3 a 17,1
Tipo AQ₂ ($\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$)	S	—	—	—	-23,0 a -21,2	-6,9 a -0,1	85,5 a 155,0	0,9 a 10,4
Tipo AQ₃ ($\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$)	S	—	—	—	-62,5 a -74,2	-12,9 a -18,0	80,0 a 116,2	16,8 a 21,0

¹Tipos de inclusões fluidas: C = carbônica, AC = aquocarbônica, AQ = aquosa.

²Origem das inclusões fluidas: P = primária, Ps = pseudossecundária, S = secundária.

Abreviações: $T_f\text{CO}_2$ = temperatura de fusão do CO_2 sólido, $T_f\text{clat}$ = temperatura de fusão do clatrato, $Th\text{CO}_2$ = temperatura de homogeneização do CO_2 , $Teut$ = temperatura do ponto eutético, T_{fg} = temperatura de fusão final do gelo, Th_t = temperatura de homogeneização total.

Valores de temperaturas dados em °C e salinidades em % em peso equivalente de NaCl.

As IF do tipo AC mostram $T_f\text{CO}_2$ bastante similares independentemente da proporção de $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$, variando entre -58,2 e -56,6°C, sugerindo que o CO_2 é o principal componente volátil na fase carbônica (Fig. 10A). As $T_f\text{clat}$ foram registradas entre 6,1 e 8,9°C (tipo AC rica em CO_2 = 6,6 a 8,5°C e tipo AC pobre em CO_2 = 4,8 a 8,9°C) (Fig. 10C). Nas IF enriquecidas em CO_2 , as $Th\text{CO}_2$ variaram de 22,7 a 31,1°C, enquanto que naquelas enriquecidas na fase aquosa ocorreram entre 26,2 e 30,9°C (Fig. 10B). Apenas duas temperaturas de eutético (Teu) foram observadas em -36,8 e -33,6°C, indicando a participação de MgCl_2 e/ou FeCl_2 , juntamente ao NaCl, dissolvidos nesse tipo de fluido. As temperaturas de homogeneização total (Th_t) cobrem o intervalo de 237,0 a 405,0°C, com valores concentrados entre 280,0 e 340,0°C e ocorrendo principalmente para o estado líquido. As IF do tipo AC ricas em CO_2 apresentaram Th_t entre 255,1 e 405,0°C, ao passo que aquelas com menores quantidade de CO_2 , homogeneizaram completamente entre 237,0 e 361,2°C (Fig. 10D). Algumas inclusões homogeneizaram para o estado vapor no intervalo de 292,5 a 363,0°C, a despeito da proporção $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ aprisionada e, por vezes, em associação espacial com aquelas que homogeneizaram para o estado líquido.

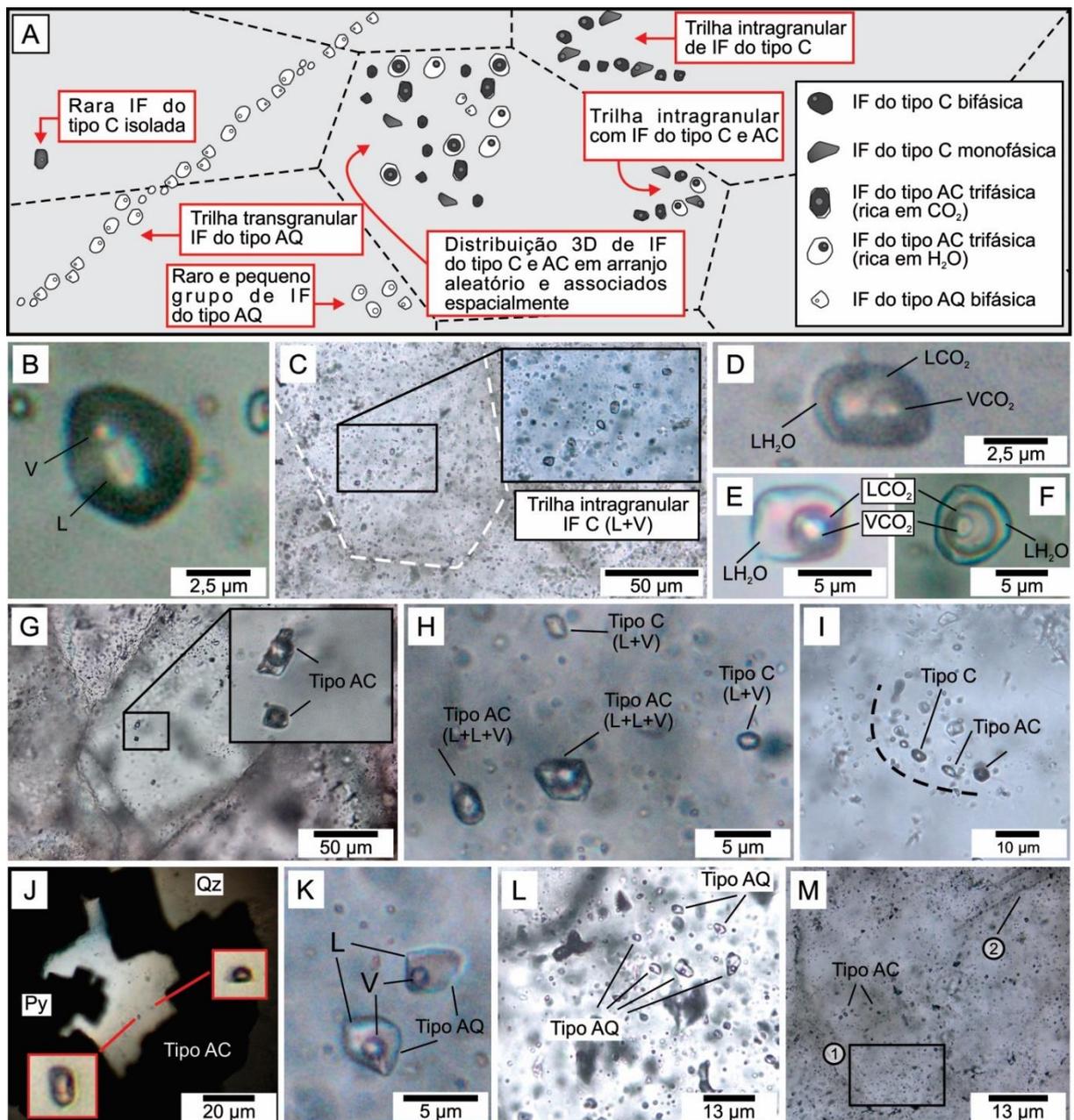


Figura 9. Inclusões fluidas observadas em quartzo de veios do alvo Jerimum de Baixo. A) Desenho esquemático mostrando os diferentes tipos e modos de ocorrência das inclusões fluidas observadas nos cristais de quartzo de veios mineralizados no alvo Jerimum de Baixo; B) Inclusão fluida do tipo C (CO₂); C) Cristal de quartzo (evidenciado pela linha branca tracejada) com grande densidade de IF com destaque para a trilha intergranular de IF do tipo C; D) Inclusão fluida do tipo AC trifásica enriquecida na fase CO₂; E) Inclusão fluida do tipo AC trifásica enriquecida na fase H₂O; F) Inclusão fluida do tipo AC com rara razão H₂O/CO₂ intermediária; G) IF do tipo AC com diferentes razões H₂O/CO₂ associadas; H) Grupo formado por IF coexistentes dos tipos C e AC; I) Trilha composta por IF pseudossecundárias dos tipos C e AC; J) IF do tipo AC em cristal de quartzo em equilíbrio com cristais de pirita; K) Inclusões fluidas do tipo AQ bifásica; L) Grupamento de inclusões do tipo AQ; M) Cristais de quartzo com IF do tipo AC em pequenas trilhas intragranulares e (1) distribuídas aleatoriamente e (2) IF do tipo AQ em trilhas secundárias aprisionadas em microfraturas seladas.

As IF do tipo AQ apresentam temperaturas de fusão final do gelo (T_{fg}) dentro do intervalo de $-13,2$ e $-2,6^{\circ}\text{C}$ para as consideradas primárias (AQ₁) (Fig. 10E). As IF aprisionadas secundariamente apresentaram um amplo intervalo de T_{fg} , variando de $-18,0$ a $-0,1^{\circ}\text{C}$. As T_{eu}

foram observadas em poucas das inclusões primárias e dentro do intervalo de $-37,2$ a $-20,1^{\circ}\text{C}$, sugerindo a presença de solutos como KCl , MgCl_2 e FeCl_2 , além do NaCl (sistema $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}\pm\text{KCl}\pm\text{MgCl}_2\pm\text{FeCl}_2$). Nas secundárias, as T_{eu} cobrem dois intervalos bem distintos: entre $-23,0$ e $-21,2^{\circ}\text{C}$ (AQ_2), compatíveis com o sistema $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ (Borisenko, 1977), e entre $-62,5$ e $-74,2^{\circ}\text{C}$ (AQ_3), atribuíveis ao sistema $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$ (Davis et al., 1990). Valores inferiores a $\approx -52^{\circ}\text{C}$ foram considerados como resultantes da metaestabilidade do sistema $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$, presença de cátions incomuns (p. ex., Li e Sr) ou transições de fase de gelo hexagonal em fluidos de composição idêntica (Davis et al., op. cit.; Walker e Samson, 1998). Para as IF primárias não se notou uma relação clara entre T_{eu} e T_{fg} , em detrimento das IF secundárias em que se observa que os menores valores de T_{eu} são registrados naquelas com as menores T_{fg} . A T_{ht} ocorreu sempre para o estado líquido e dentro do intervalo total de $80,0$ a $249,0^{\circ}\text{C}$ (Fig. 10D) (IF $\text{AQ}_1 = 118,0-249,0^{\circ}\text{C}$, IF $\text{AQ}_2 = 85,5-155,0^{\circ}\text{C}$ e IF $\text{AQ}_3 = 80,0-116,2^{\circ}\text{C}$).

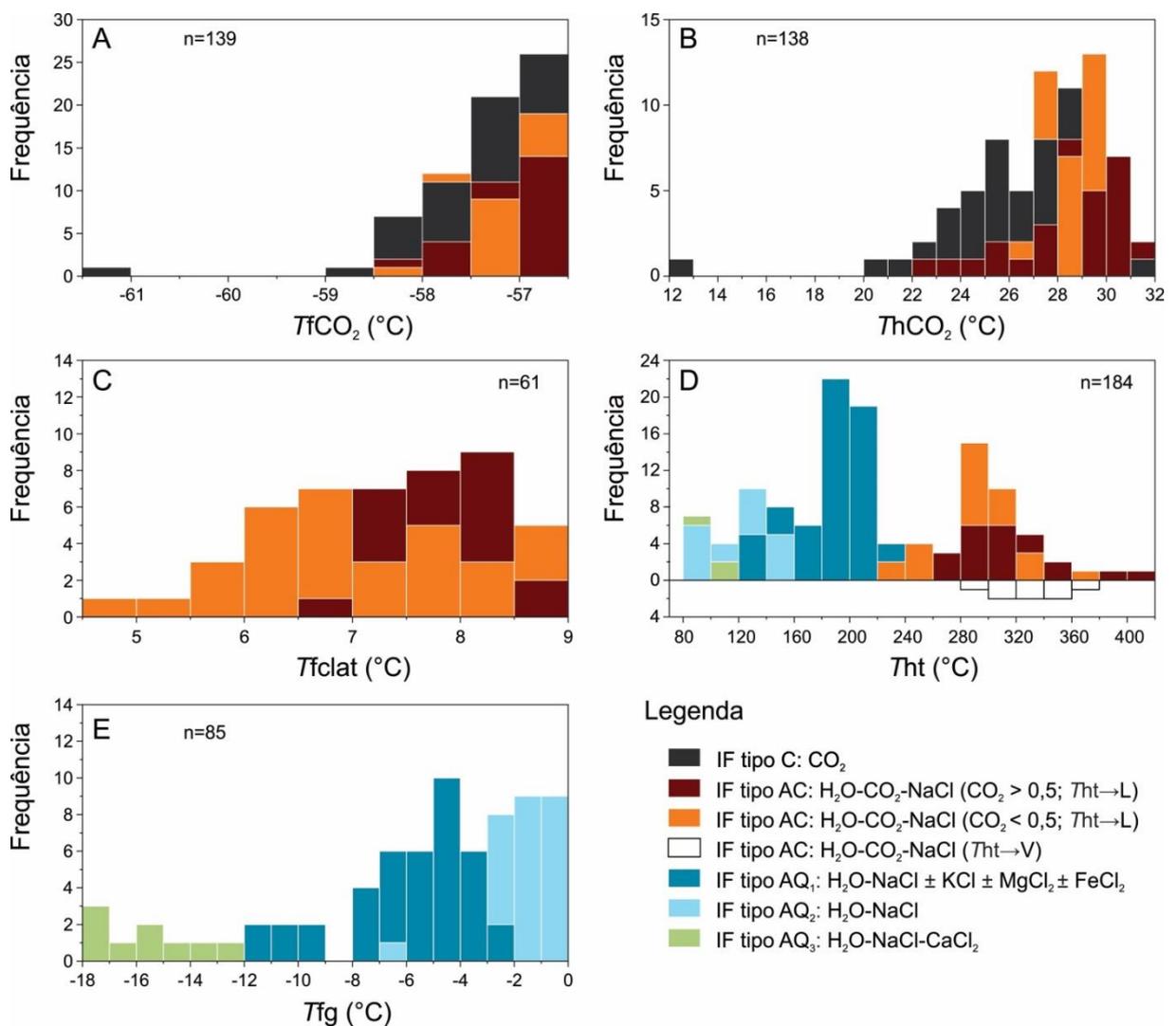


Figura 10. Histogramas de frequência para os dados microtermométricos das inclusões fluidas.

5.3. Densidade e composição

Os dados microtermométricos obtidos nas inclusões C e AC sugerem que a presença de outros voláteis na fase carbônica pouco afetou as suas propriedades microtermométricas. Com base nisso, a composição das inclusões do tipo AC ricas em CO₂ é dada por: $X_{CO_2} = 0,22-0,63$ mol%, $X_{H_2O} = 0,36-0,76$ mol%, $X_{NaCl} = 0,00-0,01$ mol% e, em função dos valores de T_{flat} , salinidade estimada situa-se entre 3,0 e 6,5% em peso equivalente a NaCl. A densidade da fase carbônica (ρ_{CO_2}) varia entre 0,42 e 0,74 g/cm³, enquanto que a densidade global (ρ_{global}) oscila de 0,58 a 0,82 g/cm³. Para as IF AC enriquecidas na fase H₂O têm-se: $X_{CO_2} = 0,06-0,17$ mol%, $X_{H_2O} = 0,82-0,92$ mol%, $X_{NaCl} = 0,01-0,03$ mol% e salinidade entre 2,2 e 9,4% em peso equivalente de NaCl. A ρ_{CO_2} abrange o intervalo de 0,39 a 0,69 g/cm³ e a ρ_{global} varia de 0,80 a 0,97 g/cm³. Já para o tipo C, a densidade circunscreve o intervalo de 0,35 a 0,85 g/cm³. Para esses tipos, esses valores caracterizam fluidos de baixa a moderada densidade e salinidade.

Nas inclusões do tipo AQ a salinidade abrange os intervalos de 4,3 a 17,1 (H₂O-NaCl ± KCl ± MgCl₂ ± FeCl₂: AQ₁), de 0,9 a 10,4 (H₂O-NaCl: AQ₂) e de 16,8 a 21,0 (H₂O-NaCl-CaCl₂: AQ₃) % em peso equivalente de NaCl. A densidade compreende valores entre 0,90 e 1,03 g/cm³ para AQ₁, 0,93 e 1,03 g/cm³ para AQ₂ e 1,10 e 1,11 g/cm³ para AQ₃.

6. QUÍMICA MINERAL

6.1. Biotita

A biotita analisada ocorre como cristais lamelares de dimensões milimétricas nos interstícios de minerais magmáticos essenciais como quartzo e feldspatos.

A biotita de ambas as fácies graníticas corresponde a uma mica rica em ferro, plotando próximo ao polo da annita, segundo o diagrama Fe/(Fe+Mg) vs Al^{IV} (Fig. 11A; Deer et al., 1992). Os valores para X_{Fe} [$X_{Fe} = Fe/(Fe+Mg)$] são similares comparativamente, variando entre 0,83-0,88 e média 0,86 para as biotitas do BMgE, e entre 0,84-0,85 e média 0,85 para as do BMgP. O teor de FeO varia entre 23,52-32,29 % (média 29,27 %) para BMgE e 31,49-32,24 % (média 31,83 %) para o BMgP. No diagrama Al total vs Mg (Fig. 11B; Nachit et al., 1985) as micas estudadas plotam nos campos das biotitas de rochas com assinatura geoquímica cálcico-alcalina a subalcalina. Dados analíticos estão disponibilizados na tabela 3.

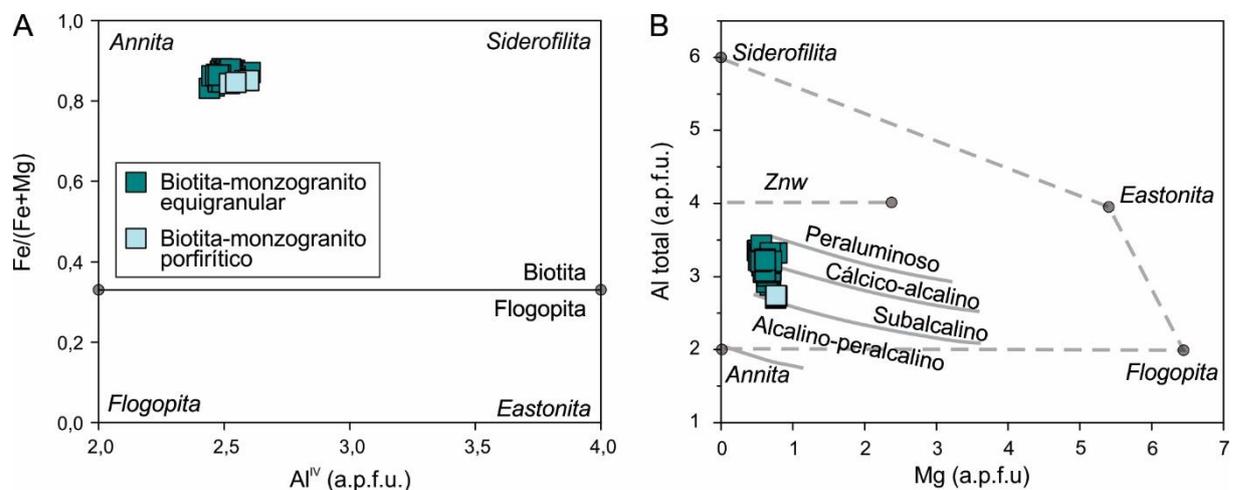


Figura 11. Diagramas binários mostrando variações composicionais da biotita nos plútons do alvo Jerimum de Baixo. A) Diagrama Fe/(Fe+Mg) vs Al^{IV} com composições dos membros finais ideais (Deer et al., 1992); B) Diagrama Al total vs Mg (campos segundo Nachit et al., 1985).

6.2. Muscovita

As micas dioctaédricas analisadas representam as seguintes variedades texturais: (i) advindas de processos de substituição da biotita e plagioclásio tanto nas regiões menos modificadas quanto naquelas mais hidrotermalizadas; (ii) relacionadas a sulfetos disseminados (iii) compondo vênulas e (iv) associadas a corpos brechoides. De maneira geral, estas micas apresentam excesso de cátions no sítio octaédrico e carência na posição intercâmara – embora não sendo compreendidas como micas com deficiência intercâmara, consoante os critérios de Rieder et al. (1998). Apesar das variedades texturais, não se observaram diferenças composicionais significativas entre elas. Com base na relação Al total – M^{+2} – Si (Monier e Robert, 1986), nota-se a concentração dos pontos na metade superior da linha muscovita-celadonita (segmento muscovita-fengita), sendo classificada, portanto, como muscovita (Fig. 12A). O diagrama Al^{VI} vs M^{+2} evidencia uma ótima correlação negativa entre as análises plotadas ($R^2 = 0,91$) na proporção 1:1 (Fig. 12B), sinalizando a existência de substituição isomórfica entre Al e os cátions divalentes no sítio octaédrico, que dá origem a série fengítica e mantendo o caráter dioctaédrico nas micas analisadas. Nesse cenário, a relação que melhor representa essa substituição é $(Si_{+1} Al_{-1})^{IV} (M^{+2}_{+1} Al_{-1})^{VI}$. Dados analíticos estão disponibilizados na tabela 4.

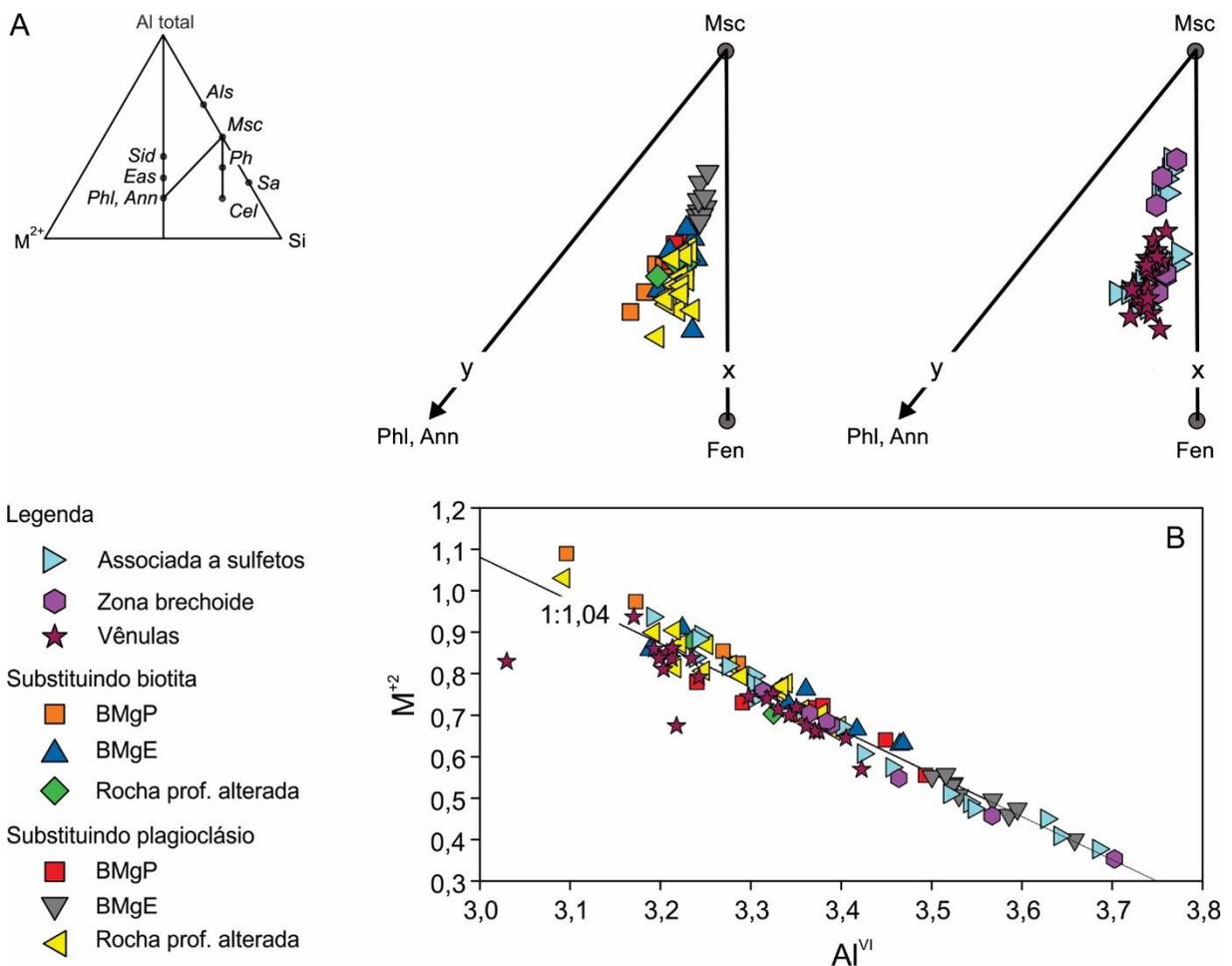


Figura 12. Diagramas químicos para as micas dioctaédricas estudadas em Jerimum de Baixo. A) variação composicional segundo o diagrama Al total – M^{+2} – Si (Monier e Robert, 1986); B) Diagrama binário catiônico evidenciando a correlação negativa entre Al^{VI} e M^{+2} . Ph – Fengita, Als – Aluminossilicato, Sid - Siderofilita.

6.3. Clorita

As análises foram realizadas em cloritas: (i) de preenchimento (vênulas); (ii) de substituição (biotita → clorita); (iii) diretamente associadas a sulfetos disseminados em rocha profundamente alterada e (iv) de corpos brechoides. As cloritas analisadas são ricas em ferro ($\text{FeO} = 35,96\text{-}41,28\%$), sendo classificadas como chamosita (Fig. 13A, Bailey, 1988). Composicionalmente, foi constatado que a clorita resultante da substituição da biotita nas regiões mais preservadas, associadas aos sulfetos disseminados e zonas brechoides são as variedades chamosíticas mais enriquecidas em ferro. É notada também uma diminuição nos valores para X_{Fe} na chamosita de substituição nos granitos, passando por aquela nas zonas mais alteradas e em direção a chamosita venular. A observação do comportamento catiônico nos sítios de acomodação, mostra, de maneira geral, uma forte correlação negativa entre os cátions tetraédricos e os cátions octaédricos (Fig. 13B). Dessa forma, admite-se que o mecanismo de substituição mais importante pode ser descrito pela equação $(\text{Si}_{+1} \text{Al}_{-1})^{\text{IV}} (\text{Al}_{-1} \text{R}^{+2}_{+1})^{\text{VI}}$ (Cathelineau, 1988). A tabela 5 disponibiliza os dados analíticos.

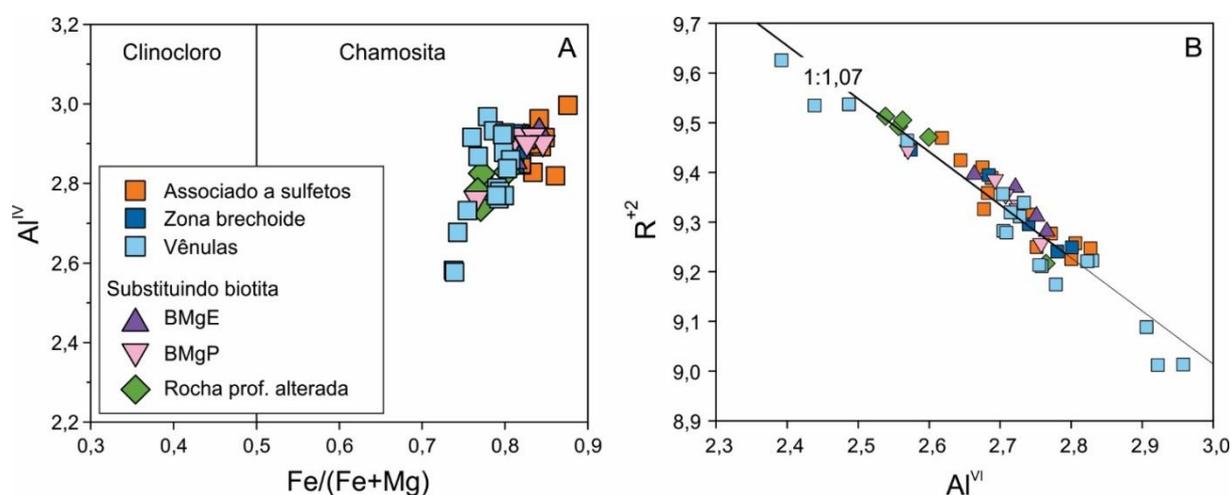


Figura 13. Diagramas composicionais e catiônicos para as cloritas do alvo Jerimum de Baixo. A) Diagrama binário $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ vs Al^{IV} (Bailey, 1988) em que o coeficiente de correlação (R) é 0,7. B) Diagrama catiônico Al^{VI} vs R^{+2} evidenciando forte correlação negativa.

Tabela 3. Análises de microsonda eletrônica representativas da biotita dos granitos do alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.

