



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

A sequência portadora de formação ferrífera da Serra do Morro
Escuro, Santa Maria de Itabira, Minas Gerais.

AUTORA: Flávia Cristina Silveira Braga

ORIENTAÇÃO: Prof. Carlos Alberto Rosière

COORIENTAÇÃO: Prof^a. Gláucia Nascimento Queiroga

Nº 122

**BELO HORIZONTE
DATA (06/07/2012)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

**A SEQUÊNCIA PORTADORA DE FORMAÇÃO
FERRÍFERA DA SERRA DO MORRO ESCURO, SANTA
MARIA DE ITABIRA, MINAS GERAIS.**

por

Flávia Cristina Silveira Braga

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geologia.

Área de concentração: Geologia
Econômica e Aplicada

Orientador: Prof. Carlos Alberto Rosière

Coorientadora: Prof^ª. Gláucia Nascimento
Queiroga

BELO HORIZONTE

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UFMG

2012

B813s Braga, Flávia Cristina Silveira.
2012 A sequência portadora de formação ferrífera da Serra do Morro Escuro, Santa Maria de Itabira, Minas Gerais [manuscrito] / Flávia Cristina Silveira Braga. – 2012.
xix, 130 f. : il., fots. (color.), mapas (color.), tabs.

Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2012.

Área de concentração: Geologia Econômica e Aplicada.

Orientador: Carlos Alberto Rosière.

Coorientadora: Glaucia Nascimento Queiroga.

Bibliografia: f. 119-130.

Inclui anexos.

1. Geoquímica – Morro Escuro, Serra do (MG) – Teses. 2. Minérios de ferro – Morro Escuro, Serra do (MG) – Teses. I. Rosière, Carlos Alberto. II. Queiroga, Glaucia Nascimento. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. IV. Título.

CDU: 550.4(815.1)

Dissertação intitulada *A sequência portadora de formação ferrífera da Serra do Morro Escuro, Santa Maria de Itabira, Minas Gerais*, de autoria da mestranda Flávia Cristina Silveira Braga, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da UFMG como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geologia.

Área de Concentração: Geologia Econômica e Aplicada.

Aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:



Prof. Dr. Carlos Alberto Rosière - IGC/UFMG
Orientador



Prof. Dra. Tânia Mara Dussin - IGC/UFMG



Prof. Dr. Herminio Arias Nalini Júnior - UFOP

Belo Horizonte, 06 de julho de 2012

AGRADECIMENTOS

Durante a longa caminhada até a conclusão desta dissertação foram muitos os que direta ou indiretamente apoiaram e torceram pela concretização deste sonho. Expresso a todos minha imensa gratidão.

A Deus por todas as oportunidades que tive e que me permitiram alcançar esta etapa.

Ao orientador Carlos Alberto Rosière pelo constante apoio, dedicação, incentivo, paciência e pelas discussões que proporcionaram desenvolvimento profissional e pessoal. A coorientadora Gláucia Queiroga pela dedicação, incentivo, confiança, amizade e compreensão durante as diversas etapas do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPQ) pelo apoio financeiro.

A empresa TERRATIVA MINERAIS pelo apoio financeiro e logístico, ao seu presidente Ingo Gustav Wender e ao seu diretor Ricardo Lara pela confiança e por valorizarem essa pesquisa acadêmica. A geóloga Nilza Quintão pela confiança, amizade e incentivo.

A empresa Centaurus Metals, em nome dos geólogos Klaus Petersen, Ricardo Vieira, e técnico Aloísio pela disponibilidade de informações e acesso a testemunhos de sondagem.

Ao geólogo Vassily Rolim pelas discussões, correções e sugestões que muito acrescentaram a esta dissertação.

Aos então funcionários da TERRATIVA MINERAIS Waldir Silva, João Domingos (“Morô”), Agnaldo da Mata e Fabrício Silva pelo ajuda durante as etapas de campo. A todos os funcionários da TERRATIVA pelo apoio e incentivo.

Aos geólogos Ricardo Pagung e Ana Sophie pelas discussões e companheirismo durante as etapas de campo. Aos colegas da pós-graduação.

Aos geólogos Prof. Steffen Hagemann, Prof^a. Rosaline Figueiredo, Francisco Javier Rios, Rui Monteiro, Sérgio Martins, Prof. Joachim Karfunkel, Julio Neves, Carlos Valle, Mário Conceição e Fernando Crocco pelo incentivo e sugestões.

Ao Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa (CPMTC) e funcionários.

Ao Luis García pela ajuda na microsonda. Ao João Orestes e Elton Dantas pelas análises isotópicas.

Aos meus familiares e amigos, pela torcida, mesmo que por ventura o trabalho tenha nos afastado temporariamente. A minha mãe pelo carinho, incentivo, paciência e imensurável dedicação. Ao meu pai pela torcida, entusiasmo e orgulho. As minhas tias (Rozângela, Rosiléia e Remilda) pela paciência, acolhida, carinho. Ao meu irmão pelo incentivo. Ao Pedro pelo companheirismo, incentivo, atenção e paciência.

Enfim, a todos que de alguma forma participaram desta importante etapa da minha vida.

RESUMO

O presente estudo trata da caracterização petrográfica-geoquímica da sequência metamórfica encontrada na Serra do Morro Escuro, e seu posicionamento crono-estratigráfico dentro do contexto geológico regional. A área de estudo possui 131 km² e abrange parte dos municípios de Santa Maria de Itabira, Passabém e Ferros, porção central do estado de Minas Gerais. A sequência é constituída por xistos, quartzitos, formações ferríferas bandadas (itabiritos) e metaconglomerado intrudidos por diques/soleiras de anfíbolito, todos metamorfisados na fácies anfíbolito baixo a intermediário (T=512-560 °C, P=5,9 kbar). Diques gabróicos de idade provável mesozóica, sem metamorfismo, cortam a sequência. Corpos da Suíte Borrachudos estão tectonicamente intercalados na sequência metassedimentar, e compreendem sua fácies mais diferenciada. Gnaisses e migmatitos do Complexo Dona Rita ocorrem nos arredores da serra. Os itabiritos têm composição predominantemente hematítica e textura xistosa. Itabirito magnetítico ocorre nas proximidades dos corpos de anfíbolito. Hornblenda e epidoto, estão sempre presentes com proporção <10% em volume e, usualmente ocorrem próximos a auréola de contato com os diques de anfíbolito. A intrusão dessa rocha gerou metassomatismo de contato na BIF, que se manifesta pela presença de allanita e hornblenda (devido ao metassomatismo de MgO, Al₂O₃, Na₂O e K₂O). O conteúdo de SiO₂ e Fe_{total} do itabirito varia de 47,90% a 67,83% e de 19,95% to 36,00% respectivamente. Os dados geoquímicos indicam que a formação ferrífera de Morro Escuro tem características semelhantes às sequências do tipo Lago Superior, depositadas em ambiente plataformar, subóxico a anóxico, no final do paleoproterozóico, distante da fonte de fluidos hidrotermais e livre de contaminação terrígena. O anfíbolito possui composição basáltica e associação geoquímica com ambiente continental, intra-placa. Dados isotópicos Sm-Nd apresentam fator εNd fortemente negativo e idades T_{DM} entre 1150 e 1520 Ma. O evento magmático que gerou essa rocha é atribuído à fase de abertura do rifte Araçuaí, no início do Neoproterozóico (1000-850 Ma). O empilhamento stratigráfico de Morro Escuro é condizente com as Formações Meloso (xisto e quartzito), Serra do Sapo (itabirito) e Itapanhoacanga (xisto, metaconglomerado e quartzito) do Grupo Serra da Serpentina. O metaconglomerado e o quartzito posicionados sobre o itabirito, e pertencentes a Formação Itapanhoacanga, segundo dados geocronológicos U-Pb SHRIMP em zircão detrítico, apresentam idade máxima de deposição Estateriana. Esta idade é correlacionável com a da porção basal do Supergrupo Espinhaço (formações Bandeirinha e São João da Chapada). A sequência metassedimentar de Morro Escuro corresponde a uma fatia tectônica de empurrão. A estruturação tectônica e transformações metamórficas nas supracrustais desenvolveram-se ao longo da evolução do cinturão de dobramentos e cavalgamentos que afetou a bacia do Espinhaço e sequências sobrejacentes durante a orogênese Brasiliana (650-550 Ma). As supracrustais e o substrato cristalino foram afetadas com o desenvolvimento de fatias tectônicas imbricadas e tiveram suas estruturas internas obliteradas.

Palavras Chave: Serra do Morro Escuro, Grupo Serra da Serpentina, formação ferrífera bandada, geoquímica

ABSTRACT

This work presents the petrographic-geochemical characterization of the metamorphic sequence found at the Serra do Morro Escuro Ridge, and its chrono-stratigraphic position within the regional geological context. The study area has 131 km² of area and covers the municipalities of Santa Maria de Itabira, Passabém and Ferros, central portion of the Minas Gerais state. The sequence comprises schists, quartzites, banded iron formations (itabirites) and metaconglomerate, intruded by amphibolitic dykes/sills, all metamorphosed at lower to intermediate amphibolite facies (T=512-560 °C, P=5,9 kbar). Gabbroic dikes of probable mesozoic age and without metamorphism cut the sequence. Suite Borrachudos bodies are tectonically intercalated in the metasedimentary sequence, and consist of their most differentiated facies. Gneisses and migmatites from the Dona Rita Complex occur in ridge surroundings. The itabirites are predominantly hematitic, presenting a schistose fabric. Magnetitic itabirites occurs mainly close the amphibolites. Hornblende and epidote display always <10% vol., and usually occur close to the contact aureole around the amphibolitic intrusive rocks. This rock intrusion generated a contact metassomatism in the BIF, manifested by the presence of allanite and hornblende (due to the MgO, Al₂O₃, Na₂O and K₂O metassomatism). The SiO₂ and Fe_{total} contents range from 47.90% to 67.83%, and 19.95% to 36.00% respectively. The geochemical characteristics are similar to others Lake Superior-type sequences, deposited in a platformal environment, suboxic to anoxic in the late paleoproterozoic, distal from the source of Fe-bearing hydrothermal vents, and free from terrigenous contamination. The amphibolites presents geochemical affinity with intra-plate basalts. Sm-Nd isotopic data shows a strongly negative εNd factor and a T_{DM} age between 1150 e 1520 Ma. The magmatic event that generated this rock is attributed to the Araçuaí rift opening phase, in early neoproterozoic age (1000-850 Ma). The Morro Escuro stratigraphic sequence is consistent with the Meloso (schist and quartzite), Serra do Sapo (itabirite) and Itapanhoacanga (schist, metaconglomerate and quartzite) formations from Serra da Serpentina Group. A maximum Staterian deposition age was established by SHRIMP U-Pb isotopic determinations on detrital zircon from metaconglomerate and quartzite units that cover the itabirite, and belonged to the Itapanhoacanga formation. This age is correlated to the basal portion of the Espinhaço Supergroup (Bandeirinha and São João da Chapada formations). The Morro Escuro metasedimentary sequence corresponds a tectonic thrust slice. The supracrustals structural arrangement and metamorphic transformations were developed during the evolution of the fold and thrust belt that affected the Espinhaço basin and overlying sequences, in the Brasiliano orogenic event (650-550 Ma). The supracrustals and basement were involved in tectonic imbricated slices, and their internal structures were obliterated.

Keywords: *Morro Escuro ridge, Serra da Serpentina Group, banded iron formation, geochemistry*

SUMÁRIO GERAL

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
SUMÁRIO GERAL	vii
SUMÁRIO DE FIGURAS	ix
SUMÁRIO DE TABELAS	xvii
LISTA DE ABREVIÇÕES	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	1
1.1.1. Objetivo Geral	1
1.1.2. Objetivos Específicos	2
1.2. Metodologia	2
1.3. Localização e vias de acesso	6
1.4. Aspectos fisiográficos	7
2. FORMAÇÕES FERRÍFERAS PRÉ-CAMBRIANAS	10
2.1. Definição e classificação	10
2.2. Origem das formações ferríferas	13
2.3. Distribuição temporal	15
2.4. Características geoquímicas	18
3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL E ARCABOUÇO GEOTECTÔNICO	24
3.1. Introdução	24
3.2. Estratigrafia	25
3.2.1. Complexo Dona Rita	27
3.2.2. Complexo Guanhães	27
3.2.2.1. Formação Inferior	28
3.2.2.2. Formação Média	29
3.2.2.3. Formação Superior	30
3.2.3. Sequência Vulcanossedimentar Rio Mata Cavalo	30
3.2.4. Granito Boa Vista	31
3.2.5. Suíte Borrachudos	31
3.2.6. Supergrupo Espinhaço	32
3.2.6.1. Formação Sopa Brumadinho	32
3.2.7. Rochas Metabásicas e Básicas	33
3.3. Arcabouço geotectônico	35
4. GEOLOGIA DA SERRA DO MORRO ESCURO	38
4.1. Litoestratigrafia	38
4.1.1. Rochas metagraníticas e gnáissicas	39
4.1.2. Unidade A	42
4.1.3. Unidade B	47

4.1.4. Unidade C	49
4.1.5. Unidade D	56
4.1.6. Unidade E	56
4.1.6. Unidade F	59
4.1.7. Unidade G	61
4.2. Geologia Estrutural	64
4.2.1. Estruturas planares e lineares	64
4.2.2. Fraturas/Falhas	66
4.3. Metamorfismo	67
4.3.1. Análise qualitativa	67
4.3.2. Geotermobarometria	69
5. LITOQUÍMICA	73
5.1. Geoquímica da formação ferrífera bandada	73
5.1.1. Elementos maiores	73
5.1.2. Elementos traço	75
5.1.3. Elementos Terras Raras	81
5.2. Geoquímica das rochas metagraníticas e gnáissicas	88
5.2.1. Elementos maiores	89
5.2.2. Alcalinidade	90
5.2.3. Diagrama AFM	91
5.2.4. Caracterização da fonte e do ambiente de posicionamento	92
5.2.5. Elementos Terras Raras	96
5.3. Geoquímica do anfíbolito	97
5.3.1. Elementos maiores e traço	97
5.3.2. Elementos Terras Raras	100
5.3.3. Ambiente tectônico	100
5.3.4. Comparações com estudos regionais	103
6. ANÁLISES ISOTÓPICAS	105
6.1. Dados isotópicos Sm-Nd do anfíbolito	105
6.2. U-Pb SHRIMP das rochas metassedimentares	107
6.2.1. Resultados	107
7. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	114
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119

ANEXOS

ANEXO I – Mapa geológico da Serra do Morro Escuro

ANEXO II – Mapa de pontos

ANEXO III – Tabelas com descrições de lâminas

ANEXO IV – Resultados de análise química mineral

ANEXO V – Resultados de análises litoquímicas

ANEXO VI – Resultados de análises U-Pb SHRIMP

SUMÁRIO DE FIGURAS

Figura 1.1 – Mapa de localização da área de estudo, identificada pelo polígono verde.	7
Figura 1.2 – Bacia do Rio do Tanque. (A) Localização da bacia do Rio Santo Antônio no contexto na bacia do Rio Doce. (B) Localização da bacia do Rio do Tanque no contexto da bacia do Rio Santo Antônio. (C) Rede de drenagem da bacia do Rio do Tanque, (Alves & Castro 2003).	8
Figura 1.3 – Vista da Serra do Morro Escuro (indicada pela linha amarela), feição geomorfológica marcante da área de estudo, a qual esta simbolizada em vermelho. Imagem retirada do <i>Google Earth</i> .	9
Figura 2.1 – Seção esquemática da variação de fácies em formações ferríferas, segundo James (1954). A composição do minério muda do litoral para o oceano, de óxidos ou silicatos de ferro, para carbonatos, e depois para sulfetos (Goodwin 1973).	11
Figura 2.2 – Classificação das formações ferríferas segundo as características geológicas e geotectônicas do seu ambiente deposicional (Gross 1980).	12
Figura 2.3 – Modelo de deposição de BIF's em oceano estratificado segundo Klein & Beukes (1989). Em (a), estágio regressivo e (b) estágio transgressivo.	14
Figura 2.4 – Modelo simplificado dos tipos de oxidação sofridas pelo Fe^{2+} para formação das BIF's. (A) Oxigênio em ambientes de águas rasas, acima da <i>redoxcline</i> , produto de atividade fotossintetizante. (B) Oxidação do ferro diretamente pela ação de bactérias, denominado de oxidação anóxica. (C) Oxidação fotoquímica, e presença de fluidos hidrotermais oxidantes próximos as fumarolas (Bekker <i>et al.</i> 2010).	16
Figura 2.5 – Diagrama esquemático mostrando o volume relativo das principais formações ferríferas do mundo em relação ao tempo (Klein 2005).	17
Figura 2.6 – Maiores depósitos de formações ferríferas do mundo, incluindo BIF, GIF e tipo <i>Rapitan</i> . Modificado de Bekker <i>et al.</i> (2010).	18
Figura 2.7 – Modelo para a evolução da estrutura estratificada do oceano com base em 18 análises de formações ferríferas com idades entre 3,0 a 1,8 Ga (Planavsky <i>et al.</i> 2010).	23
Figura 3.1 – Mapa esquemático da borda leste do Cráton do São Francisco incluindo as regiões da Serra do Espinhaço Meridional e Quadrilátero Ferrífero. Modificado de Schobbenhaus <i>et al.</i> (1984) e Dussin <i>et al.</i> (2000).	25
Figura 3.2 – Mapa geológico da região entre Santa Maria de Itabira e Passabém (adaptado de Grossi-Sad <i>et al.</i> 1997).	26
Figura 3.3 – Representação esquemática da evolução geodinâmica do Espinhaço Meridional do Paleo-Mesoproterozóico até o final do Neoproterozóico (Modificado	36

de Dussin & Dussin 1995).

Figura 3.4 – Mapa estrutural simplificado do Bloco Guanhães (Alkmim *et al.* 2006). A região estudada está simbolizada pelo retângulo vermelho. 37

Figura 4.1 – Coluna litoestratigráfica simplificada da região da Serra do Morro Escuro. 38

Figura 4.2 – Características macroscópicas dos metagranitóides e gnaisses. (A) Lajedo de gnaissse a margem do Rio do Tanguê, Ponto FSB-179 (UTM-699558/7853240); (B) Gnaissse com bandamento e foliação dobrados (indicado pela linha tracejada amarela), Ponto FSB-010 (UTM-690655/7853254); (C) Gnaissse com bandamento de espessura milimétrica a centimétrica falhado (indicado pela linha tracejada amarela), Ponto FSB-048 (UTM-692699/7857877); (D) Gnaissse em contato com rocha anfíbolítica intrusiva, Ponto FSB-036 (UTM- 697519/ 7855937); (E) Metagranitóide de cor bege, Ponto FSB-104 (UTM-696285/7850163); (F) Metagranito rosado rico em magnetita, Ponto FSB-145 (UTM-701182/7857085). 40

Figura 4.3 – Fotomicrografias que exibem as características microscópicas dos metagranitóides. (A) Aspecto textural do mica monzogranito foliado (Amostra MOES-FSB-PTG-018-003, luz transmitida, nicóis cruzados); (B) Aspecto textural do biotita monzogranito (Amostra MOES-FSB-PTG-145, luz transmitida, nicóis cruzados). Abreviaturas: Ms – mica branca, Mc – microclina, Pl – plagioclásio, Qtz – quartzo, Bt – biotita. 41

Figura 4.4 – Diagrama QAP para rochas plutônicas, mostrando a distribuição modal dos componentes dos gnaisses e metagranitóides. 41

Figura 4.5 – (A) e (B) Granada-mica-quartzo xisto com magnetita, Ponto FSB-188 (UTM-699855/7856830), com detalhe para o poiquiloblasto de granada em (B). 42

Figura 4.6 – Fotomicrografias que exibem as características microscópicas dos xistos da Unidade A. (A) Cristal de granada de hábito alongado segundo a foliação (Amostra FSD-015-P-217,65, luz transmitida, nicóis paralelos); (B) Poiquiloblasto de granada com textura bola de neve (Amostra MOES-RPC-FSD-010-501, luz transmitida, nicóis paralelos); (C) Cristais de estauroлита com textura decussada (1) e paralelos a foliação (2), (Amostra FSD-001-P-106,15, luz transmitida, nicóis descruzados); (D) Associação do anfibólio e carbonato (Amostra FSD-010-P-133,35, luz transmitida, nicóis cruzados); (E) Aspecto textural do anfibólio-carbonato xisto, com presença de bandas de carbonato alternadas com bandas de anfibólio (MOES-RPC-FSD-005-502, luz transmitida, nicóis cruzados). Abreviaturas: Qtz – quartzo, Grt – granada, Bt – biotita, St – estauroлита, Cb – carbonato, Amp – anfibólio, Act – actinolita. 44

Figura 4.7 – (A) Fotomicrografia do poiquiloblasto rotacionado de granada analisado quantitativamente por WDS (Amostra MOES-RPC-FSD-010-501, luz transmitida, nicóis descruzados). (B), (C) e (D) O zonamento químico do cristal de granada em (A) é evidenciado pelas variações dos teores de CaO% e MgO% (B), FeO% (C) e Mn% (D). 45

- Figura 4.8** – Diagrama ternário de composição das palhetas de biotita dos xistos da Unidade A. 46
- Figura 4.9** – Diagrama ternário de composição dos plagioclásio dos xistos da Unidade A. 46
- Figura 4.10** – Diagrama de classificação dos anfibólios (Leake *et al.* 1997), da amostra 010-133,35. 47
- Figura 4.11** – Características macroscópicas dos xistos da Unidade B. (A) Visão geral de afloramento de magnetita-cianita-mica-quartzo xisto próximo ao contato com metaconglomerado, aflorante no topo do morro. Próximo ao contato com o metaconglomerado o xisto torna-se gradativamente mais rico em óxido de ferro. Ponto FSB-245 (UTM-700943/7858022); (B) Detalhe em amostra de mão de magnetita-cianita-mica-quartzo xisto, Ponto FSB-244 (UTM-700869/7858120). 48
- Figura 4.12** – Fotomicrografias que exibem as características microscópicas dos xistos da Unidade B, com foliação definida principalmente pela orientação de cristais recristalizados de quartzo, cianita e mica branca. Em (A) aspecto geral da foliação de mica-cianita-quartzo xisto. A cianita está repleta de inclusões de minerais opacos orientados segundo a foliação (Amostra MOES-FSB-PTG-113, luz transmitida, nicóis cruzados); (B) Aspecto geral da foliação de epidoto-mica-quartzo xisto. Notar os agregados de cristais de epidoto dispostos segundo a foliação, com a mica localmente contornando este mineral (Amostra FSD-003-P-19,65, luz transmitida, nicóis cruzados). Abreviaturas: Qtz – quartzo, Ky – cianita, Ms – mica branca, Ep – epidoto. 48
- Figura 4.13** – Vista da Serra do Morro Escuro, ilustrando que são principalmente o itabirito e metaconglomerados que sustentam o relevo. 49
- Figura 4.14** – Características macroscópicas do itabirito da Serra do Morro Escuro. (A) Afloramento de itabirito no topo da porção sul da Serra do Morro Escuro, Ponto FSB-223 (UTM-693721/7852255); (B) Detalhe no bandamento milimétrico do itabirito, com foliação paralela a plano-axial (UTM-695335/7853778); (C), (D) e (E) Variação da espessura do bandamento do itabirito, indicando o aumento da intensidade de transposição das estruturas; (F) Detalhe numa zona de cisalhamento sinistral, oblíqua a foliação do itabirito, ambos sub-verticais, rica em hematita lamelar, Ponto FSB-223 (UTM-693721/7852255); (G) Itabirito friável, Ponto FSB-017 (UTM-695473/7852748). 51
- Figura 4.15** – Fotomicrografias que exibem as características microscópicas dos itabiritos. (A) Hematita em martita disposta sobre a foliação, (Amostra FSD-010-69,45, luz refletida, nicóis paralelos); (B) Magnetita com borda oxidada e hábito alongado paralelamente a foliação do itabirito, (Amostra MOES-RPC-FSD-002-501, luz refletida, nicóis paralelos); (C) Itabirito hematítico lamelar, (Amostra MOES-FSB-FSD-003-503, luz refletida, nicóis paralelos); (D) Itabirito hematítico lamelar e granular, (Amostra FSD-014-181,45, luz refletida, nicóis paralelos); (E) Itabirito magnetítico, (Amostra MOES-RPC-FSD-002-501, luz refletida, nicóis paralelos); (G) Detalhe em cristais de hematita lamelar inclusos na hornblenda (Amostra FSD-008-79,25, luz transmitida, nicóis paralelos). Abreviaturas: HemL – 54

hematita lamelar, HemG – hematita granular, Mag – magnetita, Cl – clorita, Hbl – hornblenda, Ep – epidoto.

Figura 4.16 – Diagrama de classificação dos anfibólios (Leake *et al.* 1997), das amostras 009-001 e 008-79,25. 55

Figura 4.17 – Esquema da geração dos óxidos de ferro do itabirito da Serra do Morro Escuro. 55

Figura 4.18 – Características macroscópicas do metaconglomerado. (A) Metaconglomerado com clastos extremamente estirados, Ponto FSB-091 (UTM-697684/7854805); (B) Metaconglomerado com clastos pouco estirados, ponto FSB-093 (UTM- 697910 /7854999); (C) Clasto de formação ferrífera dobrado, ponto FSB-117 (UTM- 700233/7857312); (D) Metaconglomerado sustentado pela matriz, ponto FSB-106 (UTM- 696044/7854180). 57

Figura 4.19 – Fotomicrografias que exibem as características microscópicas do metaconglomerado e quartzito ferruginoso. (A) Detalhe em clasto mm- de itabirito hematítico lamelar no metaconglomerado (Amostra MOES-FSB-FSD-012-501, luz refletida, nicóis paralelos); (B) Aspecto textural do quartzito, com foliação conferida pela orientação de cristais recristalizados de quartzo, mica, cianita e óxidos de ferro (Amostra MOES-FSB-PTG-091-002, luz transmitida, nicóis cruzados). Abreviaturas: HemL – hematita lamelar, Qtz – quartzo, Ky – cianita, Ms – mica branca. 57

Figura 4.20 – Características macroscópicas do quartzito grosseiro. (A) Detalhe do quartzito, mostrando sua granulação grosseira, Ponto FSB-057 (UTM-703586/7849756); (B) Dobra fechada no quartzito, com plano axial de orientação 140/50, Ponto FSB-049 (UTM- 693352/7854727); (C) Quartzito grosseiro com estratificação cruzada acanalada, Ponto FSB-049 (UTM- 693352/7854727); (D) Quartzito grosseiro *boudinado*, Ponto FSB-107 (UTM- 694256/7855151). 58

Figura 4.21 – Características macroscópicas do ortoanfibolito. (A) Saprólito de anfibolito, Ponto FSB-182 (UTM-699529/7853308); (B) Lajedo de anfibolito fresco, Ponto FSB-183 (UTM-698139/7850629). 59

Figura 4.22 – Fotomicrografias do ortoanfibolito. (A) Aspecto textural do anfibolito, com foliação definida principalmente pela orientação de anfíbólio e plagioclásio (Amostra PSB-FSD-007-002, luz transmitida e nicóis cruzados a direita; (B, C, D,) Contato do anfibolito (a direita) com itabirito magnetítico (a esquerda). Notar a vênula de quartzo disposta paralelamente ao contato (Amostra MOES-RPC-FSD-001-501, luz transmitida e nicóis paralelos em (B), luz transmitida e nicóis cruzados em (C), luz refletida e nicóis paralelos em (D)); (E) Associação de pirita, calcopirita e pirrotita (Amostra PSB-FSD-007-002, luz refletida, nicóis paralelos). Abreviaturas: Pl – plagioclásio, Hbl – hornblenda, Spn – titanita, Qtz – quartzo, Bt – biotita, Mag – magnetita, HemL – hematita lamelar, Py – pirita, Cpy – calcopirita, Po – pirrotita. 60

Figura 4.23 – Características macro e microscópicas da rocha básica. (A) Afloramento contendo matações de rochas básica, com estrutura de acebolamento, 61

imersos em solo avermelhado. Ponto FSB-001 (UTM-697280/7849088); (B) Detalhe em amostra de mão de um olivina gabro. Ponto FSB-050 (UTM-693196/7855185). (C) Fotomicrografia que exhibe a textura fanerítica fina, subofítica, equigranular do olivina gabro (Amostra MOES-FSB-PTG-050, luz transmitida, nicóis cruzados. Abreviaturas: Ol – olivina, Pl – plagioclásio, Cpx – clinopiroxênio.