Fácies	BMgE								BMgP				
	Amostra	EK-R-35								EK-R-36			
		bC1_2	bC2_4	bC2_5	bC3_1	bC3_9	bC4_11	bC4_14	bC5_1	bC5_2	bC6_1	bC6_2	bC6_3
SiO ₂	34,37	34,81	34,52	34,38	35,07	34,37	34,49	34,54	34,19	33,46	33,66	34,51	34,14
TiO ₂	2,84	2,79	2,52	3,38	0,80	3,26	2,63	3,21	3,17	2,50	2,59	2,51	2,55
Al ₂ O ₃	17,09	17,99	17,97	16,25	17,78	16,14	16,59	16,71	16,32	14,16	14,36	14,59	14,54
FeO	28,61	28,11	28,82	29,29	28,97	29,14	29,35	29,50	29,82	32,10	32,24	31,49	31,60
MnO	0,72	0,69	0,70	0,82	1,04	0,84	0,92	0,72	0,73	0,44	0,47	0,46	0,43
MgO	2,48	2,15	2,25	2,81	3,29	2,80	2,62	2,52	2,60	3,16	3,18	3,29	3,23
CaO	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,00	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
Na ₂ O	0,06	0,08	0,09	0,13	0,09	0,10	0,14	0,22	0,16	0,15	0,12	0,15	0,13
K ₂ O	8,82	9,18	9,28	8,71	8,95	8,80	8,72	8,94	8,60	8,77	8,80	8,77	8,80
F	0,05	0,06	0,06	0,12	0,10	0,11	0,03	0,00	0,06	1,53	1,60	1,60	1,55
Cl	0,08	0,09	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09
Subtotal	95,12	95,96	96,29	95,99	96,19	95,65	95,60	96,48	95,75	96,39	97,13	97,48	97,11
O=F,Cl	0,04	0,05	0,04	0,07	0,06	0,06	0,03	0,02	0,04	0,67	0,69	0,69	0,67
Total	95,08	95,92	96,25	95,92	96,13	95,59	95,57	96,45	95,70	95,72	96,44	96,79	96,44
Fórmula estrutural calculada na base de 22 átomos de oxigênio													
Si	5,51	5,51	5,47	5,49	5,56	5,50	5,53	5,49	5,48	5,42	5,40	5,48	5,45
Al ^{IV}	2,49	2,49	2,53	2,51	2,44	2,50	2,47	2,51	2,52	2,58	2,60	2,52	2,55
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{VI}	0,73	0,86	0,83	0,54	0,88	0,55	0,66	0,61	0,56	0,12	0,12	0,21	0,19
Ti	0,34	0,33	0,30	0,41	0,09	0,39	0,32	0,38	0,38	0,30	0,31	0,30	0,31
Fe	3,83	3,72	3,82	3,91	3,84	3,90	3,93	3,92	4,00	4,35	4,33	4,18	4,22
Mn	0,10	0,09	0,09	0,11	0,14	0,11	0,13	0,10	0,10	0,06	0,06	0,06	0,06
Mg	0,59	0,51	0,53	0,67	0,78	0,67	0,63	0,60	0,62	0,76	0,76	0,78	0,77
Sítio Y	5,60	5,51	5,57	5,63	5,73	5,63	5,66	5,61	5,66	5,59	5,58	5,53	5,54
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Na	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
K	1,80	1,85	1,88	1,77	1,81	1,80	1,78	1,81	1,76	1,81	1,80	1,78	1,79
Sítio X	1,82	1,88	1,90	1,82	1,84	1,83	1,83	1,89	1,81	1,86	1,85	1,83	1,84
F	0,02	0,03	0,03	0,06	0,05	0,05	0,01	0,00	0,03	0,79	0,81	0,80	0,78
Cl	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03
Cátions	19,42	19,39	19,48	19,45	19,57	19,46	19,49	19,49	19,47	19,45	19,43	19,35	19,39
Fe/(Fe+Mg)	0,866	0,880	0,878	0,854	0,831	0,854	0,863	0,868	0,866	0,851	0,850	0,843	0,846

Tabela 4. Análises de microsonda eletrônica representativas da muscovita do alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.

Ocorrência	Substituindo plagioclásio						Substituindo biotita					
	BMgE		BMgP		Granito alterado		BMgE		BMgP		Granito alterado	
	EK-R-35		EK-R-40		EK-R-28		EK-R-35		EK-R-40		EK-R-28	
Amostra	SC8_1	SC8_5	SC2_3	SC2_4	SC6_1	SC6_6	SC6_1	SC6_4	SC1_4	SC1_6	SC4_7	SC4_9
SiO ₂	46,68	46,64	47,11	46,87	47,85	46,67	48,81	46,36	45,85	46,52	46,12	46,50
TiO ₂	0,34	0,08	0,07	0,10	0,53	0,37	0,34	0,28	0,41	0,29	0,31	0,19
Al ₂ O ₃	33,05	33,70	31,63	33,12	29,38	30,08	29,54	30,42	29,72	31,47	30,87	31,37
FeO	4,03	3,88	4,68	4,27	3,75	5,91	4,75	6,23	6,70	4,82	6,09	4,88
MnO	0,14	0,12	0,12	0,11	0,06	0,17	0,03	0,16	0,05	0,06	0,15	0,04
MgO	0,42	0,13	0,81	0,32	3,01	1,02	1,62	0,88	1,54	1,36	0,82	1,02
CaO	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01
Na ₂ O	0,50	0,49	0,44	0,46	0,15	0,44	0,13	0,44	0,15	0,20	0,46	0,36
K ₂ O	10,34	10,27	10,14	10,31	10,24	10,15	10,43	9,97	10,39	10,51	10,20	10,50
F	0,21	0,20	0,76	0,52	0,48	0,53	0,56	0,47	0,49	0,53	0,56	0,35
Cl	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02
Subtotal	95,70	95,52	95,75	96,08	95,47	95,34	96,22	95,25	95,31	95,78	95,59	95,24
O=F,Cl	0,09	0,08	0,32	0,22	0,20	0,22	0,23	0,20	0,21	0,22	0,24	0,15
Total	95,61	95,43	95,43	95,87	95,27	95,12	95,98	95,05	95,10	95,55	95,35	95,09
Fórmula estrutural calculada na base de 22 átomos de oxigênio												
Si	6,27	6,26	6,34	6,27	6,44	6,36	6,53	6,33	6,29	6,28	6,28	6,31
Al ^{IV}	1,73	1,74	1,66	1,73	1,56	1,64	1,47	1,67	1,71	1,72	1,72	1,69
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{VI}	3,50	3,59	3,35	3,49	3,09	3,19	3,19	3,22	3,10	3,29	3,23	3,33
Ti	0,03	0,01	0,01	0,01	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02
Fe	0,45	0,44	0,53	0,48	0,42	0,67	0,53	0,71	0,77	0,54	0,69	0,55
Mn	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00
Mg	0,08	0,03	0,16	0,06	0,60	0,21	0,32	0,18	0,31	0,27	0,17	0,21
Sítio Y	4,09	4,08	4,06	4,06	4,18	4,13	4,08	4,16	4,23	4,14	4,14	4,12
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,13	0,13	0,11	0,12	0,04	0,12	0,03	0,12	0,04	0,05	0,12	0,09
K	1,77	1,76	1,74	1,76	1,76	1,76	1,78	1,74	1,82	1,81	1,77	1,82
Intercamada	1,90	1,89	1,86	1,88	1,80	1,88	1,82	1,86	1,86	1,86	1,89	1,91
F	0,09	0,08	0,32	0,22	0,20	0,23	0,24	0,20	0,21	0,23	0,24	0,15
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Cátions	17,99	17,97	17,91	17,94	17,98	18,01	17,90	18,02	18,09	18,00	18,04	18,03
Fe/(Fe+Mg)	0,844	0,945	0,765	0,883	0,411	0,765	0,621	0,798	0,710	0,666	0,806	0,728

Tabela 4. Continuação.

Ocorrência	Associada a sulfetos		Zona brechoide		Vênulas			
Amostra	EK-R-28		EK-R-29		EK-R-18		EK-R-26	
Análises	SC7_7	SC8_4	SC1_6	SC1_11	SC1_8	SC1_15	SC1_10	SC2_11
SiO ₂	46,59	48,56	46,52	47,56	46,48	48,08	47,19	49,18
TiO ₂	0,11	0,20	0,80	0,20	0,24	0,44	0,49	0,29
Al ₂ O ₃	35,03	32,10	33,29	31,39	30,26	30,18	30,62	29,64
FeO	2,21	2,88	2,89	3,86	5,80	4,83	5,12	3,83
MnO	0,07	0,06	0,16	0,05	0,20	0,18	0,15	0,16
MgO	0,62	1,26	1,04	1,21	0,78	1,50	1,34	1,98
CaO	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,02	0,03	0,02
Na ₂ O	0,38	0,11	0,40	0,18	0,38	0,40	0,33	0,34
K ₂ O	10,67	10,74	10,34	10,42	10,28	10,20	10,19	10,09
F	0,10	0,29	0,22	0,37	1,99	0,58	0,45	0,49
Cl	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subtotal	95,79	96,19	95,69	95,25	96,40	96,39	95,91	96,01
O=F,Cl	0,04	0,12	0,10	0,16	0,84	0,24	0,19	0,21
Total	95,74	96,06	95,59	95,09	95,56	96,15	95,72	95,81
Fórmula estrutural calculada na base de 22 átomos de oxigênio								
Si	6,19	6,44	6,22	6,40	6,27	6,43	6,36	6,56
Al ^{IV}	1,81	1,56	1,78	1,60	1,73	1,57	1,64	1,44
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{VI}	3,68	3,46	3,46	3,38	3,08	3,19	3,23	3,21
Ti	0,01	0,02	0,08	0,02	0,02	0,04	0,05	0,03
Fe	0,25	0,32	0,32	0,43	0,65	0,54	0,58	0,43
Mn	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Mg	0,12	0,25	0,21	0,24	0,16	0,30	0,27	0,39
Sítio Y	4,07	4,05	4,09	4,09	3,94	4,10	4,14	4,08
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,10	0,03	0,10	0,05	0,10	0,10	0,09	0,09
K	1,81	1,82	1,76	1,79	1,77	1,74	1,75	1,72
Intercamada	1,91	1,84	1,87	1,84	1,87	1,85	1,84	1,81
F	0,04	0,12	0,09	0,16	0,85	0,24	0,19	0,21
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cátions	17,98	17,89	17,96	17,92	17,81	17,94	17,98	17,89
Fe/(Fe+Mg)	0,666	0,562	0,610	0,642	0,808	0,643	0,683	0,520

Tabela 5. Análises de microsonda eletrônica representativas da clorita do alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.

Ocorrência	Substituindo biotita						Associada a sulfetos	
	BMgE		BMgP		Granito alterado			
	EK-R-35		EK-R-36		EK-R-28		EK-R-28	
	C-C5_12	C-C5_14	C-C2_1	C-C2_6	C-C4_2	C-C4_3	C-C1_9	C-C3_1
Amostra								
Análises								
SiO ₂	21,95	22,57	22,31	23,43	23,03	23,02	22,67	22,34
TiO ₂	0,02	0,03	0,05	0,18	0,09	0,09	0,02	0,03
Al ₂ O ₃	20,74	20,54	20,88	20,25	21,14	20,48	20,75	21,71
FeO	38,61	39,30	39,80	38,06	38,42	38,25	39,43	40,44
MnO	1,29	0,85	0,24	0,82	1,19	0,83	1,17	1,00
MgO	4,56	5,12	5,16	6,53	5,30	6,34	4,41	4,28
CaO	0,01	0,04	0,04	0,02	0,02	0,03	0,09	0,01
Na ₂ O	0,02	0,04	0,00	0,05	0,05	0,02	0,02	0,01
K ₂ O	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Subtotal	87,22	88,52	88,52	89,37	89,27	89,07	88,59	89,82
O=F,Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	87,22	88,52	88,52	89,37	89,27	89,07	88,58	89,82
Fórmula estrutural calculada na base de 28 átomos de oxigênio								
Si	5,09	5,14	5,08	5,24	5,17	5,17	5,17	5,04
Al ^{IV}	2,91	2,86	2,92	2,76	2,83	2,83	2,83	2,96
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{VI}	2,75	2,66	2,69	2,57	2,76	2,60	2,75	2,81
Ti	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,00	0,01
Fe	7,48	7,49	7,58	7,11	7,21	7,19	7,53	7,63
Mn	0,25	0,16	0,05	0,16	0,23	0,16	0,23	0,19
Mg	1,57	1,74	1,75	2,18	1,78	2,12	1,50	1,44
Ca	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00
Na	0,01	0,02	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00
K	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
Sítio Y	12,08	12,10	12,10	12,08	12,03	12,10	12,05	12,07
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cátions	20,08	20,10	20,10	20,08	20,03	20,10	20,05	20,07
Fe/(Fe+Mg)	0,826	0,812	0,812	0,766	0,803	0,772	0,834	0,841
Ca+Na+K	0,02	0,04	0,01	0,03	0,04	0,02	0,04	0,01
Cath (°C)	407	398	407	383	394	393	393	415
KM (°C)	388	381	387	368	377	375	380	394
ZF (°C)	281	277	283	271	275	277	272	285
X (°C)	297	290	300	285	288	294	281	301

Cath – Cathelineau (1988); KM – Kranidiotis e MacLean (1987); ZF – Zang e Fyfe (1995); X – Xie et al., (1997).

Tabela 5. Continuação.

Ocorrência	Zona brechoide		Vênulas			
	EK-R-29		EK-R-18		EK-R-26	
	C-C1_3	C-C1_4	C-C1_1	C-C1_4	C-C1_6	C-C2_1
SiO ₂	22,47	23,04	22,27	22,58	24,16	22,54
TiO ₂	0,02	0,20	0,00	0,05	0,16	0,05
Al ₂ O ₃	21,51	20,15	21,76	21,62	18,78	20,79
FeO	39,05	38,03	37,53	35,96	37,36	38,48
MnO	1,19	0,84	0,62	0,57	0,71	1,13
MgO	4,89	6,22	5,97	6,10	7,40	5,16
CaO	0,01	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02
Na ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,03	0,02	0,01
K ₂ O	0,01	0,07	0,00	0,06	0,03	0,01
F	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Subtotal	89,16	88,60	88,20	87,01	88,67	88,18
O=F,Cl	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Total	89,16	88,60	88,19	87,00	88,67	88,18
Fórmula estrutural calculada na base de 28 átomos de oxigênio						
Si	5,08	5,21	5,03	5,13	5,42	5,14
Al ^{IV}	2,92	2,79	2,97	2,87	2,58	2,86
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{VI}	2,80	2,57	2,83	2,92	2,39	2,73
Ti	0,00	0,03	0,00	0,01	0,03	0,01
Fe	7,38	7,19	7,09	6,84	7,01	7,34
Mn	0,23	0,16	0,12	0,11	0,14	0,22
Mg	1,65	2,10	2,01	2,07	2,48	1,75
Ca	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
K	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00
Sítio Y	12,06	12,09	12,06	11,98	12,07	12,06
F	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cátions	20,06	20,09	20,06	19,98	20,07	20,06
Fe/(Fe+Mg)	0,818	0,774	0,779	0,768	0,739	0,807
Ca+Na+K	0,01	0,03	0,01	0,04	0,02	0,01
Cath (°C)	409	388	416	400	353	398
K&M (°C)	389	372	390	379	346	381
Z&F (°C)	283	274	292	282	254	278
X (°C)	300	288	315	302	261	292

Cath – Cathelineau (1988); KM – Kranidiotis e MacLean (1987); ZF – Zang e Fyfe (1995); X – Xie et al., (1997).

6.3.1. Geotermômetro da clorita

Diversos estudos têm utilizado a composição química da clorita para estimar as suas temperaturas de formação. Apesar das limitações observadas nas abordagens empíricas (p. ex., De Caritat et al., 1993; Kranidiotis e MacLean, 1987; Xie et al., 1997), a técnica comumente rende resultados razoáveis quando alguns requisitos são observados (cf., Klein et al., 2007): (1) correlação linear entre X_{Fe} e Al^{IV} , (2) consistência entre os dados químicos das cloritas estudadas e aqueles utilizados na calibração dos geotermômetros e (3) os resultados são comparados com estimativas de temperatura independentes.

Em Jerimum de Baixo, as cloritas analisadas mostram uma correlação linear positiva (coeficiente de correlação = 0,7) entre X_{Fe} e Al^{IV} , que, apesar de não ser perfeita, é assumida como existente. A composição química dessas cloritas situa-se dentro do intervalo composicional daquelas usadas por Zang e Fyfe (1995) e Xie et al. (1997) para calibrar seus geotermômetros. Em que pese as temperaturas obtidas por inclusões fluidas, as imprecisões na abordagem do primeiro – a desconsideração da interferência das condições de pressão nos resultados obtidos e a retirada em excesso de Al^{IV} pelo fator de correção –, e a apreciação da influência da composição da rocha hospedeira na composição da clorita dada pela abordagem de Xie et al. (1997), a estes últimos atribuem-se os resultados mais coerentes. Dessa forma, o intervalo total de temperaturas de formação da chamosita é de 261-315 °C, com os valores se concentrando amplamente entre 280-305°C.

7. DISCUSSÕES

7.1. Interpretação dos dados de inclusões fluidas

O modo de ocorrência e distribuição dos vários tipos de IF observados em cristais de quartzo de veios no Jerimum de Baixo poderiam ser explicados por um dos seguintes mecanismos (ou uma combinação destes): (i) modificações pós-aprisionamento de um fluido H_2O-CO_2-NaCl ; (ii) mistura parcial e aprisionamento heterogêneo de dois fluidos hidrotermais originalmente não relacionados; (iii) separação de fases em um fluido H_2O-CO_2-NaCl homogêneo; ou (iv) circulação de fluidos com características físico-químicas contrastantes, aprisionados em diferentes estágios, e sem evidências de qualquer tipo de interação. Embora os veios estudados exibissem cristais de quartzo com sinais de deformação e recristalizações localizadas, as inclusões analisadas se apresentavam em formas regulares e sem evidências de vazamentos/estrangulamentos, além de hospedadas em cristais pouco a não deformados.

Inclusões do tipo C, AC e AQ (em especial, as primárias) poderiam ser produzidas por mistura em variadas proporções entre fluidos semelhantes aos tipos C e AQ. Todavia, aspectos petrográficos (relações texturais e de truncamento), somados aos dados microtermométricos das populações de inclusões fluidas, apontam para que as inclusões do tipo C e AC sejam as mais precoces e cogenéticas, enquanto que as do tipo AQ sejam mais tardias. Além disso, não se observa *trends* em um diagrama T_{ht} x salinidade (Fig. 14) entre os tipos de inclusões com CO_2 e as aquosas, comum em eventos de mistura (Cathelineau e Marignac, 1994).

A coexistência dos tipos C e AC (e seus subtipos) em um mesmo domínio microscópico em agrupamentos de inclusões relacionadas espacialmente e apresentando valores relativamente similares para T_{fCO_2} e T_{hCO_2} podem ser indicativos de que as inclusões foram aprisionadas a partir de um mesmo fluido durante a evolução do sistema hidrotermal. A variação das razões CO_2/H_2O e dados microtermométricos, tais como variação na T_{hCO_2} (variação de densidade) e na T_{ht} , indicam que o fluido foi aprisionado em estado heterogêneo.

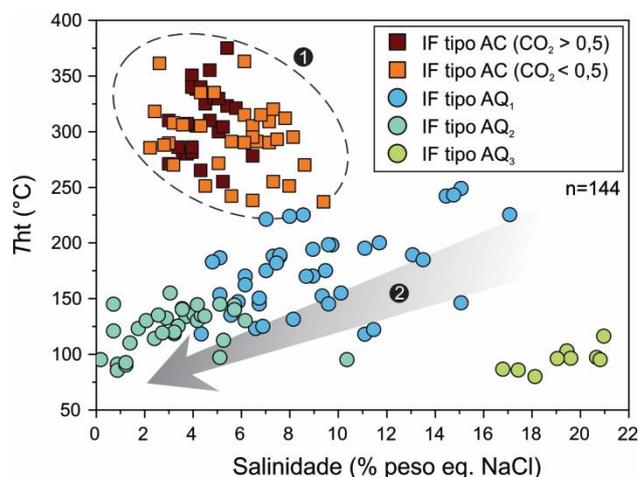


Figura 14. Diagrama T_{ht} vs salinidade, indicando a variação composicional dos tipos de inclusões fluidas em cristais de quartzo em veios, no alvo Jerimum de Baixo. O campo (1) destaca as inclusões aquocarbônicas aprisionadas durante o processo de efervescência, enquanto que o vetor (2) marca o *trend* de mistura e diluição do fluido aquoso primário (AQ_1) por um fluido mais tardio (AQ_2).

Evidências que testemunham a favor de imiscibilidade de fluidos no alvo Jerimum de Baixo, segundo os critérios descritos por Ramboz et al. (1982), são: (i) IF aquocarbônicas com razões H_2O/CO_2 bem contrastantes aparentemente aprisionadas contemporaneamente, (ii) apresentando intervalos de T_{ht} similares em que (iii) alguns agrupamentos de IF homogeneizam para o estado líquido e outros para o vapor dentro de um intervalo de temperatura similar. O fenômeno do particionamento preferencial dos sais para a fase aquosa em processos de separação de fases, que resultaria em IF do tipo AC enriquecidas na fase aquosa mais salina, não foi estatisticamente estabelecido. A ausência de H_2O detectável em inclusões carbônicas pode ser inconsistente com a hipótese de separação de fases a partir de um fluido H_2O-CO_2-NaCl . No entanto, considerando as dimensões diminutas de várias dessas inclusões, há a possibilidade de uma fase aquosa microscopicamente indetectável (até 15% em volume) ao longo das paredes internas da cavidade (Hollister, 1990).

As inclusões aquosas interpretadas como representativas do sistema $H_2O-NaCl \pm KCl \pm MgCl_2 \pm FeCl_2$, mesmo que primárias e compartilhando um mesmo campo microscópico com as do tipo C e/ou AC, não se mostram petrograficamente contemporâneas a essas últimas, o que é consistente com os dados de T_{ht} . Ainda que em sistemas aquocarbônicos imiscíveis normalmente se produzam extremos ricos em H_2O e pobres em H_2O (que aqui poderiam ser representados pelos tipo C e parte do tipo AQ), cenários de efervescência gerando membros finais com a fase CO_2 perceptível têm sido registrados por diversos trabalhos (p. ex., Chi et al., 2009; Klein et al., 2006; Klein e Fuzikawa, 2010; Schmidt-Mumm et al., 1997), inclusive no próprio Campo Mineralizado do Cuiú-Cúiu (Assunção e Klein, 2014; Klein et al., 2001). Com base no exposto, entende-se que as inclusões fluidas desse sistema salino representam um episódio de aprisionamento independente e distinto do fluido H_2O-CO_2-NaCl , cujo mecanismo de separação de fases – efervescência – é o processo que desencadeia o estágio mineralizante.

A ocorrência de inclusões fluidas com salinidades contrastantes, aprisionadas em um mesmo arranjo espacial e a observação da correlação positiva entre as suas T_{ht} e salinidade (Fig. 14) pode ser interpretada como resultado da mistura do fluido $H_2O-NaCl \pm KCl \pm MgCl_2$

$\pm \text{FeCl}_2$ (AQ₁) com um fluido mais tardio, representado pelo fluido do sistema H₂O-NaCl (AQ₂), gerando o *trend* de diluição observado na Figura 14.

Os fluidos atribuídos ao sistema H₂O-NaCl-CaCl₂ (AQ₃) mostram os mais elevados valores de salinidade e baixas temperaturas de aprisionamento. Tendo em vista que história hidrotermal observada em Jerimum de Baixo adquire um caráter mais cálcico nos seus momentos finais é plausível que esse tipo de fluido esteja relacionado com a formação do epidoto, calcita e fluorita.

7.2. Estimativas das condições de pressão e profundidade

Fluidos aprisionados em condições de eferescência/*boiling* são especialmente interessantes para estimativas de pressão no momento do aprisionamento pois registram tais condições sem a necessidade de correção de pressão. Asumindo-se que as IF aquocarbônicas foram aprisionadas durante o estágio mineralizante e que satisfazem os critérios para condições de imiscibilidade, isócoras construídas a partir das suas densidades global mínima e máxima dentro do intervalo térmico estimado para o estágio mineralizante foram cruzadas com as temperaturas de formação da clorita. Dessa forma, a estimativa para as condições de pressão mais provável para o aprisionamento desses fluidos corresponde a uma faixa de 0,7 a 2,1 kbar, que, admitindo-se condições litostáticas, equivale a profundidades entre 1,9 e 5,8 km (Fig. 15). Essa estimativa é compatível com regime rúptil a rúptil-dúctil da crosta e é corroborada pelos dados petrográficos e estruturais (rochas hospedeiras com aspectos texturais originais localmente preservados, cristais de plagioclásio com planos de macla encurvados, cristais de quartzo com extinção ondulante, presença de veios de quartzo localmente cisalhados, preenchimento de espaços abertos por clorita \pm muscovita e o estilo fissural da alteração hidrotermal).

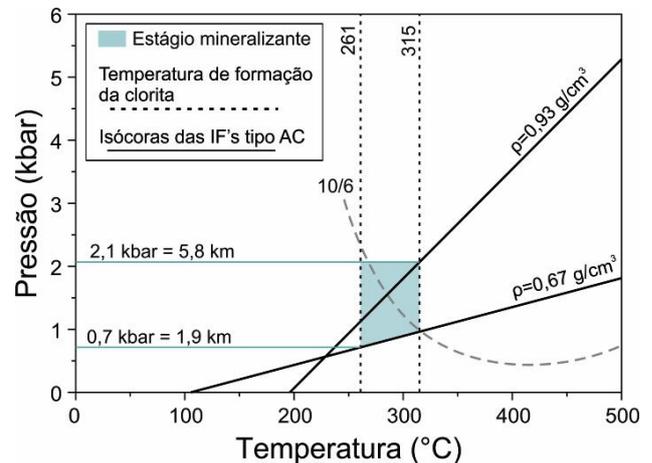


Figura 15. Diagrama P-T mostrando as condições de pressão e temperatura estimadas (área azul) para o aprisionamento das IF aquocarbônicas do alvo Jerimum de Baixo. A curva tracejada representa o solvus para o sistema H₂O-CO₂-NaCl com X_{CO2} = 10 e 6% em peso equivalente de NaCl (Bowers e Helgeson, 1983). Linhas verticais mostram o intervalo de temperaturas obtidas a partir do geotermômetro da clorita.

7.3. Transporte e mecanismos de deposição

Em soluções hidrotermais, o transporte do ouro é mais eficientemente realizado sob a forma de complexos de bissulfeto de ouro [$\text{Au}(\text{HS})_2^-$, $\text{Au}(\text{HS})^0$] e complexos de cloro (AuCl_2^-) (Benning e Seward, 1996; Gammons et al., 1994; Hayashi e Ohmoto, 1991). Em Jerimum de Baixo, o minério é do tipo sulfetado (principalmente pirita), sem quantidade relevante de outros minerais de metais de base e formado em temperaturas $<400\text{ }^\circ\text{C}$; a presença de pirrotita em paragênese no minério (partículas de Au em fratura) atesta um caráter redutor para o fluido mineralizante; a predominância de mica branca na paragênese hidrotermal indica que o pH se tornou neutro a levemente alcalino (Romberger, 1990). Esse cenário aponta o H_2S (alternativamente HS^-) como o principal ligante no fluido mineralizador e o $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ como o complexo transportador primário do ouro.

A precipitação de metais solubilizados ocorre pela desestabilização dos complexos transportadores em resposta à variação de parâmetros físico-químicos como $f\text{O}_2$, pH, temperatura, dentre outros. Reações de hidrólise (cloritização e sericitização) consomem H^+ do ambiente, ao passo que a cristalização de calcita consome CO_2 do fluido, ambas promovendo alterações no pH. A formação de sulfetos nas rochas alteradas sugere que a interação fluido-rocha desestabilizou minerais máficos (p. ex., biotita) e provocou uma redução da atividade do enxofre.

7.4. Evolução do sistema hidrotermal no alvo Jerimum de Baixo

Acerca da fonte dos fluidos no Complexo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, estudos envolvendo isótopos de H, O, C e S têm convergido com razoabilidade para uma mesma interpretação (Araújo, 2014; Assunção e Klein, 2014; Silva Junior e Klein, 2016). Dados isotópicos de H e O obtidos em clorita e quartzo indicaram uma origem magmática para os fluidos. A composição isotópica do C da calcita e de IF com CO_2 , tendem a apresentar composições compatíveis com fontes magmáticas, metamórficas e carbonatos marinhos. A ausência de registros de carbonatos marinhos e de metamorfismo à época da mineralização na PAT limita a uma fonte magmática (\pm mantélica) para o CO_2 . A composição do S na pirita tem sido atribuída à fonte magmática (magmas félsicos ou por lixiviação de sulfetos de rochas ígneas).

Segundo Chi e Xue (2011), a exsolução de fluidos magmáticos a partir de magmas na parte externa de intrusões (entre a carapaça solidificada e a parte interna da intrusão subsaturada em água) resulta em uma expansão no volume total, provocando assim uma sobrepressão. Quando a resistência da carapaça solidificada é superada pela pressão exercida pelos fluidos confinados, a conseqüente fragmentação da mesma e das rochas suprajacentes (hidrofraturamento) gera condutos para os fluidos em exsolução. Essas condições geológicas justificariam a presença de corpos brechoides e veios.

O fluido $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ exsolvido precocemente interagiu com as rochas encaixantes graníticas desestabilizando os minerais primários, em especial a biotita e o plagioclásio, substituindo-os mais comumente por clorita e fengita. A sílica dissolvida no fluido foi principalmente precipitada como quartzo em espaços abertos. O hidrofraturamento é normalmente acompanhado de depressurização rápida, que é tida como um excelente gatilho para processos de efervescência/ebulição (Jébrak, 1997; Parry e Bruhn, 1990). Quando os fluidos alcançaram o nível de transição rúptil-dúctil da crosta ($\sim 6\text{ km}$), os componentes formadores do minério começaram a ser precipitados em resposta ao fraturamento e flutuações nas condições de pressão, além de reações fluido/rocha e alterações no pH. Com o resfriamento do sistema, a solubilidade CO_2 no fluido decresceu (Lowenstern, 2001) resultando em um fluido aquoso mais salino ou, alternativamente, houve um evento de infiltração de um fluido aquoso independente ($\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl} \pm \text{KCl} \pm \text{MgCl}_2 \pm \text{FeCl}_2$). Nos estágios finais da história hidrotermal,

o metassomatismo adquire um caráter mais cálcico, estabilizando localmente epidoto e, posteriormente, calcita venular. Os fluidos com fluxo ascendente, de fonte mais profunda, misturar-se-iam com os fluidos que fluíam descendentemente ($H_2O-NaCl$).

O fluido do sistema $H_2O-NaCl-CaCl_2$ pode estar relacionado em alguma proporção com a precipitação da calcita e até mesmo da fluorita dado o seu registro em eventos tardios na evolução do sistema hidrotermal. Todavia, a ausência de estudos nesses minerais dificulta a confirmação dessa hipótese. Fluidos de composições similares foram registrados em vários depósitos auríferos na PAT. No depósito aurífero de Ouro Roxo, Veloso et al. (2013) atribuíram para esse tipo fluido uma natureza ligada ao magmatismo Maloquinha. Considerando a possibilidade da existência de elementos como Li para esse tipo de fluido no alvo Jerimum de Baixo, é viável que tal fluido esteja relacionado ao magmatismo Maloquinha.

7.5. Relação do alvo Jerimum de Baixo com outros jazimentos do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú

O Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú abrange dois depósitos e vários alvos cuja maioria exhibe, de maneira geral, características metalogenéticas bastante similares que apontam para um evento mineralizante comum para os mesmos. Em Jerimum de Baixo, o que se observa é uma boa correspondência de várias dessas características, que estão sintetizadas na Tabela 6. Embora não haja dados geocronológicos das rochas encaixantes, todavia, petrograficamente, constata-se rochas monzograníticas e atribuídas por relações de campo à Suíte Intrusiva Creporizão (Moura et al., 2014). A alteração hidrotermal observada em Jerimum de Baixo é, em geral, muito similar ao observado em outros sítios mineralizados no CMCC no que tange ao estilo, intensidade e assembleia mineralógica. Em relação a esta última, excetuando-se a fluorita (registrada somente em Jerimum de Baixo), a ocorrência de epidoto foi percebida também nos depósitos Moreira Gomes e Central. Na associação metálica em Jerimum de Baixo, a pirrotita assume papel importante na paragênese do minério, embora, aparentemente, não seja ubíqua no CMCC.

O sistema de fluidos em Jerimum de Baixo, foi regido inicialmente por fluidos aquocarbônicos, provavelmente magmáticos, com infiltrações de fluidos aquosos nos momentos finais da história hidrotermal. Para o fluido H_2O-CO_2-NaCl , é atribuída a condição de fluido mineralizante e foi aprisionado entre 237,0 e 405,0°C, com pico entre 280,0 e 340,0°C, e com salinidade baixa a moderada. Para os fluidos aquosos, as temperaturas de homogeneização abrangeram o intervalo total de 80,0 a 249,0°C, com o pico principal entre 180,0 e 220,0°C, em que as maiores salinidades foram observadas em fluidos tardios com $H_2O-NaCl-CaCl_2$ (16,8 a 21,0% em peso equivalente de NaCl). Embora os intervalos totais de Tht se assemelhem com os observados nos outros jazimentos, os picos principais mostraram-se relativamente mais rebaixados. A nível de prospecto, Klein et al. (2001) registraram em Guarim temperaturas de homogeneização amplamente comparáveis com as verificadas em Jerimum de Baixo.

No CMCC, estudos de geotermometria isotópica foram implementados com maior frequência, não havendo informações publicadas sobre temperaturas de formação da clorita com base em sua composição química, além do exposto no presente estudo. Considerando os resultados obtidos por Assunção e Klein (2014) no depósito Moreira Gomes (304-359°C), e assumindo uma boa correspondência paragenética entre a clorita estudada por isótopos estáveis e as cloritas aqui estudadas, observa-se que aquele depósito abrange valores termométricos mais elevados que os observados em Jerimum de Baixo, indicando que a mineralização nesse último deve ter ocorrido em temperaturas relativamente mais baixas.

Tabela 6. Características geológicas e propriedades físico-químicas dos fluidos disponíveis para os depósitos e alvos do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú.

Depósitos/ alvos	Moreira Gomes	Central	Guarim	Pau da Merenda	Jerimum de Cima	Jerimum de Baixo	Babi
Rocha hospedeira (unidade estratigráfica)	Tonalito (Creporizão)	Monzogranito (Parauari)	Diorito, granodiorito (Cuiú-Cuiú)	Monzogranito, granodiorito (Cuiú-Cuiú)	Tonalito a monzogranito (Cuiú-Cuiú)	Monzogranito (Creporizão)	Tonalito, Monzogranito (Cuiú-Cuiú)
Alteração hidrotermal	sil, chl, ser, carb, sulf, ep	sil, chl, ser, carb, sulf	sil, chl, carb, ser, sulf	sil, chl, ser, carb, sulf	sil, chl, ser, carb, sulf	sil, ser, chl, carb, sulf	chl, carb, ser, sulf, sil
Principais sulfetos	Py	Py	Py (Ccp)	Py, Ccp, Po	Py	Py, Po (Ccp)	Py
Estilo da mineralização	Vênulas, fissural	Vênulas, fissural	Veio maciço, brecha	Vênulas, fissural	Vênulas, disseminado	Vênulas, fissural, disseminado	nm
Idade estimada (Ma)	1858	1886-1907b	nd	1862-1867b	nd	nd	nd
Tipo de fluido [Tht] [Salinidade]	CO ₂ , H ₂ O-CO ₂ , [280-350] [3,9-7,5] H ₂ O [110-225] [~0-10,1]	CO ₂ , H ₂ O-CO ₂ , [280-360] [3,9-9,0] H ₂ O [80-200] [3,4-13,9]	CO ₂ , H ₂ O-CO ₂ , [270-320] [3,9-9,1] H ₂ O [160-220] [3,4-7,9]	CO ₂ , H ₂ O-CO ₂ , [220-320] [4,0-8,0] H ₂ O [100-250] [3,0-9,0]	CO ₂ , H ₂ O-CO ₂ , [280-400] [3,9-6,6] H ₂ O [130-350] [2,6-9,2]	CO ₂ , H ₂ O-CO ₂ , [280-340] [3,0-8,3] H ₂ O [140-220] [0,9-11,7]	H ₂ O [136-410] [3,4-8,5]
P (kbar)	<2,1	0,75-1,5	0,9-2,9	nd	1,2-2,0	0,7-2,1	nd
Profundidade (km)	<6,0	2,6-5,0	4,0-7,0	nd	3,3-5,5	1,9-5,8	nd
Referências	4,5	4,7	1,2	3,4	2,5	8	5

Tht – Temperatura de homogeneização final em °C, nd – não determinado ou não disponível; nm – não mineralizado; sil - silicificação, chl - cloritização, carb – carbonatação, ser – sericitização, ep - epidotização, sulf – sulfetação; Py: pirita, Ccp: calcopirita, Po: pirrotita (abreviações entre parênteses indicam fases subordinadas). Salinidade em % peso NaCl equivalente. Valores entre colchetes informam o intervalo principal.

Referências: 1 – Klein et al. (2001); 2 – Coutinho (2008); 3 – Queiroz e Klein (2012); 4 – Silva Junior et al. (2012); 5 – Silva Junior e Klein (2016); 6 – Assunção e Klein (2014); 7 – Araújo (2014); 8 – este estudo.

7.6. Modelo de depósito mineral

Os primeiros estudos realizados no CMCC apontaram para este uma filiação à classe de depósitos de ouro orogênico, baseado nas características físico-químicas dos fluidos (aquocarbônicos e mesotermiais) e ligando os mesmos a fontes metamórficas (p. ex., Klein et al., 2001). Todavia, dados geológicos e geocronológicos mais recentes têm estimado uma idade da mineralização para o CMCC de aproximadamente 1,86 Ga (Araújo, 2014; Silva Junior et al., 2012; Silva Junior et al., 2013), apontando a ausência de evento metamórfico que justifique a formação do minério (o metamorfismo na PAT é inferido ter ocorrido há cerca de 2,0-1,95 Ga, Klein et al., 2002; Santos et al., 2001). Nesse aspecto, a mineralização do CMCC pode ser considerada praticamente contemporânea, ou um pouco mais jovem do que a granitogênese Maloquinha, conforme idade Pb-Pb em zircão de 1880 ± 9 Ma obtida por Lamarão et al. (2002).

Não obstante a existência de um litotipo porfirítico no alvo Jerimum de Baixo, os tipos de alteração hidrotermal, o estilo estrutural, a ausência de fases minerais oxidadas em importância, o baixo teor de sulfetos e de metais de base, e a composição dos fluidos dificultam a interpretação de um modelo similar aos sistemas pórfiro-epitermal (p. ex., Seedorff et al., 2005; Simmons et al., 2005).

Os dados levantados para o alvo Jerimum de Baixo apontam para um jazimento aurífero regido por um sistema magmático-hidrotermal no qual fluidos aquocarbônicos de baixa salinidade e baixa a moderada densidade foram exsolvidos por magmatismo félsico em profundidades entre 2 e 6 km. Com o progresso do sistema hidrotermal, ocorrem infiltrações tardias de outros fluidos (magmáticos e superficiais). Embora os tipos de fluidos envolvidos, tipos e estilos das alterações hidrotermais, teor de sulfetos baixos e associação metálica (com destaque para Au-Bi-Te) sejam características similares ao encontrados nos RIRGS (*reduced intrusion-related gold systems* – Hart, 2007), tal definição depende das informações do plúton causativo, que ainda não foi devidamente esclarecido no CMCC.

8. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

As rochas hospedeiras em Jerimum de Baixo estão relacionadas, em escala de mapa, à Suíte Intrusiva Creporizão (Fig. 2). As características composicionais da biotita remetem a um magma progenitor de natureza cálcico-alcálica a subalcalina. Apesar da compatibilidade, dados geocronológicos devem confirmar tal ligação, uma vez que outras suítes também podem apresentar tais características (Suíte Intrusiva Parauari).

A mineralização de ouro está hospedada em veios/vênulas contendo quartzo \pm clorita \pm muscovita \pm pirita \pm pirrotita \pm carbonatos, associada a um sistema hidrotermal desenvolvido sobre e nas proximidades de rochas graníticas de composição monzogranítica. O ouro ocorre em fraturas de pirrotita e/ou pirita, e como partículas livres em cristais de quartzo.

Os estágios de alteração hidrotermal observados no alvo Jerimum de Baixo são representados por cloritização, sericitização, sulfetação, silicificação, epidotização e carbonatação. A clorita formada, tanto a de substituição quanto venular, é do tipo chamosítica com elevados teores de X_{Fe} , em que as sutis modificações composicionais são ocasionadas principalmente pela substituição de cátions R^{+2} por Al^{VI} no sítio octaédrico, enquanto que a mica branca formada hidrotermalmente pertence à série fengítica, com composição de muscovita. A presença de fluorita em vênulas, associada a idades recentemente obtidas para a mineralização aurífera de depósitos no CMCC, sugerem que o magmatismo Maloquinha nesta região pode ter participado, de alguma forma, nos processos mineralizantes no alvo Jerimum de Baixo.

O sistema hidrotermal foi regido por, inicialmente, fluidos aquocarbônicos de derivação provavelmente magmática de baixa salinidade e densidade baixa a moderada. A principal assembleia hidrotermal foi formada principalmente entre 280 e 340°C. É provável que a contínua exsolução de fluido pelo magma tenha levado ao enriquecimento da fase aquosa nos momentos mais tardios da exsolução levando, com o resfriamento do sistema, ao predomínio das inclusões aquosas, embora a participação de fluidos externos aquosos por infiltração não possa ser descartada. O sistema aparentemente interagiu nos estágios finais com fluidos superficiais, e que promoveram processos de diluição.

O principal mecanismo causador da instabilidade dos complexos iônicos do tipo $Au(HS)^{-2}$, considerado como o principal meio transportador do ouro no alvo Jerimum de Baixo, foi o processo de efervescência do fluido aquocarbônico, aprisionado em temperaturas estimadas no intervalo de 250 a 380°C, com base nos dados microtermométricos obtidos nas IF AC. Outros fatores podem ter se somado a isso, tais como resfriamento contínuo do sistema, flutuações na pressão confinante, alteração na condições redox e pH do ambiente e interações fluido-rocha. As condições de pressão durante o processo de efervescência estimadas entre 0,7 e 2,1 kbar equivalem a profundidades entre 2 e 6 km, remetendo a um regime rúptil a rúptil-dúctil da crosta.

As feições observadas no alvo Jerimum de Baixo não permitem um enquadramento classificatório perfeitamente adequado a nenhum dos modelos tipológicos metalogenéticos clássicos. Características como tipo e estilo da alteração hidrotermal, tipo e teor de sulfetos, tipos de fluidos envolvidos, profundidade de mineralização, associação metálica juntamente com os dados levantados em outros depósitos/alvos no CMCC indicam que o alvo Jerimum de Baixo é um jazimento aurífero com filiação magmática-hidrotermal, com maiores semelhanças aos depósitos de ouro associados a intrusão reduzida (RIRGS – *reduced intrusion-related gold systems*).

Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsa de estudo (processo n° 132180/2015-4). Às integrantes do Laboratório de Microanálises da UFPA, A.P. Corrêa e V.M.M.C. de Araújo, pelo suporte na condução dos estudos de MEV. As amostras de testemunhos de sondagem foram cedidas pela mineradora Magellan Minerals Ltd., no âmbito do projeto Metalogênese do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós, Estado do Pará (MCT/CNPq processo n° 475614/2010-0), sob coordenação do Dr. Evandro Luiz Klein. Este artigo é uma contribuição ao Instituto de Geociências da Amazônia - (INCT–CNPq/MCT/FAPESPA–Proc. 573733/2008-2).

Referências

- Almeida, F. F. M., Hasui, Y., Brito Neves, B. B., Fuck, R. A. (1981). Brazilian structural provinces: An introduction. *Earth-Science Reviews*, **17**(1):1-29.
- Araújo, A. C. S. (2014). *Estudos isotópicos e de inclusões fluidas no Depósito Central do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós, Estado do Pará*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 65 p.
- Assunção, R. F. S., Klein, E. L. (2014). The Moreira Gomes deposit of the Cuiú-Cuiú goldfield: Fluid inclusions and stable isotope constraints and implications for the genesis of granite-hosted gold mineralization in the Tapajós Gold Province, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **49**:85-105.
- Bahia, R. B. C., Quadros, M. L. E. S. (2000). *Geologia e recursos minerais da Folha Caracol (SB.21-X-C). Escala 1:250.000*. Nota explicativa. Brasília, Projeto Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB), Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN Tapajós), CPRM - Serviço Geológico do Brasil, CD-ROM.
- Bahia, R. B. C., Quadros, M. L. E. S., Vasquez, M. L., Ricci, P. S. F., Ferreira, A. L. (2001). *Formação Buiucu - Descrição das unidades litoestratigráficas e litodêmicas* Brasília, Geologia e recursos minerais da Província Mineral do Tapajós, Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (PROMIN Tapajós), CPRM - Serviço Geológico do Brasil, CD-ROM.
- Bailey, S. W. (1988). Chlorites; structures and crystal chemistry. In: Bailey, S.W. (Ed.) *Hydrous Phyllosilicates (Exclusive of micas)*. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, p. 347-403.

- Benning, L. G., Seward, T. M. (1996). Hydrosulphide complexing of Au(I) in hydrothermal solutions from 150-400°C and 500-1500 bar. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **60**(11):1849-1871.
- Bodnar, R. J., Vityk, M. O. (1994). Interpretation of microthermometric data for H₂O-NaCl fluid inclusions. In: De Vivo, B. & Frezzotti, M.L. (Eds.) *Fluid inclusions in minerals: methods and applications*, Blacksburg, Virginia Tech, p. 117-130.
- Borges, R. M. K., Dall'Agnol, R., Lamarão, C. N., Figueiredo, M. A. B. M., Leite, A. A. S., Barros, C. E. d. M., Costi, H. T. (2009). Petrografia, química mineral e processos hidrotermais associados ao depósito de ouro São Jorge, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*, **39**(2):375-393.
- Borisenko, A. (1977). Study of the salt composition of solutions in gas-liquid inclusions in minerals by the cryometric method. *Soviet Geology and Geophysics*, **18**(8):11-18.
- Bowers, T. S., Helgeson, H. C. (1983). Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of non-ideal mixing in the system H₂O-CO₂-NaCl on phase relations in geological systems: equation of state for H₂O-CO₂-NaCl fluids at high pressures and temperatures. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **47**(7):1247-1275.
- Brito, M. F. L., Macambira, M. J. B., Almeida, M. E. (1999). 207Pb/206Pb age of calc-alkaline rapakivi granite in Tapajós Gold Province, Amazon Craton - Brazil. In: South-American Symposium on Isotope Geology, 2, Córdoba, *Extend Abstract*, p. 40-43.
- Brown, P. E. (1989). Flincor: a microcomputer program for the reduction and investigation of fluid-inclusion data. *American Mineralogist*, **74**:1390-1393.
- Brown, P. E., Lamb, W. M. (1986). Mixing of H₂O e CO₂ in fluid inclusions; Geobarometry and Archean gold deposits. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **50**:847-852.
- Cathelineau, M. (1988). Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay Minerals*, **23**(4):471-485.
- Cathelineau, M., Marignac, C. (1994). Use of fluid inclusions for a better understanding of intracontinental geothermal activities. *Fluid inclusions in minerals: methods and applications*. Virginia Tech, Blacksburg:309-326.
- Chi, G., Liu, Y., Dubé, B. (2009). Relationship between CO₂-dominated fluids, hydrothermal alterations and gold mineralization in the Red Lake greenstone belt, Canada. *Applied Geochemistry*, **24**(4):504-516.
- Chi, G., Xue, C. (2011). An overview of hydrodynamic studies of mineralization. *Geoscience Frontiers*, **2**(3):423-438.
- Collins, P. L. F. (1979). Gas hydrates in CO₂-bearing fluid inclusions and the use of freezing data for estimation of salinity. *Economic Geology*, **74**:1435-1444.
- Coutinho, M. G. N. (2008). *Província Mineral do Tapajós: Geologia, metalogenia e mapa previsional para ouro em SIG*. Rio de Janeiro, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 420 p.

Coutinho, M. G. N., Santos, J. O. S., Fallick, A. E., Lafon, J. M. (2000). Orogenic gold deposits in Tapajós Mineral Province, Amazon, Brazil. *In: International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro, Abstracts...* CD-ROM.

Davis, D. W., Lowenstein, T. K., Spencer, R. J. (1990). Melting behavior of fluid inclusions in laboratory-grown halite crystals in the systems NaCl-H₂O, NaCl-KCl-H₂O, NaCl-MgCl₂-H₂O, and NaCl-CaCl₂-H₂O. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **54**(3):591-601.

De Caritat, P., Hutcheon, I., Walshe, J. L. (1993). Chlorite geothermometry: A review. *Clays and Clay Minerals*, **41**(2):219-239.

Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J. (1992). *An introduction to the rock-forming minerals*. (2 ed.), Longman London, 696 p.

Echeverri-Misas, C. M., Juliani, C., Monteiro, L. V. S., Fernandes, C. M. D. (2013). Mineralização de Au-Cu do tipo pórfiro na Província Aurífera do Tapajós: implicações metalogenéticas. *In: Simpósio Brasileiro de Metalogenia, 3, Gramado, CD-ROM*.

Gammons, C., Williams-Jones, A., Yu, Y. (1994). New data on the stability of gold (I) chloride complexes at 300 C. *Mineral Mag A*, **58**:309-310.

Hart, C. J. (2007). Reduced intrusion-related gold systems. *In: Goodfellow, W.D. (Ed.) Mineral Deposits of Canada: A synthesis of Major deposit types, district metallogeny, the Evolution of geological provinces, and exploration methods*, Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication n° 5, p. 95-112.

Hayashi, K. I., Ohmoto, H. (1991). Solubility of gold in NaCl-and H₂S-bearing aqueous solutions at 250-350°C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **55**(8):2111-2126.

Hollister, L. S. (1990). Enrichment of CO₂ in fluid inclusions in quartz by removal of H₂O during crystal-plastic deformation. *Journal of Structural Geology*, **12**(7):895-901.

Jacobi, P. (1999). The discovery of epithermal Au-Cu-Mo proterozoic deposits in the Tapajós Province, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **29**(2):277-279.

Jébrak, M. (1997). Hydrothermal breccias in vein-type ore deposits: a review of mechanisms, morphology and size distribution. *Ore geology reviews*, **12**(3):111-134.

Juliani, C., Monteiro, L. V. S., Echeverri-Misas, C. M., Lagler, B., Fernandes, C. M. D. (2012). Gold and base metal porphyry and epithermal mineralization in Paleoproterozoic magmatic arcs in the Amazonian Craton, Brazil. *In: IUGS, 34th International Geological Congress, CD-ROM*.

Juliani, C., Rye, R. O., Nunes, C. M. D., Snee, L. W., Corrêa Silva, R. H., Monteiro, L. V. S., Bettencourt, J. S., Neumann, R., Neto, A. A. (2005). Paleoproterozoic high-sulfidation mineralization in the Tapajós gold province, Amazonian Craton, Brazil: Geology, mineralogy, alunite argon age, and stable-isotope constraints. *Chemical Geology*, **215**(1-4 Spec. Iss.):95-125.

Juliani, C., Vasques, M. L., Klein, E. L., Villas, R. N. N., Echeverri Misas, C. M., Santiago, É. S. B., Monteiro, L. V. S., Carneiro, C. C., Fernandes, C. M. D., Usero, C. (2014). Metalogênese da Província Tapajós. In: Silva, M.G., Rocha Neto, M.B., Jost, H., Kuyumjian, R.M. (Eds.) *Metalogênese das Províncias Tectônicas Brasileiras*, Belo Horizonte, Programa Geologia do Brasil, Recursos Minerais, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, p. 229-268.

Klein, E. L., Almeida, M. E., Rosa-Costa, L. T. (2012). The 1.89-1.87 Ga Uatumã Silicic Large Igneous Province, northern South America. Large Igneous Provinces Commission, November 2012 LIP of month. Disponível em: <http://www.largeigneousprovinces.org/12nov>.

Klein, E. L., Fuzikawa, K. (2010). Origin of the CO₂-only fluid inclusions in the Palaeoproterozoic Carará vein-quartz gold deposit, Ipitinga Auriferous District, SE-Guiana Shield, Brazil: Implications for orogenic gold mineralisation. *Ore Geology Reviews*, **37**(1):31-40.

Klein, E. L., Harris, C., Giret, A., Moura, C. A. (2007). The Cipoeiro gold deposit, Gurupi Belt, Brazil: Geology, chlorite geochemistry, and stable isotope study. *Journal of South American Earth Sciences*, **23**(2):242-255.

Klein, E. L., Harris, C., Renac, C., Giret, A., Moura, C. A., Fuzikawa, K. (2006). Fluid inclusion and stable isotope (O, H, C, and S) constraints on the genesis of the Serrinha gold deposit, Gurupi Belt, northern Brazil. *Mineralium Deposita*, **41**(2):160.

Klein, E. L., Rosa-Costa, L. T., Carvalho, J. M. A. (2004). Estudo de inclusões fluidas em veio de quartzo aurífero do prospecto Patinhas, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*, **34**(1):59-66.

Klein, E. L., Santos, R. A., Fuzikawa, K., Angélica, R. S. (2001). Hydrothermal fluid evolution and structural control of the Guarim gold mineralisation, Tapajós Province, Amazonian Craton, Brazil. *Mineralium Deposita*, **36**:149-164.

Klein, E. L., Vasquez, M. L., da Rosa-Costa, L. T., de Azevedo, C. (2002). Geology of paleoproterozoic gneiss- and granitoid-hosted gold mineralization in Southern Tapajós gold Province, Amazonian Craton, Brazil. *International Geology Review*, **44**(6):544-558.

Kranidiotis, P., MacLean, W. H. (1987). Systematics of chlorite alteration at the Phelps Dodge massive sulfide deposit, Matagami, Quebec. *Economic Geology*, **82**(7):1898-1911.

Lamarão, C. N., Dall'Agnol, R., Lafon, J. M., Lima, E. F. (2002). Geology, geochemistry, and Pb-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian craton, Brazil. *Precambrian Research*, **119**(1-4):189-223.

Lowenstern, J. B. (2001). Carbon dioxide in magmas and implications for hydrothermal systems. *Mineralium Deposita*, **36**(6):490-502.

McMahon, A. M. P. G. (2011). *Resource estimate and technical report for the Cuiú Cuiú Project Tapajos region, north-central Brazil*. Relatório interno, 134 p. Disponível em: www.magellanminerals.com.

Monier, G., Robert, J. (1986). Muscovite solid solutions in the system K₂O-MgO-FeO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O: an experimental study at 2 kbar PH₂O and comparison with natural Li-free white micas. *Mineral. Mag*, **50**:257-266.

Moura, E. M., Chaves, C. L., Pinheiro, F. G. R. (2014). *Cuiú-Cuiú. Escala 1:100.000*. Carta Geológica. Belém, Programa Geologia do Brasil (PGB), CPRM - Serviço Geológico do Brasil, mapa colorido (100 x 80 cm).

Nachit, H., Razafimahefa, N., Stussi, J. M., Carron, J. P. (1985). Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitoides. *Comptes Rendus de l'Académie des sciences*, **301**(11):813-818.

Parry, W., Bruhn, R. (1990). Fluid pressure transients on seismogenic normal faults. *Tectonophysics*, **179**(3-4):335-344.

Queiroz, J. D. S., Klein, E. L. (2012). Estudo de inclusões fluidas em veios de quartzo sulfetado do alvo Pau da Merenda, campo mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 46, Santos, *Anais*, CD-ROM.

Queiroz, J. D. S., Klein, E. L., Rodrigues, J. B. (2016). Rochas intrusivas na Formação Castelo dos Sonhos, Cráton Amazônico: petrografia, geocronologia, geoquímica e implicações para as idades de sedimentação e da mineralização no depósito aurífero Castelo de Sonhos. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, **10**(3):341-380.

Queiroz, J. D. S., Villas, R. N. N. (2015). Estudo dos fluidos hidrotermais relacionados ao depósito Tocantinzinho, Província Aurífera do Tapajós (PA), com base em inclusões fluidas. In: Gorayaeb, P.S.S. & Lima, A.M.M. (Eds.) *Contribuições à Geologia da Amazônia*, vol. 9, Belém, SBG-Núcleo Norte, p. 93-117.

Ramboz, C., Pichavant, M., Weisbrod, A. (1982). Fluid immiscibility in natural processes: Use and misuse of fluid inclusion data: II. Interpretation of fluid inclusion data in terms of immiscibility. *Chemical Geology*, **37**(1-2):29-48.

Rieder, M., Cavazzini, G., D'yakonov, Y. S., Frank-Kamenetskii, V. A., Gottardi, G., Guggenheim, S., Koval', P. V., Mueller, G., Neiva, A. M., Radoslovich, E. W., Robert, J.-L., Sassi, F. P., Takeda, H., Weiss, Z., Wones, D. R. (1998). Nomenclature of the micas. *Clays and clay minerals*, **46**(5):586-595.

Romberger, S. B. (1990). Transport and deposition of gold in hydrothermal systems. In: Robert, F., Sheahan, P.A., Gren, S.B. (Eds.) *Greenstone gold and crustal evolution.*, NUNA Conference Volume, Geological Association of Canada, p. 61-66.

Santos, J. O. S., Groves, D. I., Hartmann, L. A., Moura, M. A., McNaughton, N. J. (2001). Gold deposits of the Tapajós and Alta Floresta domains, Tapajós-Parima orogenic belt, Amazon Craton, Brazil. *Mineralium Deposita*, **36**(3-4):278-299.

Santos, J. O. S., Hartmann, L. A., Faria, M. S., Riker, S. R., Souza, M. M., Almeida, M. E., McNaughton, N. J. (2006). A compartimentação do cráton amazonas em províncias: avanços ocorridos no período 2000–2006. In: SBG-NO, Simpósio de Geologia da Amazônia, 9, Belém, *Resumos expandidos ...*

Santos, J. O. S., Hartmann, L. A., Gaudette, H. E., Groves, D. I., McNaughton, N. J., Fletcher, I. R. (2000). A New Understanding of the Provinces of the Amazon Craton Based on Integration of Field Mapping and U-Pb and Sm-Nd Geochronology. *Gondwana Research*, **3**(4):453-488.

Santos, J. O. S., Van Breemen, O. B., Groves, D. I., Hartmann, L. A., Almeida, M. E., McNaughton, N. J., Fletcher, I. R. (2004). Timing and evolution of multiple Paleoproterozoic magmatic arcs in the Tapajós Domain, Amazon Craton: constraints from SHRIMP and TIMS zircon, baddeleyite and titanite U–Pb geochronology. *Precambrian Research*, **131**(1-2):73-109.