- Figura 4.24** – Diagrama de contorno de densidade dos pólos de S_n . 65
- Figura 4.25** – Diagrama de contorno de densidade dos pólos da lineação mineral. 65
- Figura 4.26** – Detalhe na zona de charneira de dobra intrafolial com foliação plano-axial. 66
- Figura 4.27** – Diagrama de roseta indicando a direção preferencial das estruturas rúpteis. 66
- Figura 4.28** – Curvas de equilíbrio para a estauroлита (Turner 1981). 68
- Figura 4.29** – Diagrama P-T obtido das análises de granada e biotita da amostra 001-106,15 através do *software* TWQ 2.02. A reação 1 corresponde à descrita no texto. 71
- Figura 4.30** – Diagrama P-T obtido das análises de granada, biotita e plagioclásio da amostra 001-010-501, através do *software* TWQ 2.02. A reação 1 corresponde à descrita no texto. 71
- Figura 4.31** – Diagrama P-T obtido das análises de granada, biotita, plagioclásio e anfibólio da amostra 010-133,35, através do *software* TWQ 1.02. As reações numeradas de 1 a 14 são correspondentes às descritas no texto. 71
- Figura 4.32** – Grade petrogenética para metassedimentos pelíticos com $P = PH_2O$ (exceto curva 9), com localização das condições de metamorfismo sofrida pelas rochas da serra do Morro Escuro. As abreviações usadas são: AB = albita; ALM = almandina; ALS = aluminossilicato; AN = anortita; AND = andaluzita; BIO = biotita; CD = cordierita; CIA = cianita; CRF = carfolita; CTD = cloritóide; EST = estauroлита; GD = granada; GR = grossulária; ILM = ilmenita; KF = K-feldspato; MS = muscovita; OPX = ortopiroxênio; PIF = pirofilita; PP = piropo; QZ = quartzo; RT = rutilo; SIL = sillimanita. As bandas sombreadas representam as condições aproximadas das isógradas da biotita e da granada. Linhas tracejadas indicam associações metaestáveis. As incertezas experimentais são invariavelmente muito maiores que a espessura das linhas traçadas. Retirado de Yardley (2004). 72
- Figura 5.1** – Mapa com a localização das amostras de itabirito analisadas. 73
- Figura 5.2** – Localização das amostras de itabirito analisadas ao longo dos testemunhos de sondagem. 74
- Figura 5.3** – Relação entre a concentração de SiO_2 e Fe_2O_3 nos itabiritos de Morro Escuro. 75

Figura 5.4 – Valores dos elementos maiores das amostras de itabirito de Morro Escuro.	76
Figura 5.5 – Elementos traço do itabirito de Morro Escuro, Quadrilátero Ferrífero (quartzo itabiritos de Spier <i>et al.</i> 2007) e Morro do Pilar (Rolim <i>em preparação</i>), normalizados ao PAAS de Taylor & McLennan (1985).	77
Figura 5.6 – Diagramas de dispersão da concentração de alumínio vs. (A) urânio, (B) vanádio, (C) cobre, (D) níquel, (E) molibdênio, (F) cobalto, e indicação coeficiente de determinação (R^2).	78
Figura 5.7 – Gráficos dos índices de paleo-oxidação: (A) Th/U; (B) U autigênico; (C) Ni/Co.	79
Figura 5.8 – Valores de ETR+Y de amostras de itabiritos de Morro Escuro normalizados ao condrito (A) e ao PAAS (B).	81
Figura 5.9 – Allanita presente na amostra 009-001. (A) Fotomicrografia, luz transmitida, nicóis paralelos; (B) imagem de elétrons retroespalhados; (C) Padrão EDS da allanita presente em (A) e (B). Abreviaturas: HemL – hematita lamelar, Aln – allanita.	82
Figura 5.10 – Diagrama binário de $Ce/Ce^*_{(SN)}$ vs. $Pr/Pr^*_{(SN)}$, usado para identificar as anomalias de La e Ce em sedimentos derivados da água do mar (Bau & Dulski 1996).	83
Figura 5.11 – Diagrama binário $Ce/Ce^*_{(SN)}$ vs. Al (%).	83
Figura 5.12 – Diagrama binário de $Ce/Ce^*_{(SN)}$ vs. Y/Ho (Pecoits 2010).	84
Figura 5.13 – Razão Sm/Yb vs. Eu/Sm em (A) e $Eu/Eu^*_{(CN)}$ vs. $(Sm/Yb)_{(CN)}$ em (B), (Alexander <i>et al.</i> 2008). Dados presentes nos gráficos: fluidos hidrotermais de baixa T (Michard <i>et al.</i> 1983); depósitos hidrotermais ricos em Fe de baixa T (Puteanus <i>et al.</i> 1991); fluidos hidrotermais de alta temperatura (Bau & Dulski 1996); crostas de Fe-Mn hidrogenéticas (Bau <i>et al.</i> 1996); água do mar do Pacífico (Alibo & Nozaki 1999).	85
Figura 5.14 – Padrão dos ETR+Y normalizados a PAAS das seguintes formações ferríferas: Grupo Serra da Serpentina na região de Morro do Pilar (Rolim <i>em preparação</i>); Formação Cauê, Grupo Itabira, Quadrilátero Ferrífero (Spier <i>et al.</i> 2007); Morro Escuro.	87
Figura 5.15 – Padrão dos ETR+Y normalizados ao condrito das seguintes formações ferríferas: Cliffs Eire Mine (EUA); Dales George member (Austrália); Kuruman (África do Sul) e Supergrupo Witwatersrand (África do Sul), cujos dados foram baseados em Planavsky <i>et al.</i> (2010); Isua (Groelândia) segundo dados de Polat & Frei (2005), e Morro Escuro.	87
Figura 5.16 – Localização das amostras metagraníticas e gnáissicas analisadas. A sigla FSD indica que a amostra foi retirada de testemunho de sondagem, e a PTG de	88

afioramento.

- Figura 5.17** – Diagramas de Harker para as concentrações em óxidos de elementos maiores para as rochas graníticas e gnáissicas que circundam a Serra do Morro Escuro. 89
- Figura 5.18** – Índice de alcalinidade x SiO₂ (Wright 1969). 90
- Figura 5.19** – Diagrama de alcalinidade de Shand (1943). ACNK = Al₂O₃/(Na₂O+K₂O + CaO); ANK= Al₂O₃/(Na₂O+ K₂O). 90
- Figura 5.20** – Diagrama SiO₂ (%) x Total de álcalis (%), a partir de Cox *et al.* (1979), adaptado por Wilson (1989) para rochas plutônicas. A linha azul subdivide o campo das rochas alcalinas das subalcalinas. 91
- Figura 5.21** – Diagrama AFM (Irvine & Baragar 1971), com indicação dos campos composicionais de séries plutônicas ligadas a ambientes compressivos e extensionais proposta por Petro *et al.* (1979). 92
- Figura 5.22** – Diagrama SiO₂ x FeO/MgO ambos representados em porcentagem em peso. 93
- Figura 5.23** – Diagramas de classificação geotectônica, propostos por Pearce *et al.* (1984): Y+Nb x Rb em (A) e Y x Nb em (B). As amostras simbolizadas como círculos projetam-se nos campos característicos da Suíte Borrachudos, e as demais são simbolizadas como triângulos. 93
- Figura 5.24** – Diagramas de variação de Harker, com divisão de granitos tipo I e A, proposto por Collins *et al.* (1982). 95
- Figura 5.25** – Diagrama Nb - Y - 3Ga, com distinção entre os campos composicionais de granitos anorogênicos dos tipos A1 (mantélicos) e A2 (crustais) proposta por Eby (1992). 95
- Figura 5.26** – Distribuição dos ETR normalizados ao condrito (Evensen *et al.* 1978). 96
- Figura 5.27** – Distribuição dos ETR no corpo Açucena (Oliveira 2002) e Morro do Urubu (Fernandes 2001), normalizados ao condrito (Evensen *et al.* 1978). 96
- Figura 5.28** – Diagramas de determinação de filiação magmática; (A) SiO₂ vs. (Na₂O+K₂O), mostrando os campos alcalino e subalcalino, segundo Irvine & Baragar (1971); (B) Nb/Y vs. Zr/TiO₂x0,0001 para classificação de rochas vulcânicas (Winchester & Floyd 1977). 98
- Figura 5.29** – Diagramas para discriminação de séries toleíticas e calcio-alcalinas. (A) AFM, de Irvine & Baragar (1971); (B) SiO₂ vs. FeO/MgO de Miyashiro (1974). 98
- Figura 5.30** – Classificação do anfíbolito segundo diagrama de sílica vs. álcalis de Cox *et al.* (1979). 99

Figura 5.31 – Diagramas de variação multi-elementar das amostras de anfíbolito de Morro Escuro. Valores de normalização com base no MORB de Pearce (1983) em (A) e condrito de Thompson (1982) em (B).	99
Figura 5.32 – Distribuição dos elementos terras raras normalizados ao condrito (Evensen <i>et al.</i> 1978). Valores de E-MORB e N-MORB segundo Sun & McDonough (1989).	100
Figura 5.33 – Diagramas de discriminação tectônica de rochas básicas, utilizando elementos maiores e traço: (A) MgO X FeO _t X Al ₂ O ₃ (Pearce & Cann 1973); (B) MnO _{x10} X TiO ₂ X P ₂ O _{5x10} (Mullen 1983); (C) Zr/4 X 2Nb X Y (Meschede 1986); (D) Zr vs. Zr/Y (Pearce & Norry 1979); (E) Zr vs. Ti (Pharaoh & Pearce 1984).	101
Figura 5.34 – Diagramas de variação multi-elementar das amostras de anfíbolito de Morro Escuro (A); dos Grupos I, II e III de Silva <i>et al.</i> (1995), (B); das rochas básicas do sudeste do cráton do São Francisco (Dussin <i>et al.</i> 1994 e Dussin, 1994), (C); xistos verdes do rifte Macaúbas (Gradim <i>et al.</i> 2005), (D); normalizados ao condrito segundo valores de Thompson (1982).	104
Figura 6.1 – Mapa esquemático da borda leste do Cráton do São Francisco e borda oeste da Faixa Araçuai, com localização das rochas básicas cujos dados foram comparados aos resultados obtidos sobre Morro Escuro no presente trabalho. Modificado de Schobbenhaus (1984) e Dussin <i>et al.</i> (2000).	106
Figura 6.2 – Imagem BSE dos zircões da amostra PTG-106, com os pontos analisado simbolizados em verde.	107
Figura 6.3 – Diagrama concórdia da amostra PTG-106.	108
Figura 6.4 – Diagrama concórdia da amostra PTG-106 com detalhe da população com a idade de 1741 Ma (n=9), que é a principal população dessa amostra.	109
Figura 6.5 – Diagrama de probabilidade das idades obtidas dos zircões da amostra PTG-106.	110
Figura 6.6 – Imagem BSE dos zircões da amostra PTG-093, com os pontos analisado simbolizados em rosa. Esta é a amostra que revelou o menor número de zircões, os quais possuem tamanho variável entre 50 μm e 400μm.	110
Figura 6.7 – Diagrama concórdia da amostra PTG-093 com a população mais jovem de zircões.	111
Figura 6.8 – Diagrama de probabilidade das idades obtidas dos zircões da amostra PTG-093.	112
Figura 6.9 – Imagem BSE dos zircões da amostra PTG-226, com os pontos analisados simbolizados em azul.	112
Figura 6.10 – Diagrama de probabilidade das idades obtidas dos zircões da amostra PTG-226, que é aquela com maior contribuição de fonte arqueana.	113

Figura 7.1 – Modelo esquemático da evolução geotectônica do Grupo Serra da Serpentina na Serra do Morro Escuro 117

Figura 7.2 – Empilhamento estratigráfico da Serra do Morro Escuro à esquerda, e do Grupo Serra da Serpentina, segundo Rolim & Rosière (2011) e Rolim & Rosière (em preparação) à direita. 117

SUMÁRIO DE TABELAS

Tabela 4.1– Divisão dos litotipos presentes na Unidade A, de acordo com sua composição mineralógica. 43

Tabela 4.2 – Resumo das características macroscópicas e microscópicas das principais rochas que compõem a Serra do Morro Escuro. 62

Tabela 4.3 – Tipos morfológicos de hematita da BIF de Morro Escuro. 52

Tabela 4.4 – Paragêneses minerais sin-cinemáticas à foliação regional de cada unidade estratigráfica da Serra do Morro Escuro. Abreviaturas: Qtz – quartzo, Pl – plagioclásio, Ms – mica branca, Bt – biotita, Mc – microclina, Ep – epidoto, Grt – granada, Ky – cianita, St – estauroлита, Gr – grafita, Hbl – hornblenda, Cb – carbonato, Tr – tremolita, Act – actinolita, Hem – hematita, Mag – magnetita. 67

Tabela 5.1 – Sumário dos índices de paleo-oxidação. 80

Tabela 5.2 – Valores médios dos dados de ETR+Y de Morro Escuro e Quadrilátero Ferrífera. ^a Spier *et al.* (2007); ^b Rolim (em preparação). Valor médio de Ce/Ce*_(SN) de Morro Escuro foi calculado excluindo as amostras 007-701 e 009-001. 86

Tabela 6.1 – Dados isotópicos Sm-Nd das amostras de anfibolito da Serra do Morro Escuro. 105

Tabela 6.2 – Tabela comparativa de valores de isotópicos Sm-Nd do anfibolito de Morro Escuro com demais estudos de rochas básicas paleoproterozóicas/neoproterozóicas da porção sul do cráton do São Francisco e extremo leste da faixa Araçuaí. 106

LISTA DE ABREVIACÕES

Abreviações Gerais

- BIF: *Banded Iron Formation*
BSE: *Backscattering Electrons Detector*
CDTN: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
CMCA: *Centre for Analytical and Characterization Analyses*
CN: *Condrite Normalization*
CPMTC: Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa
DEGEO: Departamento de Geologia
DOP: *Degree of Pyritization*
EDS: *Energy Dispersive X-ray Detector*
ETR: Elementos Terras Raras
ETRL: Elementos Terras Raras Leves
ETRP: Elementos Terras Raras Pesados
FSD: Furo de sondagem diamantado
GIF: *Granular Iron Formation*
GOE: *Great Oxidation Event*
HFSE: *High Field Strength Elements*
ICP-ES: *Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometric*
ICP-MS: *Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy*
LECO: *Laboratory Equipment Corporation*
LILE: *Large-Ion Lithophile Elements*
LOPAG: Laboratório de Preparação de Amostras para Geoquímica e Geocronologia
MEV: Microscópio Eletrônico de Varredura
MORB: *Middle Ocean Ridge Basalt*
NASC: *North American Shale Composite*
P: pressão
PAAS: *Post-Archean Australian Shale*
PTG: Ponto de campo
QF: Quadrilátero Ferrífero
SHRIMP: *Sensitive High Resolution Ion Microprobe*
SN: *Shale Normalization*
T: temperatura
TTG: tonalito–trondjemito–granodiorito
UFOP: Universidade Federal de Ouro Preto
UnB: Universidade de Brasília
VMS: *Volcanogenic Massive Sulfide*
VS: *versus*
WDS: *Wavelength-Dispersive Spectrometers*

Abreviações minerais

Act: Actinolita
Aln: Alanita
Amp: Anfibólio
Ap: Apatita
Apy: Arsenopirita
Arg: Argilominerais
Bt: Biotita
Cb: Carbonato
Cl: Clorita
Cpx: Clinopiroxênio
Cpy : Calcopirita
Czo: Clinozoisita
Ep: Epidoto
Fds: Feldspato
Grt: Granada
Gth: Goethita
Hbl: Hornblenda
Hem: Hematita
HemG: Hematita granular
HemL: Hematita Lamela
HemLo: Hematita Lobular
Ilm: Ilmenita
Kf: Feldspato potássico
Ky: Cianita
Mag: Magnetita
Mat: Martita
Mc: Microclina
Ms: Muscovita
Ol: Olivina
Pl: Plagioclásio
Po: Pirrotita
Py : Pirita
Qtz: Quartzo
Ser: Sericita
Sp: Esfalerita
Spn: Titanita
St: Estaurolita
Tr: Tremolita
Zr: Zircão

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho faz parte do projeto de pesquisa intitulado “Origem dos corpos de minério de ferro de alto teor: magnetitos e sua oxidação”, sob coordenação do prof. Dr. Carlos Alberto Rosière, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e apoiado por empresas de pesquisa mineral, entre elas a Terrativa Minerais S.A., e Centaurus Metals.

O estudo foi realizado na Serra do Morro Escuro e arredores, entre os municípios de Santa Maria de Itabira, Passabém e Ferros. A serra possui orientação NE-SW, extensão de aproximadamente 8 km, e altitude máxima de 1.177 m. A região localiza-se geologicamente entre a Serra do Espinhaço Meridional e o Quadrilátero Ferrífero, no domínio da Faixa Araçuaí. A sequência supracrustal presente na área era indefinida visto que não existiam trabalhos de caracterização da estratigrafia da serra. Apesar de mapeamentos regionais relacionarem a região em estudo ao Complexo Guanhães (*e.g.* Grossi-Sad *et al.* 1997, Pedrosa-Soares *et al.* 1994), a estratigrafia definida para esta unidade por Grossi-Sad *et al.* (1989) não se encaixa com a presente em Morro Escuro, segundo estudos preliminares de empresas de mineração atuantes na região (*e.g.* Pizarro & Romano, 2009 – relatório interno Terrativa Minerais S.A.).

Com o aumento da demanda por ferro em todo o mundo, antigas ocorrências de formações ferríferas, que no passado não despertavam interesse econômico por não apresentarem corpos volumosos de minério de alto teor (>60% Fe), passaram a ser economicamente viáveis e alvo pesquisas. Este fato motivou e viabilizou o estudo de detalhe sobre a formação ferrífera e suas encaixantes na Serra do Morro Escuro.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo maior é o posicionamento crono-estratigráfico da sequência metassedimentar encontrada na Serra do Morro Escuro dentro do contexto geológico regional que a circunda.

1.1.2. Objetivos Específicos

A fim de atender o objetivo geral, foram realizados os seguintes estudos:

- 1) Definição da sequência estratigráfica da Serra do Morro Escuro, caracterização da origem e protólitos dos principais litotipos, e determinação do grau metamórfico;
- 2) Datação das rochas metassedimentares, para comparação com idades obtidas no Quadrilátero Ferrífero e na Serra do Espinhaço Meridional;
- 3) Caracterização geoquímica das formações ferríferas e estudo petrográfico e mineralógico de detalhe, para assim obter um quadro representativo da composição e da natureza deste litotipo, e fornecer dados para definir o ambiente de sedimentação e correlacioná-lo com formações ferríferas presentes no contexto geológico regional. Formações ferríferas são rochas que apresentam marcantes características químicas de acordo com seu ambiente de deposição. O estudo detalhado da química deste litotipo, aliado a sua caracterização petrográfica-mineralógica, permitiu comparação com estudos semelhantes realizados nas BIF's da região de Morro do Pilar (Rolim em preparação), Serra da Serpentina (Dossin 1985), Serra do Sapo (Zacchi 2010) e do Quadrilátero Ferrífero (e.g. Spier *et al.* 2007, Rosière & Chemale 2000b). Este método subsidiou um estudo comparativo que auxilia na correlação da estratigrafia de Morro Escuro.

1.2. Metodologia

A metodologia aplicada para atingir cada objetivo específico do trabalho é listada a seguir.

- 1) Definição e caracterização da sequência estratigráfica da Serra do Morro Escuro.
 - a) Revisão bibliográfica sobre a geologia regional e sobre formações ferríferas pré-cambriana em geral;
 - b) Realização de perfis perpendiculares a estruturação da serra, para reconhecimentos das relações estratigráficas e principais estruturas. Foram levantados 258 pontos em campo;
 - c) Descrição de 31 testemunhos de sondagem, para determinação da estratigrafia e coleta de amostras;
 - d) Estudo petrográfico com o uso de microscópio ótico de luz transmitida e refletida de 69 lâminas delgadas e delgada/polida dos principais litotipos da sequência, para determinação de suas características mineralógicas e texturais;

- e) Estudo do metamorfismo através de análise qualitativa e semi-quantitativa. A análise qualitativa foi baseada na individualização das paragêneses minerais de cada unidade desenvolvidas sin-cinemáticas à foliação regional. A análise semi-quantitativa foi realizada através de cálculos geotermobarométricos.
 - f) Caracterização geoquímica de 10 amostras de granitóides do Complexo Dona Rita e Suíte Borrachudos;
 - g) Caracterização geoquímica de 5 amostras dos diques e sills de anfibolito. Também foram realizadas análise isotópica Sm-Nd em 3 dessas amostras.
- 2) Datação das rochas metassedimentares.
- a) Definição da idade máxima de deposição de 2 amostras de metaconglomerado e 1 de quartzito, através da datação de zircões detríticos por U/Pb SHRIMP (*Sensitive High Resolution Ion Microprobe*) e comparação com idades obtidas no Quadrilátero Ferrífero e na Serra do Espinhaço Meridional.
- 3) Caracterização geoquímica das formações ferríferas.
- a) Caracterização geoquímica de 16 amostras de formação ferrífera;
 - b) Microanálises qualitativa e quantitativa para identificação de minerais hidrotermais (*e.g.* allanita) que possam alterar o padrão geoquímico da rocha original.

As lâminas delgadas e delgada/polidas foram confeccionadas na Open Brasil em Belo Horizonte e no laboratório do Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa (CPMTC). O estudo petrográfico foi realizado utilizando microscópios de luz transmitida e refletida das marcas LEICA e Zeiss do CPMTC, com ocular de 10X e objetivas de 2,5X, 5X, 10X, 20X e 50X. A análise petrográfica destacou aspectos texturais e composicionais das rochas da área estudada, que foram ilustradas por fotomicrografias em câmera digital.

Dados estruturais de campo foram tratados utilizando o programa *Stereo 32*, e os diagramas de contorno de densidade foram feitos com base no parâmetro estatístico de soma dos cossenos.

As caracterizações geoquímicas foram feitas a partir de análises químicas de rocha total realizadas pelo Laboratório AcmeLabs – ACME Analytical Laboratories Ltd. (Canadá). Os métodos utilizados para as análises quantitativas foram: (i) ICP-ES (*Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometric*), com fusão da amostra por metaborato de lítio e digestão com HNO₃, para os óxidos maiores e elementos menores; (ii) ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy*), com fusão da amostra por metaborato/tetraborato de lítio e digestão com água régia (apenas metais-base), para elementos traços e terras raras; (iii)

carbono e enxofre foram analisados pelo método LECO devido ao baixo limite de detecção. Os diagramas de distribuição dos elementos maiores, traços e terras raras foram obtidos pelos programas *Minpet 2.02* (*Mineralogical and Petrological Data Processing System*), *Origin 6.1* e *Excel 2003*. Os dados de elementos terras raras dos granitóides e anfibolitos foram normalizados em relação ao condrito de Evensen *et al.* (1978), e os dados da BIF foram normalizados ao PAAS de McLennan (1989) e condrito de Taylor & McLennan (1985). Diagramas do tipo *spider* (multi-elementar) dos anfibolitos foram normalizados em relação ao MORB de Pearce (1983) e ao condrito de Thompson (1982).

As microanálises em silicatos foram realizadas no Laboratório de Microscopia e Microanálises do consórcio Física-Geologia-Química/UFMG – CDTN/CNEM, em aparelho de microsonda eletrônica da marca JEOL, modelo JXA-8900RL, utilizando 15 kV de voltagem de aceleração e 20 nA de corrente. Foram obtidas de três a dez análises pontuais em cada cristal utilizando a mesma rotina para cada mineral. As microanálises foram realizadas em granada, anfibólio, biotita, plagioclásio e estauroлита presentes em 3 amostras de xistos pelíticos para realização dos cálculos geotermobarométricos, e em anfibólio e allanita, presentes em 2 amostras de BIF. As análises foram realizadas segundo a seguinte sequência: (i) aquisição de imagens de elétrons secundários e retroespalhados (BSE) com resolução de alguns nanômetros, visando à observação de possíveis zonamentos químicos e, (ii) obtenção de microanálises. Para a allanita foi realizado apenas identificação dos elementos presentes por meio do detector EDS (*Energy Dispersive X-ray Detector*). Para os demais minerais foram analisados por WDS (*Wavelength-Dispersive Spectrometers*) os elementos SiO₂, Al₂O₃, FeO, MgO, MnO, CaO, Na₂O, K₂O e TiO₂. Os padrões utilizados foram microclina para Si e K; Al₂O₃ para Al; olivina para Fe e Mn; hornblenda para Mg; anortita para Ca; albita para Na; rutilo para Ti. O programa de correção de dados empregado foi *ZAF*. As fórmulas estruturais foram calculadas com base em 32 oxigênios para o plagioclásio, 24 para o anfibólio e biotita, 12 para granada e em 48 para estauroлита.

Os cálculos geotermobarométricos foram realizados com base nas associações granada–biotita, plagioclásio–granada–biotita e plagioclásio–granada–biotita–anfibólio, sin-cinemáticas a foliação principal. Tais cálculos foram realizados utilizando as microanálises dos silicatos citados, através dos *softwares TWQ 1.02* e *TWQ 2.02* (Berman 1988, 1991), sendo que o primeiro o único que inclui anfibólios no processamento dos dados. Esses cálculos possibilitam a determinação da pressão com erro de ± 1 kbar e da temperatura com erro de ± 50 °C. A rotina utilizada foi a de Holland & Powell (1990). Os diagramas de classificação mineral foram feitos através dos programas *Origin 6.1* e *Excel 2003*

As determinações isotópicas pelo método Sm-Nd, foram realizadas em 3 amostras de anfíbolito no Laboratório de Geocronologia da UnB e seguiram o método descrito por Gioia & Pimentel (2000). No procedimento cerca de 50 mg do pó da amostra é misturada a uma solução traçadora de ^{149}Sm e ^{150}Nd . A amostra é dissolvida em cápsulas Savillex® por meio de sucessivos ataques ácidos em HF, HNO_3 e HCl. Os conteúdos de Sm e Nd são extraídos através de colunas de trocas catiônicas, confeccionadas em Teflon e empacotadas com resina LN-Spec (resina líquida HDEHP ácido di-(etilhexil) fosfórico impregnada em pó de teflon). As frações de Sm e Nd são depositadas em arranjos duplos de filamentos de rênio com ácido nítrico e analisadas na forma metálica, em modo estático, utilizando o espectrômetro de massa Finnigan MAT-262 multi-coletor. As incertezas para as razões de Sm/Nd e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ são inferiores a $\pm 0,5\%$ (2σ) e $\pm 0,005\%$ (2σ), respectivamente, baseados em análises repetidas dos padrões internacionais BHVO-1 e BCR-1. As razões isotópicas são normalizadas para um valor de $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de 0,7219 e a constante de desintegração utilizada é $6,54 \times 10^{-12} \text{ a}^{-1}$.

Análises isotópicas U-Pb foram realizadas em cristais de zircão detrítico pelo método SHRIMP (*Sensitive High Resolution Ion Microprobe*) na Curtin University em Perth, Western Australia. As amostras coletadas foram processadas pelos métodos convencionais, com britagem, moagem e peneiramento no laboratório LOPAG–DEGEO–UFOP. A concentração de pesados da fração de 80 a 120 mesh foi feita por bateia.

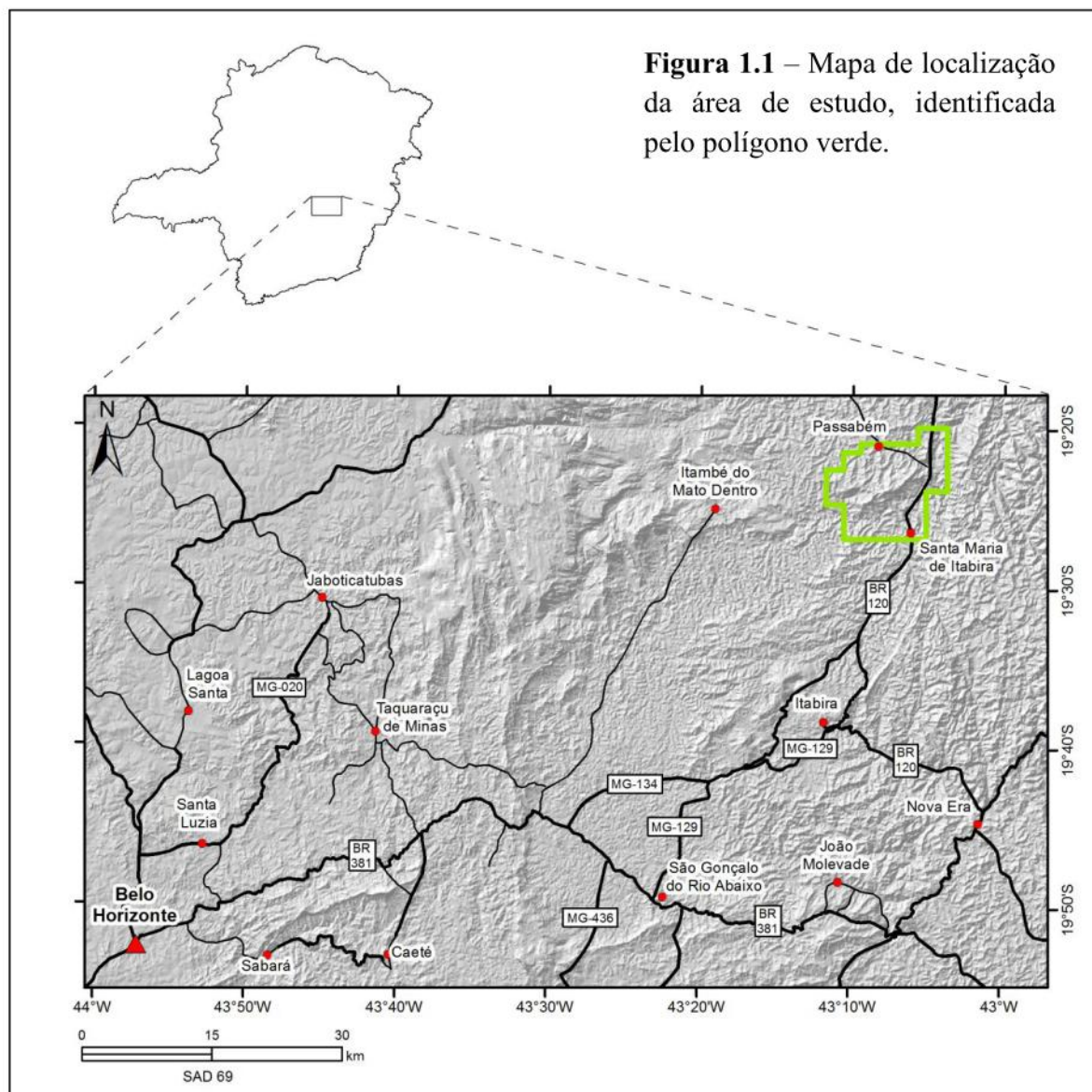
Após a concentração as amostras foram moídas, peneiradas e lavadas para eliminar material muito fino (tamanho silte e argila). A fração com 60-250 mesh foi tratada com líquido pesado (TBE – tetra-bromo-etano) para remover minerais leves, e foi utilizado o separador magnético Frantz LB1, para concentrar os minerais menos magnéticos como o zircão. Os zircões foram separados manualmente e organizados numa montagem em epoxy. Todos os zircões foram montados em pequeno cilindro de epoxy de 2,5 cm de diâmetro e polidos até que os zircões estivessem expostos. Imagens dos zircões foram obtidas utilizando-se microscópio ótico JEOL 6400, e as imagens de elétrons retroespalhados no MEV JEOL6400 no CMCA (Centre for Analytical and Characterization Analyses) da University of Western Australia. As imagens dos zircões são de extrema importância para identificação de características internas o que ajuda a evitar que se analise áreas com conteúdo de Pb comumente alto (inclusões, fraturas ...). A montagem em epoxy foi coberta por película de ouro para as análises no SHRIMP. A maioria dos *spots* analisados no SHRIMP foi feita com tamanho do feixe de laser entre 20-30 μm e apenas uma análise de zircão hidrotermal utilizou feixe de 10 μm . Quatro escaneamentos foram utilizados para cada *spot* analisado do zircão, e sete escaneamentos durante análises de mineral hidrotermal. Os seguintes dados foram

analisados: ($^{196}\text{Zr}_2\text{O}$, ^{204}Pb , *background*, ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{238}U , ^{248}ThO , ^{254}UO), e $^{200}\text{TixOy}$, ^{204}Pb , *background*, ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{238}U , ^{248}ThO , e ^{254}UO . Os padrões D23 e NBS611 foram usados para identificar a posição do pico de massa do ^{204}Pb , enquanto a calibração do conteúdo de Pb/U foi realizada usando padrão de zircão BR266 (559 Ma, 903 ppm U). As idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ foram utilizadas para todos os grãos detríticos e as idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ foram utilizadas para zircão hidrotermal. A maioria dos dados são concordantes, sendo que os discordantes foram agrupados em algumas populações vizinhas evidentes. Todos os dados em zircão detrítico com correção comum de Pb maior que 1% foram rejeitadas durante o primeiro escaneamento. As incertezas de idades individuais foram cotadas a 1σ , enquanto que a idade dos *plots* foram calculadas no nível 2σ (aproximadamente 95% confiança). Dados do SHRIMP foram reduzidos utilizando programa SQUID (Ludwig 2001) e *plots* foram preparados usando ISOPLOT/Ex (Ludwig 2003).