Santos, M. D., Aquino, L. B. M., Serra, V. F. H., Lima, M. V. G. R., Galarza, M. A., Lafon, J. M. (2013). Geocronologia das rochas hospedeiras e do minério com implicações na gênese do depósito aurífero Palito, Província Tapajós, sudoeste do Pará. In: SBG-Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 13, Belém, *Anais - Resumos expandidos*, p. 675-678, CD-ROM.

Schmidt-Mumm, A., Oberthür, T., Vetter, U., Blenkinsop, T. G. (1997). High CO₂ content of fluid inclusions in gold mineralisations in the Ashanti Belt, Ghana: a new category of ore forming fluids? *Mineralium Deposita*, **32**(2):107-118.

Seedorff, E., Dilles, J., Proffett, J., Einaudi, M., Zurcher, L., Stavast, W., Johnson, D., Barton, M. (2005). Porphyry deposits: Characteristics and origin of hypogene features. *Economic Geology 100th anniversary volume*, **29**:251-298.

Silva Junior, C. A. S., Klein, E. L. (2016). Geologia e características do fluido mineralizador dos alvos auríferos Jerimum de Cima e Babi, campo mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico, com base em estudos de inclusões fluidas e de isótopos estáveis. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, **10**(2):105-136.

Silva Junior, C. A. S., Klein, E. L., Galarza, M. A. (2013). Rochas hospedeiras e estudo de isótopos de chumbo do minério aurífero do alvo Pau da Merenda, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós, Estado do Pará. In: SBG-Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 13, Belém, *Anais - Resumos expandidos*, p. 620-622.

Silva Junior, C. A. S., Klein, E. L., Galarza, M. A., Borges, R. M. K., Queiroz, J. D. S., Assunção, R. F. S., Araújo, A. C. S., Moore, D. J. (2015). Zircon geochronology and Pb isotope systematics in sulfides: implications for the genesis of gold mineralization in the Cuiú-Cuiú Goldfield, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil. In: Gorayaeb, P.S.S. & Lima, A.M.M. (Eds.) *Contribuições à Geologia da Amazônia*, vol. 9, Belém, SBG-Núcleo Norte, p. 453-465.

Silva Junior, C. A. S., Klein, E. L., Galarza, M. A., Moore, D. J. (2012). Petrografia e geocronologia das rochas hospedeiras e do minério aurífero sulfetado no Depósito Central (Cuiú-Cuiú), Província Aurífera do Tapajós, Pará. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 46, Santos, *Anais*.

Simmons, S. F., White, N. C., John, D. A. (2005). Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits. *Economic Geology 100th anniversary volume*, **29**:485-522.

Streckeisen, A. (1976). To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews*, **12**(1):1-33.

Tokashiki, C. C., Juliani, C., Monteiro, L. V. S., Echeverri Misas, C. M., Aguja, M. A., Arrais, L. B. (2015). Eventos vulcânicos de 1,97 Ga com mineralizações de ouro epitermais low- e intermediate-sulfidation na porção sul da Província Mineral do Tapajós (PA). *In: Gorayaeb, P.S.S. & Lima, A.M.M. (Eds.) Contribuições à Geologia da Amazônia*, vol. 9, Belém, SBG-Núcleo Norte, p. 119-138.

Vasquez, M. L. (2014). *Contexto Geológico Regional* Belém, Geologia e Recursos Minerais das Folhas São Domingos - SA.21.Z-A-II e Jardim do Ouro - SA.21-Z-A-III, CPRM - Serviço Geológico do Brasil.

Vasquez, M. L., Chaves, C. L., Moura, E. M., Oliveira, J. K. M. (2014). *Folha São Domingos (SA-21-Z-A-II). Escala 1:100.000*. Carta geológica. Belém, CPRM-Serviço Geológico do Brasil.

Vasquez, M. L., Klein, E. L., Ricci, P. S. F. (2002). Granitóides pós-colisionais da porção leste da Província Tapajós. *In: Klein, E.L., Vasques, M.L., Rosa-Costa, L.T. (Eds.) Contribuições à Geologia da Amazônia*, vol. 3, Belém, p. 67-84.

Vasquez, M. L., Klein, E. L., Santos, A., Bahia, R. B. C., Ricci, P. S. F., Quadros, M. L. E. S., Macambira, M. J. B. (2000). Geochronology of granitoids and mafic intrusions of the Tapajós Gold Province - Amazonian Craton - Brazil. *In: International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro, Abstract... CD-ROM*.

Vasquez, M. L., Rosa-Costa, L. T., Silva, C. M. G., Klein, E. L. (2008). *Compartimentação Tectônica* Texto explicativo dos mapas geológico e tectônico e de recursos minerais do Estado do Pará. Belém, Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 39-112 p.

Veloso, Â. S. R., Santos, M. D., Rios, F. J. (2013). Evolução dos fluidos mineralizantes e modelo genético dos veios de quartzo auríferos em zona de cisalhamento do depósito Ouro Roxo, Província Tapajós, Jacareacanga (PA), Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, **43**(4):725-744.

Villas, R. N. N., Santiago, É. S. B., Castilho, M. P. (2013). Contexto geológico, estudos isotópicos (C, O e Pb) e associação metálica do depósito aurífero Tocantinzinho, domínio Tapajós, Província Tapajós-Parima. *Geologia USP. Série Científica*, **13**(1):119-138.

Walker, R. T., Samson, I. M. (1998). Cryogenic Raman spectroscopic investigation of fluid inclusion in the system NaCl-CaCl₂-H₂O. *In: Schandl, E. (Ed.), 17th General Meeting, Internacional Mineralogical Association, Toronto*, p. A33.

Whitney, D. L., Evans, B. W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American mineralogist*, **95**(1):185.

Xie, X., Byerly, G. R., Ferrell Jr, R. E. (1997). Ilb trioctahedral chlorite from the Barberton greenstone belt: crystal structure and rock composition constraints with implications to geothermometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **126**(3):275-291.

Zang, W., Fyfe, W. S. (1995). Chloritization of the hydrothermally altered bedrock at the Igarapé Bahia gold deposit, Carajás, Brazil. *Mineralium Deposita*, **30**(1):30-38.

CAPÍTULO 3 CONCLUSÕES

O Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú abrange vários jazimentos auríferos hospedados em rochas atribuídas ao Complexo Cuiú-Cuiú e as suítes intrusivas Creporizão e Parauri. Segundo Moura *et al.* (2014), as rochas encaixantes do alvo Jerimum de Baixo estariam relacionadas à Suíte Intrusiva Creporizão (Fig. 5). As características composicionais da biotita aqui estudada, remetem a um magma progenitor de natureza cálcico-alcálica a subalcalina para essas rochas, o que é geoquimicamente compatível com o tipo de magmatismo de tal suíte. Apesar dessa compatibilidade, dados geocronológicos devem confirmar tal ligação, uma vez que o magmatismo Parauri também teria potencial para apresentar tais características.

Nos corpos de minério, o ouro ocorre como: (a) partículas livres contidas em cristais de quartzo hospedados em veios/vênulas contendo, ainda, clorita \pm muscovita \pm pirita \pm pirrotita \pm calcita; (b) partículas dispostas nas fraturas de cristais de pirrotita, todas elas produto de um sistema hidrotermal desenvolvido sobre e nas proximidades de rochas monzogranítica alteradas.

Os tipos de alteração hidrotermal observados nas rochas do alvo Jerimum de Baixo são representados por cloritização, sericitização, sulfetação, silicificação, epidotização e carbonatação. A clorita formada, tanto a de substituição quanto venular, é do tipo chamosita com elevados teores de X_{Fe} , em que as modificações composicionais são ocasionadas principalmente pela substituição de cátions R^{+2} por Al^{VI} no sítio octaédrico, enquanto que a mica branca formada hidrotermalmente pertence à série fengítica, do tipo muscovita, cujo mecanismo de substituição observado se dá pela substituição de Al^{VI} por cátions bivalentes (principalmente Fe^{+2}).

O sistema hidrotermal foi regido por, inicialmente, fluidos aquocarbônicos de derivação provavelmente magmática de baixa salinidade e densidade baixa a moderada. A principal assembleia hidrotermal foi formada entre 340 e 280°C. É provável que (i) a contínua exsolução de fluido pelo magma tenha levado ao enriquecimento da fase aquosa nos momentos mais tardios da exsolução levando, ao longo da evolução do sistema, ao predomínio das inclusões aquosas, embora (ii) a participação de fluidos externos aquosos por infiltração não possa ser desprezada. Admitindo a concordância entre as características composicionais entre os fluidos do tipo AC e AQ₁ dada pelas *Teut* (em ambas apontam a participação de Fe^{+2} e Mg^{+2}) e tendo em vista que intrusões magmáticas félsicas geradas em profundidade podem exsolver inicialmente fluidos aquocarbônicos de baixa salinidade seguidos progressivamente por fluidos

enriquecidos em água mais salinas (Baker 2002), a hipótese “i” é favorecida. Por fim, o sistema aparentemente interagiu nos estágios finais com fluidos superficiais, o que promoveu processos de diluição.

O principal mecanismo causador da instabilidade dos complexos iônicos do tipo $\text{Au}(\text{HS})^{-2}$, considerado como o principal meio transportador do ouro em Jerimum de Baixo, foi o processo de efervescência de um fluido aquocarbônico, aprisionado em temperaturas estimadas no intervalo de 380 a 250°C, com base nos dados microtermométricos obtidos nas inclusões fluidas aquocarbônicas. Outros fatores podem ter se somado a isso, tais como resfriamento contínuo do sistema, alteração nas condições redox e pH do ambiente e interações fluido-rocha. As condições de pressão durante o processo de efervescência estimadas entre 0,7 e 2,1 kbar equivalem a profundidades entre 2 e 6 km (admitindo condições litostáticas), remetendo a um regime rúptil a rúptil-dúctil da crosta. Essa estimativa é compatível com os dados petrográficos e estruturais observados.

Em linhas gerais, Jerimum de Baixo guarda similaridades com os outros depósitos/alvos previamente estudados no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú no que tange à alteração hidrotermal (mineralogia, intensidade, estilo), tipos de fluidos, mineralização (tipo, estilo, associação metálica, mecanismos de precipitação do ouro, complexo transportador, e condições de pressão e temperatura). Contudo, há particularidades: (i) em Jerimum de Baixo, o ouro foi observado associado à pirrotita e como partículas livres em quartzo de vênula, enquanto que nos outros depósitos e alvos do campo mineralizado o mesmo ocorre somente associado à pirita. (ii) embora os intervalos totais de T_{ht} se assemelhem com os observados nos outros jazimentos, os picos principais se mostraram relativamente mais baixos. Em nível de prospecto, Guarim apresenta inclusões fluidas com temperaturas de homogeneização total amplamente comparáveis com as verificadas em Jerimum de Baixo. Considerando que não há dados de geotermômetro de clorita publicados para os outros jazimentos no CMCC, que os resultados geotermométricos obtidos por Assunção & Klein (2014) no depósito Moreira Gomes (304-359°C) via isótopos estáveis e assumindo uma boa correspondência paragenética entre a clorita por eles estudadas e as cloritas aqui analisadas, verifica-se que aquele depósito abrange valores termométricos mais elevados que os observados em Jerimum de Baixo, indicando que a mineralização nesse último deve ter ocorrido em temperaturas relativamente mais baixas.

A presença de fluorita (somente registrado em Jerimum de Baixo) em vênulas, associada a idades recentemente obtidas para a mineralização aurífera de depósitos no CMCC, sugerem que o magmatismo Maloquinha nessa região pode ter participado, de alguma forma, nos

processos mineralizantes no alvo Jerimum de Baixo.

As feições observadas no alvo Jerimum de Baixo não permitem um enquadramento classificatório perfeitamente adequado a nenhum dos modelos tipológicos metalogenéticos clássicos. Características como tipo e estilo da alteração hidrotermal, tipo e teor de sulfetos, tipos de fluidos envolvidos, profundidade estimada de mineralização, associação metálica (p. ex., Bi, Te) juntamente com os dados levantados em outros depósitos/alvos no CMCC apontam fortemente para o alvo Jerimum de Baixo um jazimento aurífero com filiação magmática-hidrotermal, com maior similaridade com aqueles depósitos relacionados a intrusões reduzidas (*reduced intrusion-related gold systems – RIRGS*).

REFERÊNCIAS

- Aguja Bocanegra M.A. 2013. *Mineralizações epitermal low-sulfidation e do tipo pórfiro superpostas associadas ao magmatismo félsico de 1,88 Ga na parte norte da Província Mineral do Tapajós (PA)*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 188 p.
- Almeida C.A.S., Collyer T.A., Pereira J.L., Seabra A.S., Furtado A.M.M., Soubés L.F. 1977. *Projeto Santarém-Cachimbo: pesquisa mineral. Relatório final de reconhecimento*, Belém, SUDAM/IDESP, v. 1, 175 p.
- Almeida M.E., Brito M.F.L., Ferreira A.L., Monteiro M.A.S. 2000. *Geologia e recursos minerais da folha Mamãe Anã (SB.21-V-D): Estados do Amazonas e Pará. Escala 1:250.000*. Nota explicativa. Brasília, DF, CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós - PROMIN Tapajós). 74 p.
- Almeida M.E., Brito M.F.L., Macambira M.J.B. 1999. 207Pb/206Pb evaporation age in postcollisional granitoids of Tapajós Gold Province, Amazonian region, Brazil. *In: 2° South American Symposium on Isotope Geology, Córdoba, Actas*, p. 3-6.
- Araújo A.C.S. 2014. *Estudos isotópicos e de inclusões fluidas no Depósito Central do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós, Estado do Pará*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 65 p.
- Assunção R.F.S. & Klein E.L. 2014. The Moreira Gomes deposit of the Cuiú-Cuiú goldfield: Fluid inclusions and stable isotope constraints and implications for the genesis of granite-hosted gold mineralization in the Tapajós Gold Province, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **49**:85-105. DOI: 10.1016/j.jsames.2013.11.004.
- Bahia R.B.C. & Quadros M.L.E.S. 2000. *Geologia e recursos minerais da Folha Caracol (SB.21-X-C): Estado do Pará. Escala 1:250.000*. Nota explicativa. Brasília, DF, CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós - PROMIN Tapajós). CD-ROM.
- Bahia R.B.C., Quadros M.L.E.S., Rizzotto G.J. 1998. Caracterização petrográfica e geoquímica da Suíte Intrusiva Porquinho, região oeste do Pará. *In: 40° SBG-Núcleo Minas Gerais, Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, Anais*, p. 502.
- Bahia R.B.C., Quadros M.L.E.S., Vasques M.L., Ricci P.S.F., Ferreira A.L. 2001a. *Grupo Iriri - Descrição das unidades litoestratigráficas e litodêmicas*. Brasília, DF, CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Geologia e Recursos Minerais da Província Mineral do Tapajós (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós - PROMIN Tapajós). CD-ROM.
- Bahia R.B.C., Quadros M.L.E.S., Vasquez M.L., Ricci P.S.F., Ferreira A.L. 2001b. *Formação Buiuçú - Descrição das unidades litoestratigráficas e litodêmicas. Folhas Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D), Jacareacanga (SB.21-Y-B), Caracol (SB.21 X-C), Vila Riozinho (SB.21-Z-A) e Rio Novo (SB.21-Z-C), Estados do Pará e Amazonas*. Brasília, DF, CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Geologia e recursos minerais da Província Mineral do Tapajós (Projeto Especial Província Mineral do Tapajós - PROMIN Tapajós). CD-ROM.

Baker T. 2002. Emplacement depth and carbon dioxide-rich fluid inclusions in Intrusion-Related Gold Deposits. *Economic Geology*, **97**(5):1111-1117. DOI: 10.2113/gsecongeo.97.5.1111.

Bettencourt J.S., Juliani C., Xavier R.P., Monteiro L.V.S., Bastos Neto A.C., Klein E.L., Assis R.R., Leite Jr W.B., Moreto C.P.N., Fernandes C.M.D., Pereira V.P. 2016. Metallogenic systems associated with granitoid magmatism in the Amazonian Craton: An overview of the present level of understanding and exploration significance. *Journal of South American Earth Sciences*, **68**:22-49. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2015.11.014>.

Bowers T.S. & Helgeson H.C. 1983. Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of non-ideal mixing in the system H₂O-CO₂-NaCl on phase relations in geological systems: equation of state for H₂O-CO₂-NaCl fluids at high pressures and temperatures. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **47**(7):1247-1275.

Brito M.F.L. 2000a. *Granito Pepita - Geologia e recursos minerais de folha Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D)* Nota explicativa. Brasília, DF, CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós - PROMIN Tapajós). 24 p.

Brito M.F.L. 2000b. *Suíte Intrusiva Parauari - Geologia e recursos minerais da Folha Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D)*. Nota explicativa. Brasília, DF, CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Projeto Especial Província Mineral do Tapajós - PROMIN Tapajós). CD-ROM.

Brito M.F.L., Macambira M.J.B., Almeida M.E. 1999. 207Pb/206Pb age of calc-alkaline rapakivi granite in Tapajós Gold Province, Amazon Craton - Brazil. In: 2° South-American Symposium on Isotope Geology, Córdoba, *Extend Abstract*, p. 40-43.

Brown P.E. 1989. Flincor: a microcomputer program for the reduction and investigation of fluid-inclusion data. *American Mineralogist*, **74**:1390-1393.

Brown P.E. & Lamb W.M. 1986. Mixing of H₂O e CO₂ in fluid inclusions; Geobarometry and Archean gold deposits. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **50**:847-852.

Corrêa Lima R.G. 2015. *Estudo petrográfico e de inclusões fluidas das rochas hospedeiras e do minério aurífero sulfetado do alvo pista, depósito Coringa, Província Aurífera do Tapajós, Pará*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 129 p.

Corrêa Silva R.H. 2002. *Caracterização de um Sistema epitermal low-sulfidation (adulária-sericita) mineralizado em Au-Cu-Mo em vulcânicas paleoproterozóicas na Província Aurífera do Tapajós: implicações metalogenéticas e tectônicas*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 159 p.

Coutinho M.G.N. 2008. *Província Mineral do Tapajós: Geologia, metalogenia e mapa previsional para ouro em SIG*. Rio de Janeiro, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 420 p.

Coutinho M.G.N. & Fallick A.E. 2008. Sistema hidrotermal. In: Coutinho M.G.N. (Ed.) *Província Mineral do Tapajós: Geologia, metalogenia e mapa previsional para ouro em SIG*, Rio de Janeiro, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, p. 265-296.

Coutinho M.G.N., Santos J.O.S., Fallick A.E., Lafon J.M. 2000. Orogenic gold deposits in Tapajós Mineral Province, Amazon, Brazil. *In: 31° International Geological Congress, Rio de Janeiro, Abstracts...* CD-ROM.

Dall'Agnol R., Silva C.M.G., Schelller T. 1999. Fayalite-hedenbergite rhyolites of the Iriri formation, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton: implications for the Uatumã volcanism *In: 1° SBG, Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados, Gramado, Boletim de Resumos ... p. 31.*

Dreher A.M., Vlach S.R.F., Martini S.L. 1998. Adularia associated with epithermal gold veins in the Tapajós Mineral Province, Pará State, northern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **28**(3):397-404.

Echeverri-Misas C.M. 2010. *Evolução magmática, alteração hidrotermal e gênese da mineralização de ouro e cobre do Palito, Província Aurífera do Tapajós (PA)*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 179 p.

Faraco M.T.L., Carvalho J.M.A., Klein E.L. 1997. Carta metalogenética da Província Aurífera do Tapajós. *In: Costa M.L.C. & Angélica R.S. (Eds.) Contribuições à Geologia da Amazônia, Belém, SBG-Núcleo Norte, vol. 1, p. 423-437.*

Fernandes C.M.D. 2005. *Geologia, geoquímica e geocronologia das rochas vulcânicas do Grupo Uatumã, região de São Félix do Xingu (PA), Província Mineral de Carajás*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 130 p.

Fernandes C.M.D., Juliani C., Monteiro L.V.S., Lagler B., Echeverri Misas C.M. 2011. High-K calc-alkaline to A-type fissure-controlled volcano-plutonism of the São Félix do Xingu region, Amazonian craton, Brazil: Exclusively crustal sources or only mixed Nd model ages? *Journal of South American Earth Sciences*, **32**(4):351-368. DOI: 10.1016/j.jsames.2011.03.004.

Ferreira A.L. 2000. *Formação Bom Jardim - Geologia e recursos minerais da Folha Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D)*. Brasília, DF, CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Projeto Especial Província Mineral do Tapajós - PROMIN Tapajós). 18-19 p.

Ferreira A.L., Rizzotto G.J., Quadros M.L.E.S., Bahia R.B.C., Oliveira M.A. 2004. Folha SB.21 - Tapajós. *In: Schobbenhaus 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. (Eds.) Carta geológica do Brasil ao milionésimo: Sistema de informações geográficas-SIG, Brasília, Programa Geologia do Brasil. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, CD-ROM.*

Jacobi P. 1999. The discovery of epithermal Au-Cu-Mo proterozoic deposits in the Tapajós Province, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **29**(2):277-279.

Juliani C., Bettencourt J.S., Monteiro L.V.S. 2004. Modelos conceituais de depósitos paleoproterozóicos high- e low-sulfidation (Au, Cu-Mo±Au) e do tipo pórfiro (Au-Cu, Cu-Mo) na Província Aurífera do Tapajós (PA). *In: 42° SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Araxá, Anais, CD-ROM.*

Juliani C., Carneiro C.C., Carreiro-Araújo S.A., Fernandes C.M.D., Monteiro L.V.S., Crósta A.P. 2013. Estruturação dos arcos magmáticos paleoproterozoicos na porção sul do Cráton Amazônico: implicações geotectônicas e metalogenéticas. *In: 13° SBG-Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém, Resumos expandidos*, CD-ROM.

Juliani C., Corrêa-Silva R.H., Monteiro L.V.S., Bettencourt J.S., Nunes C. 2002. The Batalha Au-granite system - Tapajós Gold Province, Amazonian craton, Brazil: Hydrothermal alteration and regional implications. *Precambrian Research*, **119**(1-4):225-256. DOI: 10.1016/S0301-9268(02)00124-9.

Juliani C., Rye R.O., Nunes C.M.D., Snee L.W., Corrêa Silva R.H., Monteiro L.V.S., Bettencourt J.S., Neumann R., Neto A.A. 2005. Paleoproterozoic high-sulfidation mineralization in the Tapajós gold province, Amazonian Craton, Brazil: Geology, mineralogy, alunite argon age, and stable-isotope constraints. *Chemical Geology*, **215**(1-4 Spec. Iss.):95-125. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2004.06.035.

Juliani C., Vasques M.L., Klein E.L., Villas R.N.N., Echeverri Misas C.M., Santiago É.S.B., Monteiro L.V.S., Carneiro C.C., Fernandes C.M.D., Usero C. 2014. Metalogênese da Província Tapajós. *In: Silva M.G., Rocha Neto M.B., Jost H., Kuyumjian R.M. (Eds.) Metalogênese das Províncias Tectônicas Brasileiras*, Belo Horizonte, Programa Geologia do Brasil, Recursos Minerais, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, p. 229-268.

Klein E.L., Almeida M.E., Rosa-Costa L.T. 2012. The 1.89-1.87 Ga Uatumã Silicic Large Igneous Province, northern South America. Large Igneous Provinces Commission, November 2012 LIP of month. Disponível em: <http://www.largeigneousprovinces.org/12nov>.

Klein E.L., Almeida M.E., Vasques M.L., Bahia R.B.C., Quadros M.L.E.S., Ferreira A.L. 2001a. *Geologia e recursos minerais da Província Mineral do Tapajós, Estados do Pará e Amazonas. Folhas SB.21-V-D, SB.21-Y-B, SB.21-X-C, SB.21-Z-A e SB.21-Z-C. Escala 1:500.000*. Brasília, DF, CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós - PROMIN Tapajós). CD-ROM.

Klein E.L., Guimarães S.B., Chaves C.L., Rodrigues J.B., Queiroz J.D.A.S. 2014. U-Pb (LA-ICP-MS) geochronology of detrital zircons from the Novo Progresso and Castelo dos Sonhos sedimentary formations: a preliminary approach to the source areas and implications for province boundaries in the Amazonian Craton. *In: 9° SSAGI - South American Symposium on Isotope Geology, São Paulo, Program and Abstracts*, p. 203.

Klein E.L., Santos R.A., Fuzikawa K., Angélica R.S. 2001b. Hydrothermal fluid evolution and structural control of the Guarim gold mineralisation, Tapajós Province, Amazonian Craton, Brazil. *Mineralium Deposita*, **36**:149-164.

Klein E.L., Vasquez M.L., da Rosa-Costa L.T., de Azevedo C. 2002. Geology of paleoproterozoic gneiss- and granitoid-hosted gold mineralization in Southern Tapajós gold Province, Amazonian Craton, Brazil. *International Geology Review*, **44**(6):544-558.

Lamarão C.N., Dall'Agnol R., Lafon J.M., Lima E.F. 2002. Geology, geochemistry, and Pb-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian craton, Brazil. *Precambrian Research*, **119**(1-4):189-223. DOI: 10.1016/S0301-9268(02)00123-7.

- Lamarão C.N., Dall'Agnol R., Pimentel M.M. 2005. Nd isotopic composition of Paleoproterozoic volcanic and granitoid rocks of Vila Riozinho: Implications for the crustal evolution of the Tapajós gold province, Amazon craton. *Journal of South American Earth Sciences*, **18**(3-4 Spec. Iss.):277-292. DOI: 10.1016/j.jsames.2004.11.005.
- McMahon A.M.P.G. 2011. *Resource estimate and technical report for the Cuiú Cuiú Project Tapajós region, north-central Brazil*. Relatório interno, 134 p. Disponível em: www.magellanminerals.com.
- Melo A.F.F., Andrade A.F., Yamaguti H.S., Oliveira J.R., Carmona J.R.M., D'Antona R.J.G., Lopes R.C. 1980. *Projeto Tapajós-Sucunduri*. relatório final, Manaus, CPRM/DNPM, v. I-A, 1-356 p.
- Moura C.A.V., Gorayaeb P.S.S., Matsuda N.S. 1999. Geocronologia Pb-Pb em zircão do riolito Vila Raiol, Formação Iriri – sudoeste do Pará. In: 6° SBG, Simpósio de Geologia da Amazônia, Manaus, *Resumos expandidos ...* p. 475-477.
- Moura E.M., Chaves C.L., Pinheiro F.G.R. 2014. *Cuiú-Cuiú. Folha SB-21-X-C-IV, Estado do Pará. Escala 1:100.000*. Carta Geológica. Belém, CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Programa Geologia do Brasil - PGB). mapa colorido (100 x 80 cm).
- Nunes C.M.D. 2001. *Caracterização de um sistema epitermal high-sulfidation paleoproterozóico na Província Aurífera do Tapajós, Pará*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 174 p.
- Oliveira H.T. 2015. *Petrografia, alteração hidrotermal e estudo de quartzo e zircão de granitos hospedeiros do depósito aurífero do alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós (PA)*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 129 p.
- Pessoa M.R., Andrade A.F., Nascimento J.O., Santos J.O.S., Oliveira J.R., Lopes R.C., Prazeres W.V. 1977. *Projeto Jamanxim*. Relatório Final, Manaus, DNPM/CPRM, v. 8.
- Prazeres W.V., Santos A.J., Campos M.J.F., Cavalcante O.A. 1979. *Projeto Estanho dos Granitos Maloquinha*. Relatório final. Texto, Manaus, DNPM/CPRM, v. 1-A, 301 p.
- Quadros M.L.E.S., Bahia R.B.C., Almeida M.E. 1998. Geologia, petrografia e geoquímica preliminar da Suíte Intrusiva Cachoeira Seca, Província Mineral do Tapajós, sudoeste do Pará. In: 40° SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, *Anais...* p. 468.
- Queiroz J.D.S. & Klein E.L. 2012. Estudo de inclusões fluidas em veios de quartzo sulfetado do alvo Pau da Merenda, campo mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós. In: 46° SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Santos, *Anais*, CD-ROM.
- Queiroz J.D.S., Klein E.L., Rodrigues J.B. 2016. Rochas intrusivas na Formação Castelo dos Sonhos, Cráton Amazônico: petrografia, geocronologia, geoquímica e implicações para as idades de sedimentação e da mineralização no depósito aurífero Castelo de Sonhos. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, **10**(3):341-380.

Queiroz J.D.S. & Villas R.N.N. 2015. Estudo dos fluidos hidrotermais relacionados ao depósito Tocantinzinho, Província Aurífera do Tapajós (PA), com base em inclusões fluidas. *In: Gorayaeb P.S.S. & Lima A.M.M. (Eds.) Contribuições à Geologia da Amazônia*, Belém, SBG-Núcleo Norte, vol. 9, p. 93-117.

Santiago É.S.B., Villas R.N., Ocampo R.C. 2013. The Tocantinzinho gold deposit, Tapajós province, state of Pará: host granite, hydrothermal alteration and mineral chemistry. *Brazilian Journal of Geology*, **43**(1):185-208. DOI: 10.5327/z2317-48892013000100015.