1.3. Localização e vias de acesso

A área de estudo possui 131 km^2 e localiza-se dentro dos limites da Folha Conceição do Mato Dentro (SE-23-Z-D-I, Carta do Brasil, escala 1:100.000), abrangendo os municípios de Santa Maria de Itabira, Passabém e Ferros.

O acesso a área é feito a partir de Belo Horizonte pela BR-381, por cerca de 60 km até o trevo de Itabira. A partir deste trevo segue-se pela MG-134, MG-129 e BR-120 aproximadamente 60 km até a sede do município de Santa Maria de Itabira, porção sul da área em estudo (**Figura 1.1**).



1.4. Aspectos fisiográficos

A região estudada localiza-se na bacia hidrográfica do Rio do Tanque que está contida na bacia do Rio Santo Antônio, que por sua vez faz parte da bacia do Rio Doce (**Figura 1.2**). O Rio do Tanque é a principal drenagem da área estudada, e possui direção predominante NE-SW. As principais nascentes da bacia hidrográfica do Rio do Tanque se encontram na Serra do Lobo, Serra da Lapa, e Serra Negra a norte; Serra do Espinhaço a oeste; e a sul, Serra do Cauê e Serra da Pedra Branca (Alves & Castro 2003).

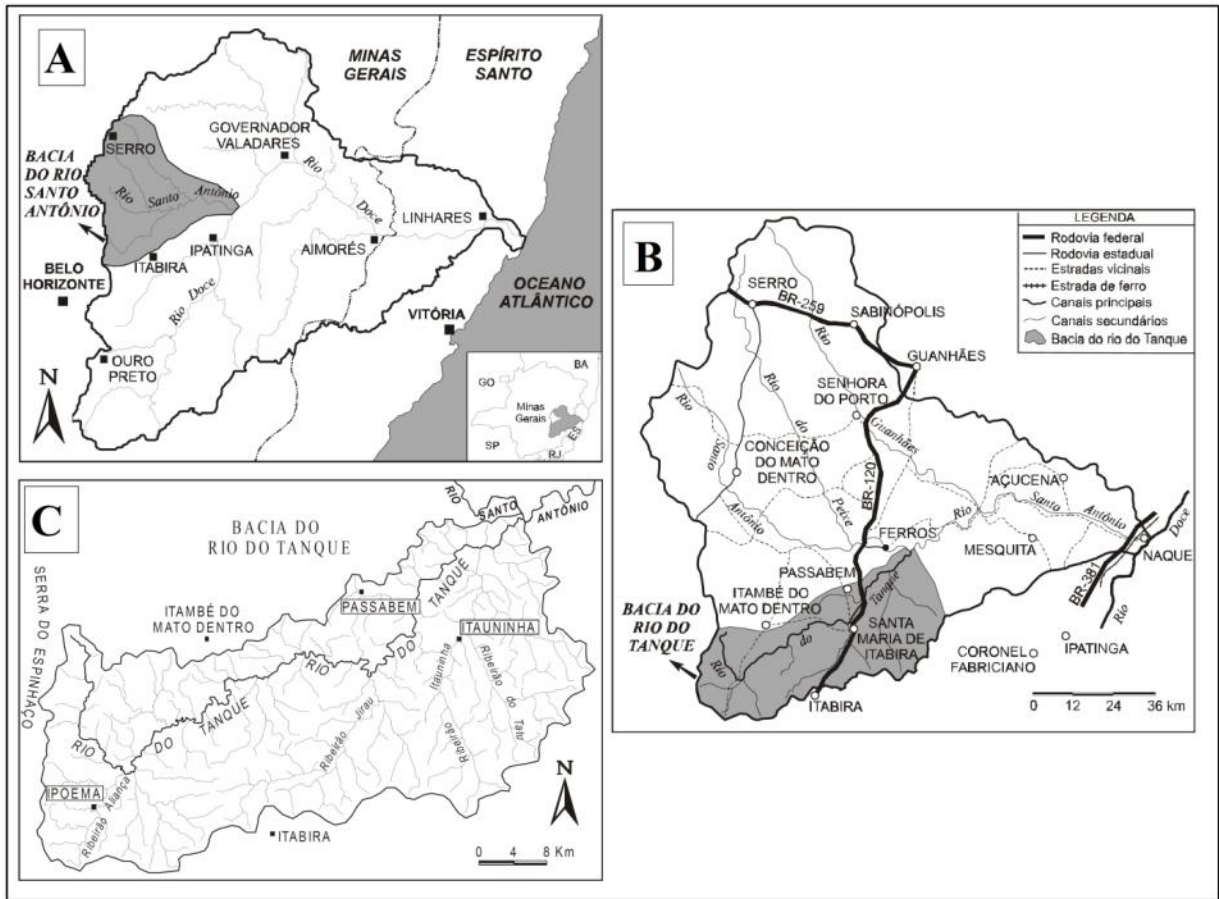


Figura 1.2 – Bacia do Rio do Tanque. (A) Localização da bacia do Rio Santo Antônio no contexto na bacia do Rio Doce. (B) Localização da bacia do Rio do Tanque no contexto da bacia do Rio Santo Antônio. (C) Rede de drenagem da bacia do Rio do Tanque, (Alves & Castro 2003)

A bacia apresenta grande riqueza de cursos d’água, grande escoamento superficial, devido a baixa permeabilidade das rochas, associada à intensa dissecação. Ocorre na região dois níveis de base, ou seja, áreas susceptíveis à deposição de sedimentos. Tais níveis associam-se, segundo Alves & Castro (2003), a blocos baixos e falhas normais e de empurrão orientados segundo NE-SW, que determinam os contatos entre corpos da Suíte Borrachudos e rochas arqueanas. Segundo os autores supracitados a densidade hidrográfica e densidade de drenagem da bacia do Rio do Tanque são mais expressivos nas porções onde ocorrem granitos, granitóides e gnaisses, os quais são os litotipos predominantes da bacia, ao passo que têm menor expressão nas áreas onde afloram metassedimentos.

Na bacia Rio do Tanque os padrões de drenagem são do tipo retangular e subdendrítico (Alves & Castro 2003). O padrão subdendrítico é predominante e ocorre segundo duas direções preferenciais, NW-SE, mais pronunciada, e NE-SW, de expressão local. O padrão retangular é controlado por lineamentos de direção NW-SE, onde ocorrem os ribeirões

do Tatu, Itauninha e afluentes da margem SE do ribeirão Jirau, os quais cortam transversalmente o Rio do Tanque.

O clima da região é o tropical de altitude, caracterizado por chuvas abundantes durante o verão e temperatura média de 25 °C. A vegetação da região apresenta-se descaracterizada pela predominância de áreas agrícolas, de pastagem e capoeira (vegetação secundária) sobre manchas remanescentes de Mata Atlântica.

O relevo é bastante acidentado, apresenta-se em forma de planaltos arredondado, com altitude máxima de 1190 metros, onde se destacam as serras da Cambraia e do Morro Escuro (**Figura 1.3**) a última de orientação NE-SW, e altitude máxima de 1.177 m.



Figura 1.3 – Vista da Serra do Morro Escuro (indicada pela linha amarela), feição geomorfológica marcante da área de estudo, a qual esta simbolizada em vermelho. Imagem retirada do *Google Earth*.

2. FORMAÇÕES FERRÍFERAS PRÉ-CAMBRIANAS

2.1. Definição e classificação

A definição de formação ferrífera, segundo James (1954), é uma rocha sedimentar química tipicamente bandada e/ou laminada, com quantidade de ferro igual ou superior a 15% e, comumente, mas não necessariamente contendo camadas de chert.

Formação ferrífera recebeu diferentes denominações em diversos continentes, por exemplo, é denominada de itabirito na região do Quadrilátero Ferrífero (QF) Brasil, BHQ (*banded hematite quartzite*) na Índia, taconito na região do Lago Superior, *ironstone* na África do Sul e jaspilito na Austrália. Diferentes alternativas de classificação de formações ferríferas foram elaborados, estando as de maior relevância descritas a seguir.

James (1954) divide as formações ferríferas da região do Lago Superior em quatro fácies, silicato, sulfeto, carbonato e óxido, que refletem as condições químicas do ambiente deposicional. Com base em diagramas de precipitação bivariantes (Eh e pH) com os campos de estabilidade dos minerais hematita, siderita e pirita, James (1954) definiu que por analogia esses campos representariam de forma simplificada os ambientes marinhos de plataforma, talude e zona abissal próximos a centros exalativos, respectivamente (**Figura 2.1**). Segundo esta divisão a fácies sulfeto forma-se em águas profundas, onde H₂S precipita pela ação bacteriana na forma de pirita, a fácies carbonato e óxido formam-se na zona intermediária entre a porção anóxica e oxigenada da bacia, onde o ferro precipita-se no estado ferroso como siderita e ankerita (fácies carbonato) ou no estado férrico-ferroso como magnetita (fácies óxido). Já a fácies silicato não ocupa posição fixa, porém sugere-se que a posição mais favorável para sua deposição seria a zona limítrofe entre os campos da oxidação e redução.

Uma classificação das formações ferríferas muito difundida é a de Gross (1983), que leva em consideração as características geológicas e geotectônicas das sequências que hospedam as formações ferríferas. O autor divide as formações ferríferas em três tipos: Algoma, Lago Superior e Rapitan. A **Figura 2.2** ilustra os ambientes tectônicos associados a cada desses tipos.

As formações ferríferas do tipo Algoma ocorrem associadas a sequências *greenstone belts*, e em alguns casos com depósitos tipo VMS - *volcanogenic massive sulfide* - (Bekker *et al.* 2010). Foram geralmente, mas não universalmente, depositadas em bacias profundas,

devido a falta de evidência da ação de onda ou tempestade, por processos exalativos hidrotermais próximos a centros vulcânicos, tal como arco vulcânico de ilhas, bacias de retro-arco, zona de rifte intracratônico, centros exalativos próximos a cadeia meso-oceânica na zona abissal, e também em zonas extensionais ao longo de fraturas (Bekker *et al.* 2010). Ocorrem associadas a folhelhos, grauvacas, sequências turbidíticas e vulcânicas, e são em geral de idade arqueana (**Figura 2.2**).

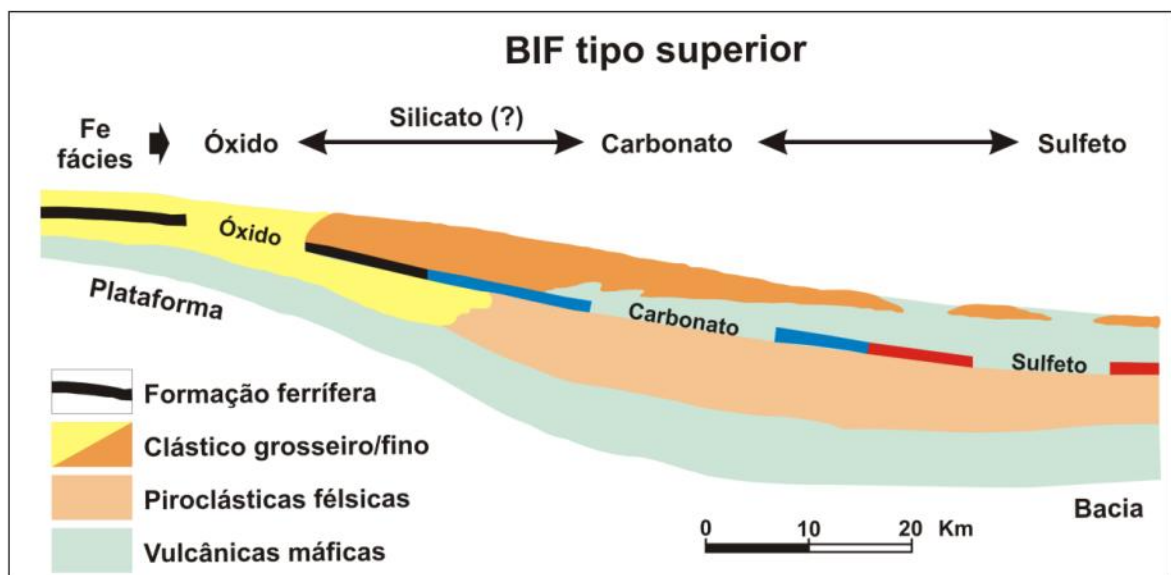


Figura 2.1 - Seção esquemática da variação de fácies em formações ferríferas, segundo James (1954). A composição do minério muda do litoral para o oceano, de óxidos ou silicatos de ferro, para carbonatos, e depois para sulfetos (Goodwin 1973).

As formações ferríferas tipo Lago Superior foram depositadas em margens cratônicas, nas plataformas continentais marinhas e em bacias rasas tipo rifte, em ambiente de plataforma continental passiva, no paleoproterozóico (**Figura 2.2**). Estão tipicamente associadas a sedimentos de boa maturidade e sedimentos químicos, como quartzo arenitos, dolomito, folhelho negro e argilito, eventualmente interdigitada a estratos tufáceos e rochas vulcânicas (Gross 1980).

Mineralogicamente, Algoma e Lago Superior são similares, porém divergem significativamente no modo de ocorrência. As do tipo Algoma são mais finas e menores em extensão lateral relativo ao tipo Lago Superior e raramente excede 10^7 Mt (Huston & Logan 2004), embora mais abundante em termos de número de depósitos. Em contraste, as formações ferríferas tipo Lago Superior são mais extensas lateralmente e são

consideravelmente maiores, com algumas principais contendo uma estimativa de 10^{14} Mt inicialmente com 15% wt Fe (James 1983, Isley 1995).

De acordo com Gole & Klein (1981), o tamanho e a extensão das formações ferríferas arqueanas tem sido comumente subestimados, pois são em geral descontínuas, deformadas e parcialmente expostas. A reconstituição da bacia destas formações ferríferas arqueanas é, portanto muito difícil, pois estas são parte de *greenstone belts* que foram metamorfisados em diferentes graus e desmembrados (Klein 2005).

As formações ferríferas tipo Rapitan são de idade neoproterozóica-paleozóica, depositadas em bacias tipo rifte, ou bacias formadas sobre blocos falhados ao longo das margens continentais (**Figura 2.2**). Ocorrem associadas com litologias glaciogênicas, tais como diamictitos, conglomerado, grauvaca, arenito, argilito e camadas de seixos pingados (Klein 2005).

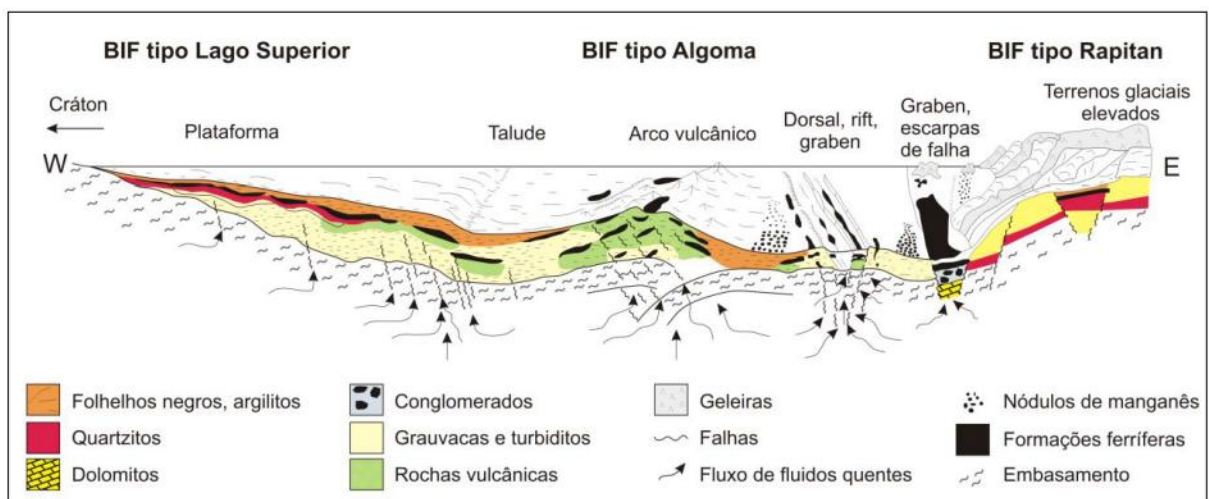


Figura 2.2 – Classificação das formações ferríferas segundo as características geológicas e geotectônicas do seu ambiente deposicional (Gross 1980).

De acordo com a textura e a composição, as formações ferríferas podem também ser divididas em dois grupos, BIF e GIF. Formações ferríferas bandadas (BIF) são dominantes nas sucessões arqueanas ao começo do paleoproterozóico, enquanto formação ferrífera granular (GIF) são muito mais comuns na sucessão paleoproterozóica (Bekker *et al.* 2010, Trendall 2002). As GIF's são ricas em detritos tamanho areia e apresentam em geral estratificação cruzada e marcas de onda, indicando deposição em ambiente raso e de alta energia.

2.2. Origem das formações ferríferas

A origem das formações ferríferas ainda é objeto de diversas pesquisas, principalmente com foco na caracterização do ambiente deposicional, devido à ausência de processos deposicionais modernos análogos. James (1954) e outros autores alegam que os continentes são a principal fonte de ferro. Atualmente diversos autores atribuem a fonte de ferro a fumarolas (e.g. Klein 2005, Bekker *et al.* 2010). As condições anóxicas para precipitação de formação ferrífera são esperadas pela grande quantidade de Fe^{2+} que teve que ser transportada em solução (Klein 2005), pois a solubilidade do ferro só é possível em condições altamente redutoras ou alcalinas.

Portanto, conforme enumerado por Planavsky *et al.* (2010) e Bekker *et al.* (2010), um amplo desenvolvimento de reservatório de ferro dissolvido na água dos oceanos foi possível principalmente devido aos seguintes fatores:

- (1) atmosfera redutora ou com baixo potencial oxidante;
- (2) baixa concentração marinha de sulfatos e sulfetos;
- (3) alto fluxo de ferro hidrotermal.

Estas condições persistiram, pelo menos episodicamente, até o final do paleoproterozóico, por volta de 1,8 Ga (Planavsky *et al.* 2010).

A química do enxofre do oceano está estreitamente ligada à evolução das bactérias redutoras de sulfatos e a fugacidade de oxigênio na atmosfera. Sob atmosfera anóxica o conteúdo de SO_4^{2-} no oceano é esperado como sendo muito menor que os valores atuais.

A fonte dos principais componentes das BIF's, tais como Si, Fe e Mn, parecem ter sido por contribuição hidrotermal submarina durante o arqueano e paleoproterozóico. A diminuição de Fe nos oceanos e, portanto a falta de formação ferrífera entre 1,8 a 0,8 ou 0,7 Ga, é atribuída a diminuição do hidrotermalismo (Klein, 2005).

Klein & Beukes (1989) ao estudar a sequência de Campbellrand, África do Sul, criaram o modelo de deposição de BIF's em oceano estratificado, onde a variação de fácies é condicionada a variação de suprimento de oxigênio e carbono. A intercalação carbonato-folhelho com formações ferríferas bandadas da sequência Campbellrand cobrem as formações ferríferas Kuruman, Supergrupo Transvaal, as quais têm aproximadamente 2,3 Ga. Os autores concluíram que calcário-dolomito-folhelho foram originados em coluna de água distinta daquela na qual as formações ferríferas precipitaram. Eles propuseram um modelo com uma coluna de água estratificada na qual águas superficiais (durante o estágio regressivo

na deposição da bacia) foram local de grande produtividade de matéria orgânica e precipitação de calcários com microalgas. As águas profundas (durante o estágio transgressivo da bacia, com cráton Kaapvaal mais profundamente submerso) foram consideradas como local para deposição das formações ferríferas. Estas águas profundas são carentes em carbono orgânico e enriquecidas em FeO dissolvido, de uma fonte hidrotermal profunda. O modelo é ilustrado na **Figura 2.3**. Em resumo a idéia do oceano estratificado baseia-se no fato de que o Fe^{2+} presente em águas anóxicas profundas seria levado a um ambiente de águas mais rasas e oxigenadas, e neste ambiente o Fe^{2+} é oxidado e precipitado como óxidos e carbonatos.

Uma questão ligada a estratificação dos oceanos são os mecanismos que levaram a oxidação do Fe^{2+} e sua precipitação, visto que a deposição de formações ferríferas atravessou as maiores mudanças na composição da superfície da Terra, é provável que as BIF's foram formadas por diferentes mecanismos durante o pré-cambriano. Conforme enumerado por Bekker *et al.* (2010) são considerados três processos de oxidação do Fe^{2+} (**Figura 2.4**): oxidação devido a O_2 proveniente de cianobactérias; oxidação anóxica e oxidação fotoquímica.

Cloud (1965, 1973) sugere que a deposição do ferro ocorreu na interface entre águas rasas oxigenadas e de águas reduzidas ricas em Fe provenientes das fumarolas, sendo estas águas oxigenadas rasas oriundas da presença de comunidades prolíficas de fotossintetizantes oxidantes (**Figura 2.4A**). No entanto, no Arqueano e início do paleoproterozóico até mesmo as águas rasas teriam sido redutoras com relação ao ferro. Neste caso, o modelo proposto é que bactérias quimioautotróficas oxidaram ferro por ação metabólica direta, sem necessidade da presença de oxigênio (Planavsky *et al.* 2008), (**Figura 2.4B**). Outros autores (*e.g.* Braterman *et al.* 1983) propõem que o Fe pode ter sido foto-oxidado pelo alto fluxo de fótons ultravioleta que teriam chegado à superfície da Terra antes do desenvolvimento de oxigênio na atmosfera (**Figura 2.4C**).

Foustoukos & Bekker (2008) argumentam que formações ferríferas tipo Algoma depositadas em associação com depósitos tipo VMS formaram-se por oxidação durante a fase de separação em vapor e salmoura, com hidrogênio e HCl removidos em fase de vapor, deixando as condições oxidantes e alcalinas na salmoura (**Figura 2.4C**).

Segundo Klein (2005), as BIF's anteriores a 2,3 Ga resultam de precipitação em oceanos profundos (anóxicos), enquanto que formações ferríferas granulares, de 2,2 a 1,8 Ga,

foram resultado do transporte de Fe^{2+} dissolvido (em condições anóxicas), para ambientes de águas superficiais de alta energia (como refletido pela textura granular e oolítica).

Bekker *et al.* (2010) sugerem que o vulcanismo submarino foi diretamente responsável pela geração de amplos oceanos e bacias anóxicas por significativo fluxo de redutores, tais como H_2 , H_2S , Fe^{2+} and Mn^{2+} .

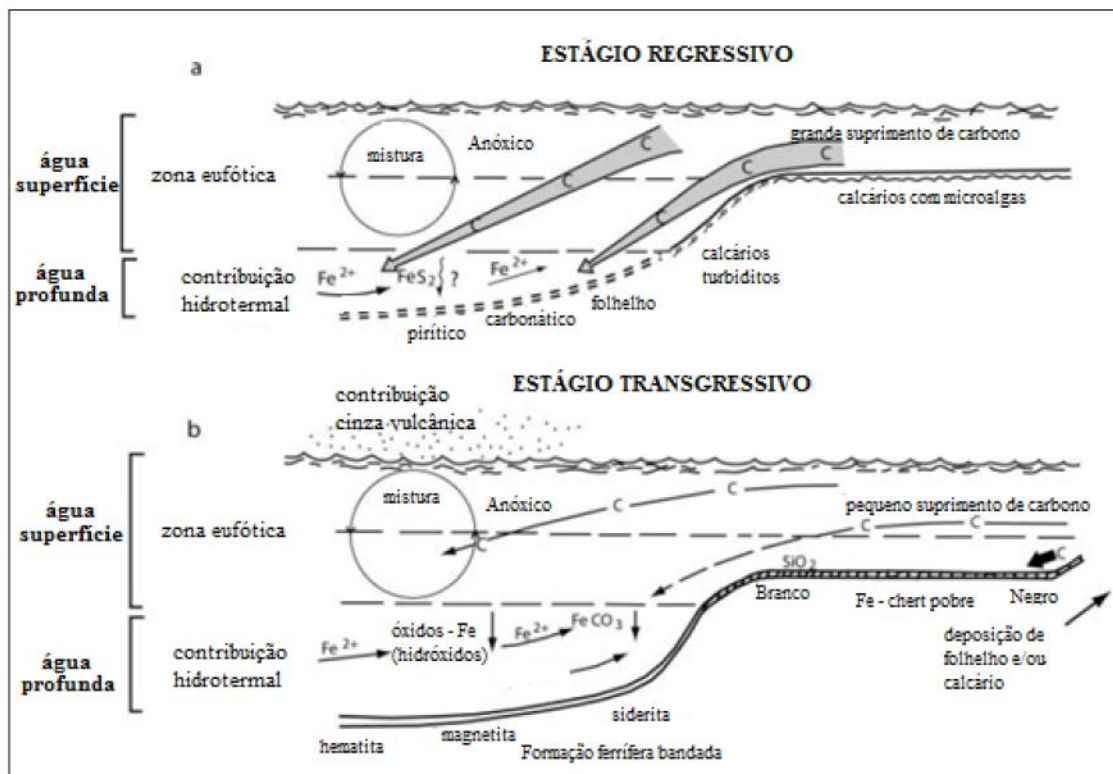


Figura 2.3 – Modelo de deposição de BIF's em oceano estratificado segundo Klein & Beukes (1989). Em (a), estágio regressivo e (b) estágio transgressivo.

2.3. Distribuição temporal

As formações ferríferas ocorrem em várias eras geológicas, desde 3,8 Ga (Isua, Groelândia) ao Devoniano (Altai, Rússia). O volume total de formações ferríferas atinge um máximo em torno de 2,5 Ga, e estas desaparecem do registro geológico por volta de 1,8 Ga, e somente retornam a aparecer entre 0,8 e 0,6 Ga (Klein, 2005). Segundo James (1983), 90% das formações ferríferas pré-cambrianas estão restritas a um período anterior a 1,8 Ga, sendo que a maior parte dos depósitos de ferro formou-se em duas etapas distintas, em 2,8 Ga e entre 2,0 e 2,2 Ga. Gole & Klein (1981) acreditam que a formação de formações ferríferas foi

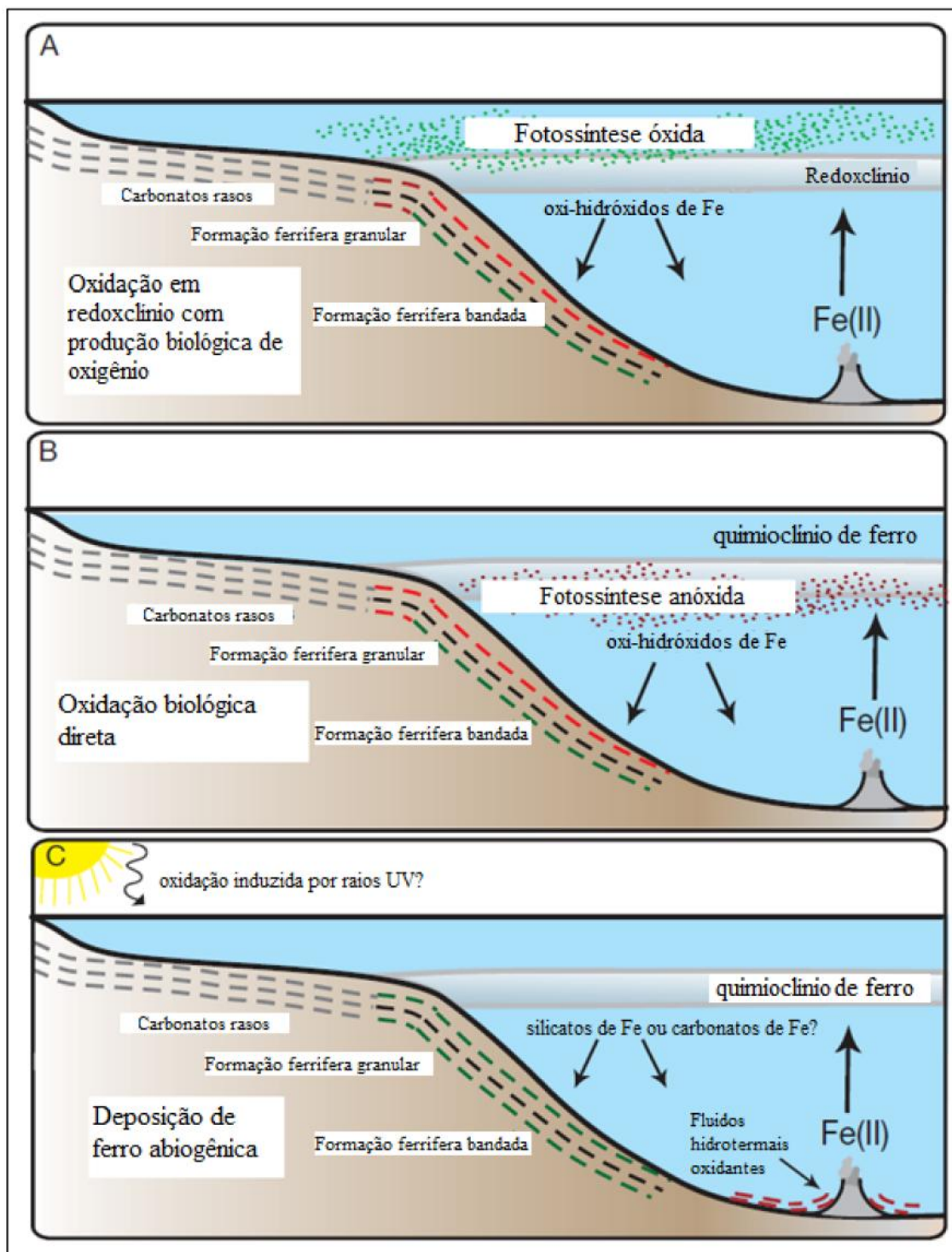


Figura 2.4 – Modelo simplificado dos tipos de oxidação sofridas pelo Fe^{2+} para formação das BIF's. (A) Oxigênio em ambientes de águas rasas, acima do redoxclínio, produto de atividade fotossintetizante. (B) Oxidação do ferro diretamente pela ação de bactérias, denominado de oxidação anóxica. (C) Oxidação fotoquímica, e presença de fluidos hidrotermais oxidantes próximos as fumarolas (Bekker *et al.* 2010).

contínua e crescente, no intervalo de 3,7 a 1,8 Ga, conforme ilustra o diagrama da **Figura 2.5**. A distribuição das BIF's no mundo está ilustrada na **Figura 2.6**.