Santos J.O.S. 2003. Geotectônica dos escudos das Guianas e Brasil Central. *In: Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Vidotti R.M., Gonçalves J.H. (Eds.) Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: Texto, mapas e SIG*, Brasília, Serviço Geológico do Brasil-CPRM/MME, p. 169-226.

Santos J.O.S., Groves D.I., Hartmann L.A., Moura M.A., McNaughton N.J. 2001. Gold deposits of the Tapajós and Alta Floresta domains, Tapajós-Parima orogenic belt, Amazon Craton, Brazil. *Mineralium Deposita*, **36**(3-4):278-299. DOI: 10.1007/s001260100172.

Santos J.O.S., Hartmann L.A., Faria M.S., Riker S.R., Souza M.M., Almeida M.E., McNaughton N.J. 2006. A compartimentação do cráton amazonas em províncias: avanços ocorridos no período 2000–2006. *In: 9º SBG-NO, Simpósio de Geologia da Amazônia*, Belém, *Resumos expandidos ...*

Santos J.O.S., Hartmann L.A., Gaudette H.E., Groves D.I., McNaughton N.J., Fletcher I.R. 2000. A New Understanding of the Provinces of the Amazon Craton Based on Integration of Field Mapping and U-Pb and Sm-Nd Geochronology. *Gondwana Research*, **3**(4):453-488. DOI: 10.1016/S1342-937X(05)70755-3.

Santos J.O.S., Hartmann L.A., McNaughton N.J., Fletcher I.R. 2002. Timing of mafic magmatism in the Tapajós Province (Brazil) and implications for the evolution of the Amazon Craton: evidence from baddeleyite and zircon U-Pb SHRIMP geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, **15**(4):409-429. DOI: 10.1016/S0895-9811(02)00061-5.

Santos J.O.S., Rizzotto G.J., Potter P.E., McNaughton N.J., Matos R.S., Hartmann L.A., Chemale Jr F., Quadros M.E.S. 2008. Age and autochthonous evolution of the Sunsás Orogen in West Amazon Craton based on mapping and U-Pb geochronology. *Precambrian Research*, **165**(3-4):120-152. DOI: 10.1016/j.precamres.2008.06.009.

Santos J.O.S., Van Breemen O.B., Groves D.I., Hartmann L.A., Almeida M.E., McNaughton N.J., Fletcher I.R. 2004. Timing and evolution of multiple Paleoproterozoic magmatic arcs in the Tapajós Domain, Amazon Craton: constraints from SHRIMP and TIMS zircon, baddeleyite and titanite U-Pb geochronology. *Precambrian Research*, **131**(1-2):73-109. DOI: 10.1016/j.precamres.2004.01.002.

Santos M.D., Aquino L.B.M., Serra V.F.H., Lima M.V.G.R., Galarza M.A., Lafon J.M. 2013. Geocronologia das rochas hospedeiras e do minério com implicações na gênese do depósito aurífero Palito, Província Tapajós, sudoeste do Pará. *In: 13º SBG-Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia*, Belém, *Resumos expandidos*, p. 675-678, CD-ROM.

Shepherd T., Rankin A.H., Alderton D.H.M. 1985. *A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies*. Glasgow (Blackie) & New York (Chapman & Hall), 239 p.

Silva Junior C.A.S. & Klein E.L. 2016. Geologia e características do fluido mineralizador dos alvos auríferos Jerimum de Cima e Babi, campo mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico, com base em estudos de inclusões fluidas e de isótopos estáveis. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, **10**(2):105-136.

Silva Junior C.A.S., Klein E.L., Galarza M.A. 2013. Rochas hospedeiras e estudo de isótopos de chumbo do minério aurífero do alvo Pau da Merenda, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós, Estado do Pará. *In: 13° SBG-Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém, Anais - Resumos expandidos*, p. 620-622.

Silva Junior C.A.S., Klein E.L., Galarza M.A., Borges R.M.K., Queiroz J.D.S., Assunção R.F.S., Araújo A.C.S., Moore D.J. 2015. Zircon geochronology and Pb isotope systematics in sulfides: implications for the genesis of gold mineralization in the Cuiú-Cuiú Goldfield, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil. *In: Gorayaeb P.S.S. & Lima A.M.M. (Eds.) Contribuições à Geologia da Amazônia, Belém, SBG-Núcleo Norte, vol. 9, p. 453-465.*

Silva Junior C.A.S., Klein E.L., Galarza M.A., Moore D.J. 2012. Petrografia e geocronologia das rochas hospedeiras e do minério aurífero sulfetado no Depósito Central (Cuiú-Cuiú), Província Aurífera do Tapajós, Pará. *In: 46° SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Santos, Anais.*

Tassinari C.C.G., Bettencourt J.S., Geraldés M.C., Macambira M.J.B., Lafon J.M. 2000. The Amazonian craton. *In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz F.A., Campos D.A. (Eds.) Tectonic Evolution of South America, Rio de Janeiro, 31st International Geological Congress, SBG, p. 41-95.*

Tassinari C.C.G. & Macambira M.J.B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, **22**(3):174-182.

Tassinari C.C.G. & Macambira M.J.B. 2004. 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, São Paulo, Beca, p. 471-485.*

Tokashiki C.C., Juliani C., Monteiro L.V.S., Echeverri Misas C.M., Aguja M.A., Arrais L.B. 2015. Eventos vulcânicos de 1,97 Ga com mineralizações de ouro epitermais low- e intermediate-sulfidation na porção sul da Província Mineral do Tapajós (PA). *In: Gorayaeb P.S.S. & Lima A.M.M. (Eds.) Contribuições à Geologia da Amazônia, Belém, SBG-Núcleo Norte, vol. 9, p. 119-138.*

Vasquez M.L. 2014. *Contexto Geológico Regional. Geologia e Recursos Minerais das Folhas São Domingos - SA.21.Z-A-II e Jardim do Ouro - SA.21-Z-A-III.* Belém, CPRM - Serviço Geológico do Brasil.

Vasquez M.L., Klein E.L., Quadros M.L.E.S., Bahia R.B.C., Santos A., Ricci P.S.F., Sachett C.R., Silva C.M.G., Macambira M.J.B. 1999. Magmatismo Uatumã na Província Tapajós - novos dados geocronológicos. *In: 6° SBG-Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, Manaus, Resumos Expandidos*, p. 471-474.

Vasquez M.L., Klein E.L., Ricci P.S.F. 2002. Granitóides pós-colisionais da porção leste da Província Tapajós. *In: Klein E.L., Vasques M.L., Rosa-Costa L.T. (Eds.) Contribuições à Geologia da Amazônia*, Belém, vol. 3, p. 67-84.

Vasquez M.L., Klein E.L., Santos A., Bahia R.B.C., Ricci P.S.F., Quadros M.L.E.S., Macambira M.J.B. 2000a. Geochronology of granitoids and mafic intrusions of the Tapajós Gold Province - Amazonian Craton - Brazil. *In: 31° International Geological Congress, Rio de Janeiro, Abstract... CD-ROM.*

Vasquez M.L., L. C.C., Moura E.M., Oliveira J.K.M., Lafon J.M. 2013. Eventos magmáticos de 2020-1980 Ma nas folhas São Domingos e Jardim do Ouro, porção leste do Domínio Tapajós. *In: 13° SBG-NO, Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém, Resumos expandidos ... p. 209-212.*

Vasquez M.L. & Ricci P.S.F. 2002. Caracterização dos lamprófiros da Província Tapajós. *In: 2° SBG/PRONEX-UFGA, Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados, Belém, Resumos ... p. 91.*

Vasquez M.L., Ricci P.S.F., Klein E.L., Santos A., Martins R.C. 2000b. *Descrição das unidades litoestratigráficas e litodêmicas: Estado do Pará. Geologia e recursos minerais da Folha Rio Novo – SB.21-Z-C.* Nota explicativa. Brasília, DF, CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós - PROMIN Tapajós). 8-22 p.

Vasquez M.L., Ricci P.S.F., Klein E.L., Santos A., Martins R.C. 2000c. *Descrição das unidades litoestratigráficas e litodêmicas: Estado do Pará. Geologia e recursos minerais da Folha Vila Riozinho – SB.21-Z-A.* Nota explicativa. Brasília, DF, CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós - PROMIN Tapajós). 7-22 p.

Vasquez M.L., Rosa-Costa L.T., Silva C.M.G., Klein E.L. 2008. *Compartimentação Tectônica. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará.* Texto explicativo dos mapas geológico e tectônico e de recursos minerais do Estado do Pará. Belém, CPRM - Serviço Geológico do Brasil 39-112 p.

Veloso Â.S.R., Santos M.D., Rios F.J. 2013. Evolução dos fluidos mineralizantes e modelo genético dos veios de quartzo auríferos em zona de cisalhamento do depósito Ouro Roxo, Província Tapajós, Jacareacanga (PA), Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, **43**(4):725-744. DOI: 10.5327/z2317-488920130004000011.

Villas R.N.N., Santiago É.S.B., Castilho M.P. 2013. Contexto geológico, estudos isotópicos (C, O e Pb) e associação metálica do depósito aurífero Tocantinzinho, domínio Tapajós, Província Tapajós-Parima. *Geologia USP. Série Científica*, **13**(1):119-138. DOI: 10.5327/z1519-874x2013000100008.

APÊNDICES

APÊNDICE A – DADOS DESCRITIVOS, MICROTERMOMÉTRICOS E COMPOSICIONAIS DAS INCLUSÕES FLUIDAS OBSERVADAS NO ALVO JERIMUM DE BAIXO.

(continuação)

Amostra	Tipo	Ocorrência	Class. genética	Tamanho (µm)	F	TfCO ₂	Tclat	ThCO ₂	Fh	Teu	Tfg	Tht	Fh	NaCl (% eq)	dCO ₂	dglobal	XCO ₂	XH ₂ O	XNaCl
EK-R-18	C	aleatória	P	10		-57,8		26,9	L						0,68				
EK-R-18	C	grupamento	P	10		-57,0		26,8	L						0,68				
EK-R-18	C	grupamento	P	8		-57,2		26,3	L						0,69				
EK-R-18	C	aleatória	P	12		-56,7		27,5	L						0,67				
EK-R-18	C	grupamento	P	8		-56,6		28,8	L						0,64				
EK-R-18	C	grupamento	P	8		-56,8		28,9	L						0,63				
EK-R-18	C	aleatória	P	16		-58,3		29,1	L						0,63				
EK-R-18	C	aleatória	P	10		-58,0		30,2	V						0,35				
EK-R-18	C	aleatória	P	9		-58,0		30,0	L						0,60				
EK-R-18	C	aleatória	P	8		-57,7		28,7	L						0,64				
EK-R-18	C	aleatória	P	6		-57,7		29,9	L						0,60				
EK-R-18	C	aleatória	P	10		-57,0		29,2	L						0,63				
EK-R-18	AC	aleatória	P	10	0,30	-57,5	8,5	29,5	L			310,0	L	3,0	0,62	0,73	0,37	0,62	0,01
EK-R-18	AC	aleatória	P	10	0,70	-56,9	8,4	29,5	L			307,7	L	3,2	0,62	0,89	0,10	0,89	0,01
EK-R-18	AC	aleatória	P	10	0,65	-56,8	8,2	29,6	L			306,0	L	3,6	0,61	0,88	0,12	0,87	0,01
EK-R-18	AC	aleatória	P	6	0,70	-57,9	4-7 (?)	30,8	V			302,2	V						
EK-R-18	AC	aleatória	P	7	0,55	-56,9	8,5	29,7	L			289,6	L	3,0	0,61	0,83	0,17	0,82	0,01
EK-R-18	AC	aleatória	P	12	0,70	-56,9	8,4	27,5	L			270,1	L	3,2	0,67	0,91	0,11	0,89	0,01
EK-R-18	AC	aleatória	P	10	0,60	-57,5	8,6	29,5	L			288,0	L	2,8	0,62	0,85	0,14	0,85	0,01
EK-R-18	AC	aleatória	P	8	0,70	-57,2	8,9	29,7	L			285,5	L	2,2	0,61	0,89	0,10	0,90	0,01
EK-R-18	AC	aleatória	P	12	0,30	-57,3	8,2		? V?			280,0	L	3,6					
EK-R-18	AC	aleatória	P	10	0,35	-57,5	8,1	29,5	L			281,5	L	3,8	0,62	0,76	0,32	0,67	0,01
EK-R-18	AC	aleatória	P	5	0,15	-56,9	8,5	29,7	L			271,1	L	3,0	0,61	0,67	0,59	0,41	0,00
EK-R-18	AC	grupamento	P	12	0,75	-57,8	6,8	29,6	L			315,0	L	6,1	0,61	0,93	0,08	0,90	0,02
EK-R-18	AC	grupamento	P	12	0,70	-57,8	6,2	29,9	L			309,0	L	7,1	0,60	0,91	0,10	0,88	0,02
EK-R-18	AC	grupamento	P	12	0,70	-57,9	6,6	29,9	L			305,0	L	6,5	0,60	0,91	0,10	0,89	0,02
EK-R-18	AC	trilha	PS	8	0,45	-57,3	8,0	28,0	L			350,5	L	3,9	0,66	0,82	0,25	0,74	0,01
EK-R-18	AC	trilha	PS	10	0,20	-57,3	7,9	28,9	L			338,2	L	4,1	0,63	0,71	0,51	0,48	0,01
EK-R-18	AC	trilha	PS	15	0,65	-57,9	7,5	30,1	L			335,0	L	4,9	0,59	0,87	0,12	0,87	0,01
EK-R-18	AC	aleatória	P	10	0,70	-57,9	8,8	27,8	L			318,0	L	2,4	0,66	0,90	0,10	0,89	0,01
EK-R-18	AC	aleatória	P	8	0,65	-57,2	8,7	28,7	L			361,2	L	2,6	0,64	0,88	0,12	0,87	0,01
EK-R-18	AC	aleatória	P	12	0,35	-57,4	7,3	28,5	L			255,1	L	5,2	0,64	0,78	0,33	0,66	0,01

(continuação)

Amostra	Tipo	Ocorrência	Class. genética	Tamanho (µm)	F	TlCO ₂	Tclat	ThCO ₂	Fh	Teu	Tlg	Tht	Fh	NaCl (% eq)	dCO ₂	dglobal	XCO ₂	XH ₂ O	XNaCl
EK-R-18	AQ1	aleatória	P	8	0,80					-35,5	-5,5	225,0	L	8,6		0,91			0,03
EK-R-18	AQ1	aleatória	P	8	0,80					-37,2	-5,1	223,8	L	8,0		0,91			0,03
EK-R-18	AQ1	aleatória	P	8	0,85							200,5	L						
EK-R-18	AQ1	aleatória	P	10	0,85					-21,4	-4,4	175,0	L	7,0		0,95			0,02
EK-R-18	AQ1	aleatória	P	8	0,85					-20,1	-3,1	186,5	L	5,1		0,92			0,02
EK-R-18	AQ1	aleatória	P	8	0,85					-22,8	-6,2	175,0	L	9,5		0,96			0,03
EK-R-18	AQ1	aleatória	P	8	0,80							191,0	L						
EK-R-18	AQ1	aleatória	P	8	0,85							193,5	L						
EK-R-18	AQ1	aleatória	P	8	0,85							203,3	L						
EK-R-18	AQ2	trilha	S	5	0,85						-2,2	134,0	L	3,7		0,96			0,01
EK-R-18	AQ2	trilha	S	5	0,90						-2,4	135,5	L	4,0		0,96			0,01
EK-R-18	AQ2	trilha	S	5	0,85						-3,1	145,0	L	5,1		0,96			0,02
EK-R-18	AQ2	trilha	S	7	0,90						-1,8	155,0	L	3,1		0,94			0,01
EK-R-18	AQ2	trilha	S	7	0,90					-23,0	-0,4	144,9	L	0,7		0,93			0,00
EK-R-19	C	aleatória	P	10		-57,8		28,9	L							0,63			
EK-R-19	C	grupamento	P	12		-56,7		29,3	L							0,62			
EK-R-19	C	grupamento	P	10		-57,4		30,7	L							0,55			
EK-R-19	C	aleatória	P	9		-57,5		30,1	L							0,59			
EK-R-19	C	aleatória	P	8		-57,5		30	L							0,60			
EK-R-19	C	aleatória	P	8		-57,5		28,2	L							0,65			
EK-R-19	C	aleatória	P	7		-57,2		29,2	L							0,63			
EK-R-19	C	aleatória	P	7		-57,2		30,2	L							0,59			
EK-R-19	AC	aleatória	P	8	0,40	-57,6	7,6	31,1	V			355,0	V	4,7	0,47	0,69	0,22	0,76	0,01
EK-R-19	AC	aleatória	P	10	0,30	-57,6	8,0	31,0	V			340,0	V	3,9	0,42	0,60	0,29	0,70	0,01
EK-R-19	AC	aleatória	P	8	0,65	-57,6	7,8	30,8	V			335,0	V	4,3	0,39	0,80	0,08	0,91	0,01
EK-R-19	AC	aleatória	P	10	0,35	-57,5	7,2	31,0	V			375,0	L	5,4	0,42	0,63	0,24	0,74	0,01
EK-R-19	AC	aleatória	P	10	0,20	-57,5		29,1	L			390,0	L						
EK-R-19	AC	aleatória	P	8	0,20	-57,5		29,3	L			405,0	L						
EK-R-19	AC	aleatória	P	10	0,70	-57,7	6,8	30,9	V	-33,6		363,0	V	6,1	0,40	0,85	0,07	0,92	0,02
EK-R-19	AC	aleatória	P	15	0,30	-58,2	7,4	28,9	L			300,0	L	5,1	0,63	0,75	0,38	0,61	0,01
EK-R-19	AC	aleatória	P	12	0,30	-58,2	7,3	28,8	L			304,0	L	5,2	0,64	0,75	0,38	0,61	0,01
EK-R-19	AC	aleatória	P	8	0,80	-58,1	6,5	26,6	L			291,0	L	6,6	0,69	0,97	0,07	0,91	0,02
EK-R-19	AC	aleatória	P	8	0,70	-57,8		28,3	L			290,0	L						
EK-R-19	AC	aleatória	P	8	0,25	-57,8		30,7	V			292,5	V						

(continuação)

Amostra	Tipo	Ocorrência	Class. genética	Tamanho (µm)	F	TiCO ₂	Tclat	ThCO ₂	Fh	Teu	Tfg	Tht	Fh	NaCl (% eq)	dCO ₂	dglobal	XCO ₂	XH ₂ O	XNaCl
EK-R-19	AQ1	aleatória	P	9	0,7						-2,9	182,9	L	4,8		0,92			0,02
EK-R-19	AQ1	aleatória	P	10	0,85					-36,8	-3,1	153,5	L	5,1		0,95			0,02
EK-R-19	AQ1	aleatória	P	10	0,85							210	L						
EK-R-19	AQ1	aleatória	P	7	0,8							215	L						
EK-R-19	AQ1	aleatória	P	8	0,8							215	L						
EK-R-19	AQ1	aleatória	P	8	0,8					-23,1	-11,1	249	L	15,1		0,94			0,05
EK-R-19	AQ1	aleatória	P	8	0,8						-10,5	242,1	L	14,5		0,94			0,05
EK-R-19	AQ1	aleatória	P	8	0,7					-23,2	-10,8	243	L	14,8		0,94			0,05
EK-R-19	AQ1	aleatória	P	7	0,75						-8	200,1	L	11,7		0,96			0,04
EK-R-19	AQ1	aleatória	P	8	0,8						-7,5	195,3	L	11,1		0,96			0,04
EK-R-19	AQ1	aleatória	P	6	0,8							191	L						
EK-R-19	AQ1	aleatória	P	6	0,85							191,6	L						
EK-R-19	AQ2	trilha	S	6	0,9						-0,1	95,2	L	0,2		0,97			0
EK-R-19	AQ2	trilha	S	5	0,9						-0,4	121	L	0,7		0,95			0
EK-R-19	AQ3	trilha	S	12	0,8					-62,5	-17,6	97	L	20,7		1,11			0,07
EK-R-19	AQ3	trilha	S	8	0,9					-73,2	-18	116,2	L	21		1,1			0,08
EK-R-19	AQ3	trilha	S	12	0,85					-74,1	-17,8	95,2	L	20,8		1,11			0,08
EK-R-19	AQ3	trilha	S	12	0,8					-74,2	-14,4	80	L	18,1		1,1			0,06
EK-R-19	AQ3	trilha	S	12	0,8					-71,4	-16	103,1	L	19,5		1,1			0,07
EK-R-19	AQ3	trilha	S	10	0,8					-68,5	-16,2	96,3	L	19,6		1,1			0,07
EK-R-19	AQ3	trilha	S	10	0,8					?	-15,5	96,1	L	19,1		1,1			0,07
EK-R-19	AQ3	trilha	S	8	0,8						-12,9	86,6	L	16,8		1,09			0,06
EK-R-19	AQ3	trilha	S	10	0,8					-65,1	-13,6	85,9	L	17,4		1,09			0,06
EK-R-19	AQ2	trilha	S	6	0,8						-1,9	118,5	L	3,2		0,97			0,01
<hr/>																			
EK-R-20	C	aleatória	P	8	0,75	-57,1		27	L							0,68			
EK-R-20	C	aleatória	P	7	0,75	-56,8		27,2	L							0,67			
EK-R-20	C	aleatória	P	7	1	-57		22,1	L							0,75			
EK-R-20	C	aleatória	P	8	0,65	-56,7		29,2	L							0,63			
EK-R-20	C	aleatória	P	9	0,9	-57,3		25,4	L							0,71			
EK-R-20	C	aleatória	P	8	1	-61,3		21,9	L							0,75			
EK-R-20	C	aleatória	P	8	0,9	-56,9		25,7	L							0,7			
EK-R-20	C	aleatória	P	9	1	-56,8		25,1	L							0,71			
EK-R-20	C	aleatória	P	7	0,9	-56,8		27,7	L							0,66			
EK-R-20	C	aleatória	P	9	0,9	-57		25,8	L							0,7			
EK-R-20	C	aleatória	P	7	0,9	-56,9		25,8	L							0,7			
EK-R-20	C	aleatória	P	7	0,8	-56,9		26,8	L							0,68			
EK-R-20	C	aleatória	P	8	0,9	-56,9		25,9	L							0,7			
EK-R-20	C	aleatória	P	8	1	-56,9		24,7	L							0,72			

(continuação)

Amostra	Tipo	Ocorrência	Class. genética	Tamanho (µm)	F	TICO ₂	Tclat	ThCO ₂	Fh	Teu	Tfg	Tht	Fh	NaCl (% eq)	dCO ₂	dglobal	XCO ₂	XH ₂ O	XNaCl
EK-R-20	C	trilha	PS	8	0,75	-56,6		27,4	L										0,67
EK-R-20	C	trilha	PS	10	1	-57,5		23,2	L										0,74
EK-R-20	C	trilha	PS	10	1	-57,2		24	L										0,73
EK-R-20	C	trilha	PS	10	0,85	-56,6		26,3	L										0,69
EK-R-20	C	trilha	PS	8	0,75	-56,9		28,3	L										0,65
EK-R-20	C	isolada	P	10	0,9	-56,8		28,5	L										0,64
EK-R-20	C	grupamento	P	8		-57,4		25,4	L										0,71
EK-R-20	C	grupamento	P	8		-57,3		27,6	L										0,67
EK-R-20	C	aleatória	P	9		-58,6		20,1	L										0,77
EK-R-20	C	aleatória	P	10		-58,3		23	L										0,74
EK-R-20	C	aleatória	P	10		-58,1		24,2	L										0,72
EK-R-20	C	aleatória	P	10		-58,3		23,8	L										0,73
EK-R-20	C	aleatória	P	12		-58,3		24,8	L										0,72
EK-R-20	C	aleatória	P	10		-58,1		24,5	L										0,72
EK-R-20	AC	trilha	PS	10	0,7	-57,2	6,2	27,6	L			290	L	7,1	0,67	0,93	0,1	0,87	0,02
EK-R-20	AC	trilha	PS	6	0,7	-57,3	6,6	27,7	L			295	L	6,5	0,66	0,93	0,1	0,88	0,02
EK-R-20	AC	aleatória	P	20	0,3	-56,7	7,9	28,7	L			305	L	4,1	0,64	0,75	0,38	0,61	0,01
EK-R-20	AC	aleatória	P	12	0,3	-56,8	8,1		V?			307	V	3,8					
EK-R-20	AC	aleatória	P	7	0,2	-56,8	7,6	27	L			310	L	4,7	0,68	0,75	0,53	0,47	0,01
EK-R-20	AC	aleatória	P	15	0,6	-56,8	7,8	27,1	L	-36,8		305	L	4,3	0,68	0,88	0,16	0,83	0,01
EK-R-20	AC	aleatória	P	6	0,65	-56,9	6,4	28,2	L			315	L	6,8	0,65	0,91	0,13	0,85	0,02
EK-R-20	AC	aleatória	P	7	0,65	-56,6	6,1	27,2	L			320	L	7,3	0,67	0,92	0,13	0,85	0,02
EK-R-20	AC	aleatória	P	7	0,3	-57,5	7,2	31,1	V			323	V	5,4	0,47	0,64	0,31	0,68	0,01
EK-R-20	AC	aleatória	P	11	0,2	-57,6	7	31,1	V			321		5,8	0,47	0,58	0,43	0,56	0,01
EK-R-20	AC	aleatória	P	7	0,2	-57,1	7,7	24,8	L			325	L	4,5	0,71	0,78	0,54	0,45	0,01
EK-R-20	AC	aleatória	P	10	0,65	-56,8	7,5	27,8	L			335	L	4,9	0,66	0,9	0,13	0,86	0,01
EK-R-20	AC	aleatória	P	12	0,3	-56,8	7,8	28,7	L			340	L	4,3	0,64	0,75	0,38	0,61	0,01
EK-R-20	AC	aleatória	P	12	0,35	-56,7	7,5	31,1	V			330		4,9	0,47	0,66	0,26	0,73	0,01
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	8	0,8						-5,2	131,5	L	8,1		0,99			0,03
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	8	0,75							205,1	L						
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	7	0,75						-4,6	188	L	7,3		0,93			0,02
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	7	0,75						-4,8	188	L	7,6		0,94			0,03
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	8	0,8						-3,8	170,1	L	6,2		0,94			0,02
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	8	0,8						-4,8	189	L	7,6		0,94			0,03
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	6	0,8							192	L						
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	6	0,8							211	L						
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	6	0,8							211,6	L						
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	8	0,9						-5,8	170,2	L	9		0,96			0,03
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	8	0,8						-5,8	194,2	L	9		0,94			0,03

(continuação)

Amostra	Tipo	Ocorrência	Class. genética	Tamanho (µm)	F	TTCO ₂	Tclat	ThCO ₂	Fh	Teu	Tfg	Tht	Fh	NaCl (% eq)	dCO ₂	dglobal	XCO ₂	XH ₂ O	XNaCl
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	8	0,80					-21,8	-6,4	198,1	L	9,7		0,94			0,03
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	6	0,80						-5,6	170,0	L	8,7		0,96			0,03
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	7	0,85							209,8	L						
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	7	0,85							200,3	L						
EK-R-20	AQ1	aleatória	P	7	0,75							200,5	L						
EK-R-20	AQ2	trilha	S	5	0,80					-1,7	132,5	L	2,9		0,96				0,01
EK-R-20	AQ2	trilha	S	5	0,80					-2,5	130,1	L	4,2		0,97				0,01
EK-R-20	AQ2	trilha	S	5	0,90					-1,0	123,2	L	1,7		0,96				0,01
EK-R-20	AQ2	trilha	S	6	0,90					-1,2	130,1	L	2,1		0,95				0,01
EK-R-20	AQ2	trilha	S	6	0,85					-2,0	125,3	L	3,4		0,96				0,01
EK-R-20	AQ2	trilha	S	6	0,85					-1,5	135,0	L	2,6		0,95				0,01
EK-R-20	AQ2	trilha	S	6	0,80					-2,6	135,2	L	4,3		0,96				0,01
EK-R-20	AQ2	trilha	S	6	0,80					-2,1	141,0	L	3,6		0,95				0,01
EK-R-20	AQ2	trilha	S	6	0,80					-2,1	140,2	L	3,6		0,95				0,01
EK-R-21	C	aleatória	P	7		-57,7		12,5	L							0,85			
EK-R-21	C	aleatória	P	12		-57,4		22,6	L							0,74			
EK-R-21	C	aleatória	P	12		-57,4		23,8	L							0,73			
EK-R-21	C	grupamento	P	10		-56,6		25,4	L							0,71			
EK-R-21	AC	aleatória	P	12	0,30	-56,7	8,1	25,9	L			280,0	L	3,8	0,70	0,79	0,40	0,59	0,01
EK-R-21	AC	aleatória	P	11	0,30	-56,8	8,0	25,7	L			281,5	L	3,9	0,70	0,80	0,40	0,59	0,01
EK-R-21	AC	aleatória	P	12	0,15	-56,6	8,3	23,3	L			286,0	L	3,4	0,74	0,78	0,63	0,36	0,00
EK-R-21	AC	aleatória	P	12	0,25	-56,6	7,8	26,2	L			265,0	L	4,3	0,69	0,78	0,46	0,53	0,01
EK-R-21	AC	aleatória	P	10	0,20	-56,6	8,0	22,7	L			286,0	L	3,9	0,74	0,80	0,55	0,44	0,01
EK-R-21	AC	aleatória	P	10	0,80	-57,8	7,7	28,5	L			251,0	L	4,5	0,64	0,95	0,06	0,92	0,01
EK-R-21	AC	aleatória	P	10	0,60	-56,7	7,4	30,3	L			271,6	L	5,1	0,58	0,85	0,14	0,85	0,01
EK-R-21	AC	aleatória	P	8	0,60	-57,6	5,7	28,3	L			251,0	L	8,0	0,65	0,89	0,15	0,83	0,02
EK-R-21	AC	aleatória	P	8	0,60	-57,3	6,1	27,5	L			255,0	L	7,3	0,67	0,90	0,15	0,83	0,02
EK-R-21	AC	aleatória	P	8	0,60	-56,7	7,1	27,5	L			291,0	L	5,6	0,67	0,89	0,15	0,83	0,02
EK-R-21	AC	aleatória	P	8	0,70	-56,8	6,8	?	L(?)			290,0	L	6,1					
EK-R-21	AC	aleatória	P	9	0,70	-56,7	6,6	29,0	L			238,0		6,5	0,63	0,92	0,10	0,88	0,02
EK-R-21	AC	aleatória	P	8	0,60	-56,7	7,1	27,5	L			242,0	L	5,6	0,67	0,89	0,15	0,83	0,02
EK-R-21	AC	aleatória	P	11	0,35	-56,7	7,4	30,3	L			329,7	L	5,1	0,58	0,74	0,31	0,68	0,01
EK-R-21	AC	aleatória	P	15	0,70	-57,6	4,8	28,0	L			237,0	L	9,4	0,66	0,94	0,10	0,87	0,03
EK-R-21	AC	aleatória	P	7	0,65	-57,3	6,0	29,7	L			293,0	L	7,5	0,61	0,89	0,12	0,86	0,02