De acordo com Beeker *et al.* (2010) processos tectônicos e presença de megaplumas mantélicas impuseram um grande controle sobre a deposição e preservação de formações ferríferas. Esses autores sugerem que a deposição de grandes depósitos de formações ferríferas correspondem aproximadamente em tempo com os maiores eventos de megaplumas mantélicas, eventos estes associados a quebra de megacontinentes. A falta de registro de formação ferrífera no Mesoproterozóico e no início do Paleoproterozóico (ca. 2,45–2,22 Ga), são estritamente coincidentes com pausas inferidas da atividade tectônica global (Silver & Benn 2008, Condie *et al.* 2009).

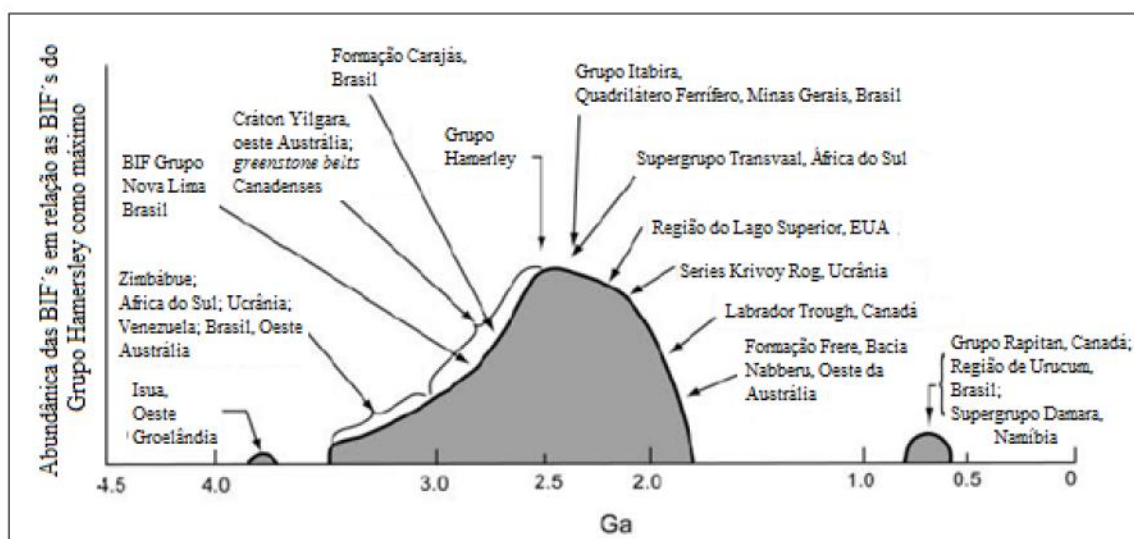
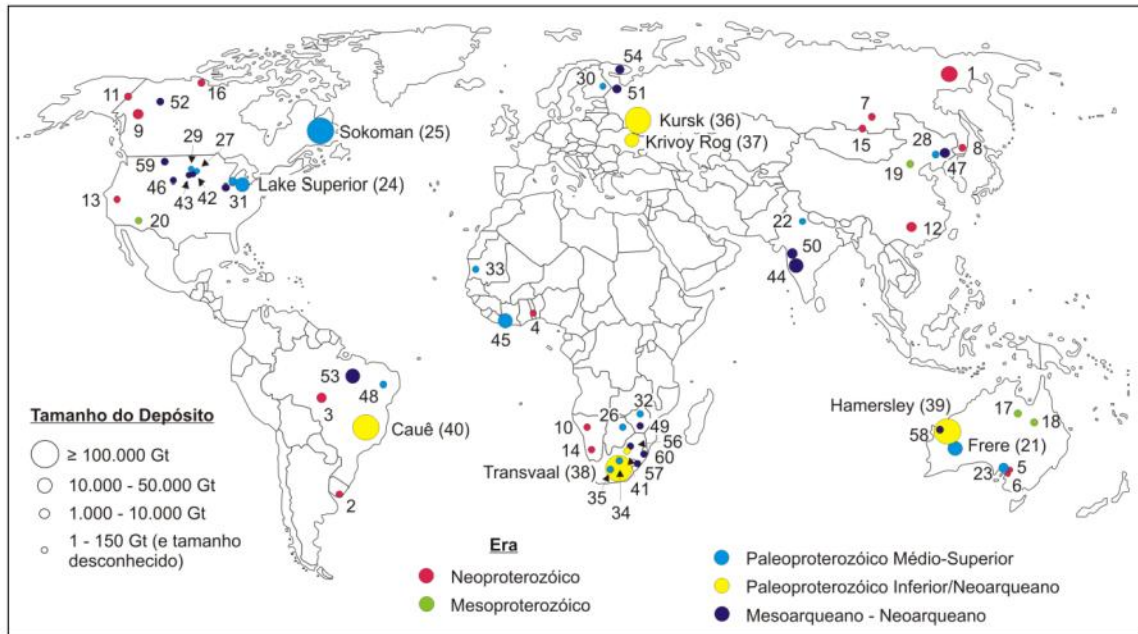


Figura 2.5 - Diagrama esquemático mostrando o volume relativo das principais formações ferríferas do mundo em relação ao tempo (Klein 2005).

Formações ferríferas do tipo Algoma são mais comuns em geral, durante o início da história da terra (>2,5 Ga), provavelmente refletindo alto fluxo calor no manto e tamanho limitado dos mares epicontinentais. Com o tempo, pequenos depósitos de formações ferríferas tipo Lago Superior apareceram no registro começando em ca. 3,3 Ga, mas não chegaram a ter significativa espessura e extensão até 2,6 Ga. Após o aumento do oxigênio atmosférico durante o GOE (*Great Oxidation Event*) em 2,4 Ga, GIF tornou-se abundante no registro das rochas, comparado com a predominância BIF antes do GOE. Formações Ferríferas desapareceram em 1,85 Ga, reaparecendo no final do Neoproterozóico, novamente relacionado a período de

intensa atividade magmática e também, neste caso, ao evento de glaciação global denominado *Snowball earth* (Bekker *et al.* 2010).



Os depósitos de ferro são distinguidos com base no tamanho e idade: 1) Formação Maly Khingan; 2) Formação Yerbel; 3) Grupo Jacadigo; 4) Grupo Bisokpabe; 5) Ironstone Holowilena; 6) Formação ferrífera Braemar; 7) Formação Yamata; 8) Formação Lake Khanka; 9) Formação Rapitan; 10) Formação Chuos; 11) Grupo Upper Tindir; 12) Formação Fulu; 13) Formação Kingston Peak; 14) Formação Numees; 15) Formação Mugur; 16) Formação Aok; 17) Formações Corcoran e McMinn; 18) Formação Mullera; 19) Formação ferrífera Chuan-linggou; 20) Formação Ferrífera Pike's Peak; 21) Formação Frere; 22) Grupo Alwar; 23) Grupo Hutchison; 24) Região Lago Superior (incluindo cinco grandes formações ferríferas); 25) Formação Ferrífera Sokoman; 26) Formação Shoshong; 27) Formação Rochford; 28) Grupo Liaohe; 29) Formação Estes; 30) Formação Ferrífera Pääkkö; 31) Formação Glen Township; 32) Grupo Lomagundi; 33) Grupo Ijil; 34) Formação Ferrífera Hotazel; 35) Formação Timeball Hill; 36) Supergrupo Kursk; 37) Supergrupo Krivoy Rog; 38) Província Transvaal; 39) Província Hamersley (incluindo seis grandes formações ferríferas); 40) Formação Cauê; 41) Formação Ferrífera Penge; 42) Formação Ferrífera Benchmark; 43) Formação Ferrífera Nemo; 44) Formação Mulaingiri; 45) Itabirito Nimba; 46) Formação Ferrífera Atlantic City; 47) Anshan; 48) Caldeirão Belt; 49) Formação Ferrífera Manjeri; 50) Grupo Bababudan; 51) Terreno Gimola; 52) Grupo Central Slave Cover; 53) Formação Carajás; 54) Formação Olenegorsk; 55) Grupo Steep Rock; 56) Grupo West Rand; 57) Supergrupo Pongola; 58) Formação Cleaverville; 59) Suíte Metamórfica Indian Creek; 60) Grupo Moodies.

Figura 2.6 - Maiores depósitos de formações ferríferas do mundo, incluindo BIF, GIF e tipo *Rapitan*. Modificado de Bekker *et al.* (2010).

2.4. Características geoquímicas

Segundo Klein (2005) formações ferríferas formadas entre 3,8 a 1,8 Ga possuem química similar, onde se destaca o conteúdo de Fe_{total} entre 20% a 40 wt%, SiO_2 entre 34 e 56%, CaO entre 1,75 e 9,0%, MgO entre 1,20 a 6,70%, e Al_2O_3 entre 0,09 e 1,8. O conteúdo de CaO , MgO , e MnO refletem a presença comum de carbonatos em BIF (*e.g.* siderita, ankerita, menor calcita) e Al_2O_3 , Na_2O e K_2O são hospedados principalmente em silicatos (*e.g.* riebeckita, greenalite e stilpnomelana), sendo elevados teores de Al_2O_3 atribuídos à

contribuição detrítica na bacia (Klein 2005). Os elementos Na^+ , K^+ e Al^{3+} são considerados como produtos sedimentares de um gel amorfo cuja composição era aproximadamente igual a da stipnomelana (Klein 2005).

O comportamento de alguns elementos traços é muito variável durante a diagênese e depende de específicas condições de pH e Eh durante o soterramento (Tribovillard *et al.* 2006). Metais sensitivos a essas mudanças de oxidação do ambiente (*redox sensitive elements*), tais como U, V e Mo, são insolúveis e preferencialmente concentrados em sedimentos sob condições anóxicas ou por processos de re-oxidação (Tribovillard *et al.* 2006). A concentração e a proporção de elementos traços sensitivos ao estado redox, é importante ferramenta para investigação das condições redox do ambiente de sedimentação (Tribovillard *et al.* 2006).

Os elementos terras raras (ETR) são úteis como rastreadores geoquímicos visto sua pouca mobilidade durante processos deformacionais (*e.g.* Taylor & McLennan 1985, Elderfield & Sholkovitz 1987, McLennan & Taylor 1991), exceto quando a razão fluido rocha é muito alta (*e.g.*, Elderfield & Sholkovitz 1987, Michard 1989).

Os valores de ETR são usualmente normalizados a um padrão de referência com o objetivo de eliminar a variação de abundância que existe entre os elementos de número atômico par e ímpar (efeito Oddo-Harkins), e permitir a identificação do fracionamento dos ETR em relação ao padrão utilizado. Comumente são utilizados como padrões na análise de BIF's os condritos e folhelhos. Condritos são considerados rochas relativamente não fracionadas do sistema solar datando de sua nucleosíntese original. Padrões de composição dos condritos normalmente usados são os de Evensen *et al.* (1978) e Taylor & McLennan (1985). O padrão dos folhelhos representa a média dos valores de ETR nos sedimentos, visto que tem sido observado que a concentração de muitos elementos em rochas sedimentares pelíticas de plataforma continental ao redor do mundo é similar, como consequência de misturas por ciclos repetidos de erosão. Padrões de composição dos folhelhos comumente utilizados são o NASC (*North American Shale Composite*) de Gromet *et al.* (1984) e PAAS (*Post-Archean Australian Shale*) de McLennan *et al.* (1989).

Segundo Kato *et al.* (1998), o intemperismo também não afeta significativamente o conteúdo de ETR. Já de acordo com Nesbitt (1979) o intemperismo modifica o padrão de ETR, mas não altera a anomalia de Eu. De acordo com vários autores (*e.g.* Grauch 1989, Bau 1993) o efeito da diagênese e do metamorfismo na mobilidade de ETR e Y é função da razão

fluido/rocha, onde a depleção de ETRL e anomalia negativa de Eu são esperados em rochas que hospedam significativa quantidade de fluidos metassomáticos durante o metamorfismo.

Segundo Klein (2005) há um decréscimo bastante consistente na concentração de todos os ETR tanto quanto no tamanho da anomalia positiva de Eu quanto menor a idade da BIF. Este decréscimo sugere uma redução da contribuição hidrotermal em bacias de oceano profundo do início do arqueano ao início do paleoproterozóico. Bau e Möller (1993) concluíram que esta diminuição na anomalia de Eu é resultado da redução da temperatura do manto superior e conseqüentemente das soluções hidrotermais.

Com relação a distância da centro exalador de fluidos hidrotermais, sedimentos hidrotermais soterrados rapidamente foram em geral menos expostos a água do mar e à relativa absorção de ETR da água do mar, o que resulta em uma alta anomalia positiva de Eu, e reflete uma assinatura hidrotermal original (Michard & Albarède 1986). Em contraste, os sedimentos hidrotermais depositados fora do centro exalador de fluidos apresentam atenuação da anomalia positiva de Eu e acentuada concentração de ETR derivados de partículas hidrotermais suspensas na água do mar que ao longo do tempo se acomodam/assentam neste sedimento, até este ser coberto pelo sedimento subsequente.

Kato *et al.* (1998) resumizou que sedimentos hidrotermais metalíferos modernos são caracterizados por:

- (1) uma diminuição nos valores da anomalia de Eu;
- (2) um aumento no total da concentração de ETR;
- (3) um aumento na proporção ETRL/ETRP topo da seção.

É muito difícil demonstrar precisamente onde os ETR são incorporados em rochas sedimentares de granulometria fina, no entanto é possível que ETR absorvidos de partículas suspensas são em geral distribuídos na superfície dos minerais de ferro e quartzo, e não alojadas na rede cristalina do mineral (Kato *et al.*, 1998), como também acontece com rochas ígneas (Suzuki *et al.*, 1990).

Formações ferríferas arqueanas e paleoproterozóicas são caracterizadas por consistente depleção de ETRL (Planavsky *et al.* 2008), quando normalizado ao PAAS. Esta característica contrasta notavelmente com formações ferríferas do final do paleoproterozóico que mostram significativa gama de valores da razão de ETRL para ETRP (Pr/Yb_(SN)), ambos tanto abaixo como acima do valor da composição dos folhelhos do padrão PAAS (Bekker *et al.* 2010).

Bacias óxidas modernas e bacias anóxicas exibem padrão semelhante nos diagramas de ETR+Y normalizados ao PAAS (German *et al.* 1991, Bolhar *et al.* 2004), caracterizado por

anomalia positiva de La, negativa de Ce (fraca ou até positiva em águas anóxicas), positiva de Gd, positiva de Y, e depleção dos ETRL em relação aos ETRP ($La_{(SN)}/Yb_{(SN)} < 1$; $Gd_{(SN)}/Yb_{(SN)} < 1$)

A maioria dos estudos de ETR em formações ferríferas tem sido focado na anomalia de Eu como traçador da contribuição hidrotermal e anomalia de Ce como traçador das condições redox do oceano. Os elementos Eu e Ce, ao contrário dos outros ETR, apresentam dois estados possíveis de valência em sistemas naturais, Eu^{2+} e Eu^{3+} , Ce^{3+} e Ce^{4+} .

A anomalia de európio aparece quando Eu^{3+} é parcialmente reduzido para Eu^{2+} . Esta mudança no estado da valência determina o comportamento do Eu, pois Eu^{2+} difere em tamanho complexo de formação, absorção por superfície mineral e à incorporação em cristais para com os outros ETR (Danielson *et al.* 1992). O Eu^{3+} é reduzido para Eu^{2+} sob condições de alta temperatura ($>250^{\circ}C$) e baixa condições de Eh (Klinkhammer *et al.* 1983). Para alguns autores a presença de expressiva anomalia positiva de Eu indica que o ferro presente no protólito é derivado hidrotermal (*e.g.*, Slack *et al.* 2007).

Segundo Danielson *et al.* (1992), a dependência da temperatura no potencial redutor do Eu mostra que o desaparecimento da anomalia positiva nas BIF's pode ter sido causada por uma evolução termal da crosta oceânica, fazendo uma mudança mundial na natureza dos centros exaladores de fluidos hidrotermais. Em princípio, com a mudança no mecanismo de produção da crosta oceânica, as condições de mobilização do íon tornou-se mais favorável para o Eu^{3+} e o padrão de ETR das BIF's perdeu a anomalia positiva desse elemento ao longo do Proterozóico (Danielson *et al.* 1992). O desaparecimento da anomalia de Eu é portanto relacionada às condições de redox do oceano profundo ou à alteração do ambiente do qual os íons foram derivados (Danielson *et al.* 1992).

A anomalia de Eu normalizada ao PAAS é calculada por Planavsky *et al.* (2010) como $Eu_{(SN)}/(0,66Sm_{(SN)}+0,33Tb_{(SN)})$, porque a água do mar pode ter leve anomalia positiva de Gd. Anomalia de $Eu_{(SN)}$ varia de 1,01 a 4,29 e tem média de 2,1 para formações ferríferas Arqueanas e do final do paleoproterozóico. Os exemplos do final do paleoproterozóico contêm baixas anomalias de $Eu_{(SN)}$, variando entre 1,15 a 2,46 com média em 1,5 (Planavsky *et al.*, 2010).

Com relação ao Ce, porções marinhas oxigenadas mostram uma forte anomalia negativa de Ce, quando os dados de ETR são normalizadas ao padrão do folhelho ($Ce_{(SN)}$), enquanto águas subóxicas e anóxicas não possuem grande anomalia negativa de $Ce_{(SN)}$ (German & Elderfield 1990, Byrne & Sholkovitz 1996). A oxidação do Ce^{3+} reduz muito a

solubilidade do Ce, resultando em remoção preferencial em oxihidróxidos de Mn-Fe, matéria orgânica e partículas de argila absorvidas na superfície (Byrne & Sholkovitz 1996). Em geral, formações ferríferas arqueanas não mostram anomalia significativa de Ce normalizados aos folhelhos, e somente formações ferríferas mais novas que 1,9 Ga mostram proeminente anomalia positiva de Ce (Planavky *et al.* 2010). A verdadeira anomalia de Ce possui valores $Ce/Ce_{(SN)}^* = (Ce_{(SN)} / (0,5Pr_{(SN)} + 0,5La_{(SN)}))$ e $Pr/Pr_{(SN)}^* = (Pr_{(SN)} / (0,5Ce_{(SN)} + 0,5Nd_{(SN)}))$ menores que, e maiores que unidade, respectivamente.

Outro elemento importante na análise de ambiente de formação das BIF's é o Ítrio. O elemento Y é geoquimicamente semelhante aos ETRP e Ho, mas apresenta diferentes propriedades no sistema marinho, já que o Ho é absorvido duas vezes mais rápido que o Y (Nozaki *et al.* 1997). O Ítrio apresenta comportamento inverso dos ETRL e Ce em bacias redox estratificadas. Por ser menos reativo que seu análogo geoquímico Ho, a razão Y/Ho em ambiente marinho é maior que composição dos folhelhos (Bau *et al.* 1997, Nozaki *et al.* 1997).

Como a diferença de reatividade entre Y e Ho se manifesta bem em óxidos de metais, há uma diminuição na razão de Y/Ho dissolvida na água do mar em águas subóxicas a anóxicas devido ao aumento de Ho em relação ao Y como partículas ricas em Fe-Mn dissolvidas (Bau *et al.*, 1997). Rochas da crosta superior e sedimentos clásticos possuem valores de Y/Ho de ~28 enquanto que a água do mar possui valores significativamente maiores, entre 44-74 (Bau *et al.*, 1996).

Com base na variação do padrão dos ETR+Y, Planavky *et al.* (2010) discutem o modelo de oceano estratificado. Segundo os autores, similarmente às bacias redox estratificadas modernas (**Figura 2.7A**), o padrão dos ETR+Y nas formações ferríferas do final do paleoproterozóico registram evidência para um transporte de óxidos de metais e Ce para águas rasas oxigenadas através da *redoxclínio* (interfase que separa o ambiente óxico do anóxico). A dissolução de óxidos, principalmente óxidos de Mn, em colunas de águas anóxicas diminuem a razão Y/Ho, aumentando a razão dos ETRL para ETRP, e aumentando a concentração de Ce (**Figura 2.7B**). Formações ferríferas do arqueano não exibem padrão ETR+Y indicativo deste transporte dos óxidos, o que implica a falta de significativo Mn atravessando a *redoxclínio* antes do surgimento de atmosfera rica em oxigênio no início do paleoproterozóico (**Figura 2.7C**). A existência de oceano com estruturação redox, associado à evidência de uma fase inicial de oxido-hidróxidos de Fe na maioria das formações ferríferas (Klein 2005, Pecoits *et al.* 2009), sugere que oxidação de Fe anóxica, principalmente devido a

ação de bactérias quimioautotróficas, foi um processo comum no arqueano e no início do paleoproterozóico, antes do desenvolvimento de atmosfera de oxigênio. Já as formações ferríferas do final do paleoproterozóico se depositaram sob condições variadas de redox, em bacias com *redoxclínio* definido, separando a porção óxica superior da coluna de água da porção subóxica a anóxica inferior (Planavsky *et al.* 2009).

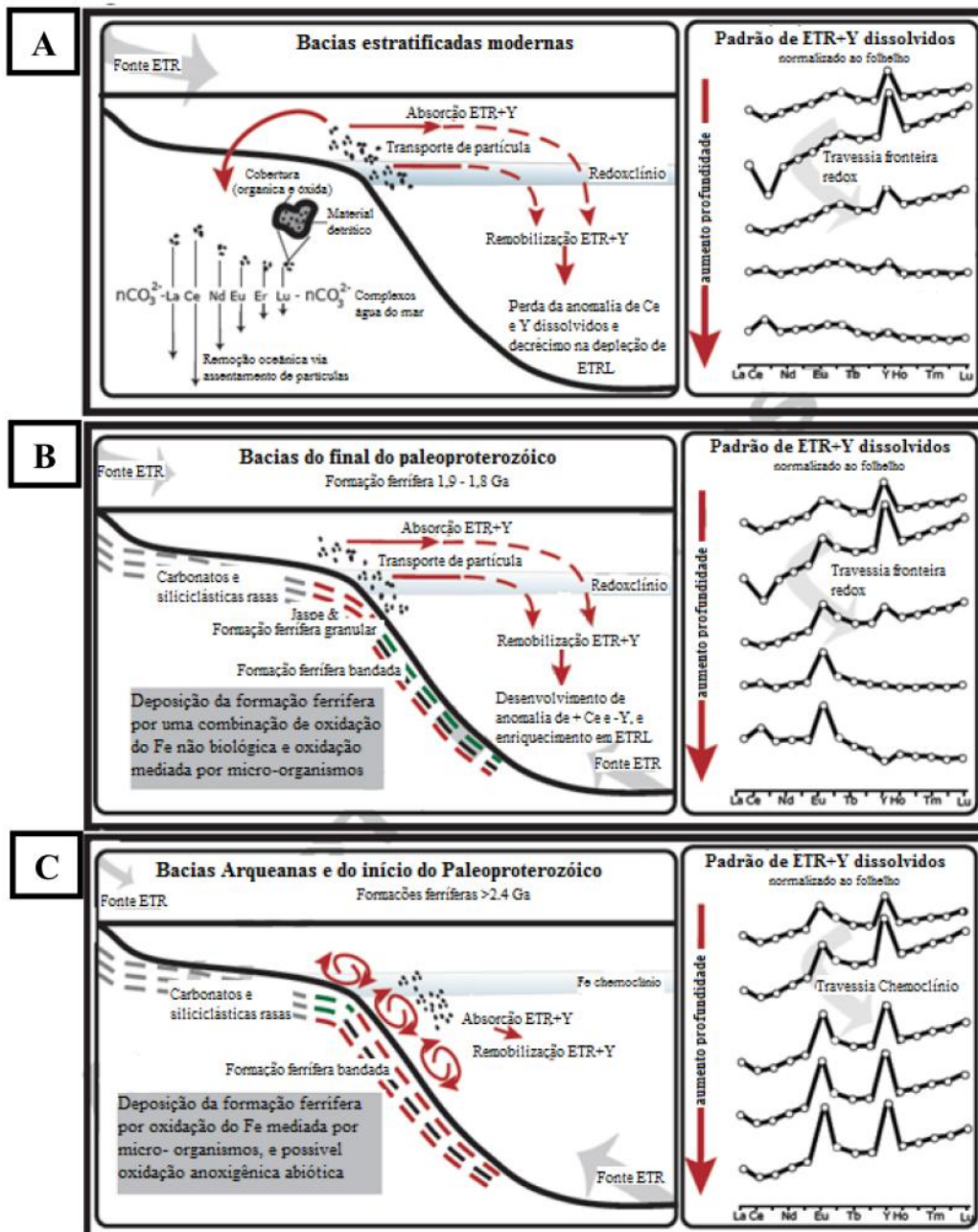


Figura 2.7 - Modelo para a evolução da estrutura estratificada do oceano com base em 18 análises de formações ferríferas com idades entre 3,0 a 1,8 Ga (Planavsky *et al.* 2010).

3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL E ARCABOUÇO GEOTECTÔNICO

3.1. Introdução

A Serra do Morro Escuro localiza-se na porção oeste da faixa orogênica Araçuaí, próximo a borda leste do Cráton São Francisco. Segundo mapeamentos regionais (e.g. Grossi-Sad *et al.* 1997, Pedrosa-Soares *et al.* 1994), a região em foco está inserida em unidades arqueanas, representantes do embasamento do Cráton do São Francisco, retrabalhados pela orogênese Araçuaí (Noce *et al.* 2007), conforme ilustrado na **Figura 3.** Esta crosta arqueana é composta por rochas granito-gnáissicas do tipo TTG, tonalito-trondjhemito-granodiorito, e sequências metavulcanos-sedimentares. Sobre esta crosta arqueana foram depositadas sequências portadoras de formação ferrífera, tais como a sequência clástica e química do Supergrupo Minas (Dorr, 1969) no período entre 2580 Ma a 2050 Ma (Renger *et al.* 1994) e o Grupo Serra da Serpentina (Rolim & Rosière 2011). Com a abertura do rifte Espinhaço, no final do Paleoproterozóico, ocorreram empurrões e intrusões que resultaram na geração das rochas graníticas anorogênicas da Suíte Borrachudos nas bordas da bacia em formação (Dussin & Dussin 1995). Durante a evolução deste rifte foi depositado o pacote sedimentar pertencente ao Supergrupo Espinhaço.

O Grupo Serra da Serpentina constitui a sequência com BIF's de maior expressão regional na parte oriental da Serra do Espinhaço. É uma sequência distal de margem passiva composta, além das formações ferríferas, por metapelitos, quartzitos, metaconglomerados e subordinadamente carbonatos (Rolim & Rosière 2011), depositados sobre as rochas arqueanas do Complexo Guanhões. O Grupo foi tentativamente correlacionado com o Supergrupo Minas (2580-2050 Ma - Renger *et al.* 1994) e com a porção basal do Supergrupo Espinhaço (1800-1680 Ma - Chemale Jr. *et al.* 2011). Segundo Rolim & Rosière (2011) e Rolim (em preparação), o Grupo Serra da Serpentina consiste da base para o topo: Formação Meloso (filito, xisto, quartzito); Formação Serra do Sapo (itabirito com intercalações de filito, quartzito e xisto) e Formação Itapanhoacanga (quartzito, conglomerado, itabirito).

3.2. Estratigrafia

As unidades litoestratigráficas presentes na região abordada, segundo mapeamentos regionais (e.g. Grossi-Sad *et al.* 1997, Pedrosa-Soares *et al.* 1994), estão representadas na **Figura 3.** e descritas a seguir, da base para o topo.

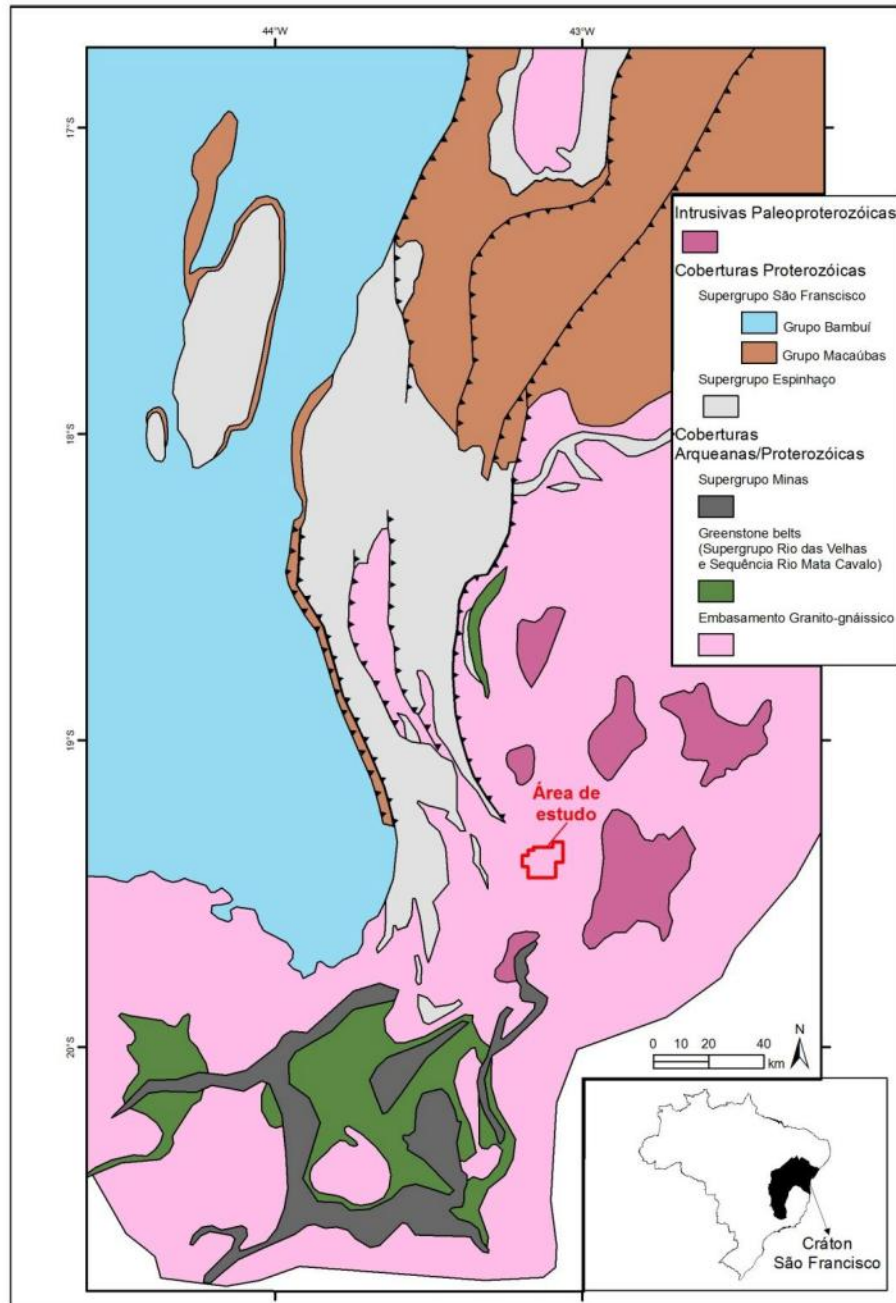


Figura 3.1 - Mapa esquemático da borda leste do Cráton do São Francisco incluindo as regiões da Serra do Espinhaço Meridional e Quadrilátero Ferrífero. Modificado de Schobbenhaus *et al.* (1984) e Dussin *et al.* (2000).