(continuação)

Amostra	Tipo	Ocorrência	Class. genética	Tamanho (µm)	F	TTCO ₂	Tclat	ThCO ₂	Fh	Teu	Tfg	Tht	Fh	NaCl (% eq)	dCO ₂	dglobal	XCO ₂	XH ₂ O	XNaCl
EK-R-21	AQ1	aleatória	P	8	0,80						-4,1	123,1	L	6,6		0,99			0,02
EK-R-21	AQ1	aleatória	P	6	0,70						-4,3	125,0	L	6,9		0,99			0,02
EK-R-21	AQ1	aleatória	P	8	0,80					-34,2	-2,6	118,2	L	4,3		0,98			0,01
EK-R-21	AQ1	aleatória	P	6	0,80							190,0	L						
EK-R-21	AQ1	aleatória	P	6	0,80						-3,8	162,3	L	6,2		0,95			0,02
EK-R-21	AQ1	aleatória	P	6	0,80						-4,7	182,0	L	7,5		0,94			0,02
EK-R-21	AQ1	aleatória	P	6	0,90					-25,1	-4,2	145,1	L	6,7		0,97			0,02
EK-R-21	AQ1	aleatória	P	5	0,85							206,1	L						
EK-R-21	AQ1	aleatória	P	5	0,85							201,1	L						
EK-R-21	AQ1	aleatória	P	5	0,80							218,0	L						
EK-R-21	AQ1	aleatória	P	6	0,80							214,8	L						
EK-R-21	AQ2	trilha	S	5	0,85						-2,5	144,4	L	4,2		0,95			0,01
EK-R-21	AQ2	trilha	S	7	0,85						-1,9	120,0	L	3,2		0,97			0,01
EK-R-21	AQ2	trilha	S	7	0,85						-2,7	134,1	L	4,5		0,96			0,01
EK-R-21	AQ2	trilha	S	7	0,90						-0,8	110,0	L	1,4		0,96			0,00
EK-R-21	AQ2	trilha	S	8	0,85					-21,2	-3,8	130,3	L	6,2		0,98			0,02
EK-R-21	AQ2	trilha	S	7	0,80														
EK-R-21	AQ2	trilha	S	7	0,85						-3,5	144,3	L	5,7		0,96			0,02
EK-R-21	AQ2	trilha	S	7	0,85						-3,5	140,1	L	5,7		0,97			0,02
EK-R-22	C	grupamento	P	9		-57,0		29,9	L							0,60			
EK-R-22	C	grupamento	P	10		-57,0		31,1	V							0,47			
EK-R-22	C	trilha	S	8		-57,2		29,2	L							0,63			
EK-R-22	C	trilha	S	9		-57,2		29,0	L							0,63			
EK-R-22	C	trilha	S	8		-57,2		28,4	L							0,65			
EK-R-22	C	trilha	S	8		-57,2		27,0	L							0,68			
EK-R-22	C	trilha	S	8		-57,2		29,2	L							0,63			
EK-R-22	C	trilha	S	8		-57,2		29,4	L							0,62			
EK-R-22	C	grupamento	P	10		-58,1		30,9	V							0,40			
EK-R-22	C	isolada	P	6		-57,8		27,0	L							0,68			
EK-R-22	C	aleatória	P	6		-57,7		28,2	L							0,65			
EK-R-22	C	aleatória	P	6		-57,7		28,4	L							0,65			
EK-R-22	C	aleatória	P	8		-57,7		28,9	L							0,63			
EK-R-22	C	aleatória	P	6		-56,7		29,1	L							0,63			
EK-R-22	C	aleatória	P	6		-56,9		29,1	L							0,63			
EK-R-22	AC	aleatória	P	10	0,25	-56,7	6,6	28,9	L			278,0	L	6,5	0,63	0,74	0,44	0,55	0,01
EK-R-22	AC	aleatória	P	9	0,70	-56,7	5,3	29,6	L			270,0	L	8,6	0,61	0,92	0,10	0,88	0,03
EK-R-22	AC	aleatória	P	6	0,75	-57,2		28,1	L			290,0	L						
EK-R-22	AC	aleatória	P	5	0,80	-57,4		29,2	L			290,0	L						
EK-R-22	AC	aleatória	P	6	0,65	-56,7		30,2	L			280,0	L						

(conclusão)

Amostra	Tipo	Ocorrência	Class. genética	Tamanho (µm)	F	TTCO ₂	Tclat	ThCO ₂	Fh	Teu	Tfg	Tht	Fh	NaCl (% eq)	dCO ₂	dglobal	XCO ₂	XH ₂ O	XNaCl
EK-R-22	AQ1	aleatória	P	8	0,70						-13,2	225,3	L	17,1		0,97			0,06
EK-R-22	AQ1	aleatória	P	8	0,75						-9,2	189,3	L	13,1		0,98			0,04
EK-R-22	AQ1	aleatória	P	8	0,75						-9,6	185,0	L	13,5		0,98			0,05
EK-R-22	AQ1	aleatória	P	8	0,80							198,2	L						
EK-R-22	AQ1	aleatória	P	8	0,80							200,0	L						
EK-R-22	AQ1	aleatória	P	6	0,75							208,3	L						
EK-R-22	AQ1	aleatória	P	7	0,70						-7,5	118,0	L	11,1		1,02			0,04
EK-R-22	AQ1	aleatória	P	8	0,90						-6,1	152,3	L	9,3		0,98			0,03
EK-R-22	AQ1	aleatória	P	7	0,90						-6,7	155,0	L	10,1		0,99			0,03
EK-R-22	AQ1	aleatória	P	7	0,85						-6,3	145,2	L	9,6		0,99			0,03
EK-R-22	AQ1	aleatória	P	7	0,85							190,9	L						
EK-R-22	AQ1	aleatória	P	8	0,85						-7,8	122,2	L	11,5		1,02			0,04
EK-R-22	AQ2	aleatória	S?	7	0,90					-20(?)	-6,9	95,2	L	10,4		1,03			0,03
EK-R-22	AQ2	trilha	S	5	0,90						-3,2	112,5	L	5,3		0,99			0,02
EK-R-22	AQ2	trilha	S	5	0,85						-3,1	97,0	L	5,1		1,00			0,02
EK-R-22	AQ2	trilha	S	6	0,90						-0,5	91,0	L	0,9		0,97			0,00
<hr/>																			
EK-R-23	AC	aleatória	P	9	0,75	-56,8	5,6	30,1	L			295,0	L	8,1	0,59	0,94	0,07	0,90	0,02
EK-R-23	AC	aleatória	P	10	0,75	-57,0	5,8	27,3	L			312,0	L	7,8	0,67	0,96	0,08	0,89	0,02
EK-R-23	AC	aleatória	P	8	0,70	-56,8		29,8	L			300,0	L						
EK-R-23	AC	aleatória	P	6	0,25	-56,8		27,4	L			310,0	L						
EK-R-23	AC	aleatória	P	6	0,70	-56,7		29,4	L			290,0	L						
<hr/>																			
EK-R-23	AQ1	aleatória	P	7	0,80						-6,3	198,5	L	9,6		0,94			0,03
EK-R-23	AQ1	aleatória	P	7	0,75						-4,4	221,1	L	7,0		0,90			0,02
EK-R-23	AQ1	aleatória	P	7	0,90							202,2	L						
EK-R-23	AQ1	aleatória	P	6	0,80						-11,1	146,2	L	15,1		1,03			0,05
EK-R-23	AQ1	aleatória	P	8	0,85					-21,5	-4,2	150,2	L	6,7		0,97			0,02
EK-R-23	AQ1	aleatória	P	7	0,85						-3,6	147,1	L	5,9		0,96			0,02
EK-R-23	AQ1	aleatória	P	7	0,85						-3,4	135,1	L	5,6		0,97			0,02
EK-R-23	AQ1	aleatória	P	5	0,70							191,1	L						
EK-R-23	AQ1	aleatória	P	5	0,80							191,9	L						
EK-R-23	AQ2	trilha	S	5	0,90						-0,5	85,5	L	0,9		0,98			0,00
EK-R-23	AQ2	trilha	S	6	0,90						-0,7	90,2	L	1,2		0,98			0,00
EK-R-23	AQ2	trilha	S	5	0,85						-0,7	92,4	L	1,2		0,97			0,00
EK-R-23	AQ2	trilha	S	6	0,85						-1,4	114,0	L	2,4		0,97			0,01
EK-R-23	AQ2	trilha	S	6	0,85						-1,6	119,1	L	2,7		0,97			0,01

Tipo: C = carbônica, AC = aquocarbônica, AQ = aquosa

Classificação genética: P = primária, PS = pseudosecundária, S = secundária

F = Grau de preenchimento

Fh = fase de homogeneização

T = °C

APÊNDICE B – ANÁLISES QUÍMICAS POR MICROSSONDA ELETRÔNICA DA BIOTITA DO BIOTITA-MONZOGRANITO EQUIGRAMULAR (BMGE) E BIOTITA-MONZOGRANITO PORFIRÍTICO (BMGP).

(continuação)

Fácies	BMgE																
	EK-R-35																
	Amostra																
Análise	bC1_2	bC1_3	bC1_4	bC1_6	bC1_7	bC1_8	bC2_1	bC2_2	bC2_3	bC2_4	bC2_5	bC2_6	bC2_7	bC2_8	bC2_9	bC2_10	bC2_11
SiO ₂	34,37	34,44	34,09	34,52	34,09	34,49	33,82	33,97	33,37	34,81	34,52	34,79	34,16	34,04	34,12	34,64	34,15
TiO ₂	2,84	2,65	2,97	2,58	2,87	3,13	2,89	2,90	2,88	2,79	2,52	2,75	2,68	2,77	2,49	2,80	3,16
Al ₂ O ₃	17,09	17,30	16,72	17,26	16,92	16,96	16,78	16,60	16,67	17,99	17,97	17,75	17,07	16,87	17,28	16,26	16,15
FeO	28,61	28,65	29,17	29,03	29,46	28,83	29,71	29,63	30,55	28,11	28,82	28,71	29,73	29,28	29,16	29,93	30,14
MnO	0,72	0,69	0,67	0,70	0,68	0,72	0,64	0,69	0,68	0,69	0,70	0,74	0,67	0,71	0,75	0,76	0,71
MgO	2,48	2,43	2,54	2,47	2,55	2,41	2,35	2,43	2,55	2,15	2,25	2,29	2,46	2,45	2,42	2,60	2,47
CaO	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	0,04	0,01	0,00	0,02	0,02	0,01	0,03	0,00	0,18	0,00	0,02	0,04
Na ₂ O	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,07	0,08	0,11	0,08	0,09	0,06	0,09	0,09	0,08	0,13	0,16
K ₂ O	8,82	8,83	8,81	9,09	8,72	9,02	8,64	8,67	8,05	9,18	9,28	9,20	8,74	8,68	8,84	8,99	8,79
F	0,05	0,02	0,07	0,13	0,02	0,03	0,06	0,15	0,16	0,06	0,06	0,03	0,07	0,12	0,03	0,06	0,01
Cl	0,08	0,09	0,10	0,08	0,09	0,09	0,09	0,07	0,07	0,09	0,07	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,07
Subtotal	95,12	95,17	95,21	95,96	95,47	95,77	95,07	95,18	95,12	95,96	96,29	96,44	95,74	95,27	95,24	96,26	95,85
O=F,Cl	0,04	0,03	0,05	0,07	0,03	0,03	0,04	0,08	0,08	0,05	0,04	0,03	0,05	0,07	0,03	0,04	0,02
Total	95,08	95,14	95,16	95,89	95,44	95,74	95,02	95,10	95,03	95,92	96,25	96,41	95,69	95,20	95,21	96,22	95,83
Fórmula estrutural calculada na base de 22 átomos de oxigênio																	
Si	5,51	5,51	5,48	5,50	5,47	5,50	5,46	5,47	5,40	5,51	5,47	5,50	5,47	5,47	5,48	5,53	5,49
Al ^V	2,49	2,49	2,52	2,50	2,53	2,50	2,54	2,53	2,60	2,49	2,53	2,50	2,53	2,53	2,52	2,47	2,51
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{VI}	0,73	0,78	0,65	0,74	0,67	0,69	0,65	0,63	0,57	0,86	0,83	0,80	0,69	0,67	0,75	0,59	0,54
Ti	0,34	0,32	0,36	0,31	0,35	0,38	0,35	0,35	0,35	0,33	0,30	0,33	0,32	0,33	0,30	0,34	0,38
Fe	3,83	3,84	3,92	3,87	3,95	3,84	4,01	3,99	4,13	3,72	3,82	3,79	3,98	3,94	3,92	4,00	4,05
Mn	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10
Mg	0,59	0,58	0,61	0,59	0,61	0,57	0,57	0,58	0,61	0,51	0,53	0,54	0,59	0,59	0,58	0,62	0,59
Sítio Y	5,60	5,61	5,63	5,59	5,66	5,58	5,67	5,65	5,76	5,51	5,57	5,56	5,66	5,62	5,65	5,64	5,66
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01
Na	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05
K	1,80	1,80	1,81	1,85	1,78	1,84	1,78	1,78	1,66	1,85	1,88	1,85	1,78	1,78	1,81	1,83	1,80
Sítio X	1,82	1,82	1,83	1,87	1,80	1,86	1,80	1,81	1,70	1,88	1,90	1,88	1,81	1,84	1,83	1,87	1,86
F	0,02	0,01	0,04	0,06	0,01	0,01	0,03	0,08	0,08	0,03	0,03	0,01	0,04	0,06	0,01	0,03	0,00
Cl	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
OH	3,95	3,96	3,94	3,91	3,96	3,96	3,95	3,90	3,90	3,95	3,95	3,96	3,94	3,92	3,96	3,95	3,98
Cátions	19,42	19,43	19,46	19,47	19,47	19,44	19,47	19,46	19,46	19,39	19,48	19,44	19,48	19,46	19,48	19,51	19,52
Fe/(Fe+Mg)	0,866	0,869	0,865	0,868	0,867	0,870	0,876	0,873	0,871	0,880	0,878	0,875	0,872	0,870	0,871	0,866	0,872

(continuação)

Fácies	BMgE																			
	EKR-35																			
	Amostra	bC2_12	bC2_13	bC2_14	bC3_1	bC3_3	bC3_4	bC3_5	bC3_6	bC3_8	bC3_9	bC4_1	bC4_2	bC4_3	bC4_4	bC4_5	bC4_6	bC4_7	bC4_8	bC4_9
SiO ₂	34,12	34,21	34,33	34,38	34,01	34,26	34,20	34,65	34,73	35,07	34,20	33,95	34,07	34,27	33,97	34,68	34,17	34,36	34,30	34,33
TiO ₂	3,05	2,85	2,67	3,38	3,03	2,73	2,81	1,59	0,66	0,80	3,32	3,69	3,68	3,75	3,29	3,47	3,47	3,61	3,42	3,36
Al ₂ O ₃	16,28	16,63	17,11	16,25	16,36	16,96	16,70	18,27	17,67	17,78	16,27	15,32	15,21	15,58	15,48	15,47	16,02	15,93	15,90	16,18
FeO	29,79	29,67	30,13	29,29	29,23	29,26	29,83	29,06	29,29	28,97	30,04	30,44	30,54	29,67	30,37	29,79	29,75	29,72	29,64	29,38
MnO	0,75	0,75	0,75	0,82	0,74	0,68	0,73	0,66	1,02	1,04	0,75	0,86	0,83	0,83	0,84	0,88	0,80	0,81	0,85	0,93
MgO	2,49	2,38	2,40	2,81	2,87	2,40	2,38	2,37	3,19	3,29	2,71	2,86	2,88	2,75	2,81	2,67	2,89	2,68	2,70	2,67
CaO	0,03	0,02	0,04	0,03	0,04	0,02	0,02	0,08	0,02	0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00
Na ₂ O	0,12	0,10	0,07	0,13	0,08	0,12	0,11	0,10	0,13	0,09	0,11	0,10	0,09	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,12	0,09
K ₂ O	8,80	8,76	8,83	8,71	8,58	8,84	8,73	8,88	9,06	8,95	8,86	8,67	8,59	8,87	8,67	8,63	8,90	8,66	8,61	9,01
F	0,07	0,04	0,00	0,12	0,17	0,02	0,00	0,00	0,08	0,10	0,06	0,09	0,17	0,13	0,10	0,16	0,04	0,06	0,04	0,06
Cl	0,07	0,09	0,07	0,08	0,09	0,08	0,09	0,05	0,10	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,09
Subtotal	95,56	95,51	96,39	95,99	95,19	95,37	95,59	95,70	95,95	96,19	96,43	96,06	96,14	96,02	95,73	95,95	96,22	95,98	95,67	96,10
O=F,Cl	0,04	0,04	0,01	0,07	0,09	0,03	0,02	0,01	0,05	0,06	0,04	0,06	0,09	0,07	0,06	0,09	0,04	0,04	0,03	0,04
Total	95,51	95,47	96,37	95,92	95,10	95,34	95,57	95,69	95,89	96,13	96,38	96,00	96,05	95,95	95,66	95,86	96,19	95,94	95,63	96,05
Fórmula estrutural calculada na base de 22 átomos de oxigênio																				
Si	5,49	5,50	5,47	5,49	5,47	5,50	5,49	5,51	5,54	5,56	5,46	5,46	5,47	5,49	5,48	5,55	5,46	5,49	5,50	5,49
Al ^{IV}	2,51	2,50	2,53	2,51	2,53	2,50	2,51	2,49	2,46	2,44	2,54	2,54	2,53	2,51	2,52	2,45	2,54	2,51	2,50	2,51
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{VI}	0,57	0,64	0,68	0,54	0,57	0,70	0,65	0,94	0,86	0,88	0,51	0,36	0,35	0,43	0,42	0,47	0,48	0,49	0,51	0,53
Ti	0,37	0,34	0,32	0,41	0,37	0,33	0,34	0,19	0,08	0,09	0,40	0,45	0,44	0,45	0,40	0,42	0,42	0,43	0,41	0,40
Fe	4,01	3,99	4,01	3,91	3,93	3,93	4,01	3,87	3,91	3,84	4,01	4,09	4,10	3,97	4,10	3,99	3,98	3,97	3,98	3,93
Mn	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,09	0,10	0,09	0,14	0,14	0,10	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,13
Mg	0,60	0,57	0,57	0,67	0,69	0,58	0,57	0,56	0,76	0,78	0,64	0,69	0,69	0,66	0,68	0,64	0,69	0,64	0,64	0,64
Sítio Y	5,65	5,65	5,68	5,63	5,66	5,63	5,66	5,65	5,74	5,73	5,67	5,71	5,70	5,63	5,70	5,62	5,67	5,65	5,66	5,63
Ca	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,04	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
K	1,81	1,80	1,79	1,77	1,76	1,81	1,79	1,80	1,84	1,81	1,80	1,78	1,76	1,81	1,78	1,76	1,81	1,77	1,76	1,84
Sítio X	1,85	1,83	1,82	1,82	1,79	1,85	1,83	1,85	1,89	1,84	1,84	1,81	1,79	1,84	1,82	1,80	1,84	1,79	1,81	1,86
F	0,03	0,02	0,00	0,06	0,08	0,01	0,00	0,00	0,04	0,05	0,03	0,04	0,08	0,06	0,05	0,08	0,02	0,03	0,02	0,03
Cl	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
OH	3,95	3,95	3,98	3,92	3,89	3,97	3,97	3,99	3,93	3,93	3,95	3,93	3,90	3,92	3,93	3,90	3,96	3,95	3,96	3,95
Cátions	19,49	19,48	19,51	19,45	19,45	19,48	19,49	19,49	19,63	19,57	19,51	19,51	19,49	19,47	19,52	19,42	19,51	19,45	19,46	19,49
Fe/(Fe+Mg)	0,871	0,875	0,876	0,854	0,851	0,872	0,875	0,873	0,837	0,831	0,861	0,856	0,856	0,858	0,858	0,862	0,853	0,861	0,861	0,861

(continuação)

Fácies	BMgE																			
	Amostra																			
	EK-R-35																			
Análise	bC4_1	bC4_1	bC4_1	bC4_1	bC4_1	bC4_1	bC4_1	bC4_1	bC4_2	bC5_	bC5_	bC5_								
	1	2	3	4	5	6	7	8	0	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
SiO ₂	34,37	34,09	34,27	34,49	34,41	34,26	34,32	34,35	34,13	34,03	34,23	34,40	34,34	34,98	34,43	34,52	34,68	34,54	34,19	34,13
TiO ₂	3,26	2,51	2,79	2,63	2,81	2,67	2,87	2,51	2,87	2,48	2,51	2,27	2,04	1,80	2,17	3,12	3,49	3,21	3,17	2,85
Al ₂ O ₃	16,14	16,92	16,60	16,59	16,24	16,41	16,61	16,27	16,19	16,75	16,91	16,93	17,51	17,87	17,00	16,78	17,25	16,71	16,32	16,13
FeO	29,14	29,64	29,64	29,35	29,51	29,47	29,15	29,48	29,41	29,21	29,42	28,79	28,64	28,81	29,08	29,22	28,56	29,50	29,82	29,78
MnO	0,84	0,71	0,69	0,92	0,91	0,91	0,92	0,90	0,93	0,87	0,88	0,96	0,92	0,92	0,96	0,79	0,76	0,72	0,73	0,76
MgO	2,80	2,35	2,39	2,62	2,67	2,65	2,65	2,90	2,88	2,82	2,77	2,91	2,87	2,93	2,95	2,42	2,22	2,52	2,60	2,56
CaO	0,00	0,02	0,03	0,04	0,01	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	0,05	0,02	0,03	0,05	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
Na ₂ O	0,10	0,16	0,18	0,14	0,13	0,15	0,14	0,13	0,13	0,05	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,12	0,09	0,22	0,16	0,14
K ₂ O	8,80	8,61	8,58	8,72	8,63	8,60	8,79	8,68	8,71	8,77	8,69	8,83	8,81	8,96	8,87	8,99	9,16	8,94	8,60	8,63
F	0,11	0,07	0,02	0,03	0,01	0,08	0,02	0,04	0,11	0,09	0,07	0,00	0,07	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,06	0,05
Cl	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07	0,04	0,07	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08
Subtotal	95,65	95,18	95,27	95,60	95,42	95,30	95,57	95,36	95,48	95,15	95,65	95,24	95,34	96,42	95,61	96,10	96,34	96,48	95,75	95,13
O=F,Cl	0,06	0,05	0,03	0,03	0,02	0,05	0,03	0,04	0,07	0,05	0,04	0,02	0,05	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04
Total	95,59	95,13	95,25	95,57	95,40	95,25	95,54	95,32	95,41	95,10	95,61	95,22	95,29	96,41	95,59	96,07	96,31	96,45	95,70	95,09
Fórmula estrutural calculada na base de 22 átomos de oxigênio																				
Si	5,50	5,49	5,51	5,53	5,53	5,51	5,50	5,53	5,49	5,48	5,48	5,52	5,49	5,52	5,51	5,50	5,49	5,49	5,48	5,51
Al ^{IV}	2,50	2,51	2,49	2,47	2,47	2,49	2,50	2,47	2,51	2,52	2,52	2,48	2,51	2,48	2,49	2,50	2,51	2,51	2,52	2,49
Sítio Z	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Al ^{VI}	0,55	0,70	0,66	0,66	0,60	0,62	0,64	0,61	0,56	0,66	0,67	0,72	0,79	0,85	0,71	0,65	0,71	0,61	0,56	0,58
Ti	0,39	0,30	0,34	0,32	0,34	0,32	0,35	0,30	0,35	0,30	0,30	0,27	0,25	0,21	0,26	0,37	0,41	0,38	0,38	0,35
Fe	3,90	3,99	3,99	3,93	3,97	3,97	3,91	3,97	3,95	3,93	3,94	3,86	3,83	3,80	3,89	3,89	3,78	3,92	4,00	4,02
Mn	0,11	0,10	0,09	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10
Mg	0,67	0,57	0,57	0,63	0,64	0,63	0,63	0,69	0,69	0,68	0,66	0,69	0,68	0,69	0,70	0,58	0,52	0,60	0,62	0,62
Sítio Y	5,63	5,66	5,65	5,66	5,67	5,67	5,64	5,69	5,67	5,69	5,69	5,68	5,68	5,68	5,70	5,60	5,53	5,61	5,66	5,67
Ca	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
Na	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,03	0,07	0,05	0,04
K	1,80	1,77	1,76	1,78	1,77	1,77	1,80	1,78	1,79	1,80	1,78	1,81	1,80	1,81	1,81	1,83	1,85	1,81	1,76	1,78
Sítio X	1,83	1,82	1,82	1,83	1,81	1,82	1,85	1,83	1,83	1,82	1,80	1,83	1,82	1,83	1,83	1,87	1,88	1,89	1,81	1,83
F	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,02	0,06	0,04	0,03	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02
Cl	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02
OH	3,92	3,94	3,97	3,96	3,97	3,94	3,97	3,96	3,92	3,93	3,95	3,98	3,95	3,99	3,97	3,97	3,97	3,98	3,95	3,95
Cátions	19,46	19,48	19,47	19,49	19,48	19,49	19,49	19,52	19,51	19,51	19,49	19,51	19,49	19,51	19,52	19,47	19,41	19,49	19,47	19,50
Fe/(Fe+Mg)	0,854	0,876	0,874	0,863	0,861	0,862	0,861	0,851	0,851	0,853	0,856	0,848	0,849	0,847	0,847	0,871	0,878	0,868	0,866	0,867

(conclusão)

Fácies	BMgE					BMgP				
	EK-R-35					EK-R-36				
	Amostra	b-C5_4	b-C5_5	b-C5_6	b-C5_7	b-C5_8	b-C6_1	b-C6_2	b-C6_3	b-C6_4
Análise										
SiO ₂	34,26	34,36	34,43	34,78	34,42	33,46	33,66	34,51	34,14	
TiO ₂	2,55	2,72	2,35	2,32	2,32	2,50	2,59	2,51	2,55	
Al ₂ O ₃	17,05	17,05	17,15	17,25	17,02	14,16	14,36	14,59	14,54	
FeO	29,83	30,31	29,05	29,15	29,10	32,10	32,24	31,49	31,60	
MnO	0,70	0,66	0,75	0,70	0,73	0,44	0,47	0,46	0,43	
MgO	2,40	2,34	2,55	2,60	2,58	3,16	3,18	3,29	3,23	
CaO	0,00	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	
Na ₂ O	0,13	0,08	0,06	0,07	0,05	0,15	0,12	0,15	0,13	
K ₂ O	8,82	8,75	8,99	8,98	8,99	8,77	8,80	8,77	8,80	
F	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	1,53	1,60	1,60	1,55	
Cl	0,09	0,07	0,09	0,08	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09	
Subtotal	95,86	96,35	95,46	95,95	95,34	96,39	97,13	97,48	97,11	
O=F,Cl	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,67	0,69	0,69	0,67	
Total	95,83	96,33	95,43	95,93	95,31	95,72	96,44	96,79	96,44	
Fórmula estrutural calculada na base de 22 átomos de oxigênio										
Si	5,48	5,47	5,51	5,53	5,52	5,42	5,40	5,48	5,45	
Al ^{IV}	2,52	2,53	2,49	2,47	2,48	2,58	2,60	2,52	2,55	
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
Al ^{VI}	0,70	0,68	0,75	0,77	0,74	0,12	0,12	0,21	0,19	
Ti	0,31	0,33	0,28	0,28	0,28	0,30	0,31	0,30	0,31	
Fe	3,99	4,04	3,89	3,88	3,90	4,35	4,33	4,18	4,22	
Mn	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,06	0,06	0,06	0,06	
Mg	0,57	0,56	0,61	0,62	0,62	0,76	0,76	0,78	0,77	
Sítio Y	5,67	5,69	5,64	5,64	5,64	5,59	5,58	5,53	5,54	
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Na	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,05	0,04	0,04	0,04	
K	1,80	1,78	1,84	1,82	1,84	1,81	1,80	1,78	1,79	
Sítio X	1,84	1,81	1,86	1,85	1,86	1,86	1,85	1,83	1,84	
F	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,79	0,81	0,80	0,78	
Cl	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	
OH	3,96	3,98	3,97	3,97	3,97	3,19	3,17	3,17	3,19	
Cátions	19,51	19,49	19,50	19,48	19,50	19,45	19,43	19,35	19,39	
Fe/(Fe+Mg)	0,874	0,879	0,865	0,863	0,864	0,851	0,850	0,843	0,846	

APÊNDICE C – ANÁLISES QUÍMICAS POR MICROSSONDA ELETRÔNICA DA MUSCOVITA.