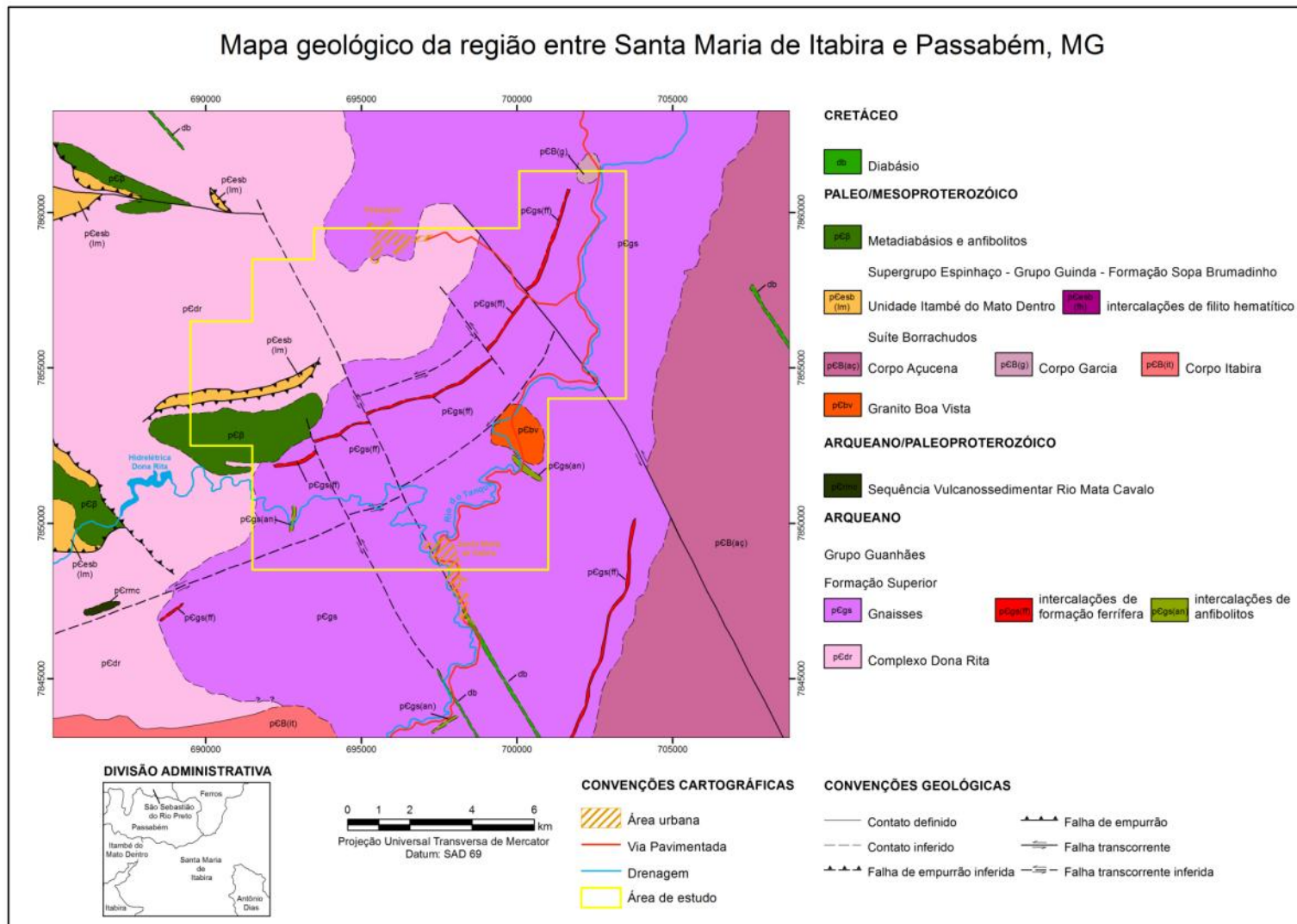


Figura 3.2 - Mapa geológico da região entre Santa Maria de Itabira e Passabém (adaptado de Grossi-Sad *et al.* 1997).

3.2.1. Complexo Dona Rita

Complexo Dona Rita foi o nome atribuído por Grossi-Sad *et al.* (1997) às rochas do embasamento que circundam a Serra do Espinhaço na Folha Conceição do Mato Dentro, posicionando-se a oeste da faixa de rochas do Complexo Guanhães. Guimarães (1992) atribuiu idade arqueana para estas rochas devido às relações estruturais e metamórficas com as rochas do Supergrupo Minas, na Folha Itabira. Segundo Grossi-Sad *et al.* (1997), o Complexo Dona Rita é composto por gnaisses e migmatitos de composição granítica e granodiorítica com termos tonalíticos subordinados, e localmente, intercalações de pequenos corpos de anfíbolitos. Os migmatitos possuem estrutura estromática, dictionítica e dobrada. O leucossoma é em geral mais grosso que o mesossoma. Os minerais essenciais são microclina, quartzo e plagioclásio, com muscovita, biotita e clorita subordinadas. Os minerais acessórios são apatita, rutilo, zircão e allanita, esta última apresenta-se comumente alterada para epidoto e clinzoisita. Os filossilicatos apresentam-se orientados segundo a direção do contato entre o mesossoma e o melanossoma.

Os gnaisses e migmatitos apresentam porfiroclastos de feldspato que comumente encontram-se estirados na foliação.

Corpos anfíbolíticos são raros, lenticulares, intercalados nos gnaisses e migmatitos, de pequeno porte, com no máximo 1 m de largura. Constituem-se principalmente por hornblenda, plagioclásio e biotita subordinada.

Esta unidade possui grau metamórfico fácies anfíbolito e em parte retrometamorfisada para fácies xisto-verde (Grossi-Sad *et al.* 1997).

3.2.2. Complexo Guanhães

Também denominado de Grupo Guanhães (Grossi-Sad *et al.* 1989), o Complexo Guanhães ocorre com ampla distribuição geográfica na região centro-leste do Estado de Minas Gerais. Trata-se de uma sequência composta por gnaisses e migmatitos TTG, corpos graníticos, rochas metavulcanossedimentares e sequências metassedimentares portadoras de formações ferríferas (Noce *et al.* 2007), de idade provável arqueana, e alto grau metamórfico, entre xisto verde alto a anfíbolito. Devido ao grau metamórfico, as formações ferríferas do Complexo Guanhães são denominadas também como itabirito. As rochas

metavulcanossedimentares ocorrem como faixas estreitas e descontínuas intercaladas entre rochas gnáissicas (Dussin *et al.*, 2000).

Grossi-Sad *et al.* (1989) dividiram o Complexo Guanhões em três formações, descritas a seguir. Segundo Grossi-Sad *et al.* (1997), na área de estudo, ocorre apenas a formação superior, conforme ilustrado na **Figura 3.**

3.2.2.1. Formação Inferior

É caracterizada por rochas xistosas, que podem conter lentes de formação ferrífera, formação manganésifera e quartzito. Os dois litotipos característicos desta unidade são:

- Xistos pelíticos - Ocorrem na base da formação. Possuem composição variada. A associação paragenética destes xistos é composta por quartzo, biotita, clorita, muscovita, sericita, grafita, granada, cianita e plagioclásio como minerais essenciais, e magnetita e pirita como acessórios. É comum nesta unidade, a presença de xisto quartzoso com granada e cianita, intercalado com xisto grafitoso, rocha máfica e quartzito (Grossi-Sad *et al.* 1990a). Padilha *et al.* (2000) subdividiu os xistos metapelíticos, presentes na Folha Itabira (1:100.000), em muscovita-quartzo xistos ± biotita, muscovita-biotita-quartzo xistos + granada ± estauroлита e mucovita-biotita-cordierita-plagioclásio-clorita xisto ± sillimanita. Estes xistos possuem coloração entre tons claros e róseos, textura lepidoblástica e podem conter hercynita. A espessura dos xistos pode ultrapassar 100 m e seu contato com as unidades basais (granito-gnaisses) é tectonizado e por vezes observa-se inversão tectônica (Grossi-Sad *et al.* 1990a).

- Xistos máfico-ultramáficos (lençóis de lava, tufo) – Ocorrem no topo da formação inferior. São representados por rochas anfíbolíticas e olivina-piroxenitos e são descritas por Grossi-Sad *et al.* (1990a) como rochas máfica-ultramáficas provenientes de lençóis de lavas e tufo. Segundo Padilha *et al.* (2000), na Folha Itabira os xistos derivados de rochas ultramáficas ocorrem como intercalações centimétricas a métricas nos xistos metapelíticos, e são representados pelo litotipo cromita-biotita/flogopita xisto, também chamado “biotitito”, que apresenta textura lepidoblástica, e possui biotita, flogopita, quartzo e opacos como minerais essenciais e berilo verde em porfiroblastos como importante mineral acessório. De acordo com Grossi-Sad (1997), na região de Guanhões, estes xistos apresentam coloração verde e sua paragénese é formada por enstatita, hercynita, opacos, talco, carbonato, diopsídio e tremolita. Grossi Sad *et al.* (1990a) afirmam que os xistos máfico-ultramáficos podem

apresentar mais de 50 m de espessura, mostrando-se em geral decompostos, e pontualmente, com porções ultramáficas garnieritizadas. Ainda de acordo com estes autores, tais xistos possuem semelhanças químicas com os komatiítos, e enriquecimento em elementos terras raras.

3.2.2.2. Formação Média

Segundo a estratigrafia adotada pelo Projeto Espinhaço, (e.g. Grossi-Sad, 1997), a Formação Média é constituída, da base para o topo, por:

- Itabirito carbonático, dolomito, *metachert* dolomítico e itabirito quartzo-magnetítico. A espessura deste membro, em geral, tem de 15 a 60 m em média;
- Quartzito ferruginoso, com espessura máxima de 10 m;
- Quartzito (*metachert*), com poucos metros de espessura, e rara ocorrência;
- Rocha cálcio-silicática transicionando para xisto carbonático. Intercalações concordantes de metabasitos são comuns, em níveis centimétricos a métricos. Em alguns locais ocorre xisto grafitoso, associado à material manganesífero decomposto;
- Cianita quartzito ou sillimanita quartzito, com espessura de até 20 m.

A Formação Média possui espessura entre 50 a 200 m. Seções completas da sequência só são possíveis através de furos de sondagem (ver Grossi Sad *et al.* 1997). De acordo com Grossi-Sad (1997) e Grossi-Sad *et al.* (1990a) as faixas de formação ferrífera do Complexo Guanhões apresentam espessura de alguns metros até cerca de 60 m e uma continuidade ao longo do *strike* por várias centenas de metros. Do ponto de vista mineralógico são compostas por bandas ricas em hematita/magnetita e bandas de quartzo. A espessura das bandas de quartzo e das de óxido de ferro varia entre 0,3 a 3 cm exibindo localmente típica estruturação relíctica de mesobandas e microbandas. Os teores de ferro variam entre 20 e 45%, mas podem atingir 70% nas áreas ricas em magnetita. Na maioria das vezes a estrutura bandada primária dos itabiritos mostra-se obliterada por transposição com desenvolvimento de dobras intrafoliais de flanco rompido e foliação associada. Os corpos magnetíticos aparecem intercalados com corpos hematíticos, estes de granulação grossa, sem clara relação estrutural, e cortados por zonas especularíticas. A continuidade das formações ferríferas só pode ser inferida a partir dos mapas aero-magnetométricos e controlada através de sondagem.

De acordo com Grossi-Sad *et al.* (1990a), os valores de concentração de ETR no itabirito presente na cidade de Guanhões são condizentes com formações ferríferas arqueanas,

e as concentrações de metais de transição são correlacionáveis ao tipo Algoma, exceto pelo empobrecimento em Cu. A partir da análise das relações entre Fe, Ti, Al e Mn, segundo diagrama de Bostrom (1973), Grossi-Sad *et al.* (1990a) mostram que as formações ferríferas de Guanhões estão posicionadas na faixa de sedimento hidrotermal.

3.2.2.3. Formação Superior

Esta formação é constituída por gnaisses quartzo-feldspáticos, de composição TTG, migmatizados ou não, com discretas intercalações anfíbolíticas, lentes finas de quartzito e raras camadas de formação ferrífera bandada. Silva *et al.* (2002) dataram estes gnaisses, aflorantes nos arredores da cidade de Guanhões, através do método SHRIMP, em 2867 ± 10 Ma, 2711 ± 11 Ma, 2710 ± 6 Ma, 527 ± 45 Ma, 519 ± 5 Ma, 497 ± 68 Ma, sendo os três primeiros valores correspondentes à idade de cristalização, e os três últimos à idade de metamorfismo associada a Orogênese Brasileira, provavelmente a fase de colapso extensional deste orógeno, que teria ocorrido no intervalo 520-500 Ma (Pedrosa-Soares *et al.* 2001). Estes autores sugerem que o Complexo Guanhões possa corresponder a uma extensão do embasamento arqueano do domínio cratônico do Quadrilátero Ferrífero no domínio da Faixa Araçuai, e não a um terreno alóctone, de caráter paraderivado como postulado por Grossi-Sad *et al.* (1990b).

3.2.3. Sequência Vulcanossedimentar Rio Mata Cavalo

Esta sequência agrupa rochas ultramáficas e máficas intercaladas a sedimentos químicos e detríticos e ocorre predominantemente como uma faixa de direção N-S, entre Morro do Pilar e Conceição do Mato Dentro. Segundo Grossi-Sad *et al.* (1997) há uma massa desta unidade, com cerca de 1,2 km de comprimento, a SW da Usina Hidrelétrica Dona Rita. De acordo com Dossin (1985) os litotipos predominantes desta unidade são uma variedade de xistos que podem conter talco, clorita, tremolita, actinolita, carbonato, muscovita e quartzo. Além destas rochas, ocorrem também clorititos e rochas metassedimentares com quartzo + clorita + muscovita, quartzito e formação ferrífera. Segundo a autora supracitada, a composição química desta sequência é compatível com as séries toleíticas-komatiíticas, e portanto pode ser correlacionada a uma sequência do tipo *greenstone belt*.

3.2.4. Granito Boa Vista

Segundo Grossi-Sad *et al.* (1997) esta unidade aparece na porção sudeste da Folha Conceição do Mato Dentro, próximo à Serra do Morro Escuro, como um corpo de aproximadamente 2 km², descrito como biotita-muscovita granito (**Figura 3.2**). Este granito, intrusivo nos gnaisses do Complexo Guanhões, apresenta localmente estrutura bandada e foliada. Estas bandas podem apresentar-se dobradas, *boudinadas* e estiradas, e ainda com feições migmatíticas. Os minerais essenciais são microclina, quartzo, plagioclásio, biotita e muscovita, e os acessórios são clorita, apatita, minerais opacos lamelares e zircão.

3.2.5. Suíte Borrachudos

O nome Suíte Borrachudos foi adotado por Grossi-Sad *et al.* (1990b) para caracterizar os corpos graníticos intrusivos no embasamento arqueano da região leste da Serra do Espinhaço Meridional, entre Itabira e Guanhões. Distinguem-se os corpos Itabira, Açucena, Petí, Morro do Urubu, São Félix e Senhora do Porto. Segundo Grossi-Sad *et al.* (1990b), estes granitos são sin-colisionais de idade Minas, com origem a partir de ortognaisses da Suíte Guanhões. Para alguns autores, tais como Dossin *et al.* (1993) Dussin & Dussin (1995), Padilha *et al.* (2000), a Suíte Borrachudos é constituída por granitos anorogênicos gerados a partir da abertura do rifte Espinhaço, no final do Paleoproterozóico. Fernandes (2001) caracterizou a Suíte Borrachudos como tendo assinatura geoquímica alcalina anorogênica e idade de cristalização estateriana.

Silva *et al.* (2002) dataram uma amostra proveniente do corpo Açucena, através do método SHRIMP, em 1740±8 Ma, e Dossin *et al.* (1993) obteve idade Pb-Pb igual a 1729±14 Ma. A mineralogia principal desta unidade é composta por microclina, albita, quartzo, biotita e hornblenda, e têm como minerais acessórios mais comuns allanita, zircão, magnetita e ilmenita (Fernandes *et al.* 1994). Sua foliação é definida principalmente por agregados lenticulares de minerais máficos, que conferem trama gnáissica à rocha (Grossi-Sad *et al.* 1997). Os aspectos macroscópicos que diferenciam a Suíte Borrachudos são sua textura porfirítica grosseiramente granular, a quase ubíqua fluorita, os agrupamentos de biotita e a tonalidade cinza geral, com sub-tonalidade rosada (Padilha *et al.* 2000), sua uniformidade composicional e ausência de xenólitos Grossi-Sad *et al.* (1990b).

3.2.6. Supergrupo Espinhaço

O Supergrupo Espinhaço é constituído por rochas paleo-mesoproterozóicas, cujas características estratigráficas foram definidas principalmente por Pflug (1968) e Schöll & Fogaça (1979), que descreveram oito formações na região da SdEM: a Formação São João da Chapada, a Formação Sopa-Brumadinho, a Formação Galho do Miguel, a Formação Santa Rita, a Formação Córrego dos Borges, a Formação Córrego da Bandeira, a Formação Córrego Pereira e a Formação Rio Pardo Grande. A respeito do agrupamento dessas formações em unidades litoestratigráficas maiores, podem ser encontradas na literatura diversas propostas (*e.g.* Dossin *et al.* 1984, Knauer 1990, Almeida-Abreu & Renger 2002), sendo atualmente aceita a divisão em dois grupos: o Grupo Guinda e o Grupo Conselheiro Mata, que correspondem, respectivamente, às sequências de base e de topo do Supergrupo Espinhaço. Almeida-Abreu & Renger (2002) incluem na sua definição do Supergrupo Espinhaço, além dos citados grupos Guinda e Conselheiro Mata, as várias unidades supracrustais típicas da borda leste da Serra do Espinhaço Meridional, que são reunidas por esses autores sob a denominação de Grupo Serro.

Chemale Jr. *et al.* (2011), a partir de dados geocronológicos, dividem o Supergrupo Espinhaço em duas bacias: o Espinhaço Inferior, representado pelas Formações Bandeirinha e São João da Chapada, que correspondem a uma sequência de rifte intracontinental formada entre 1.680 Ma e 1800 Ma; Espinhaço Superior, composto pelas Formações Sopa Brumadinho, Galho do Miguel, Santa Rita, Córrego dos Borges, Córrego Bandeira, Córrego Pereira e Rio Pardo, relacionadas a uma bacia do tipo rifte-sag com idade máxima de deposição de 1192 Ma.

3.2.6.1. Formação Sopa Brumadinho

Schöll & Fogaça (1979) subdividiram esta unidade em três níveis: Nível D (filitos e quartzitos), Nível E (quartzitos, filitos, filitos hematíticos, metaconglomerados poli- e monomíticos) e Nível F (filitos e metabrechas). O nível F foi elevado à categoria de Membro Campo Sampaio por Fogaça & Almeida-Abreu (1982). O Nível D e o Nível E foram elevados respectivamente a categoria de Membro Datas e Membro Caldeirões por Almeida-Abreu (1993).

A Formação Sopa Brumadinho caracteriza-se pelo predomínio de quartzitos imaturos sobre quartzitos equigranulares, metaconglomerados polimíticos com seixos de quartzito fino, às vezes ferruginoso, quartzo, e raramente de formação ferrífera, filito e quartzitos microconglomeráticos (Padilha *et al.* 2000).

Devido às variações litológicas da unidade na Folha Conceição do Mato Dentro, Grossi-Sad *et al.* (1997) subdividiram informalmente a Formação Sopa Brumadinho em três conjuntos:

- Unidade Serra do Lobo: composta por quartzitos e metaconglomerados poli- a monomíticos. Correlacionável ao Membro Caldeirões de Almeida-Abreu (1993). Destaca-se no relevo, formando platôs entrecortados por drenagens;
- Unidade Rio Preto: Constituída por quartzitos finos e micáceos e sericita xistos, por vezes contendo mineralizações fosfáticas. Comparável com Membro Campo Sampaio de Fogaça & Almeida-Abreu (1982). Apresenta-se sob relevo rebaixado, predominantemente plano;
- Unidade Itambé do Mato Dentro: quartzitos finos, puros ou ferruginosos. Ocorrem em áreas de relevo de caráter plano, onde se sobressaem alguns morrotes.

Os contatos entre essas unidades na Folha Conceição do Mato Dentro são tectônicos, marcados por zonas de cisalhamento de baixo a médio ângulo (10 a 40°), (Grossi-Sad *et al.* 1997).

3.2.7. Rochas Metabásicas e Básicas

Na região deste estudo são identificadas dois conjuntos de rochas básicas, um neoproterozóico e outro mesozóico (**Figura 3.2**).

As rochas metabásicas, metadiabásios e metagabros, são corpo intrusivos de idade neoproterozóica, podem ser maciças ou foliadas, são localmente porfíricas, e compostas essencialmente por minerais ferromagnesianos e plagioclásio saussuritizado (Guimarães 1992, Dossin 1985). Estão metamorfisadas deste a fácies xisto verde alto a anfíbolito, e possuem afiliação toleítica (Guimarães 1992, Dossin 1985).

As rochas básicas correspondem a diabásios e basaltos intrusivos e de idade Mesozóica, que não apresentam deformação nem metamorfismo. Compostos principalmente por plagioclásio, augita e pigeonita. Estas rochas em geral afloram como blocos imersos no solo, são verde escuras e afaníticas (Guimarães 1992, Grossi-Sad *et al.* 1997).

Silva *et al.* (1995) e Silva (1992) apresentam estudo do enxame de diques máficos presente do Quadrilátero Ferrífero ao Espinhaço Meridional. Os autores dividem este enxame em três tipos principais:

- Grupo I; idade 1,7-1,5, ocorrem como sills e diques metamorfisados e deformados, ou como diques não deformados. Estão relacionados com a abertura da bacia Espinhaço.
- Grupo II: idade em torno de 906 Ma, estão deformados porém a textura ígnea está em geral parcialmente preservada. Os dados Sm/Nd indicam valores de $\epsilon_{Nd} = +1,34$ e $-3,20$ e idades modelo (TDM) = 2,59 e 1,35 Ga. Este grupo está relacionado aos primeiros estágios do evento Panafricano/Brasiliano.
- Grupo III: idade aproximada de 120 Ma, estão indeformados. Se relacionam a fragmentação do Supercontinente Gondwana.

Dussin (1994) descreve duas gerações de diques no Espinhaço:

- Diques máficos de idade do final do proterozóico, presentes na borda sudeste do cráton do São Francisco, compostos principalmente por metagabros de caráter ligeiramente alcalino a toleítico, baixo grau metamórfico. As fases minerais principais são clinopiroxênio e plagioclásio. A composição química apresenta enriquecimento em elementos litófilos e ETRL, fraca anomalia negativa de Nb e positiva de Th e Eu. Padrão geoquímico compatível com série intra-placa continental toleítico. O ϵ_{Nd} varia entre $-0,965$ a $-0,310$, e as idades modelo (TDM) encontradas foram de 1,55 a 1,64 Ga. Este episódio magmático e de fraturamento crustal foi relacionada a extensão do Gondwana, em aproximadamente 900 Ma.
- Metavulcânicas da fácies xisto verde, presentes no sudeste do cráton São Francisco. São caracterizadas por dois litotipos, rochas sericíticas ricas em Fe, e clorita xistos. Apresentam enriquecimento na maioria dos elementos incompatíveis (K, Rb, Ba, Th) e depleção nos menos incompatíveis (Zr, Sm, Ti, Y e Yb). Possuem alto conteúdo de ETR, e moderada anomalia negativa de Eu. Seu conteúdo em elementos imóveis, especialmente Zr, Y e ETR, sugerem que estas rochas representam magmatismo alcalino relacionada ao início de processo de rifteamento intracratônico. O resultado de datação de zircão por evaporação Pb resultaram numa idade de 1710 ± 12 Ma para a cristalização do protólito vulcânico.

3.3. Arcabouço geotectônico

Os principais eventos tectônicos que afetaram a região em foco foram as orogêneses Transamazônica e Brasiliana. Entre estes ocorreram dois importantes eventos extensionais, o rifte Espinhaço (~1700 Ma) e o rifte Araçuaí (~900 Ma).

O Tranzamazônico representou o período de remobilização dos Complexos granito-gnáissicos do sudeste do Cráton do São Francisco (Renger *et al.* 1994), e segundo Machado & Noce (1993), teve seu ápice entre 2125 e 2040 Ma.

Na fase do rifte Espinhaço ocorreu a sedimentação das formações basais do Supergrupo homônimo. Vulcanismo ocorreu num estágio precoce à bacia e esteve ativo durante sua sedimentação (Dussin & Dussin 1995), conforme ilustrado na **Figura 3.1A**. Nas bordas da bacia em formação ocorreu intrusão de plútons graníticos, sendo a Suíte Borrachudos o conjunto de plútons que intruiu o embasamento a sudeste da Faixa Araçuaí (Dussin & Dussin 1995).

Um segundo evento de extensão afetou a região do Espinhaço Meridional no início do Neoproterozóico, quando foi depositado o Grupo Macaúbas (Noce *et al.* 1997) a norte da região de Diamantina (**Figura 3.1B**).

A Orogênese Brasiliana foi responsável pela individualização do Cráton do São Francisco e das Faixas Móveis adjacentes (Almeida, 1977). Este evento tectônico produziu no domínio da Faixa Araçuaí, deformação crescente de oeste para leste, atingindo condições rúpteis-dúcteis na porção oriental da Cordilheira Espinhaço e rúpteis a não deformadas em direção ao interior do cráton (**Figura 3.1C**). A Orogênese Brasiliana também gerou cavalgamentos de direção N-S com vergência para oeste, e na Faixa Araçuaí, gerou uma sucessão de zonas com dobras assimétricas com vergência para oeste, separadas por zonas de cisalhamento dúctil. As falhas de empurrão observadas na Serra do Espinhaço Meridional têm geometria em duplex ou em leques imbricados, com os leques imbricados predominantemente na borda leste, onde são caracterizados pela ausência de empurrões horizontalizados de teto, enquanto a presença de patamares identifica a geometria em duplex no restante da serra (Rolim 1992). Condições de alto metamorfismo vigentes nesta orogênese são constatáveis pela existência de mobilizados migmatíticos no embasamento gnáissico e nos granitos Borrachudos (Dussin *et al.* 2000).

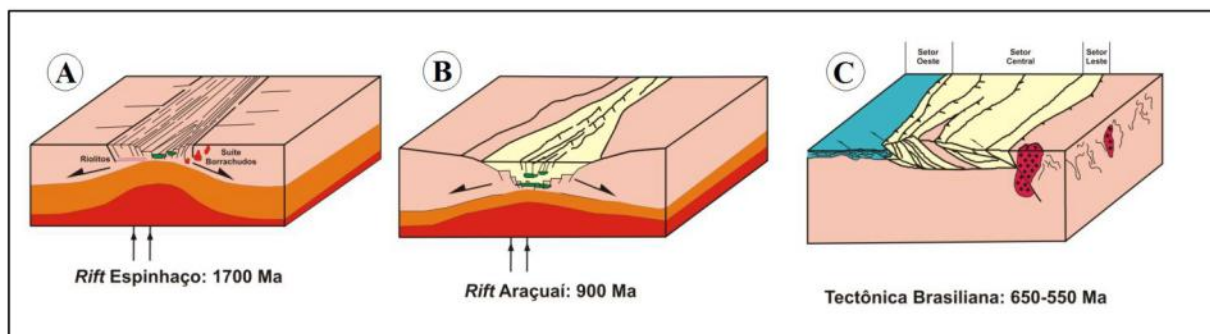


Figura 3.1 – Representação esquemática da evolução geodinâmica do Espinhaço Meridional do Pale-Mesoproterozóico até o final do Neoproterozóico (Modificado de Dussin & Dussin 1995).

Alkmim *et al.* (2007) subdividiram o Orógeno Araçuaí em dez compartimentos, os quais desempenharam papéis distintos na evolução deste orógeno. A região em foco, segundo os autores supracitados, situa-se no Bloco Guanhães, que corresponde a um alto estrutural que expõe o embasamento do orógeno. Este bloco foi subdividido por Alkmim *et al.* (2006) em três domínios, leste, central e oeste. Os domínios oeste e leste são caracterizados pela presença de falhas reversas e de empurrão de direção N-S, sendo que no primeiro estas falhas colocam lascas do embasamento sobre rochas do Espinhaço, e no segundo colocam rochas do Grupo Macaúbas sobre o embasamento. O domínio central é balizado pela zona de cisalhamento Pedra Branca a sul, Sabinópolis a oeste e Virgolândia a leste, de direção preferencial N-S (**Figura 3.4**). Esta porção do Bloco de Guanhães possui grau metamórfico anfíbolito alto, superior aos outros domínios, e expõe um nível crustal mais profundo do que as porções adjacentes. Seu soerguimento deu-se por volta de 510 Ma, idade provável do colapso gravitacional do orógeno (Peres *et al.* 2004).

A área em estudo situa-se próximo a borda leste da Serra do Espinhaço Meridional, a qual conforme sintetizado por Borba *et al.* (1987) e Guimarães (1992), é composta por extensos cavalgamentos de baixo a médio ângulo caracterizados como zonas de cisalhamento rúpteis-dúcteis, e inflexões dos metassedimentos de N-S para E-W, consequência da presença do alto estrutural representado pela Suíte Borrachudos, que resultou na formação de rampas laterais. Os falhamentos geraram empilhamento das unidades, e inversões estratigráficas (Chapadeiro *et al.* 1987, Borba *et al.* 1987, Guimarães 1992). Nos gnaisses e migmatitos a foliação possui direção E-W e mergulho para N e S, e são cortadas por uma segunda foliação de direção N-S.

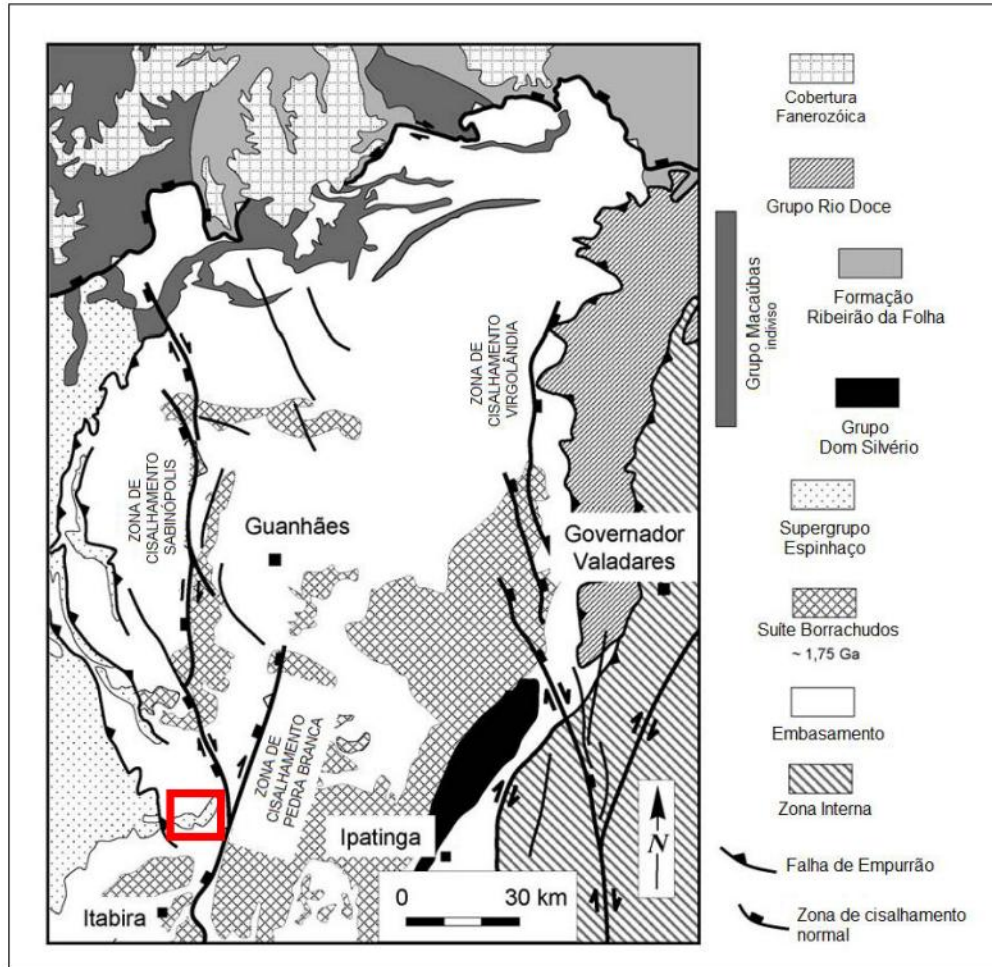


Figura 3.2 – Mapa estrutural simplificado do Bloco Guanhões (Alkmim *et al.* 2006). A região estudada está simbolizada pelo retângulo vermelho.

4. GEOLOGIA DA SERRA DO MORRO ESCURO

4.1. Litoestratigrafia

Na região da Serra do Morro Escuro e arredores foram descritas rochas granito-gnáissicas, supracrustais e ígneas máficas, dispostas estratigraficamente conforme coluna litoestratigráfica da **Figura 4.1**, e agrupadas em oito unidades informais. O empilhamento estratigráfico foi definido através da realização de perfis perpendiculares a estruturação regional, e descrição de testemunhos de sondagem. As reais relações estratigráficas são difíceis de serem estabelecidas devido ao carácter alóctone das unidades. O **Anexo I** apresenta o mapa geológico da área estudada. Algumas das unidades estabelecidas neste trabalho não estão presentes no mapa geológico (**Anexo I**), por sua expressão em superfície não ser mapeável na escala 1:25.000.

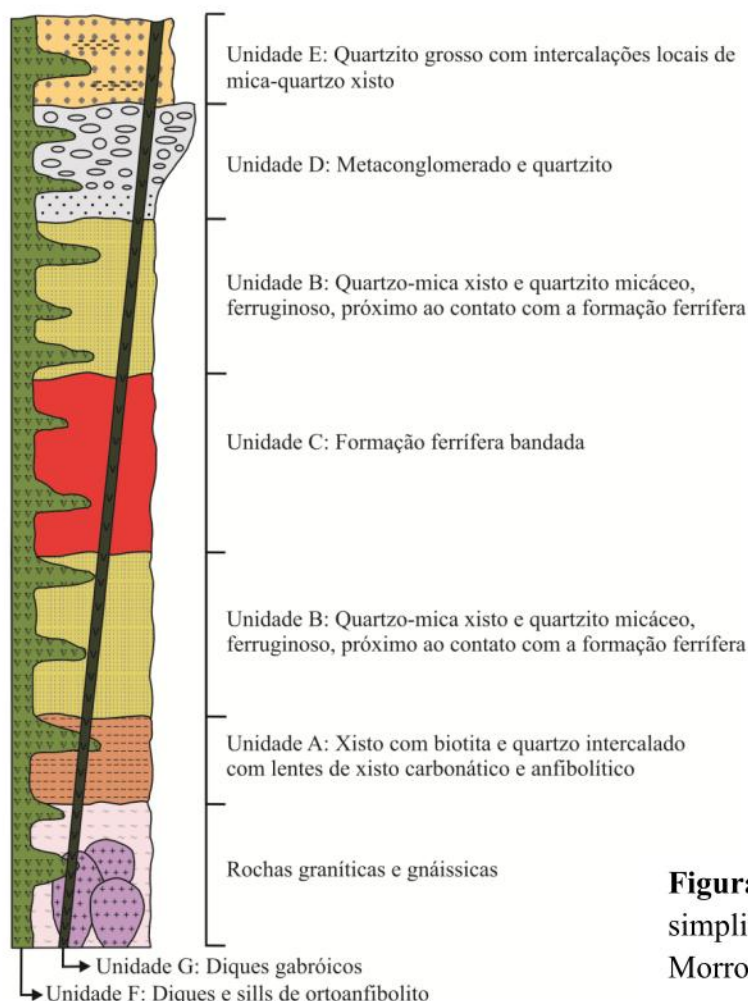


Figura 4.1 – Coluna litoestratigráfica simplificada da região da Serra do Morro Escuro.

Neste tópico são descritas em detalhe as características petrográficas e modo de ocorrência dessas unidades. A tabela presente no final deste capítulo apresenta um resumo das principais características macroscópicas e microscópicas de cada litotipo descrito (**Tabela 4.2**).

4.1.1. Rochas metagraníticas e gnáissicas

Rochas metagranitóides e gnaisses ocorrem na região abordada em lajedos nos leitos de drenagem e encostas de morro, saprólitos em corte de estrada, com destaque aos lajedos ao longo das margens do Rio do Tanque (**Figura 4.2A**), drenagem mais importante da área em estudo, presente em sua porção sul e leste.

O contato entre gnaisse e quartzo-mica xisto da Unidade B (observado nos pontos FSB-103 e FSB-105), é tectônico, marcado pela presença de veios sigmoidais de quartzo, que são indicativos de movimento tectônico.

O gnaisse apresenta bandamento composicional marcado pela alternância de bandas quartzo-feldspáticas e biotíticas (**Figura 4.2B, C, D**), e foliação paralela ao bandamento, definida principalmente pela orientação dos filossilicatos. Podem localmente apresentar-se migmatizados com estrutura dobrada (**Figura 4.2B**). Os metagranitóides apresentam-se foliados (**Figura 4.2E e 4.3A**). Localmente essas rochas são macroscopicamente isotrópicas (**Figura 4.2F**), porém ao microscópio observa-se evidências de deformação tais como extinção ondulante do quartzo e lamelas de geminação do plagioclásio deformadas (**Figura 4.3B**).

A composição mineralógica dos gnaisses e metagranitóides é bastante semelhante, e indicam que os mesmos são ortoderivados. A granulação destas rochas é em geral média, a textura varia de granoblástica e granolepidoblástica, sendo comum a presença de mirmequita. A mineralogia principal é constituída por quartzo, plagioclásio, microclina, mica branca e biotita. Os minerais subordinados (acessórios + secundários) são clorita, allanita, zircão, apatita, titanita, epidoto, clinozoisita, turmalina, fluorita, rutilo e minerais opacos (magnetita, hematita, ilmenita, pirita, calcopirita, pirrotita). A hematita ocorre como lamelas dentro da ilmenita, reflexo do processo de exsolução, devido ao resfriamento lento do magma.

Os minerais de alteração, gerados por retrometamorfismo, são principalmente produtos da saussuritização de plagioclásio (carbonato, clinozoisita e sericita), argilização e sericitização da microclina. Auréolas de epidoto ao redor de allanita também são evidências deste processo. Há ainda goethita como produto da alteração dos óxidos de ferro.

A composição mineralógica dessas rochas, com base no diagrama QAP para rochas plutônicas (Streckeisen 1976) varia de sienogranito, monzogranito, granodiorito a tonalito (Figura 4.4).

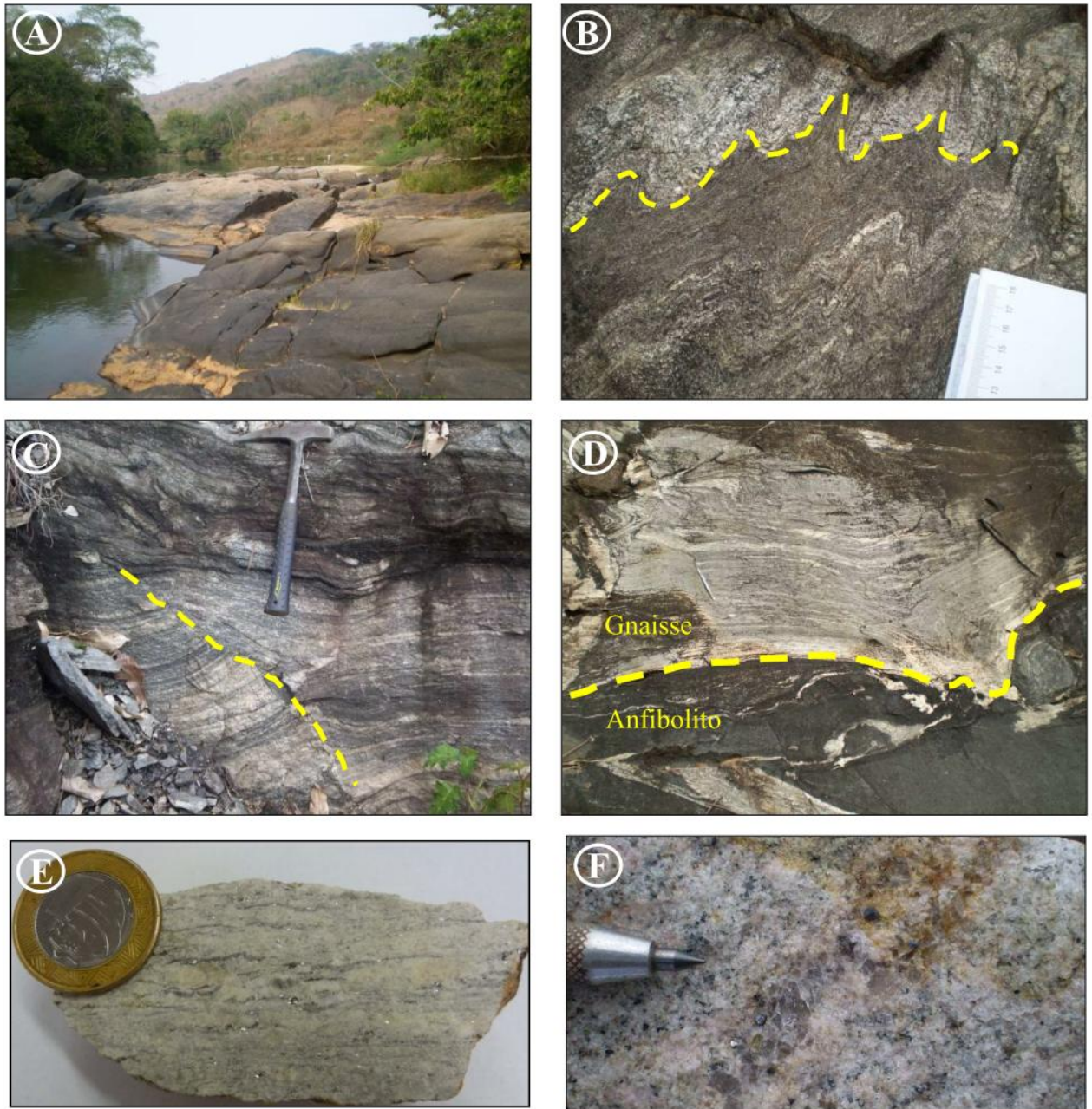


Figura 4.2 – Características macroscópicas dos metagranitóides e gnaisses. (A) Lajedo de gnaiss à margem do Rio do Tanque, Ponto FSB-179 (UTM-699558/7853240); (B) Gnaiss com bandamento e foliação dobrados (indicado pela linha tracejada amarela), Ponto FSB-010 (UTM-690655/7853254); (C) Gnaiss com bandamento de espessura milimétrica a centimétrica falhado (indicado pela linha tracejada amarela), Ponto FSB-048 (UTM-692699/7857877); (D) Gnaiss em contato com rocha anfibolítica intrusiva, Ponto FSB-036 (UTM- 697519/ 7855937); (E) Metagranitóide de cor bege, Ponto FSB-104 (UTM-696285/7850163); (F) Metagranito rosado rico em magnetita, Ponto FSB-145 (UTM-701182/7857085).

Conforme dados da bibliografia há presença de corpos da Suíte Borrachudos ao redor da área estudada, como o corpo Açucena a leste, Itabira a sul e Garcia a norte, além do Granito Boa Vista, correlacionável a Suíte Borrachudos (Grossi-Sad *et al.* 1997). No entanto, a mineralogia e textura da Suíte Borrachudos e do Complexo Dona Rita são bastante semelhantes, e portanto é difícil separá-los apenas com base em características mineralógicas/texturais. A presença de fluorita em algumas rochas analisadas, mineral comum nos granitóides Borrachudos, é um indício de que existem corpos dessa suíte dentro da área de estudo. Afim de identificar estes corpos foram realizadas análises químicas cujos resultados são apresentados no **Capítulo 5**.

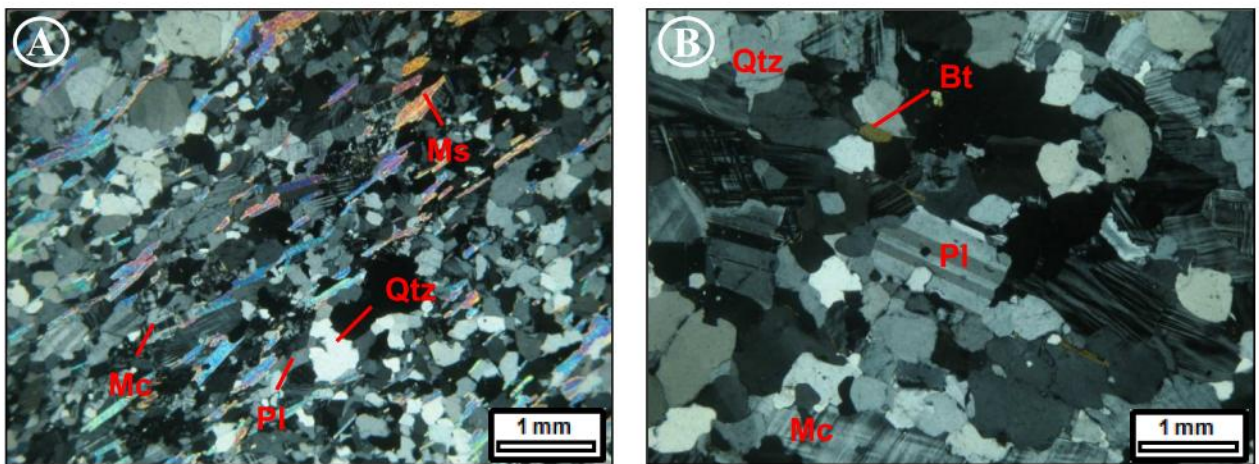


Figura 4.3 – Fotomicrografias que exibem as características microscópicas dos metagranitóides. (A) Aspecto textural do mica monzogranito foliado (Amostra MOES-FSB-PTG-018-003, luz transmitida, nicóis cruzados); (B) Aspecto textural do biotita monzogranito (Amostra MOES-FSB-PTG-145, luz transmitida, nicóis cruzados). Abreviaturas: Ms – mica branca, Mc – microclina, Pl – plagioclásio, Qtz – quartzo, Bt – biotita.

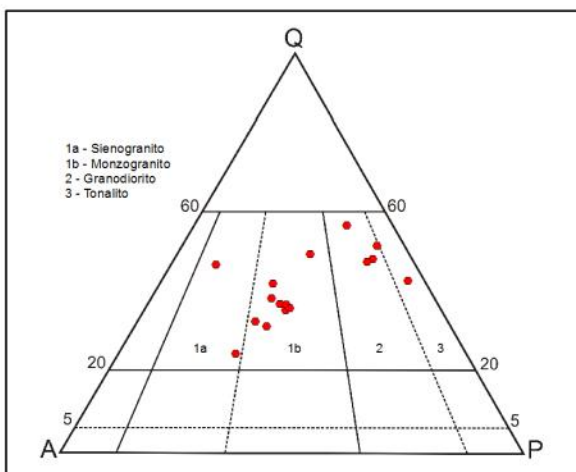


Figura 4.4 – Diagrama QAP para rochas plutônicas, mostrando a distribuição modal dos componentes dos gnaisses e metagranitóides.

4.1.2. Unidade A

Esta unidade inclui uma variedade de xistos aluminosos: granada-biotita-quartzo xisto; biotita-granada-estaurolita-quartzo xisto carbonoso; granada-biotita-anfibólio-quartzo xisto carbonoso; magnetita-biotita-quartzo xisto; turmalina-biotita-quartzo xisto; granada-biotita-quartzo xisto e anfibólio-carbonato xisto (**Figura 4.5 e 4.6A, B, C, D, E**). Tais litotipos podem ser divididos em 2 subgrupos – os essencialmente carbonáticos e os xistos com biotita e quartzo (**Tabela 4.1**). O subgrupo 2 encontra-se como lentes de comprimento e espessura centimétrica a métrica, intercalado no sub-grupo 1, o qual é predominante.

As rochas desta unidade foram descritas em furos de sondagem, e em apenas um afloramento, na porção norte da área estudada. O afloramento de granada-mica-quartzo xisto com magnetita (Ponto FSB-188, UTM-699855/7856830) encontra-se em encosta, e cercado por matacões de quartzo-mica xisto com alguma turmalina (**Figura 4.5A, B**).

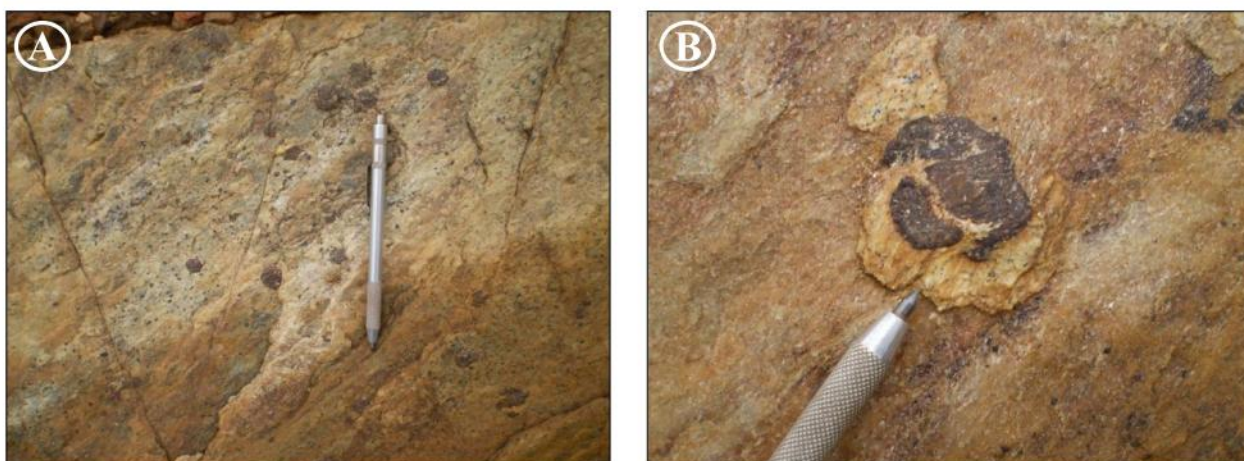


Figura 4.5 – (A) e (B) Granada-mica-quartzo xisto com magnetita, Ponto FSB-188 (UTM-699855/7856830), com detalhe para o poiquiloblasto de granada em (B).

O subgrupo 1 é bastante heterogêneo, pois observa-se que, por exemplo, a presença de granada, grafita e matéria carbonosa não é contínua. Os únicos minerais presentes ao longo de toda a unidade são o quartzo e a biotita. Estas rochas apresentam foliação comumente sinuosa localmente crenulada. São encontrados como constituintes essenciais, os quais perfazem mais de 1% da composição mineralógica da rocha, além de quartzo e biotita, granada, grafita, matéria carbonosa, plagioclásio, estaurolita, anfibólio, turmalina, carbonato, mica branca, clorita, ilmenita, magnetita e pirrotita (**Figura 4.6 A, B, C, D**). Como minerais acessórios há titanita, sulfetos (calcopirita, pirrotita, pirita, arsenopirita, esfalerita), zircão, apatita, hematita, magnetita, ilmenita, epidoto. A textura da rocha é predominantemente

granoblástica e/ou lepidoblástica, localmente nematoblástica devido a presença de anfibólio. Os minerais de alteração são argilominerais, epidoto (comumente produto de alteração do feldspato), clorita, sericita e argilominerais (alteração da biotita), goethita, (produto de alteração de sulfetos e óxidos) e rutilo (alteração da ilmenita).

Subgrupo 1	Subgrupo 2
<ul style="list-style-type: none"> • Granada-biotita-quartzo xisto com cianita • Biotita-granada-estauroлита-quartzo xisto carbonoso • Granada-biotita-anfibólio-quartzo xisto carbonoso • Magnetita-biotita-quartzo xisto com feldspato e turmalina • Turmalina-biotita-quartzo xisto com granada • Granada-biotita-quartzo xisto com plagioclásio 	<ul style="list-style-type: none"> • anfibólio-carbonato xisto

Tabela 4.1– Divisão dos litotipos presentes na Unidade A, de acordo com sua composição mineralógica.

A composição dos alguns dos minerais da xistosidade principal (Sn) – anfibólio, biotita, granada, estauroлита e plagioclásio – foi obtida a partir de análises quantitativas em microsonda eletrônica (**Anexo IV**), conforme descrito no **item 1.2** (metodologia).

Granada está presente sob a forma de cristais subédricos a euédricos, algumas vezes com hábito alongado acompanhando a foliação, e também como poiquiloblastos (**Figura 4.6A e B**). Inclusões de quartzo e minerais opacos nestes poiquiloblastos apresentam textura “bola de neve”, onde as superfícies S internas apresentam forma sigmoidal, e nas bordas do mineral, esta foliação interna é paralela a foliação externa (**Figura 4.6B**). Esta estrutura indica o caráter sin-tectônico do cristal, que cresceu a medida que foi sendo rotacionado. Os porfiroblastos de granada apresentam algumas vezes zonamento químico, com zonas centrais ricas em Ca e Mn e bordas enriquecidas em Mg e Fe (**Figura 4.7**). O decréscimo de Mn e Ca e o acréscimo simultâneo de Mg e Fe do centro para a borda indica crescimento metamórfico do cristal sob condições de P-T crescentes, segundo Jordt-Evangelista (1988). A composição da granada é dominada pelas moléculas de almandina (63,54-84,07%), seguida de piropo (6,28-24,51%), grossulária (0,77-21,70%) e espessartita (0-8,12%).

As palhetas de biotita são praticamente homogêneas, com leve zonamento interno. Em relação à composição, a biotita encontrada é uma solução sólida da série siderofilita - flogopita, tendendo a este último membro final (**Figura 4.8**). Ocorre a variedade de biotita de coloração castanho escuro e verde escuro. A biotita de cor verde se forma sob temperaturas relativamente mais baixas, e biotitas de cor castanha sob temperaturas mais altas (Jordt-Evangelista 1988).

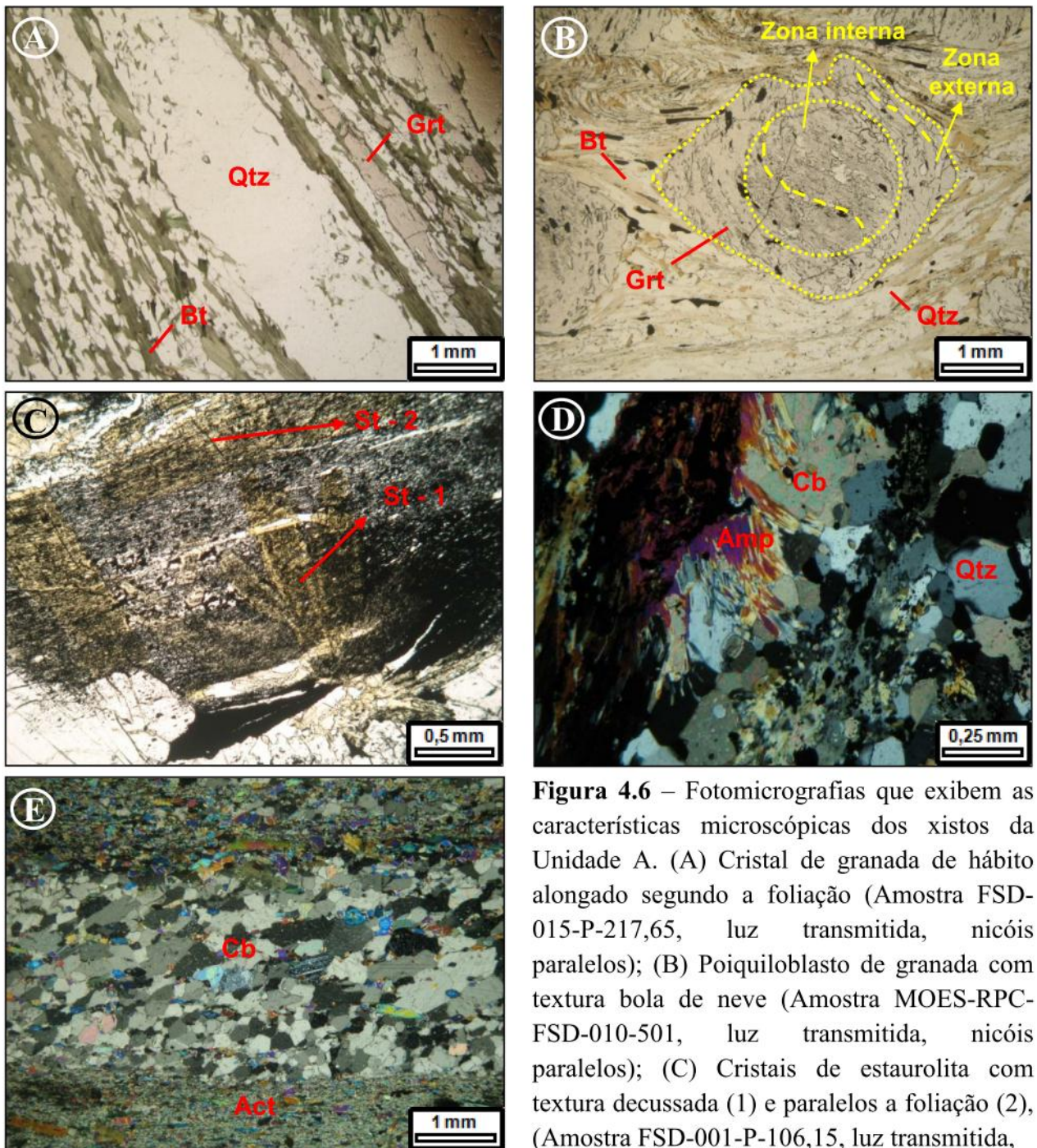


Figura 4.6 – Fotomicrografias que exibem as características microscópicas dos xistos da Unidade A. (A) Cristal de granada de hábito alongado segundo a foliação (Amostra FSD-015-P-217,65, luz transmitida, nicóis paralelos); (B) Poiquiloblasto de granada com textura bola de neve (Amostra MOES-RPC-FSD-010-501, luz transmitida, nicóis paralelos); (C) Cristais de estauroilita com textura decussada (1) e paralelos a foliação (2), (Amostra FSD-001-P-106,15, luz transmitida, nicóis descruzados); (D) Associação do anfibólio e carbonato (Amostra FSD-010-P-133,35, luz

transmitida, nicóis paralelos); (E) Associação do anfibólio e carbonato (Amostra FSD-010-P-133,35, luz transmitida, nicóis paralelos).

transmitida, nicóis cruzados); (E) Aspecto textural do anfibólio-carbonato xisto, com presença de bandas de carbonato alternadas com bandas de anfibólio (MOES-RPC-FSD-005-502, luz transmitida, nicóis cruzados). Abreviaturas: Qtz – quartzo, Grt – granada, Bt – biotita, St – estauroлита, Cb – carbonato, Amp – anfibólio, Act – actinolita.

Os porfiroblastos de estauroлита possuem composição homogênea e conteúdos de SiO₂, Al₂O₃, FeO e MgO entre 27,46% e 28,42%; 53,60% e 54,64%; 12,60% e 13,77%; 2,38% e 2,74%, respectivamente. Estes dados demonstram que os cristais de estauroлита apresentam composição próxima do padrão definido por Deer *et al.* (1992). Os cristais de estauroлита ocorrem tanto paralelos a foliação principal quanto dispostos obliquamente a esta, nesta caso comumente com textura decussada (**Figura 4.6C**). Esta textura é produto da cristalização de cristais inequidimensionais prismáticos ou tabulares numa rede entrelaçada de grãos dispostos em todas as direções e limitados por fácies cristalinas racionais (Yardley 2004). É uma feição comum em metamorfitos de contato ou para minerais pós-tectônicos.