(continuação)

Ocorrência	Ser subst Pl															
	BMgE									BMgP						
	EK-R-35					EK-R-36				EK-R-40						
	Amostra	SC7_1	SC7_2	SC7_3	SC7_4	SC8_1	SC8_2	SC8_3	SC8_4	SC8_5	SC3_1	SC3_2	SC3_3	SC3_4	SC2_2	SC2_3
Análise	SC7_1	SC7_2	SC7_3	SC7_4	SC8_1	SC8_2	SC8_3	SC8_4	SC8_5	SC3_1	SC3_2	SC3_3	SC3_4	SC2_2	SC2_3	SC2_4
SiO ₂	46,13	46,85	46,71	47,14	46,68	46,93	46,50	46,80	46,64	46,87	46,02	47,08	46,23	47,10	47,11	46,87
TiO ₂	0,25	0,22	0,12	0,21	0,34	0,30	0,37	0,01	0,08	0,18	0,32	0,20	0,32	0,14	0,07	0,10
Al ₂ O ₃	34,08	33,32	34,81	33,57	33,05	33,15	33,59	32,83	33,70	32,59	31,20	31,74	31,99	31,30	31,63	33,12
FeO	3,43	3,94	3,23	3,71	4,03	3,96	3,91	4,19	3,88	4,30	5,51	4,78	5,02	4,95	4,68	4,27
MnO	0,08	0,09	0,10	0,08	0,14	0,14	0,10	0,16	0,12	0,10	0,14	0,09	0,10	0,12	0,12	0,11
MgO	0,32	0,42	0,15	0,37	0,42	0,35	0,29	0,33	0,13	0,73	0,67	0,84	0,70	0,79	0,81	0,32
CaO	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Na ₂ O	0,62	0,59	0,55	0,51	0,50	0,52	0,55	0,50	0,49	0,43	0,42	0,41	0,37	0,46	0,44	0,46
K ₂ O	10,18	10,08	10,38	10,00	10,34	10,23	10,18	10,21	10,27	10,30	10,25	10,28	10,27	10,21	10,14	10,31
F	0,29	0,30	0,16	0,19	0,21	0,18	0,32	0,34	0,20	0,30	1,06	0,37	0,33	0,95	0,76	0,52
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Subtotal	95,39	95,80	96,21	95,83	95,70	95,77	95,81	95,37	95,52	95,81	95,60	95,80	95,34	96,05	95,75	96,08
O=F,Cl	0,12	0,13	0,07	0,08	0,09	0,08	0,13	0,14	0,08	0,13	0,45	0,16	0,14	0,40	0,32	0,22
Total	95,26	95,68	96,14	95,75	95,61	95,70	95,67	95,22	95,43	95,68	95,16	95,64	95,20	95,64	95,43	95,87
Fórmula estrutural calculada em base de 22 átomos de oxigênio																
Si	6,19	6,27	6,21	6,29	6,27	6,29	6,23	6,30	6,26	6,29	6,25	6,34	6,27	6,33	6,34	6,27
Al ^{IV}	1,81	1,73	1,79	1,71	1,73	1,71	1,77	1,70	1,74	1,71	1,75	1,66	1,73	1,67	1,66	1,73
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{VI}	3,59	3,52	3,66	3,57	3,50	3,52	3,53	3,52	3,59	3,45	3,24	3,37	3,38	3,29	3,35	3,49
Ti	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01
Fe	0,39	0,44	0,36	0,41	0,45	0,44	0,44	0,47	0,44	0,48	0,63	0,54	0,57	0,56	0,53	0,48
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	0,06	0,08	0,03	0,07	0,08	0,07	0,06	0,07	0,03	0,15	0,14	0,17	0,14	0,16	0,16	0,06
Sítio Y	4,07	4,08	4,07	4,08	4,09	4,08	4,07	4,07	4,08	4,11	4,05	4,11	4,14	4,03	4,06	4,06
Ca	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13	0,11	0,11	0,11	0,10	0,12	0,11	0,12
K	1,74	1,72	1,76	1,70	1,77	1,75	1,74	1,76	1,76	1,76	1,78	1,77	1,78	1,75	1,74	1,76
Intercamada	1,91	1,87	1,90	1,84	1,90	1,88	1,88	1,88	1,89	1,88	1,89	1,87	1,87	1,87	1,86	1,88
F	0,12	0,13	0,07	0,08	0,09	0,08	0,13	0,15	0,08	0,13	0,46	0,16	0,14	0,41	0,32	0,22
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	3,88	3,87	3,93	3,92	3,91	3,92	3,87	3,85	3,92	3,87	3,54	3,84	3,86	3,59	3,68	3,78
Total	17,98	17,95	17,97	17,93	17,99	17,97	17,96	17,96	17,97	17,98	17,94	17,98	18,01	17,91	17,91	17,94
Fe/(Fe+Mg)	0,856	0,839	0,923	0,850	0,844	0,863	0,884	0,876	0,945	0,768	0,821	0,761	0,800	0,778	0,765	0,883

(continuação)

Ocorrência	Ser subst Pl																
	Rocha alterada																
	EK-R-28																
Amostra																	
Análise	SC5_1	SC5_2	SC5_3	SC5_4	SC5_5	SC5_6	SC5_7	SC5_8	SC5_9	SC5_10	SC6_1	SC6_2	SC6_3	SC6_4	SC6_5	SC6_6	SC6_7
SiO ₂	46,99	47,12	46,96	46,77	47,02	47,36	47,36	47,19	47,28	46,29	47,85	48,09	48,22	47,47	47,03	46,67	47,00
TiO ₂	0,21	0,25	0,28	0,31	0,27	0,09	0,20	0,23	0,10	0,18	0,53	0,37	0,27	0,20	0,32	0,37	0,46
Al ₂ O ₃	31,95	32,13	31,80	31,78	31,81	31,19	30,65	30,82	30,87	31,41	29,38	30,26	30,05	30,84	30,07	30,08	30,20
FeO	4,47	4,47	4,50	4,90	4,71	5,19	5,31	5,11	4,91	5,44	3,75	3,80	3,45	4,48	5,47	5,91	5,16
MnO	0,07	0,09	0,06	0,06	0,07	0,17	0,05	0,05	0,16	0,13	0,06	0,02	0,04	0,04	0,06	0,17	0,15
MgO	0,77	0,76	0,79	0,77	0,83	0,86	1,32	1,19	0,91	0,67	3,01	2,22	2,07	1,42	1,36	1,02	1,03
CaO	0,01	0,02	0,01	0,00	0,04	0,05	0,02	0,03	0,01	0,03	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03	0,00	0,01
Na ₂ O	0,43	0,42	0,41	0,39	0,42	0,45	0,25	0,27	0,47	0,47	0,15	0,16	0,16	0,18	0,18	0,44	0,45
K ₂ O	10,24	10,23	10,08	10,22	10,11	10,08	10,34	10,36	10,14	10,14	10,24	10,29	10,46	10,37	10,32	10,15	10,18
F	0,47	0,52	0,38	0,48	0,36	0,34	0,45	0,46	0,38	0,45	0,48	0,46	0,49	0,56	0,39	0,53	0,62
Cl	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Subtotal	95,61	95,99	95,26	95,68	95,64	95,78	95,95	95,71	95,24	95,20	95,47	95,69	95,22	95,58	95,24	95,34	95,28
O=F,Cl	0,20	0,22	0,16	0,20	0,15	0,14	0,19	0,19	0,16	0,19	0,20	0,19	0,21	0,23	0,17	0,22	0,26
Total	95,41	95,77	95,10	95,48	95,49	95,64	95,76	95,51	95,08	95,01	95,27	95,49	95,01	95,34	95,07	95,12	95,02
Fórmula estrutural calculada em base de 22 átomos de oxigênio																	
Si	6,33	6,32	6,34	6,31	6,33	6,38	6,38	6,37	6,40	6,30	6,44	6,44	6,48	6,39	6,40	6,36	6,38
Al ^{IV}	1,67	1,68	1,66	1,69	1,67	1,62	1,62	1,63	1,60	1,70	1,56	1,56	1,52	1,61	1,60	1,64	1,62
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{VI}	3,39	3,39	3,40	3,36	3,38	3,34	3,25	3,28	3,33	3,33	3,09	3,22	3,25	3,29	3,22	3,19	3,22
Ti	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,05
Fe	0,50	0,50	0,51	0,55	0,53	0,59	0,60	0,58	0,56	0,62	0,42	0,43	0,39	0,50	0,62	0,67	0,59
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02
Mg	0,15	0,15	0,16	0,15	0,17	0,17	0,27	0,24	0,18	0,14	0,60	0,44	0,41	0,28	0,28	0,21	0,21
Sítio Y	4,08	4,08	4,10	4,10	4,11	4,13	4,14	4,12	4,10	4,12	4,18	4,13	4,08	4,10	4,15	4,13	4,08
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11	0,12	0,06	0,07	0,12	0,12	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,12	0,12
K	1,76	1,75	1,74	1,76	1,74	1,73	1,78	1,78	1,75	1,76	1,76	1,76	1,79	1,78	1,79	1,76	1,76
Intercamada	1,87	1,86	1,84	1,86	1,85	1,86	1,85	1,86	1,88	1,89	1,80	1,80	1,84	1,83	1,84	1,88	1,88
F	0,20	0,22	0,16	0,21	0,15	0,14	0,19	0,19	0,16	0,19	0,20	0,19	0,21	0,24	0,17	0,23	0,27
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	3,80	3,78	3,84	3,79	3,84	3,86	3,81	3,80	3,84	3,81	3,80	3,80	3,79	3,76	3,83	3,77	3,73
Total	17,95	17,94	17,94	17,96	17,96	17,98	17,99	17,98	17,98	18,01	17,98	17,93	17,92	17,94	18,00	18,01	17,96
Fe/(Fe+Mg)	0,765	0,767	0,762	0,781	0,762	0,773	0,693	0,707	0,753	0,820	0,411	0,490	0,483	0,640	0,694	0,765	0,737

(continuação)

Ocorrência	Muscovita substituindo biotita													
	BMgE							BMgP				Granito alterado		
	EK-R-35							EK-R-40				EK-R-28		
	Amostra	SC6_1	SC6_2	SC6_3	SC6_4	SC6_5	SC6_6	SC6_7	SC1_4	SC1_5	SC1_6	SC1_7	SC4_7	SC4_8
SiO ₂	48,81	46,87	46,30	46,36	47,11	46,70	47,40	45,85	45,88	46,52	46,01	46,12	46,91	46,50
TiO ₂	0,34	0,25	0,22	0,28	0,07	0,02	0,06	0,41	0,26	0,29	0,36	0,31	0,55	0,19
Al ₂ O ₃	29,54	31,52	31,86	30,42	32,42	32,75	31,66	29,72	31,27	31,47	30,38	30,87	31,41	31,37
FeO	4,75	4,59	4,96	6,23	4,24	4,08	4,35	6,70	5,25	4,82	5,93	6,09	4,54	4,88
MnO	0,03	0,08	0,08	0,16	0,08	0,14	0,16	0,05	0,06	0,06	0,06	0,15	0,12	0,04
MgO	1,62	1,00	0,95	0,88	0,71	0,79	0,79	1,54	1,23	1,36	1,43	0,82	0,88	1,02
CaO	0,01	0,01	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,00	0,03	0,01
Na ₂ O	0,13	0,39	0,36	0,44	0,48	0,47	0,41	0,15	0,27	0,20	0,27	0,46	0,50	0,36
K ₂ O	10,43	10,26	10,22	9,97	10,00	10,21	10,34	10,39	10,51	10,51	10,39	10,20	10,05	10,50
F	0,56	0,51	0,38	0,47	0,31	0,40	0,28	0,49	0,49	0,53	0,47	0,56	0,46	0,35
Cl	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,01	0,01	0,02
Subtotal	96,22	95,49	95,34	95,25	95,49	95,56	95,45	95,31	95,28	95,78	95,37	95,59	95,44	95,24
O=F,Cl	0,23	0,22	0,16	0,20	0,13	0,17	0,12	0,21	0,22	0,22	0,21	0,24	0,19	0,15
Total	95,98	95,27	95,18	95,05	95,36	95,39	95,33	95,10	95,06	95,55	95,17	95,35	95,24	95,09
Fórmula estrutural calculada em base de 22 átomos de oxigênio														
Si	6,53	6,33	6,27	6,33	6,33	6,28	6,39	6,29	6,25	6,28	6,28	6,28	6,33	6,31
Al ^{IV}	1,47	1,67	1,73	1,67	1,67	1,72	1,61	1,71	1,75	1,72	1,72	1,72	1,67	1,69
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{VI}	3,19	3,34	3,36	3,22	3,46	3,47	3,42	3,10	3,27	3,29	3,17	3,23	3,33	3,33
Ti	0,03	0,03	0,02	0,03	0,01	0,00	0,01	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,06	0,02
Fe	0,53	0,52	0,56	0,71	0,48	0,46	0,49	0,77	0,60	0,54	0,68	0,69	0,51	0,55
Mn	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00
Mg	0,32	0,20	0,19	0,18	0,14	0,16	0,16	0,31	0,25	0,27	0,29	0,17	0,18	0,21
Sítio Y	4,08	4,09	4,15	4,16	4,10	4,10	4,09	4,23	4,15	4,14	4,18	4,14	4,08	4,12
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,03	0,10	0,10	0,12	0,13	0,12	0,11	0,04	0,07	0,05	0,07	0,12	0,13	0,09
K	1,78	1,77	1,77	1,74	1,72	1,75	1,78	1,82	1,83	1,81	1,81	1,77	1,73	1,82
Intercamada	1,82	1,87	1,86	1,86	1,85	1,87	1,88	1,86	1,90	1,86	1,89	1,89	1,86	1,91
F	0,24	0,22	0,16	0,20	0,13	0,17	0,12	0,21	0,21	0,23	0,20	0,24	0,20	0,15
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
OH	3,76	3,78	3,83	3,80	3,87	3,83	3,88	3,78	3,78	3,77	3,79	3,76	3,80	3,84
Total	17,90	17,96	18,01	18,02	17,95	17,98	17,97	18,09	18,05	18,00	18,07	18,04	17,95	18,03
Fe/(Fe+Mg)	0,621	0,720	0,746	0,798	0,769	0,745	0,756	0,710	0,705	0,666	0,700	0,806	0,743	0,728

(continuação)

Ocorrência	Associada a sulfetos																	
	Granito alterado										Granito pouco alterado							
	Amostra	EK-R-28										EK-R-36						
		S-C7_1	S-C7_2	S-C7_3	S-C7_4	S-C7_5	S-C7_7	S-C8_1	S-C8_2	S-C8_3	S-C8_4	S-C4_1	S-C4_2	S-C4_3	S-C4_4	S-C4_5	S-C4_6	S-C4_7
SiO ₂	46,54	46,65	46,67	46,54	46,94	46,59	48,23	47,62	48,52	48,56	47,77	47,56	48,01	46,85	47,76	47,83	47,05	
TiO ₂	0,17	0,61	0,59	0,26	0,75	0,11	0,05	0,30	0,05	0,20	0,20	0,16	0,33	0,44	0,38	0,34	0,33	
Al ₂ O ₃	34,55	33,81	33,88	34,27	33,88	35,03	31,06	30,97	31,67	32,10	30,84	32,03	30,28	30,56	31,13	29,96	30,48	
FeO	2,10	2,54	2,56	2,60	2,59	2,21	3,94	4,38	3,16	2,88	3,84	4,36	5,32	4,98	4,39	4,80	4,88	
MnO	0,13	0,17	0,10	0,12	0,11	0,07	0,08	0,10	0,05	0,06	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	
MgO	0,80	1,05	0,96	0,73	0,87	0,62	1,30	1,59	1,26	1,26	1,53	0,88	1,46	1,84	1,50	1,45	1,61	
CaO	0,04	0,04	0,04	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,05	
Na ₂ O	0,44	0,42	0,44	0,37	0,34	0,38	0,14	0,14	0,08	0,11	0,16	0,35	0,14	0,17	0,17	0,15	0,17	
K ₂ O	10,38	10,26	10,27	10,02	10,08	10,67	10,82	10,83	10,90	10,74	10,55	10,25	10,24	10,26	10,27	10,37	10,27	
F	0,21	0,24	0,17	0,19	0,18	0,10	0,34	0,34	0,39	0,29	0,60	0,46	0,23	0,53	0,36	0,40	0,38	
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	
Subtotal	95,36	95,78	95,67	95,11	95,75	95,79	95,98	96,27	96,09	96,19	95,53	96,14	96,07	95,68	96,01	95,35	95,27	
O=F,Cl	0,09	0,10	0,07	0,08	0,08	0,04	0,14	0,14	0,16	0,12	0,25	0,19	0,10	0,22	0,15	0,17	0,16	
Total	95,27	95,68	95,60	95,03	95,67	95,74	95,83	96,13	95,92	96,06	95,28	95,94	95,97	95,45	95,85	95,18	95,11	
Fórmula estrutural calculada em base de 22 átomos de oxigênio																		
Si	6,21	6,21	6,22	6,22	6,24	6,19	6,46	6,38	6,46	6,44	6,42	6,36	6,45	6,33	6,39	6,47	6,37	
Al ^{IV}	1,79	1,79	1,78	1,78	1,76	1,81	1,54	1,62	1,54	1,56	1,58	1,64	1,55	1,67	1,61	1,53	1,63	
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
Al ^{VI}	3,64	3,52	3,54	3,63	3,55	3,68	3,36	3,28	3,42	3,46	3,30	3,40	3,24	3,19	3,30	3,24	3,24	
Ti	0,02	0,06	0,06	0,03	0,07	0,01	0,00	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	
Fe	0,23	0,28	0,29	0,29	0,29	0,25	0,44	0,49	0,35	0,32	0,43	0,49	0,60	0,56	0,49	0,54	0,55	
Mn	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
Mg	0,16	0,21	0,19	0,15	0,17	0,12	0,26	0,32	0,25	0,25	0,31	0,18	0,29	0,37	0,30	0,29	0,32	
Sítio Y	4,07	4,09	4,09	4,10	4,10	4,07	4,07	4,12	4,04	4,05	4,07	4,09	4,17	4,17	4,14	4,11	4,16	
Ca	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
Na	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,10	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,09	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	
K	1,77	1,74	1,75	1,71	1,71	1,81	1,85	1,85	1,85	1,82	1,81	1,75	1,76	1,77	1,75	1,79	1,78	
Intercamada	1,89	1,86	1,86	1,81	1,80	1,91	1,89	1,89	1,87	1,84	1,85	1,84	1,80	1,82	1,80	1,83	1,83	
F	0,09	0,10	0,07	0,08	0,08	0,04	0,14	0,14	0,16	0,12	0,25	0,19	0,10	0,23	0,15	0,17	0,16	
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
OH	3,91	3,90	3,93	3,92	3,92	3,96	3,86	3,85	3,84	3,88	3,75	3,81	3,90	3,77	3,85	3,83	3,84	
Total	17,95	17,95	17,95	17,91	17,89	17,98	17,96	18,01	17,91	17,89	17,92	17,93	17,97	17,99	17,94	17,94	17,99	
Fe/(Fe+Mg)	0,595	0,576	0,599	0,666	0,624	0,666	0,630	0,608	0,585	0,562	0,585	0,734	0,672	0,602	0,621	0,650	0,630	

(continuação)

Ocorrência	Associada a sulfetos		Zona brechoide						
	Granito pouco alterado								
	EK-R-36		EK-R-29						
Amostra									
Análise	SC4_8	SC4_10	SC1_6	SC1_7	SC1_8	SC1_9	SC1_10	SC1_11	SC1_12
SiO ₂	47,74	47,81	46,52	46,30	46,99	47,95	48,14	47,56	47,56
TiO ₂	0,51	0,30	0,80	0,61	0,31	0,08	0,00	0,20	0,18
Al ₂ O ₃	30,78	30,82	33,29	34,22	35,21	30,46	31,25	31,39	31,47
FeO	4,49	4,60	2,89	2,52	2,00	4,34	3,63	3,86	3,75
MnO	0,04	0,03	0,16	0,10	0,05	0,11	0,08	0,05	0,04
MgO	1,33	1,24	1,04	0,83	0,64	1,27	1,31	1,21	1,39
CaO	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,16	0,15	0,40	0,40	0,37	0,11	0,18	0,18	0,21
K ₂ O	10,29	10,39	10,34	10,28	10,03	10,85	10,81	10,42	10,44
F	0,21	0,36	0,22	0,23	0,13	0,34	0,30	0,37	0,45
Cl	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Subtotal	95,59	95,73	95,69	95,49	95,75	95,52	95,69	95,25	95,49
O=F,Cl	0,09	0,15	0,10	0,10	0,06	0,14	0,13	0,16	0,19
Total	95,49	95,58	95,59	95,39	95,69	95,37	95,56	95,09	95,30
Fórmula estrutural calculada em base de 22 átomos de oxigênio									
Si	6,42	6,43	6,22	6,18	6,21	6,47	6,45	6,40	6,39
Al ^{IV}	1,58	1,57	1,78	1,82	1,79	1,53	1,55	1,60	1,61
Sítio Z	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Al ^{VI}	3,30	3,31	3,46	3,57	3,70	3,31	3,39	3,38	3,37
Ti	0,05	0,03	0,08	0,06	0,03	0,01	0,00	0,02	0,02
Fe	0,51	0,52	0,32	0,28	0,22	0,49	0,41	0,43	0,42
Mn	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Mg	0,27	0,25	0,21	0,17	0,13	0,26	0,26	0,24	0,28
Sítio Y	4,13	4,11	4,09	4,09	4,09	4,08	4,07	4,09	4,09
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,04	0,04	0,10	0,10	0,10	0,03	0,05	0,05	0,06
K	1,77	1,78	1,76	1,75	1,69	1,87	1,85	1,79	1,79
Intercamada	1,81	1,82	1,87	1,85	1,79	1,90	1,90	1,84	1,84
F	0,09	0,15	0,09	0,10	0,05	0,14	0,13	0,16	0,19
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	3,91	3,85	3,90	3,90	3,94	3,86	3,87	3,84	3,81
Total	17,94	17,93	17,96	17,94	17,88	17,98	17,96	17,92	17,93
Fe/(Fe+Mg)	0,654	0,675	0,610	0,629	0,636	0,657	0,609	0,642	0,602

(continuação)

Ocorrência	Vênula											
Amostra	EK-R-18											
Análise	SC1_6	SC1_7	SC1_8	SC1_9	SC1_10	SC1_15	SC1_18	SC2_1	SC2_2	SC2_3	SC2_4	SC2_5
SiO ₂	47,26	47,47	46,48	47,18	47,08	48,08	47,63	47,67	47,50	47,67	47,01	47,52
TiO ₂	0,32	0,42	0,24	0,36	0,30	0,44	0,31	0,30	0,36	0,42	0,41	0,28
Al ₂ O ₃	32,46	30,45	30,26	31,52	32,23	30,18	31,14	32,11	31,35	30,66	31,52	30,35
FeO	3,62	5,10	5,80	4,50	3,92	4,83	4,24	4,04	4,84	4,98	4,64	5,56
MnO	0,12	0,14	0,20	0,14	0,09	0,18	0,16	0,08	0,14	0,12	0,09	0,15
MgO	0,76	1,30	0,78	0,80	0,97	1,50	1,27	1,02	0,94	1,10	0,92	1,04
CaO	0,03	0,02	0,00	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,45	0,40	0,38	0,43	0,49	0,40	0,44	0,51	0,44	0,41	0,29	0,40
K ₂ O	10,07	10,15	10,28	10,11	9,99	10,20	9,99	10,07	10,10	9,89	10,20	10,36
F	0,59	0,50	1,99	1,41	0,41	0,58	0,41	0,47	0,52	0,61	0,32	0,54
Cl	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Subtotal	95,68	95,95	96,40	96,47	95,51	96,39	95,61	96,29	96,20	95,86	95,41	96,19
O=F,Cl	0,25	0,21	0,84	0,60	0,17	0,24	0,17	0,20	0,22	0,26	0,14	0,23
Total	95,43	95,74	95,56	95,87	95,34	96,15	95,43	96,09	95,98	95,60	95,27	95,96
Fórmula estrutural calculada em base de 22 átomos de oxigênio												
Si	6,32	6,39	6,27	6,30	6,32	6,43	6,40	6,35	6,36	6,40	6,34	6,40
Al ^{IV}	1,68	1,61	1,73	1,70	1,68	1,57	1,60	1,65	1,64	1,60	1,66	1,60
Sítio Z	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Al ^{VI}	3,44	3,22	3,08	3,26	3,42	3,19	3,32	3,39	3,31	3,26	3,36	3,22
Ti	0,03	0,04	0,02	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03
Fe	0,41	0,57	0,65	0,50	0,44	0,54	0,48	0,45	0,54	0,56	0,52	0,63
Mn	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Mg	0,15	0,26	0,16	0,16	0,19	0,30	0,26	0,20	0,19	0,22	0,19	0,21
Sítio Y	4,04	4,12	3,94	3,97	4,09	4,10	4,11	4,08	4,09	4,09	4,12	4,10
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,12	0,11	0,10	0,11	0,13	0,10	0,11	0,13	0,11	0,11	0,08	0,10
K	1,72	1,74	1,77	1,72	1,71	1,74	1,71	1,71	1,73	1,70	1,76	1,78
Intercamada	1,84	1,85	1,87	1,83	1,84	1,85	1,83	1,84	1,84	1,80	1,83	1,88
F	0,25	0,21	0,85	0,60	0,17	0,24	0,17	0,20	0,22	0,26	0,14	0,23
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	3,75	3,79	3,15	3,40	3,83	3,76	3,83	3,80	3,78	3,74	3,86	3,77
Total	17,88	17,97	17,81	17,80	17,93	17,94	17,93	17,92	17,94	17,90	17,95	17,99
Fe/(Fe+Mg)	0,727	0,688	0,808	0,760	0,694	0,643	0,651	0,689	0,743	0,718	0,739	0,751

(conclusão)

Ocorrência	Vênula										
Amostra	EK-R-26										
Análise	SC1_7	SC1_8	SC1_9	SC1_10	SC1_11	SC1_12	SC2_8	SC2_9	SC2_10	SC2_11	SC2_12
SiO ₂	48,40	48,06	47,64	47,19	47,94	48,12	47,52	47,81	47,54	49,18	47,49
TiO ₂	0,42	0,36	0,40	0,49	0,36	0,29	0,42	0,41	0,43	0,29	0,61
Al ₂ O ₃	29,98	31,79	31,68	30,62	29,97	30,22	31,67	31,90	31,59	29,64	30,12
FeO	4,44	3,51	3,83	5,12	5,42	4,75	3,97	3,69	4,15	3,83	4,20
MnO	0,10	0,09	0,13	0,15	0,18	0,15	0,15	0,10	0,13	0,16	0,08
MgO	1,64	1,31	1,29	1,34	1,54	1,44	1,27	1,27	1,31	1,98	1,63
CaO	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,00	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01
Na ₂ O	0,35	0,45	0,46	0,33	0,33	0,39	0,45	0,44	0,48	0,34	0,28
K ₂ O	10,26	10,20	10,02	10,19	10,24	10,16	10,12	10,13	10,22	10,09	10,45
F	0,36	0,34	0,42	0,45	0,38	0,40	0,42	0,40	0,31	0,49	0,43
Cl	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
Subtotal	95,97	96,13	95,89	95,91	96,36	95,90	96,01	96,15	96,21	96,01	95,29
O=F,Cl	0,15	0,15	0,18	0,19	0,16	0,17	0,18	0,17	0,14	0,21	0,18
Total	95,82	95,98	95,71	95,72	96,21	95,73	95,83	95,98	96,08	95,81	95,11
Fórmula estrutural calculada em base de 22 átomos de oxigênio											
Si	6,49	6,39	6,37	6,36	6,44	6,46	6,35	6,37	6,35	6,56	6,42
Al ^{IV}	1,51	1,61	1,63	1,64	1,56	1,54	1,65	1,63	1,65	1,44	1,58
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{VI}	3,22	3,38	3,35	3,23	3,18	3,25	3,34	3,37	3,33	3,21	3,22
Ti	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,06
Fe	0,50	0,39	0,43	0,58	0,61	0,53	0,44	0,41	0,46	0,43	0,47
Mn	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
Mg	0,33	0,26	0,26	0,27	0,31	0,29	0,25	0,25	0,26	0,39	0,33
Sítio Y	4,10	4,08	4,10	4,14	4,15	4,11	4,10	4,09	4,11	4,08	4,09
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,09	0,12	0,12	0,09	0,09	0,10	0,12	0,11	0,13	0,09	0,07
K	1,75	1,73	1,71	1,75	1,75	1,74	1,72	1,72	1,74	1,72	1,80
Intercamada	1,85	1,85	1,83	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,87	1,81	1,88
F	0,15	0,14	0,18	0,19	0,16	0,17	0,18	0,17	0,13	0,21	0,19
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	3,85	3,85	3,82	3,81	3,84	3,83	3,82	3,83	3,86	3,79	3,81
Total	17,95	17,93	17,92	17,98	17,99	17,95	17,94	17,92	17,98	17,89	17,96
Fe/(Fe+Mg)	0,603	0,600	0,624	0,683	0,664	0,650	0,637	0,619	0,639	0,520	0,592

APÊNDICE D – ANÁLISES QUÍMICAS POR MICROSSONDA ELETRÔNICA DA CLORITA

(continuação)

Ocorrência	Substituindo biotita														
	BMgE				BMgP						Granito alterado				
	EK-R-35				EK-R-36			EK-R-40			EK-R-28				
	CC5_11	CC5_12	CC5_14	CC5_15	CC2_1	CC2_4	CC2_5	CC2_6	CC1_1	CC1_2	CC4_1	CC4_2	CC4_3	CC4_5	CC4_6
SiO ₂	22,63	21,95	22,57	22,15	22,31	22,34	22,32	23,43	22,34	22,56	23,25	23,03	23,02	23,32	23,24
TiO ₂	0,03	0,02	0,03	0,01	0,05	0,05	0,09	0,18	0,07	0,06	0,15	0,09	0,09	0,09	0,09
Al ₂ O ₃	21,45	20,74	20,54	20,95	20,88	21,08	20,98	20,25	21,05	21,13	20,24	21,14	20,48	20,26	19,78
FeO	39,81	38,61	39,30	40,27	39,80	40,03	40,66	38,06	40,61	39,91	38,45	38,42	38,25	38,18	37,95
MnO	1,01	1,29	0,85	1,07	0,24	0,28	0,44	0,82	0,48	1,05	1,10	1,19	0,83	1,00	1,00
MgO	4,80	4,56	5,12	4,26	5,16	4,94	4,52	6,53	4,16	4,71	6,22	5,30	6,34	6,51	6,34
CaO	0,00	0,01	0,04	0,01	0,04	0,02	0,03	0,02	0,10	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Na ₂ O	0,03	0,02	0,04	0,01	0,00	0,01	0,02	0,05	0,03	0,03	0,00	0,05	0,02	0,00	0,01
K ₂ O	0,06	0,02	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,07	0,03	0,02	0,01	0,03
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Subtotal	89,83	87,22	88,52	88,74	88,52	88,79	89,07	89,37	88,85	89,51	89,50	89,27	89,07	89,41	88,48
O=F,Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	89,83	87,22	88,52	88,73	88,52	88,77	89,07	89,37	88,85	89,51	89,50	89,27	89,07	89,41	88,48
Fórmula estrutural calculada em base de 28 átomos de oxigênio															
Si	5,09	5,09	5,14	5,07	5,08	5,08	5,08	5,24	5,10	5,10	5,21	5,17	5,17	5,22	5,26
Al ^{IV}	2,91	2,91	2,86	2,93	2,92	2,92	2,92	2,76	2,90	2,90	2,79	2,83	2,83	2,78	2,74
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8	8	8	8	8
Al ^{VI}	2,77	2,75	2,66	2,72	2,69	2,73	2,71	2,57	2,76	2,72	2,56	2,76	2,60	2,56	2,54
Ti	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02
Fe	7,48	7,48	7,49	7,71	7,58	7,61	7,74	7,11	7,75	7,54	7,21	7,21	7,19	7,14	7,18
Mn	0,19	0,25	0,16	0,21	0,05	0,05	0,08	0,16	0,09	0,20	0,21	0,23	0,16	0,19	0,19
Mg	1,61	1,57	1,74	1,45	1,75	1,67	1,53	2,18	1,41	1,59	2,08	1,78	2,12	2,17	2,14
Ca	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
Na	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00
K	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01
Sítio Y	12,08	12,08	12,10	12,10	12,10	12,08	12,09	12,08	12,06	12,09	12,10	12,03	12,10	12,10	12,09
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	3,99	3,97	4,00	4,00	3,99	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Cátions	20,08	20,08	20,10	20,10	20,10	20,08	20,09	20,08	20,06	20,09	20,10	20,03	20,10	20,10	20,09
Fe/(Fe+Mg)	0,823	0,826	0,812	0,841	0,812	0,820	0,835	0,766	0,846	0,826	0,776	0,803	0,772	0,767	0,771
Ca+Na+K	0,03	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,01	0,02
Cath (°C)	407	407	398	410	407	409	408	383	405	405	387	394	393	386	379
KM (°C)	388	388	381	391	387	389	390	368	388	387	371	377	375	370	366
ZF (°C)	282	282	277	282	283	283	281	271	279	280	273	275	277	273	268
X (°C)	297	297	290	296	300	299	296	285	291	295	287	288	294	288	280

(continuação)

Ocorrência	Associada a S												Brechoide				
	Amostra	EK-R-28											EK-R-29				
		CC1_1	CC1_2	CC1_3	CC1_4	CC1_7	CC1_9	CC1_10	CC2_1	CC3_1	CC3_2	CC3_3	CC3_4	CC1_1	CC1_2	CC1_3	CC1_4
SiO ₂	22,12	22,01	22,61	22,27	21,93	22,67	22,56	21,81	22,34	22,79	22,77	22,16	22,33	22,91	22,47	23,04	22,51
TiO ₂	0,25	0,00	0,01	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,03	0,06	0,09	0,02	0,07	0,02	0,02	0,20	0,02
Al ₂ O ₃	20,65	20,16	20,75	21,12	20,52	20,75	20,32	21,54	21,71	20,50	20,61	21,01	21,04	21,24	21,51	20,15	20,79
FeO	40,75	38,80	39,69	39,59	39,29	39,43	41,16	41,28	40,44	40,28	40,02	38,73	39,32	38,93	39,05	38,03	39,76
MnO	0,49	0,82	0,92	1,25	1,26	1,17	0,91	1,06	1,00	0,94	1,01	1,32	1,21	1,18	1,19	0,84	0,89
MgO	4,08	4,84	4,94	4,33	4,07	4,41	3,72	3,28	4,28	4,96	4,93	4,41	4,62	5,06	4,89	6,22	4,92
CaO	0,06	0,02	0,01	0,01	0,03	0,09	0,06	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04	0,03	0,01	0,01	0,04	0,05
Na ₂ O	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,06	0,00	0,01	0,00	0,01
K ₂ O	0,08	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,01	0,01	0,07	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Subtotal	88,49	86,67	88,97	88,64	87,15	88,59	88,78	89,03	89,82	89,55	89,45	87,72	88,72	89,36	89,16	88,60	88,94
O=F,Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	88,49	86,66	88,96	88,64	87,15	88,58	88,78	89,03	89,82	89,55	89,44	87,72	88,72	89,36	89,16	88,60	88,94
Fórmula estrutural calculada em base de 28 átomos de oxigênio																	
Si	5,08	5,13	5,13	5,09	5,11	5,17	5,18	5,00	5,04	5,15	5,15	5,10	5,09	5,15	5,08	5,21	5,12
Al ^{IV}	2,92	2,87	2,87	2,91	2,89	2,83	2,82	3,00	2,96	2,85	2,85	2,90	2,91	2,85	2,92	2,79	2,88
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al ^{VI}	2,68	2,68	2,69	2,77	2,74	2,75	2,68	2,83	2,81	2,62	2,64	2,80	2,74	2,78	2,80	2,57	2,68
Ti	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00
Fe	7,83	7,57	7,54	7,56	7,65	7,53	7,91	7,92	7,63	7,62	7,57	7,45	7,49	7,32	7,38	7,19	7,56
Mn	0,10	0,16	0,18	0,24	0,25	0,23	0,18	0,21	0,19	0,18	0,19	0,26	0,23	0,22	0,23	0,16	0,17
Mg	1,40	1,68	1,67	1,47	1,41	1,50	1,27	1,12	1,44	1,67	1,66	1,51	1,57	1,70	1,65	2,10	1,67
Ca	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
Na	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
K	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00
Sítio Y	12,09	12,10	12,09	12,07	12,08	12,05	12,07	12,09	12,07	12,10	12,09	12,05	12,09	12,03	12,06	12,09	12,10
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Cátions	20,09	20,10	20,09	20,07	20,08	20,05	20,07	20,09	20,07	20,10	20,09	20,05	20,09	20,03	20,06	20,09	20,10
Fe/(Fe+Mg)	0,849	0,818	0,818	0,837	0,844	0,834	0,861	0,876	0,841	0,820	0,820	0,831	0,827	0,812	0,818	0,774	0,819
Ca+Na+K	0,05	0,01	0,02	0,01	0,02	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,05	0,01	0,01	0,03	0,02
Cath (°C)	407	400	399	407	404	393	392	421	415	396	397	405	407	397	409	388	403
KM (°C)	390	383	383	389	387	380	381	401	394	381	381	387	388	380	389	372	385
ZF (°C)	280	277	277	281	278	272	269	286	285	275	275	279	281	276	283	274	279
X (°C)	292	291	291	294	289	281	274	299	301	287	288	293	296	289	300	288	293

(conclusão)

Ocorrência	Vênula																		
	Amostra	EK-R-18							EK-R-26										
		CC1_1	CC1_2	CC1_3	CC1_4	CC1_5	CC1_12	CC1_14	CC1_1	CC1_2	CC1_5	CC1_6	CC2_1	CC2_2	CC2_3	CC2_4	CC2_5	CC2_6	CC2_7
SiO ₂	22,27	22,57	22,44	22,58	22,22	22,64	22,73	23,78	23,77	24,26	24,16	22,54	22,84	23,34	23,39	23,28	23,42	23,49	
TiO ₂	0,00	0,02	0,02	0,05	0,06	0,02	0,00	0,12	0,07	0,16	0,16	0,05	0,05	0,13	0,06	0,06	0,06	0,09	
Al ₂ O ₃	21,76	21,28	21,62	21,62	20,55	22,09	22,34	19,57	20,29	19,07	18,78	20,79	20,85	20,88	20,98	20,77	21,01	21,05	
FeO	37,53	37,29	37,87	35,96	38,15	38,22	37,93	37,29	37,96	37,17	37,36	38,48	38,66	38,39	37,93	38,44	38,51	38,20	
MnO	0,62	0,52	0,65	0,57	0,75	0,72	0,68	0,76	0,76	0,68	0,71	1,13	1,16	1,14	1,11	1,05	1,13	1,12	
MgO	5,97	6,60	5,77	6,10	5,40	5,36	5,40	7,23	6,91	7,39	7,40	5,16	5,31	5,70	5,57	5,59	5,42	5,69	
CaO	0,04	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05	0,07	0,03	0,02	0,03	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	
Na ₂ O	0,01	0,02	0,00	0,03	0,01	0,02	0,03	0,06	0,02	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,03	0,02	0,02	
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,01	0,01	0,04	0,06	0,03	0,03	0,01	0,02	0,05	0,06	0,11	0,06	0,01	
F	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cl	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Subtotal	88,20	88,33	88,39	87,01	87,16	89,09	89,13	88,89	89,88	88,91	88,67	88,18	88,92	89,65	89,14	89,35	89,64	89,68	
O=F,Cl	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	88,19	88,33	88,38	87,00	87,16	89,09	89,13	88,89	89,88	88,90	88,67	88,18	88,92	89,65	89,14	89,35	89,64	89,68	
Fórmula estrutural calculada em base de 28 átomos de oxigênio																			
Si	5,03	5,08	5,07	5,13	5,12	5,07	5,08	5,32	5,27	5,42	5,42	5,14	5,16	5,21	5,24	5,22	5,23	5,23	
Al ^{IV}	2,97	2,92	2,93	2,87	2,88	2,93	2,92	2,68	2,73	2,58	2,58	2,86	2,84	2,79	2,76	2,78	2,77	2,77	
Sítio Z	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
Al ^{VI}	2,83	2,73	2,82	2,92	2,70	2,91	2,96	2,49	2,57	2,44	2,39	2,73	2,71	2,70	2,78	2,71	2,76	2,76	
Ti	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	
Fe	7,09	7,02	7,15	6,84	7,35	7,16	7,09	6,98	7,04	6,94	7,01	7,34	7,31	7,17	7,10	7,21	7,19	7,11	
Mn	0,12	0,10	0,12	0,11	0,15	0,14	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14	0,22	0,22	0,22	0,21	0,20	0,21	0,21	
Mg	2,01	2,22	1,94	2,07	1,85	1,79	1,80	2,41	2,28	2,46	2,48	1,75	1,79	1,90	1,86	1,87	1,80	1,89	
Ca	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Na	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	
K	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,00	
Sítio Y	12,06	12,09	12,05	11,98	12,08	12,01	11,99	12,09	12,08	12,05	12,07	12,06	12,06	12,03	12,00	12,05	12,01	12,00	
F	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
OH	3,99	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,97	3,99	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
Cátions	20,06	20,09	20,05	19,98	20,08	20,01	19,99	20,09	20,08	20,05	20,07	20,06	20,06	20,03	20,00	20,05	20,01	20,00	
Fe/(Fe+Mg)	0,78	0,76	0,79	0,77	0,80	0,80	0,80	0,74	0,76	0,74	0,74	0,81	0,80	0,79	0,79	0,79	0,80	0,79	
Ca+Na+K	0,01	0,01	0,00	0,04	0,01	0,01	0,02	0,05	0,04	0,05	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,03	0,01	
Cath (°C)	416	408	410	400	401	409	409	369	378	354	353	398	395	387	383	386	384	384	
KM (°C)	390	384	387	379	382	388	387	357	363	346	346	381	378	372	370	372	371	370	
ZF (°C)	292	288	287	282	280	285	285	264	269	254	254	278	276	272	268	270	269	270	
X (°C)	315	311	308	302	297	304	304	276	282	262	261	292	289	284	279	282	279	281	

Cath – Cathelineau (1988); KM – Kranidiotis e MacLean (1987); ZF – Zang e Fyfe (1995); X – Xie et al (1997).

ANEXO

ANEXO A – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO MANUSCRITO



CAPA	SOBRE	PÁGINA DO USUÁRIO	PESQUISA	ATUAL	ANTERIORES	NOTÍCIAS	SUBMISSÕES ONLINE																																																																																																																																																																																												
Capa > Usuário > Autor > Submissões > #142134 > Resumo																																																																																																																																																																																																			
<h2>#142134 Sinopse</h2> <p>RESUMO AVALIAÇÃO EDIÇÃO</p> <h3>Submissão</h3> <table border="1"> <tr> <td>Autores</td> <td colspan="7">Helder Thadeu Oliveira</td> </tr> <tr> <td>Título</td> <td colspan="7">Alteração hidrotermal e fluidos mineralizantes no alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós: um estudo baseado em petrografia, inclusões fluidas e química mineral</td> </tr> <tr> <td>Documento original</td> <td colspan="7">142134-279862-1-SM.DOCX 2017-12-31</td> </tr> <tr> <td>Docs. sup.</td> <td colspan="7">142134-279864-1-SP.DOCX 2017-12-31 INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR</td> </tr> <tr> <td>Submetido por</td> <td colspan="7">Helder Thadeu Oliveira </td> </tr> <tr> <td>Data de submissão</td> <td colspan="7">December 31, 2017 - 02:23 PM</td> </tr> <tr> <td>Seção</td> <td colspan="7">Artigos</td> </tr> <tr> <td>Editor</td> <td colspan="7">Nenhum(a) designado(a)</td> </tr> </table> <h3>Situação</h3> <table border="1"> <tr> <td>Situação</td> <td colspan="7">Aguardando designação</td> </tr> <tr> <td>Iniciado</td> <td colspan="7">2017-12-31</td> </tr> <tr> <td>Última alteração</td> <td colspan="7">2017-12-31</td> </tr> </table> <h3>Metadados da submissão</h3> <p>EDITAR METADADOS</p> <h4>Autores</h4> <table border="1"> <tr> <td>Nome</td> <td colspan="7">Helder Thadeu Oliveira </td> </tr> <tr> <td>Instituição/Afiliação</td> <td colspan="7">Universidade Federal do Pará</td> </tr> <tr> <td>País</td> <td colspan="7">Brasil</td> </tr> <tr> <td>Resumo da Biografia</td> <td colspan="7">Instituto de Geociências, Depósitos Minerais</td> </tr> <tr> <td>Contato principal para correspondência.</td> <td colspan="7"></td> </tr> </table> <h4>Título e Resumo</h4> <table border="1"> <tr> <td>Título</td> <td colspan="7">Alteração hidrotermal e fluidos mineralizantes no alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós: um estudo baseado em petrografia, inclusões fluidas e química mineral</td> </tr> <tr> <td>Resumo</td> <td colspan="7">O alvo Jerimum de Baixo está localizado no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, região central da Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. O alvo abrange rochas monzograníticas portadoras de biotita rica em Fe, essencialmente isotrópicas e que foram fraca a fortemente hidrotermalizadas. Cloritização, sericitização, sulfetação, silicificação e carbonatação são tipos de alteração mais importantes. A clorita produzida é enriquecida em Fe do tipo chamossita e foi formada principalmente entre 280 e 315°C, enquanto que a mica branca assume composições fengíticas. A mineralização é representada por vênulas de quartzo com baixo teor de sulfetos (pirita + pirrotita ± calcopirita ± galena ± esfalerita) em que o ouro ocorre livre e em zonas mais fragilizadas e alteradas, geralmente associado à pirrotita. O estudo petrográfico e microtermométrico de inclusões fluidas hospedadas em vênulas de quartzo definiu inclusões aquocarbônicas, carbônicas e aquosas. Os fluidos com CO₂ representam o provável fluido mineralizador e foram gerados por processos de separação de fases entre 280 e 380°C, principalmente. Uma posterior infiltração e processos de mistura são indicados para os fluidos aquosos mais tardios. Separação de fases, modificações nas condições do pH e interação fluido/rocha foram os mecanismos importantes para a precipitação do Au, que se deu em nível rúptil-dúctil da crosta (entre 2 e 6 km). O conjunto de dados até aqui disponíveis indicam para o alvo Jerimum de Baixo uma filiação metalogênica similares aos de depósitos auríferos relacionados à intrusão.</td> </tr> </table> <h4>Indexação</h4> <table border="1"> <tr> <td>Área e sub-área do Conhecimento</td> <td colspan="7">Ciências Exatas e da Terra; Geologia; Metalogenia</td> </tr> <tr> <td>Palavras-chave</td> <td colspan="7">Província Tapajós; Alteração hidrotermal; Mineralização aurífera; Inclusões fluidas; Química mineral</td> </tr> <tr> <td>Idioma</td> <td colspan="7">pt</td> </tr> </table> <h4>Agências de fomento</h4> <table border="1"> <tr> <td>Agências</td> <td colspan="7">Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; Instituto de Geociências da Amazônia INCT GEOCIAM; Magellan Minerals Ltd.; A.P. Corrêa e V.M.M.C. de Araújo, Laboratório de Microanálises;</td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Geologia USP - Série Científica</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Indicador</th> <th>2009-2016</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SJR</td> <td></td> <td>0.27</td> </tr> <tr> <td>Cites per doc</td> <td></td> <td>0.52</td> </tr> <tr> <td>Total cites</td> <td></td> <td>31</td> </tr> </tbody> </table> <p>www.sciinagojr.com</p> </div>								Autores	Helder Thadeu Oliveira							Título	Alteração hidrotermal e fluidos mineralizantes no alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós: um estudo baseado em petrografia, inclusões fluidas e química mineral							Documento original	142134-279862-1-SM.DOCX 2017-12-31							Docs. sup.	142134-279864-1-SP.DOCX 2017-12-31 INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR							Submetido por	Helder Thadeu Oliveira							Data de submissão	December 31, 2017 - 02:23 PM							Seção	Artigos							Editor	Nenhum(a) designado(a)							Situação	Aguardando designação							Iniciado	2017-12-31							Última alteração	2017-12-31							Nome	Helder Thadeu Oliveira							Instituição/Afiliação	Universidade Federal do Pará							País	Brasil							Resumo da Biografia	Instituto de Geociências, Depósitos Minerais							Contato principal para correspondência.								Título	Alteração hidrotermal e fluidos mineralizantes no alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós: um estudo baseado em petrografia, inclusões fluidas e química mineral							Resumo	O alvo Jerimum de Baixo está localizado no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, região central da Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. O alvo abrange rochas monzograníticas portadoras de biotita rica em Fe, essencialmente isotrópicas e que foram fraca a fortemente hidrotermalizadas. Cloritização, sericitização, sulfetação, silicificação e carbonatação são tipos de alteração mais importantes. A clorita produzida é enriquecida em Fe do tipo chamossita e foi formada principalmente entre 280 e 315°C, enquanto que a mica branca assume composições fengíticas. A mineralização é representada por vênulas de quartzo com baixo teor de sulfetos (pirita + pirrotita ± calcopirita ± galena ± esfalerita) em que o ouro ocorre livre e em zonas mais fragilizadas e alteradas, geralmente associado à pirrotita. O estudo petrográfico e microtermométrico de inclusões fluidas hospedadas em vênulas de quartzo definiu inclusões aquocarbônicas, carbônicas e aquosas. Os fluidos com CO ₂ representam o provável fluido mineralizador e foram gerados por processos de separação de fases entre 280 e 380°C, principalmente. Uma posterior infiltração e processos de mistura são indicados para os fluidos aquosos mais tardios. Separação de fases, modificações nas condições do pH e interação fluido/rocha foram os mecanismos importantes para a precipitação do Au, que se deu em nível rúptil-dúctil da crosta (entre 2 e 6 km). O conjunto de dados até aqui disponíveis indicam para o alvo Jerimum de Baixo uma filiação metalogênica similares aos de depósitos auríferos relacionados à intrusão.							Área e sub-área do Conhecimento	Ciências Exatas e da Terra; Geologia; Metalogenia							Palavras-chave	Província Tapajós; Alteração hidrotermal; Mineralização aurífera; Inclusões fluidas; Química mineral							Idioma	pt							Agências	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; Instituto de Geociências da Amazônia INCT GEOCIAM; Magellan Minerals Ltd.; A.P. Corrêa e V.M.M.C. de Araújo, Laboratório de Microanálises;							Indicador	2009-2016	Value	SJR		0.27	Cites per doc		0.52	Total cites		31
Autores	Helder Thadeu Oliveira																																																																																																																																																																																																		
Título	Alteração hidrotermal e fluidos mineralizantes no alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós: um estudo baseado em petrografia, inclusões fluidas e química mineral																																																																																																																																																																																																		
Documento original	142134-279862-1-SM.DOCX 2017-12-31																																																																																																																																																																																																		
Docs. sup.	142134-279864-1-SP.DOCX 2017-12-31 INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR																																																																																																																																																																																																		
Submetido por	Helder Thadeu Oliveira																																																																																																																																																																																																		
Data de submissão	December 31, 2017 - 02:23 PM																																																																																																																																																																																																		
Seção	Artigos																																																																																																																																																																																																		
Editor	Nenhum(a) designado(a)																																																																																																																																																																																																		
Situação	Aguardando designação																																																																																																																																																																																																		
Iniciado	2017-12-31																																																																																																																																																																																																		
Última alteração	2017-12-31																																																																																																																																																																																																		
Nome	Helder Thadeu Oliveira																																																																																																																																																																																																		
Instituição/Afiliação	Universidade Federal do Pará																																																																																																																																																																																																		
País	Brasil																																																																																																																																																																																																		
Resumo da Biografia	Instituto de Geociências, Depósitos Minerais																																																																																																																																																																																																		
Contato principal para correspondência.																																																																																																																																																																																																			
Título	Alteração hidrotermal e fluidos mineralizantes no alvo Jerimum de Baixo, Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós: um estudo baseado em petrografia, inclusões fluidas e química mineral																																																																																																																																																																																																		
Resumo	O alvo Jerimum de Baixo está localizado no Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, região central da Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. O alvo abrange rochas monzograníticas portadoras de biotita rica em Fe, essencialmente isotrópicas e que foram fraca a fortemente hidrotermalizadas. Cloritização, sericitização, sulfetação, silicificação e carbonatação são tipos de alteração mais importantes. A clorita produzida é enriquecida em Fe do tipo chamossita e foi formada principalmente entre 280 e 315°C, enquanto que a mica branca assume composições fengíticas. A mineralização é representada por vênulas de quartzo com baixo teor de sulfetos (pirita + pirrotita ± calcopirita ± galena ± esfalerita) em que o ouro ocorre livre e em zonas mais fragilizadas e alteradas, geralmente associado à pirrotita. O estudo petrográfico e microtermométrico de inclusões fluidas hospedadas em vênulas de quartzo definiu inclusões aquocarbônicas, carbônicas e aquosas. Os fluidos com CO ₂ representam o provável fluido mineralizador e foram gerados por processos de separação de fases entre 280 e 380°C, principalmente. Uma posterior infiltração e processos de mistura são indicados para os fluidos aquosos mais tardios. Separação de fases, modificações nas condições do pH e interação fluido/rocha foram os mecanismos importantes para a precipitação do Au, que se deu em nível rúptil-dúctil da crosta (entre 2 e 6 km). O conjunto de dados até aqui disponíveis indicam para o alvo Jerimum de Baixo uma filiação metalogênica similares aos de depósitos auríferos relacionados à intrusão.																																																																																																																																																																																																		
Área e sub-área do Conhecimento	Ciências Exatas e da Terra; Geologia; Metalogenia																																																																																																																																																																																																		
Palavras-chave	Província Tapajós; Alteração hidrotermal; Mineralização aurífera; Inclusões fluidas; Química mineral																																																																																																																																																																																																		
Idioma	pt																																																																																																																																																																																																		
Agências	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; Instituto de Geociências da Amazônia INCT GEOCIAM; Magellan Minerals Ltd.; A.P. Corrêa e V.M.M.C. de Araújo, Laboratório de Microanálises;																																																																																																																																																																																																		
Indicador	2009-2016	Value																																																																																																																																																																																																	
SJR		0.27																																																																																																																																																																																																	
Cites per doc		0.52																																																																																																																																																																																																	
Total cites		31																																																																																																																																																																																																	
IDIOMA 																																																																																																																																																																																																			
USUÁRIO Logado como: helder-oliveira <ul style="list-style-type: none"> Meus periódicos Perfil Sair do sistema 																																																																																																																																																																																																			
AUTOR Submissões <ul style="list-style-type: none"> Ativo (1) Arquivo (0) Nova submissão 																																																																																																																																																																																																			
CONTEÚDO DA REVISTA Pesquisa <input type="text"/> Escopo de Busca <input type="text" value="Todos"/> <input type="button" value="Pesquisar"/>																																																																																																																																																																																																			
Procurar <ul style="list-style-type: none"> Por Edição Por Autor Por título Outras revistas 																																																																																																																																																																																																			
TAMANHO DE FONTE 																																																																																																																																																																																																			
NOTIFICAÇÕES <ul style="list-style-type: none"> Visualizar Gerenciar 																																																																																																																																																																																																			
ARTIGOS MAIS VISUALIZADOS <ul style="list-style-type: none"> Aplicação da técnica de oxidação química in situ com permanganato de potássio para a remediação de um aquífero raso contaminado por solventes clorados 3766 Visualizações desde: 2012-12-01 Estratigrafia dos Derrames de Basaltos da Formação Serra Geral (Ribeirão Preto - SP) Baseada na Geologia Física, Petrografia e Geoquímica 2045 Visualizações desde: 2010-07-01 Geologia e caracterização tecnológica do minério de manganês da mina Corrêgo do Cocho, Itaipira (SP) 1976 Visualizações desde: 2011-12-01 Fácies e sistema deposicional da formação barreiras na região da Barreira do Inferno, Litoral Oriental do Rio Grande do Norte 1898 Visualizações desde: 2006-10-01 Evolução sedimentar miocênica nos estados do Pará e Maranhão 1857 Visualizações desde: 2006-10-01 Azimuthfinder: ferramenta para a extração de dados e apoio na análise estrutural 1791 Visualizações desde: 2014-03-01 Diamictitos e "Cap Dolomites" sturtianos sobre o grupo Jacobina - Araras, Norte de Campo Formoso - Bahia 1596 Visualizações desde: 2008-10-01 A estrutura do segmento oeste da Serra do Curral, Quadrilátero Ferrífero, e o controle tectônico das acumulações compactas de alto teor em Fe 1314 Visualizações desde: 2014-03-01 																																																																																																																																																																																																			