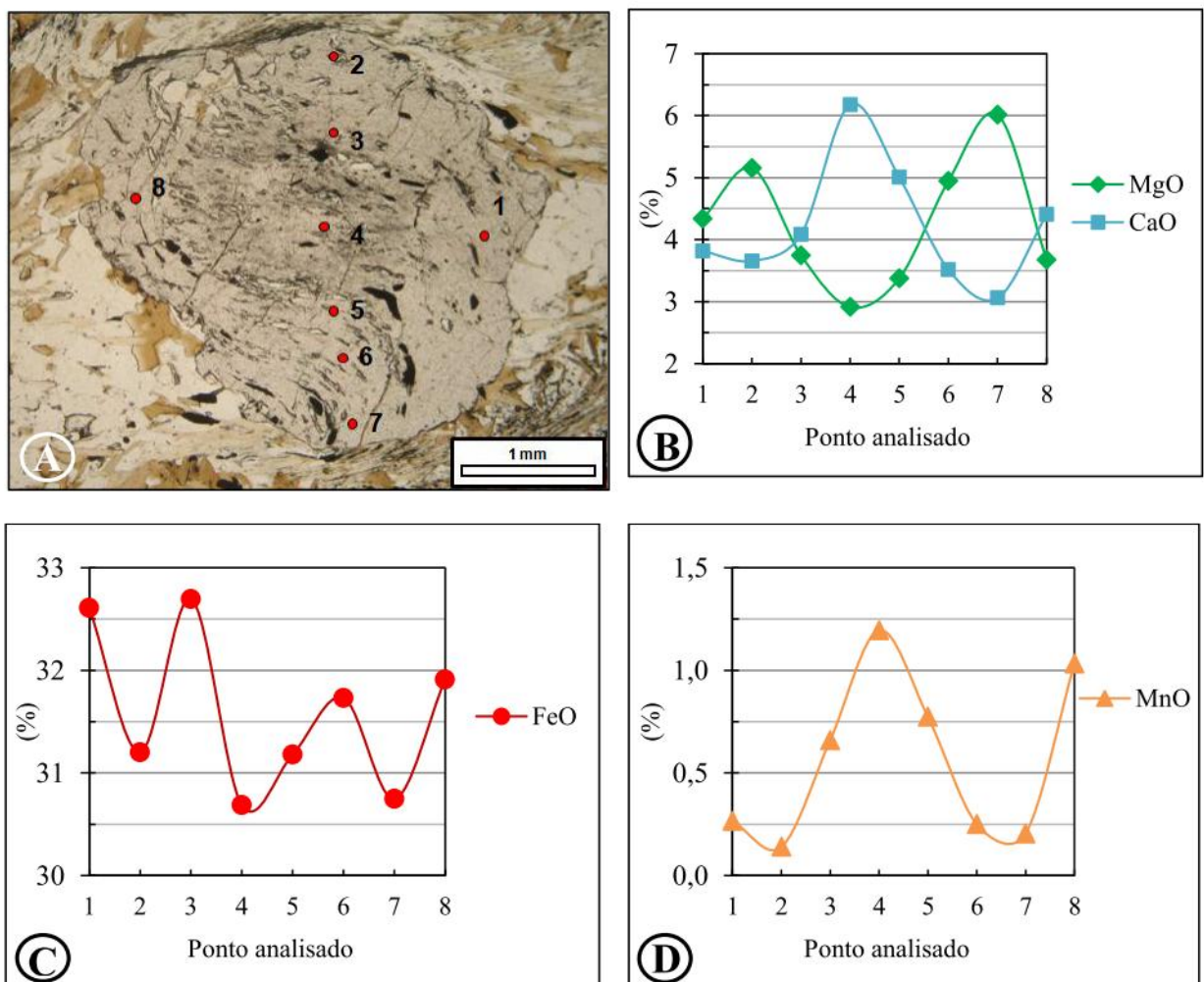


Figura 4.7 – (A) Fotomicrografia do poiquiloblasto rotacionado de granada analisado quantitativamente por WDS (Amostra MOES-RPC-FSD-010-501, luz transmitida, nicóis

descruzados). (B), (C) e (D) O zonamento químico do cristal de granada em (A) é evidenciado pelas variações dos teores de CaO% e MgO% (B), FeO% (C) e Mn% (D).

Os cristais de plagioclásio analisados possuem composição de anortita na amostra de biotita-granada -anfíbólio-quartzo xisto carbonoso (lâmina 010-133,35 – ver **Anexo III**), e de andesina na amostra de granada-biotita-quartzo xisto (lâmina 010-501 – ver **Anexo III**), conforme ilustra o diagrama da **Figura 4.9**.

O anfíbólio presente no biotita-granada-anfíbólio-quartzo xisto carbonoso (lâmina 010-133,35 – ver **Anexo III**) possui composição semelhante a da hornblenda, conforme definido por Deer *et al.* (1992), e é predominantemente magnésio-hornblenda e subordinadamente tchermakita, segundo classificação proposta no diagrama de Leake *et al.* (1997), presente na **Figura 4.10**.

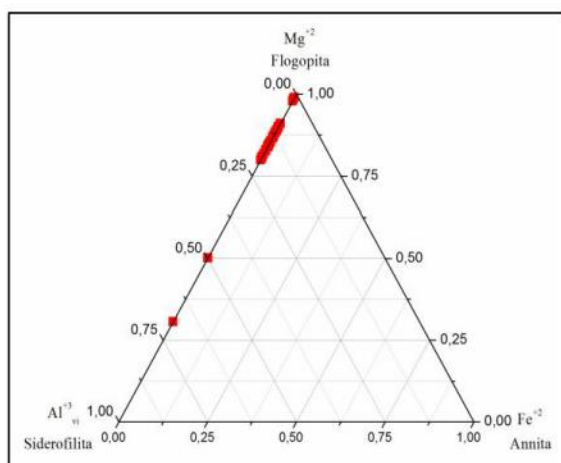


Figura 4.8 – Diagrama ternário de composição das palhetas de biotita dos xistos da Unidade A.

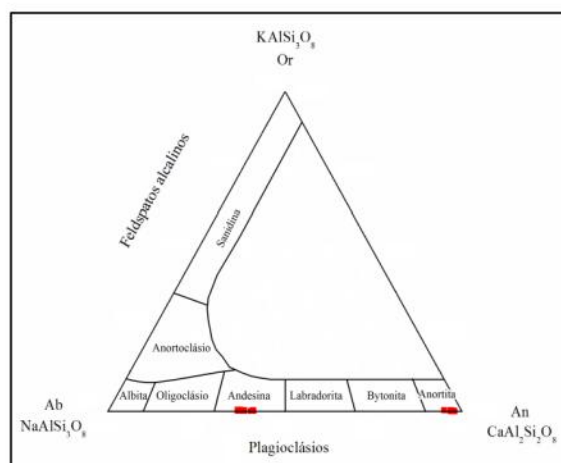


Figura 4.9 – Diagrama ternário de composição dos plagioclásios dos xistos da Unidade A.

É comum a associação do anfíbólio com carbonato, o que indica que o primeiro pode ter se formado as custas do segundo (**Figura 4.6D e E**). A associação entre estes minerais ocorre no subgrupo 1 e 2, porém predomina no 2, pois neste carbonato e anfíbólio são os minerais predominantes da rocha.

Os xistos carbonáticos são compostos por carbonato, anfíbólio e ilmenita com lamelas de exsolução de hematita como minerais essenciais (**Figura 4.6E**). O bandamento é marcado pela alternância de bandas de carbonato com bandas de anfíbólio, este paralelo a foliação. O anfíbólio varia de tonalidade de verde muito claro a incolor, e acredita-se que sejam da séria

da tremolita-actinolita. Os minerais acessórios são sulfetos (pirrotita, calcopirita, pirita, arsenopirita), magnetita, hematita e titanita.

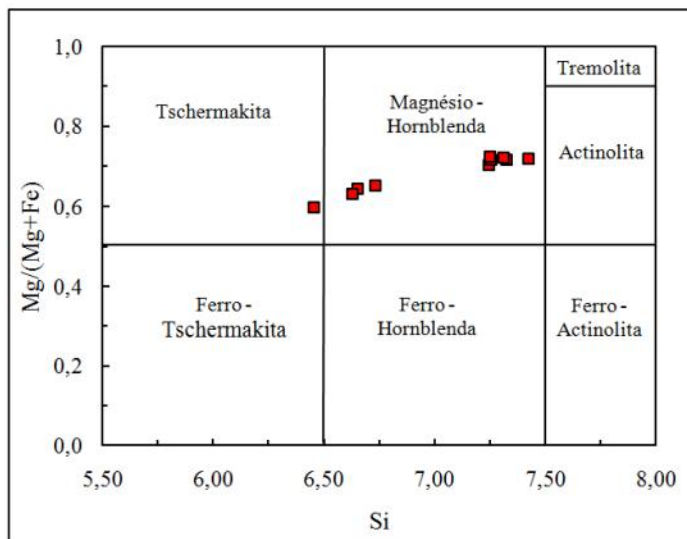


Figura 4.10 – Diagrama de classificação dos anfibólios (Leake *et al.* 1997), da amostra 010-133,35.

Os litotipos desta unidade podem ser produtos do metamorfismo de margas, visto a grande quantidade de minerais ricos em cálcio e alumínio, o que marcaria o estágio de ambiente plataformal da bacia. Cogita-se ainda que o anfibólio-carbonato xisto seja de origem hidrotermal, relacionado a introdução de fluidos ricos em CO₂, devido a sua textura.

4.1.3. Unidade B

Esta unidade é representada por xistos com quantidades variáveis de quartzo e mica branca, que gradam para quartzitos micáceos, bege a branco, e para quartzitos ou xistos ferruginosos próximo ao contato com metaconglomerado e formação ferrífera (**Figura 4.11A, B**). Essas rochas ocorrem nas porções de altitude média a baixa, ao redor da Serra do Morro Escuro.

Os xistos possuem granulação fina a média e textura lepidogranoblástica (**Figura 4.2**). Os minerais essenciais são quartzo, mica branca, biotita, cianita e localmente epidoto, hematita (lamelar, granular e martita), magnetita e carbonato. A biotita apresenta cor predominante castanha e ocasionalmente verde. A biotita verde possui mais ferro que a castanha e forma-se sob temperatura baixa, segundo Jordt-Evangelista (1988).

Os minerais acessórios são: ilmenita, apatita, turmalina, zircão, titanita, clorita e clinozoisita. Os principais minerais de alteração são goethita, argilominerais e rutilo, estando o último presente nas bordas dos cristais de ilmenita, estes que em geral apresentam lamelas

de exsolução de hematita. Magnetita e cianita ocorrem comumente sob a forma de blastos. Cristais de cianita estão orientados paralelos a foliação e comumente exibem inclusões de minerais opacos (**Figura 4.12A**). O quartzo ocorre como cristais recristalizados e poligonais, com alguma extinção ondulante, frequentemente com hábito alongado segundo a foliação. Os minerais opacos ocorrem como cristais subédricos a euédricos, localmente poiquiloblásticos, e orientados segundo a foliação, exceto pela magnetita que frequentemente aparece sobre a foliação.



Figura 4.11 – Características macroscópicas dos xistos da Unidade B. (A) Visão geral de afloramento de magnetita-cianita-mica-quartz xisto próximo ao contato com metaconglomerado, aflorante no topo do morro. Próximo ao contato com o metaconglomerado o xisto torna-se gradativamente mais rico em óxido de ferro. Ponto FSB-245 (UTM-700943/7858022); (B) Detalhe em amostra de mão de magnetita-cianita-mica-quartz xisto, Ponto FSB-244 (UTM-700869/ 7858120).

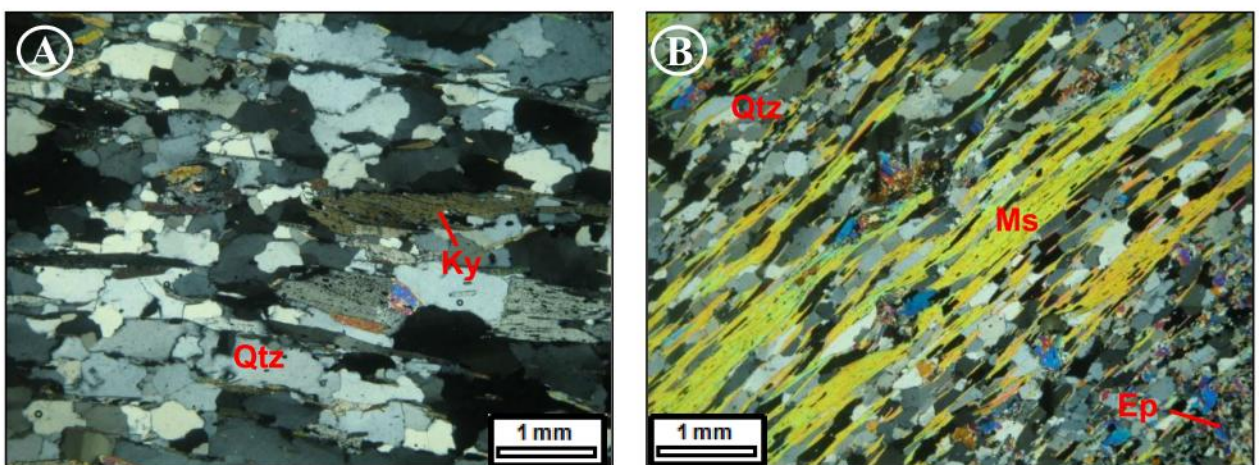


Figura 4.12 – Fotomicrografias que exibem as características microscópicas dos xistos da Unidade B, com foliação definida principalmente pela orientação de cristais recristalizados de quartzo, cianita e mica branca. Em (A) aspecto geral da foliação de mica-cianita-quartz xisto. A cianita está repleta de inclusões de minerais opacos orientados segundo a foliação (Amostra

MOES-FSB-PTG-113, luz transmitida, nicóis cruzados); (B) Aspecto geral da foliação de epidoto-mica-quartzo xisto. Notar os agregados de cristais de epidoto dispostos segundo a foliação, com a mica localmente contornando este mineral (Amostra FSD-003-P-19,65, luz transmitida, nicóis cruzados). Abreviaturas: Qtz – quartzo, Ky – cianita, Ms – mica branca, Ep – epidoto.

4.1.4. Unidade C

Esta unidade é constituída por formações ferríferas que aparecem como corpos alongados de direção SW-NE (**Figura 4.2**) sustentando o relevo da Serra do Morro Escuro, juntamente com a Unidade D (**Figura 4.13, Figura 4.14A**). A princípio foram reconhecidas na região duas camadas de formação ferrífera, uma na aba sul da serra, corpo menos espesso e descontínuo, e uma camada na aba norte, de maior comprimento e espessura, que se estende por toda a serra.

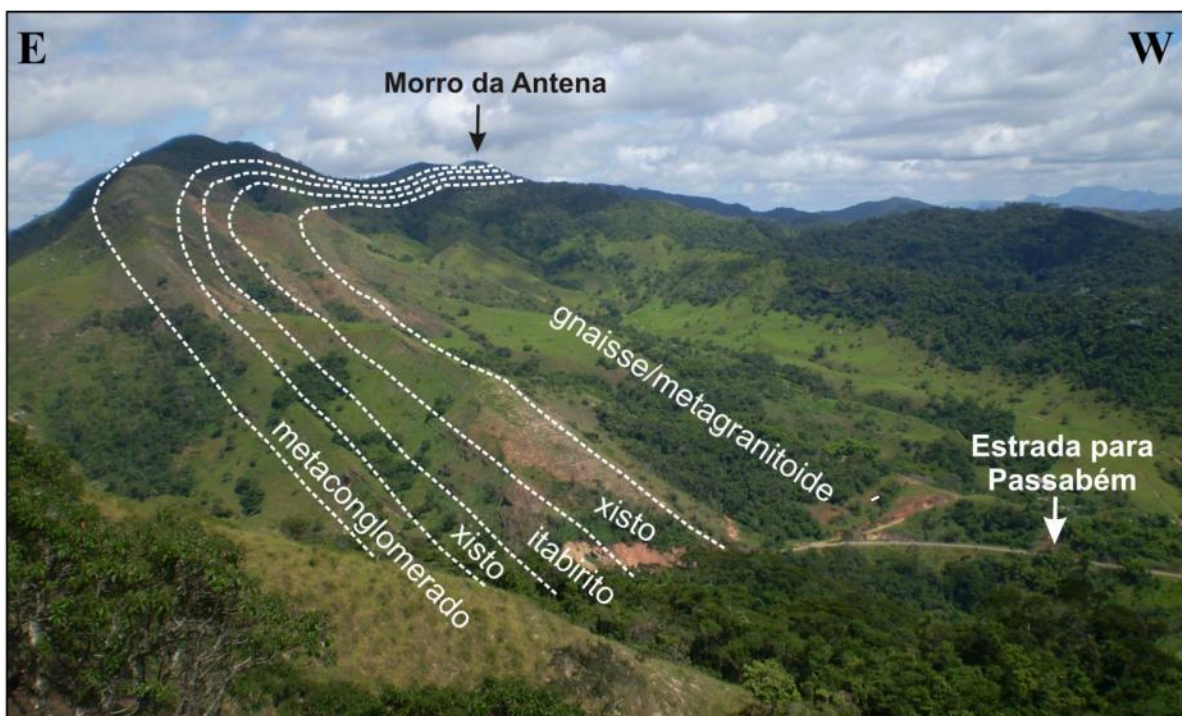


Figura 4.13 – Vista da Serra do Morro Escuro, ilustrando que são principalmente o itabirito e metaconglomerados que sustentam o relevo.

A formação ferrífera por estar metamorfisada é denominada de itabirito. Estruturas sedimentares/diagenéticas estão extensivamente destruídas e transpostas por uma xistosidade plano-axial (**Figura 4.14B, C, D, E**). O itabirito apresenta bandamento de espessura milimétrica variável, conforme ilustra as **Figura 4.14C, D, E**, sendo este bandamento comumente difuso. Na maior parte das vezes a foliação da rocha, definida pela orientação dos

óxidos de ferro e quartzo, é paralela ao bandamento. Ocasionalmente o bandamento apresenta dobras centimétricas a milimétricas, e nestes casos observa-se que foliação da rocha é paralela à foliação plano-axial.

Localmente, há zonas de cisalhamento de espessura centimétrica a milimétrica e comprimento métrico, ricas minério especularítico, que cortam obliquamente a foliação do itabirito (**Figura 4.14F**).

A granulação da rocha é em geral média a fina (entre 0,01 mm a 1,00 mm). É comum a presença de vênulas de quartzo, paralelas a foliação, cuja granulação varia de média a grossa (0,1 mm a 1,5 mm).

No topo da sequência, devido à ação intempérica, as rochas tendem a ser friáveis e pulverulentas (**Figura 4.14G**), e a alguns metros de profundidade no perfil, a rocha aparece maciça, sendo esta feição predominante em afloramentos e furos de sondagem.

A mineralogia do itabirito é constituída por quartzo, hematita lamelar, hematita granular, magnetita, hematita em martita, hematita lobular e raramente, anfibólio e epidoto como minerais essenciais. A **Tabela 4.3** exhibe e explica os diversos tipos morfológicos de hematita citados acima.

Os minerais acessórios são comumente mica branca, clorita e apatita, e raríssimas vezes rutilo, allanita, epidoto, zircão, pirita, calcopirita e biotita. Os minerais de alteração são comumente goethita e argilominerais, produtos da hidratação dos óxidos de ferro devido ao intemperismo.

A magnetita quando presente apresenta-se em geral parcialmente oxidada, e este processo progride da borda do mineral em direção ao centro, ao longo do plano de clivagem da magnetita, e raramente ao longo de fraturas no mineral. Com o avanço desta oxidação, há formação de cristais de hematita em martita, onde é notável a presença da rede triangular típica deste mineral (**Figura 4.15A, B**). Com o avanço da martitização, mais difícil torna-se a identificação da sua rede triangular.

O contato dos itabiritos com os ortoanfíbolitos da Unidade E é em geral brusco, e o itabirito próximo ao contato possui granulação mais grossa que o comum, menor concentração de minerais de ferro que no restante da camada, e presença expressiva de blastos de magnetita. O contato com metaconglomerados, xistos e quartzitos é gradual, marcado grande parte das vezes pela presença de quartzito ferruginoso. Este quartzito é xistoso, composto além de quartzo, por mica branca, hematita e localmente magnetita.

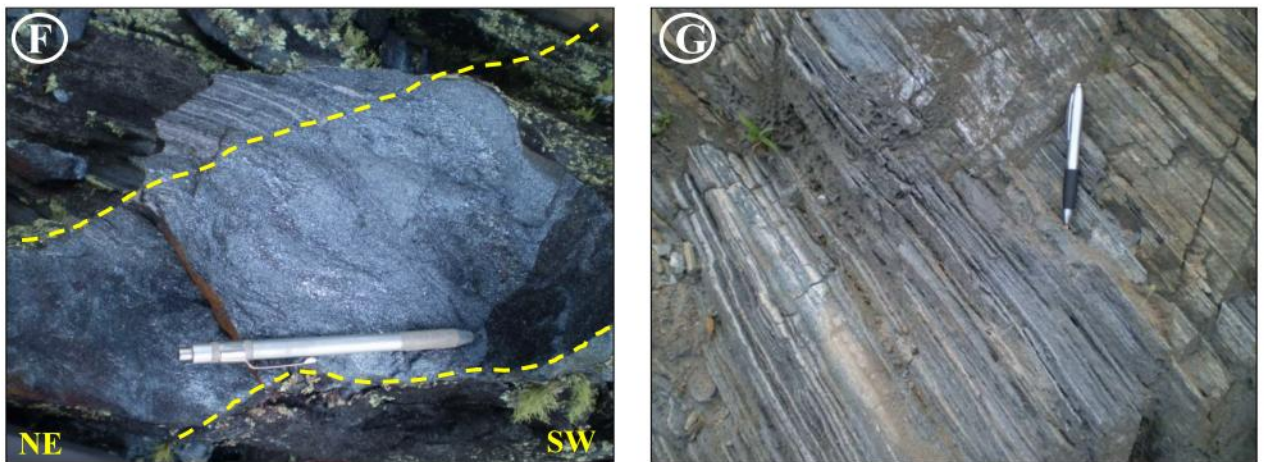
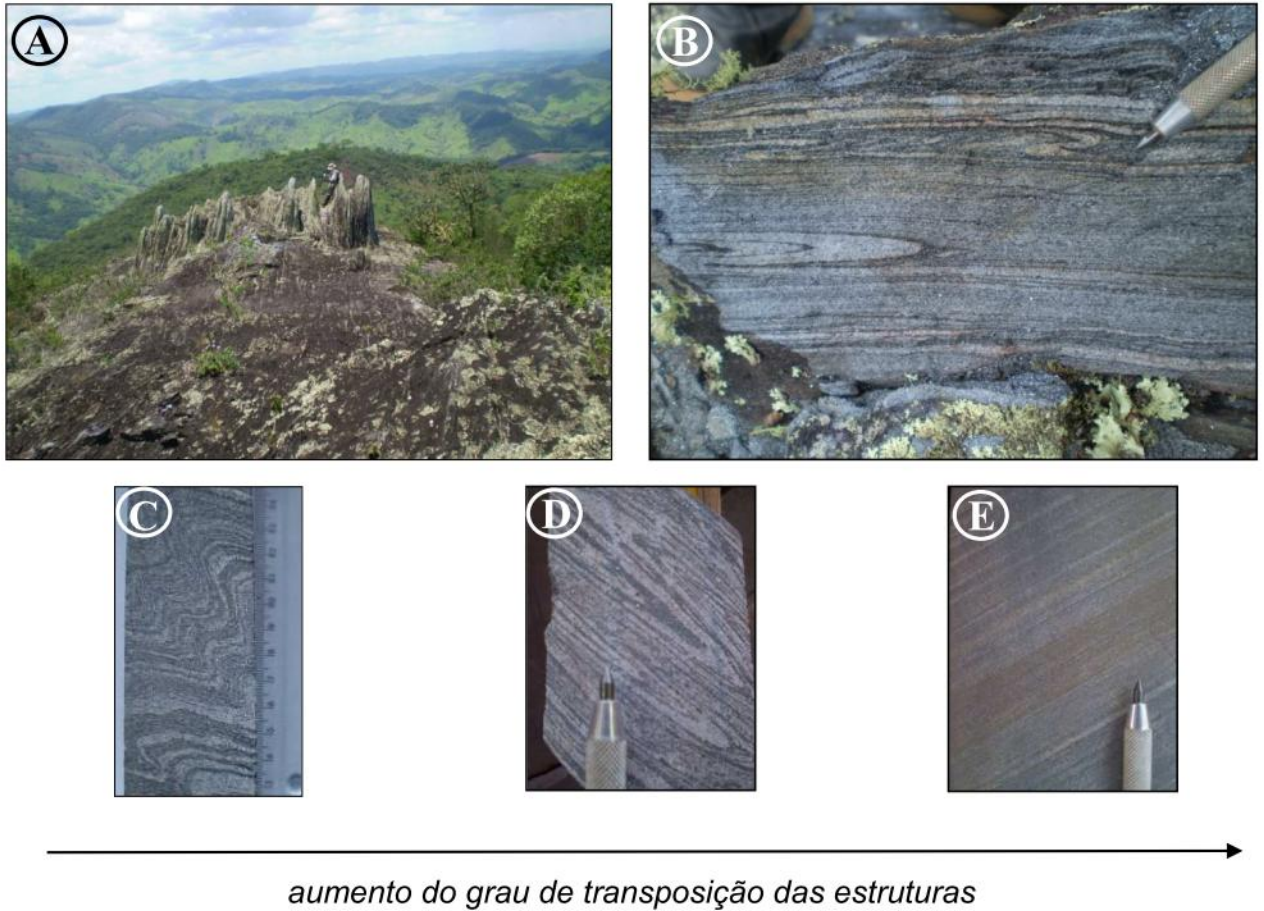


Figura 4.14 – Características macroscópicas do itabirito da Serra do Morro Escuro. (A) Afloramento de itabirito no topo da porção sul da Serra do Morro Escuro, Ponto FSB-223 (UTM-693721/7852255); (B) Detalhe no bandamento milimétrico do itabirito, com foliação paralela a plano-axial (UTM-695335/7853778); (C), (D) e (E) Variação da espessura do bandamento do itabirito, indicando o aumento da intensidade de transposição das estruturas; (F) Detalhe de uma zona de cisalhamento sinistral, oblíqua a foliação/bandamento do itabirito, rica em hematita lamelar, Ponto FSB-223 (UTM-693721/7852255); (G) Itabirito friável, Ponto FSB-017 (UTM-695473/7852748).



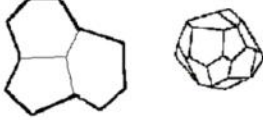
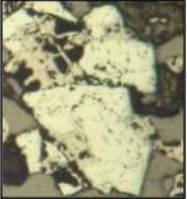
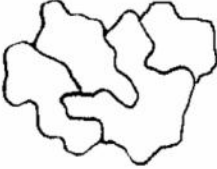
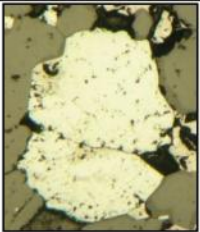

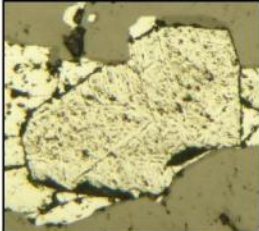
Tipo	Descrição	Ilustração esquemática	Fotomicrografia
Hematita lamelar	Designa cristais alongados, com uma das dimensões mais desenvolvida, cuja orientação preferencial define a xistosidade da BIF.		
Hematita granular	Corresponde a cristais compactos e equidimensionais, com contatos triplíces e bordas retas.		
Hematita lobular	São cristais anédricos com formas irregulares inequidimensionais, cujos contatos entre cristais são irregulares e imbricados representando um estágio avançado de alteração da martita (Rosière, 1981).		
Martita	Martita é o pseudomorfo de magnetita transformada em hematita por oxidação. A oxidação ocorre segundo os planos cristalográficos da magnetita. Mineral em geral poroso.		

Tabela 4.3 – Tipos morfológicos de hematita da BIF de Morro Escuro.

Frequentemente os minerais opacos nestas rochas estão dispostos como bandas milimétricas e descontínuas, ambos orientados segundo a foliação.

As características texturais do itabirito da região estudada variam segundo a concentração dos principais óxidos de ferro: hematita lamelar, granular e magnetita. De acordo com a proporção desses minerais no itabirito, pode-se dividi-lo em três tipos:

Itabirito hematítico lamelar

Rochas que possuem proporção de hematita lamelar maior que o dobro da quantidade de hematita granular e/ou magnetita. Quando presente, o bandamento nestas rochas é bastante difuso, de espessura milimétrica, e em geral as bandas de óxido de ferro são submilimétricas e descontínuas (**Figura 4.16C**).

Itabirito hematítico lamelar e granular

Rochas cuja proporção de hematita granular é superior a metade da quantidade de hematita lamelar. Observa-se que o bandamento nestas rochas é mais marcante que nas amostras de itabirito hematítico lamelar (**Figura 4.15D**). O itabirito hematítico lamelar e granular e o itabirito lamelar ocorrem interdigitados dentro da camada de BIF, onde predomina o segundo.

Itabirito magnetítico

Itabiritos onde o óxido de ferro predominante é a magnetita. São encontrados próximo ao contato com os anfíbolitos, como camadas de espessura centimétrica. Próximo a este contato também se observa que a granulação da rocha, que em geral é fina, passa a média a raramente grossa, com destaque para os granoblastos de magnetita. O itabirito magnetítico é o que possui maior quantidade de silicatos, sendo eles anfíbólio, epidoto, biotita, mica branca e clorita. Os silicatos ocorrem em geral associados a magnetita. Magnetita está predominantemente presente como granoblastos subédricos a euédricos, e raramente eles ocorrem com hábito alongado orientados segundo a foliação da rocha, sendo esta definida principalmente pela orientação dos silicatos e de cristais recristalizados e poligonais de quartzo. Por isso, acredita-se que a magnetita seja um mineral sin a pós-tectônico. O contato entre clorita e magnetita varia de reto a ondulado, com reentrâncias de um mineral no outro, o que indica que eles se desenvolveram ao mesmo tempo, ou que um se formou à custa do outro (**Figura 4.15E**).

Quando presente na BIF, o anfíbólio ocorre disposto paralelamente a foliação, e em geral com inclusões de hematita, o que indica que formou-se depois do óxido de ferro (**Figura 4.15F**). A composição química do anfíbólio foi obtida a partir de análises quantitativas em microsonda eletrônica (**Anexo IV**). O anfíbólio possui composição predominante de magnésio-hornblenda e subordinadamente tchermakita, semelhante ao observado no anfíbólio da Unidade A, conforme ilustra o diagrama de classificação de Leake *et al.* (1997), presente na **Figura 4.16**. Apresenta como produtos de alteração clorita ± epidoto ± argilominerais ± goethita ± sericita.

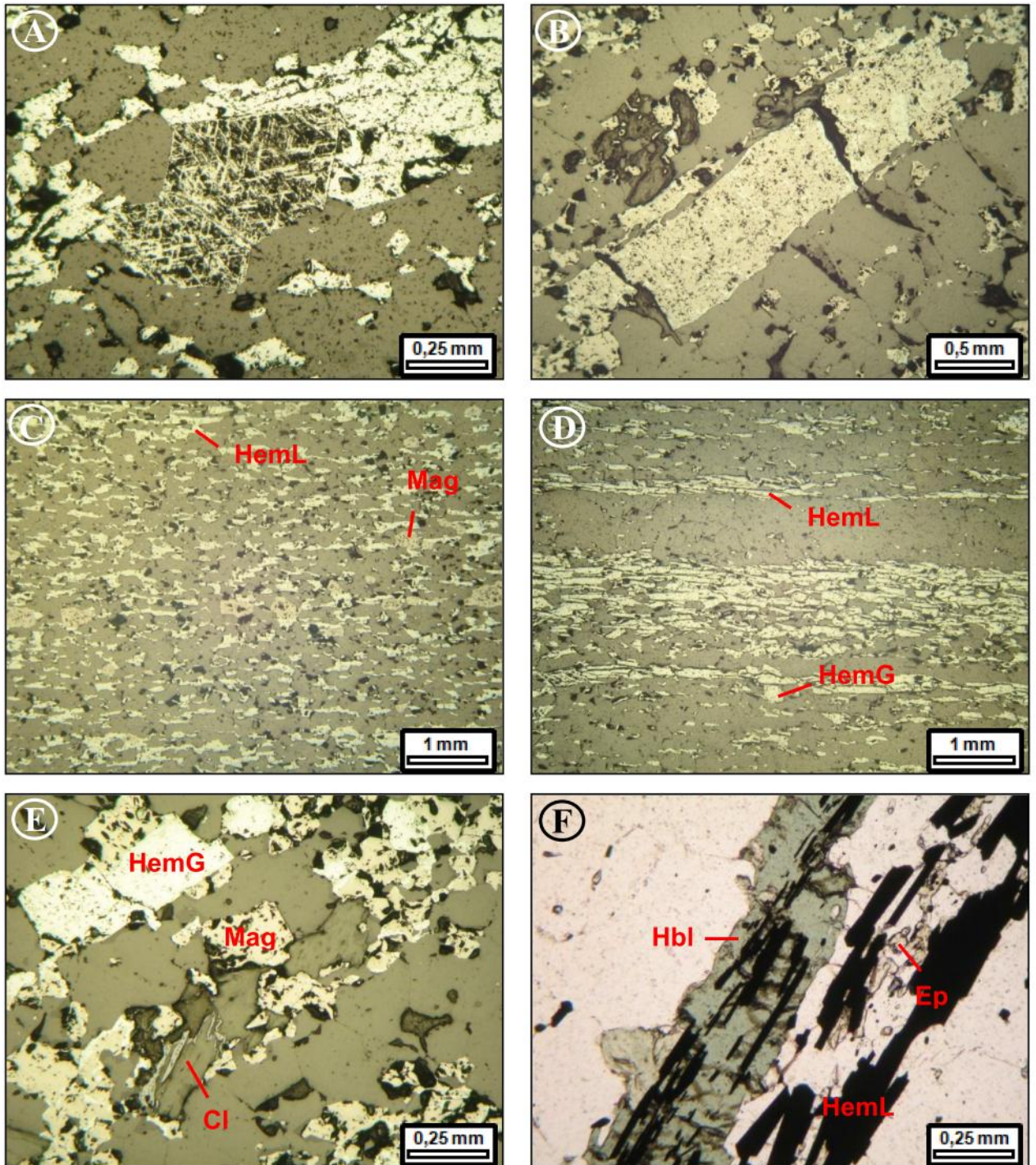


Figura 4.15 – Fotomicrografias que exibem as características microscópicas dos itabiritos. (A) Hematita em martita disposta sobre a foliação, (Amostra FSD-010-69,45, luz refletida, nicóis paralelos); (B) Magnetita com borda oxidada e hábito alongado paralelamente a foliação do itabirito, (Amostra MOES-RPC-FSD-002-501, luz refletida, nicóis paralelos); (C) Itabirito hematítico lamelar, (Amostra MOES-FSB-FSD-003-503, luz refletida, nicóis paralelos); (D) Itabirito hematítico lamelar e granular, (Amostra FSD-014-181,45, luz refletida, nicóis paralelos); (E) Itabirito magnetítico, (Amostra MOES-RPC-FSD-002-501, luz refletida, nicóis paralelos); (F) Detalhe em cristais de hematita lamelar inclusos na hornblenda (Amostra FSD-008-79,25, luz transmitida, nicóis paralelos). Abreviaturas: HemL – hematita lamelar, HemG – hematita granular, Mag – magnetita, Cl – clorita, Hbl – hornblenda, Ep – epidoto.

Conforme dados descritos acima, constata-se que o itabirito da Serra do Morro Escuro é predominantemente especularítico, ocasionalmente com hematita granular e lobular, apresentando-se magnetítico localmente. Existem aparentemente diversas gerações de magnetita, sendo predominante a que ocorre como blastos sobre a hematita, a qual se concentra próximo ao contato com os ortoanfibolitos, formando assim os itabiritos magnetíticos.

A partir das relações texturais, propõem-se uma sequência de gerações dos minerais metamórficos dos itabiritos ao longo do tempo, conforme exhibe a **Figura 4.17**. Acredita-se que a martita formou-se de duas maneiras: pela ação de fluidos meteóricos, o que a relaciona a ação intempérica; e, principalmente, devido a ação de fluidos metamórficos, o que correlaciona sua formação ao principal evento metamórfico regional, a orogênese Brasileira.

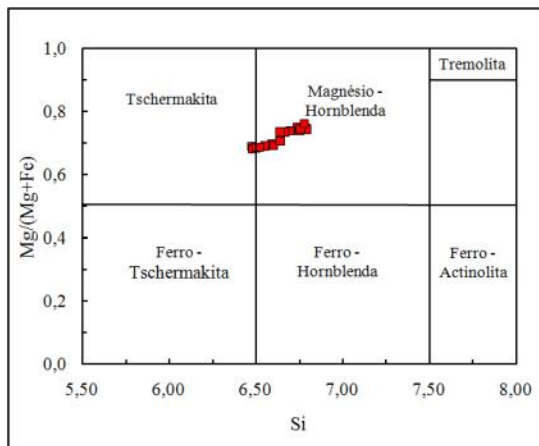


Figura 4.16 – Diagrama de classificação dos anfibólios (Leake *et al.* 1997), das amostras 009-001 e 008-79,25.

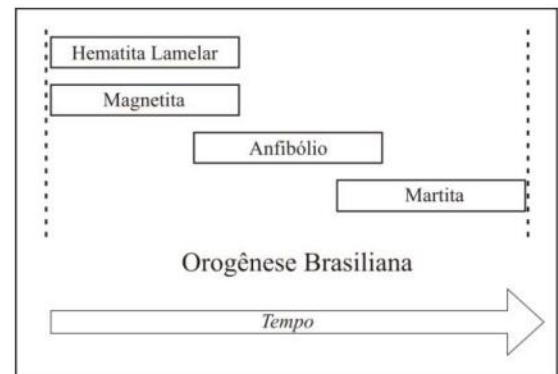


Figura 4.17 – Esquema da geração dos óxidos de ferro do itabirito da Serra do Morro Escuro.

No contexto regional, as características texturais e mineralógicas da BIF de Morro Escuro se assemelham com as do quartzo itabirito da Formação Cauê presente na porção leste do Quadrilátero Ferrífero (Rosière & Chemale 2000, Pires 1995) e principalmente com o quartzo itabirito do Grupo Serra da Serpentina, presente em Morro do Pilar (Rolim em preparação), Serra da Serpentina (Dossin 1985) e na Serra do Sapo (Zacchi 2010). Porém destaca-se que em Morro Escuro as porções enriquecidas em ferro são bastante restritas, relacionadas a pequenas zonas de cisalhamento, enquanto que na Serra do Sapo, Serra da Serpentina e Morro do Pilar, corpos especularíticos apresentam de 100 a 300 m de comprimento e 10 a 30 m de largura (Rolim & Rosière 2011), e no leste do QF estes corpos apresentam comprimento quilométrico e espessura de dezenas de metros (Rosière *et al.* 2008).

4.1.5. Unidade D

Esta unidade é representada por metaconglomerado que ocorre na porção mais alta da Serra do Morro Escuro, e que juntamente com a formação ferrífera são o sustentáculo do relevo da serra (**Figura 4.13**). O contato com a formação ferrífera é gradual, marcado pela presença de quartzito ferruginoso.

O metaconglomerado possui matriz predominantemente quartzítica, e seus clastos são de quartzo, quartzito e formação ferrífera, arredondados e com baixa esfericidade. Na maior parte das ocorrências estes clastos estão extremamente deformadas, dando à rocha a aparência de possuir bandamento composicional (**Figura 4.18A, B**). Localmente estes clastos ocorrem dobrados (**Figura 4.18C**). Os clastos de formação ferrífera estão em geral mais deformados/estirados que os de quartzo e quartzito. O metaconglomerado ocorre frequentemente com predomínio de clastos em relação a matriz, porém ocorrem também o contrário (**Figura 4.18D**).

A matriz do metaconglomerado, assim como a do quartzito ferruginoso, possuem como minerais essenciais, além de quartzo, mica branca, cianita, óxidos de ferro (hematita lamelar, granular, lobular e magnetita), e raramente anfibólio. Os minerais acessórios são zircão, hematita granular e lobular, apatita e epidoto. O mineral de alteração comum é a goethita, que aparece nas bordas e planos de clivagem da mica e anfibólio, entre grãos de quartzo, e na borda dos óxidos de ferro. Sericita também ocorre como mineral produto da alteração do anfibólio. Estas rochas estão foliadas, sendo esta definida principalmente pela orientação de grãos recristalizados de quartzo, mica branca, cianita e hematita lamelar (**Figura 4.19A, B**).

4.1.6. Unidade E

A unidade E é representada por quartzito grosseiro que ocorre na parte oeste da área como uma camada de direção NE-SW (**Anexo I**), sustentando o relevo da Serra do Areal (**Anexo II**). Este litotipo também foi encontrado fora da área estudada, 2 km a leste da borda sudeste, como uma camada de direção N-S. Em mapa do Projeto Espinhaço (Grossi Sad *et al.* 1997) tal camada foi mapeada como formação ferrífera bandada.

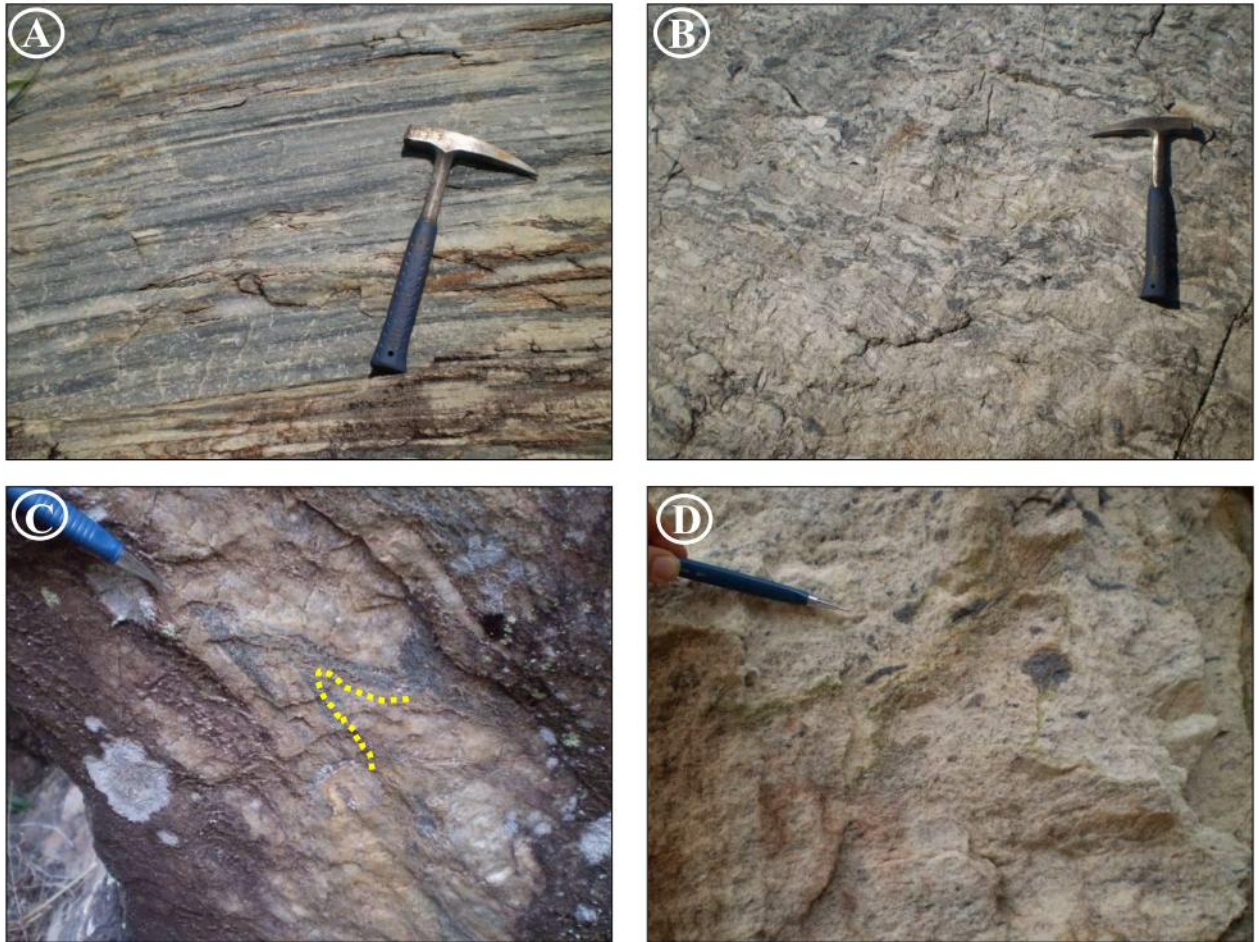


Figura 4.18 – Características macroscópicas do metaconglomerado. (A) Metaconglomerado com clastos extremamente estirados, Ponto FSB-091 (UTM-697684/7854805); (B) Metaconglomerado com clastos pouco estirados, ponto FSB-093 (UTM- 697910 /7854999); (C) Clasto de formação ferrífera dobrado, ponto FSB-117 (UTM- 700233/7857312); (D) Metaconglomerado sustentado pela matriz, ponto FSB-106 (UTM- 696044/7854180).

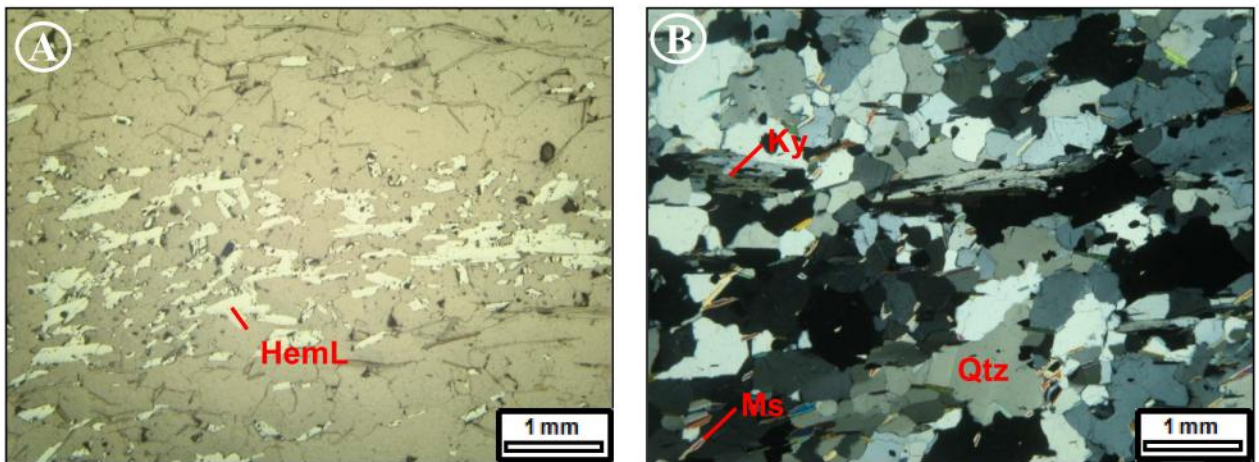


Figura 4.19 – Fotomicrografias que exibem as características microscópicas do metaconglomerado e quartzito ferruginoso. (A) Detalhe em clasto mm- de itabirito hematítico lamelar no metaconglomerado (Amostra MOES-FSB-FSD-012-501, luz refletida, nicóis paralelos); (B) Aspecto textural do quartzito, com foliação conferida pela orientação de cristais

recristalizados de quartzo, mica, cianita e óxidos de ferro (Amostra MOES-FSB-PTG-091-002, luz transmitida, nicóis cruzados). Abreviaturas: HemL – hematita lamelar, Qtz – quartzo, Ky – cianita, Ms – mica branca.

O quartzito possui granulação grosseira e coloração bege claro a branco. Os grãos variam de subarredondados a subangulosos, com predomínio de subangulosos, com alta esfericidade (**Figura 4.20A**). A mineralogia predominante é quartzo e localmente observam-se como acessórios algum óxido de ferro, cianita e mica branca. Localmente ocorrem mica-quartzito xistos intercalados ao quartzito.

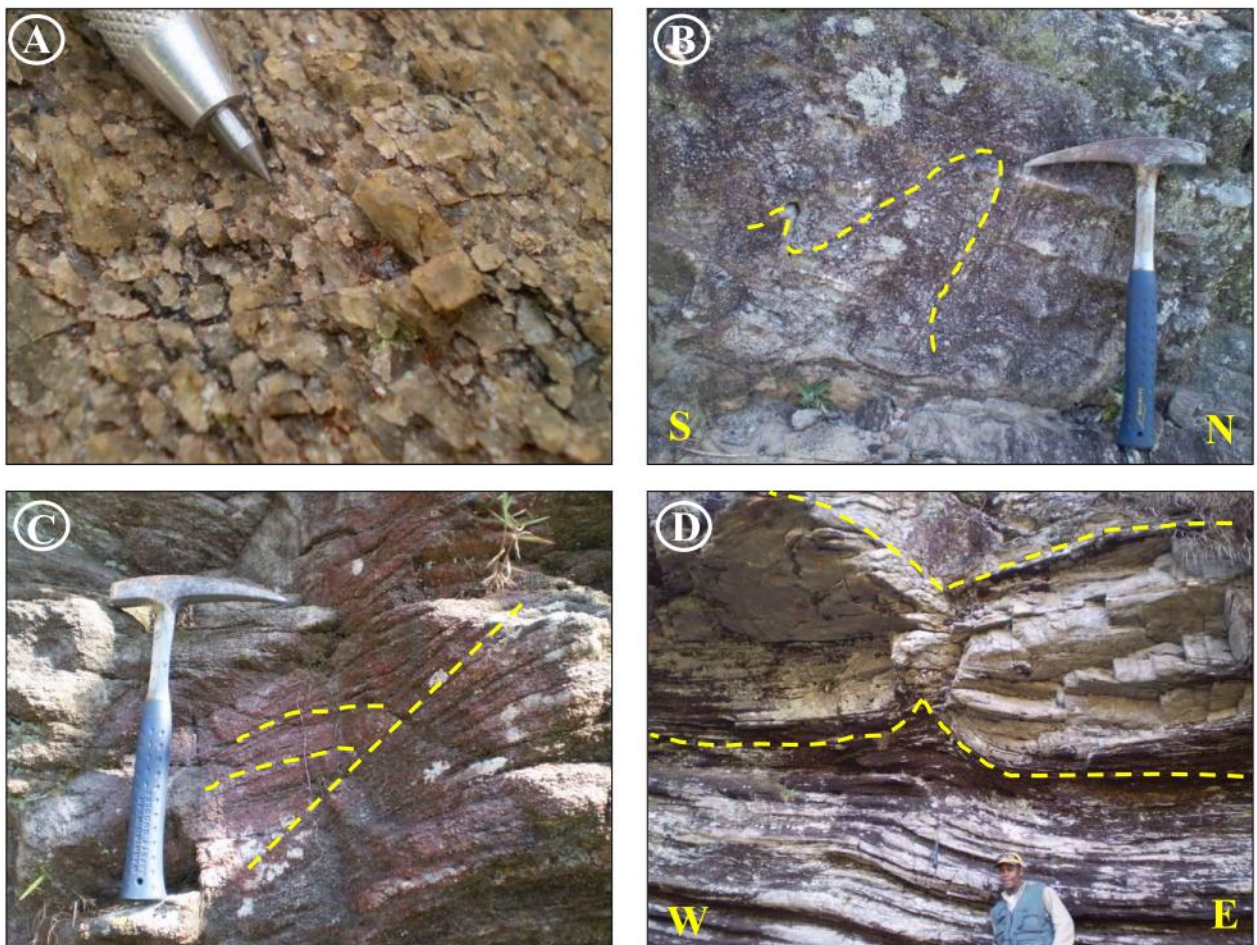


Figura 4.20 – Características macroscópicas do quartzito grosseiro. (A) Detalhe do quartzito, mostrando sua granulação grosseira, Ponto FSB-057 (UTM- 703586/7849756); (B) Dobra fechada no quartzito, com plano axial de orientação 140/50, Ponto FSB-049 (UTM- 693352/7854727); (C) Quartzito grosseiro com estratificação cruzada acanalada, Ponto FSB-049 (UTM- 693352/7854727); (D) Quartzito grosseiro *boudinado*, Ponto FSB-107 (UTM- 694256/7855151).

O quartzito apresenta estruturas tectônicas e sedimentares. Comumente apresenta-se dobrado, fraturado e *boudinado*. Em um afloramento foi observada estratificação cruzada acanalada preservada (**Figura 4.20B, C, D**).

4.1.7. Unidade F

A unidade F é representada por diques e soleiras de ortoanfibolito, produto do metamorfismo de rocha básica intrusiva, que ocorre intercalado em todas as unidades descritas anteriormente, em contato brusco, concordante e com foliação paralela a de suas encaixantes. Aparece em toda área de estudo (**Figura 4.21 e 4.22**). Os afloramentos estão comumente intemperizados, onde se identifica frequentemente um saprólito de cor ocre (**Figura 4.21A**). Porém observa-se alguns afloramentos com rocha sã, principalmente na porção nordeste da área (**Figura 4.21B**).

Os ortoanfibolitos são rochas de granulação fina a média, raramente grossa, textura nematogranoblástica, compostas por hornblenda, plagioclásio, quartzo, biotita, epidoto, titanita, ilmenita com lamelas de exsolução de hematita, como minerais principais (**Figura 4.22**). Esta exsolução pode ser indicativo do rápido resfriamento sofrido pelo magma. O plagioclásio ocorre maclado ou não, quando não maclado é identificado pelo seu zonamento composicional. Apresentam-se, em geral, com alto grau de saussuritização e sericitização. Hornblenda ocorre como cristais euédricos a anédricos, localmente poiquiloblásticos, em geral bastante alterada, gerando principalmente biotita e esta por vezes clorita.



Figura 4.21 – Características macroscópicas do ortoanfibolito. (A) Saprólito de anfibolito, Ponto FSB-182 (UTM-699529/7853308); (B) Lajedo de anfibolito fresco, Ponto FSB-183 (UTM-698139/7850629).

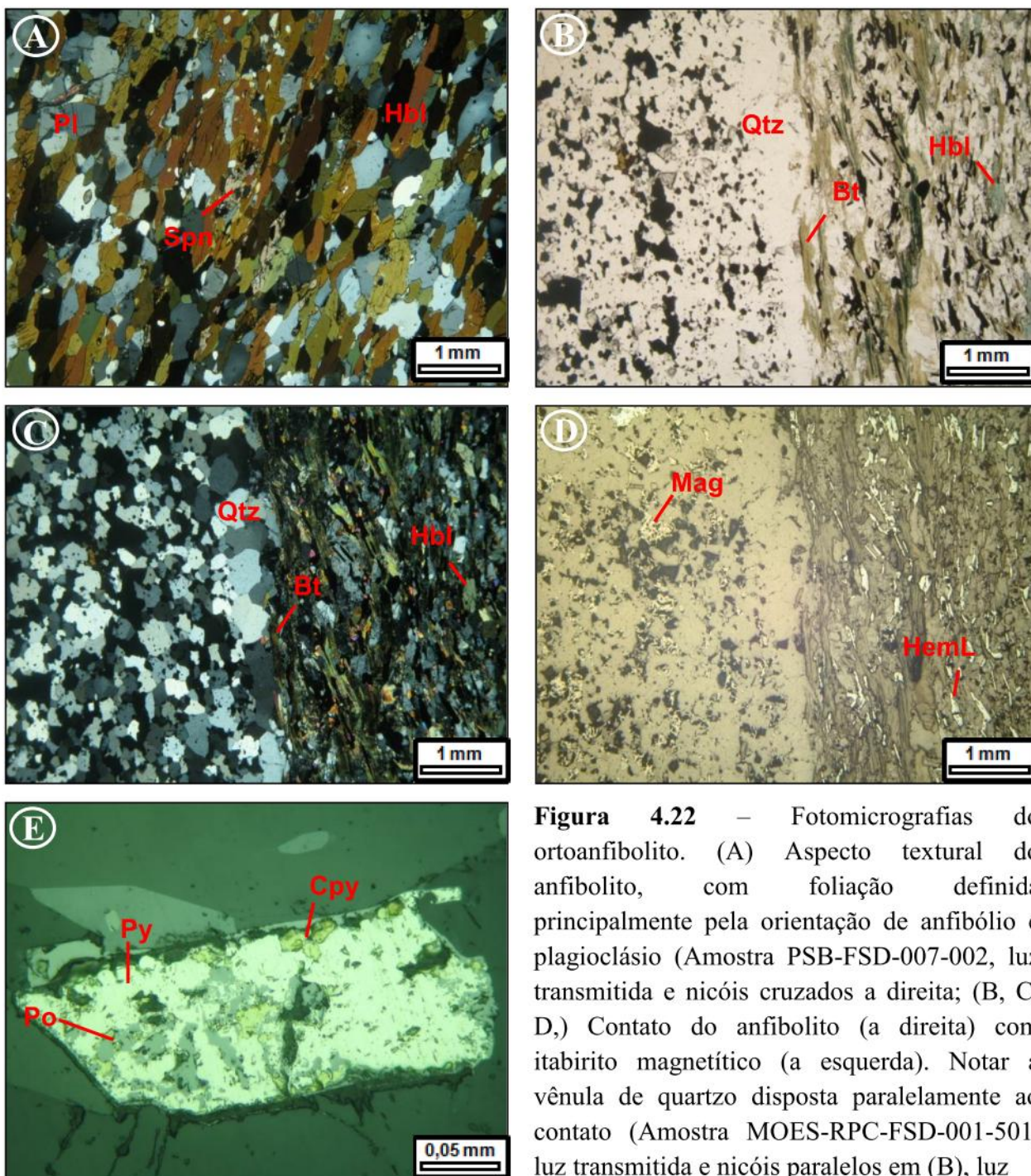


Figura 4.22 – Fotomicrografias do ortoanfíbrito. (A) Aspecto textural do anfíbrito, com foliação definida principalmente pela orientação de anfíbólio e plagioclásio (Amostra PSB-FSD-007-002, luz transmitida e nicóis cruzados a direita; (B, C, D,) Contato do anfíbrito (a direita) com itabirito magnético (a esquerda). Notar a vênula de quartzo disposta paralelamente ao contato (Amostra MOES-RPC-FSD-001-501, luz transmitida e nicóis paralelos em (B), luz

transmitida e nicóis cruzados em (C), luz refletida e nicóis paralelos em (D); (E) Associação de pirita, calcopirita e pirrotita (Amostra PSB-FSD-007-002, luz refletida, nicóis paralelos). Abreviaturas: Pl – plagioclásio, Hbl – hornblenda, Spn – titanita, Qtz – quartzo, Bt – biotita, Mag – magnetita, HemL – hematita lamelar, Py – pirita, Cpy – calcopirita, Po – pirrotita.

Os minerais acessórios são sulfetos, magnetita, apatita, allanita, zircão e rutilo. A rocha contém grande variedade de sulfetos entre eles pirita, calcopirita, pirrotita, arsenopirita, pentlandita, esfalerita e bornita (**Figura 4.22E**). Estes sulfetos frequentemente ocorrem como agregados ou cristais isolados dispersos pela rocha e orientados segundo a foliação. Porém,

localmente, estes sulfetos também ocorrem associados a vênulas de quartzo o que indica que podem ser em parte de origem hidrotermal tardia a injeção dos ortoanfibolitos.

Os minerais que são produtos de alteração são clorita (alteração da biotita), sericita, argilominerais, carbonato, clinozoisita (alteração dos plagioclásios) e goethita (alteração dos sulfetos e óxidos).

4.1.7. Unidade G

Rochas básicas isotrópicas, de composição gabróica, coloração verde escura tem ocorrência restrita na área de estudo, e cortam principalmente as rochas gnáissicas e graníticas. Estas rochas afloram como blocos e matacões imersos em solo, os quais apresentam nas bordas estrutura de acebolamento (**Figura 4.23A**). Possuem textura fanerítica média a fina, subofítica, equigranular (**Figura 4.23A, B**). Os minerais essenciais são plagioclásio, piroxênio, minerais opacos e olivina. Serpentina, iddingsita e goethita são produtos de alteração da olivina.

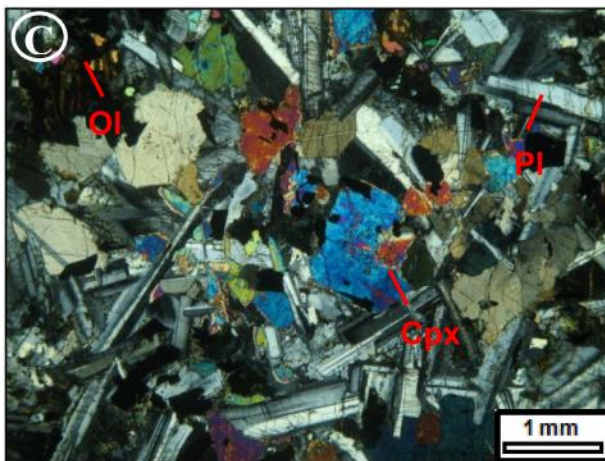


Figura 4.23 – Características macro e microscópicas da rocha básica. (A) Afloramento contendo matacões de rochas básicas, com estrutura de acebolamento, imersos em solo avermelhado. Ponto FSB-001 (UTM-697280/7849088); (B) Detalhe em amostra de mão de um olivina gabro. Ponto FSB-050 (UTM-693196/7855185). (C) Fotomicrografia que exibe a textura fanerítica fina, subofítica, equigranular do olivina gabro (Amostra MOES-FSB-PTG-050, luz transmitida, nicóis cruzados).

Abreviaturas: Ol – olivina, Pl – plagioclásio, Cpx – clinopiroxênio.

Tabela 4.2 - Resumo das características macroscópicas e microscópicas das principais rochas que compõem a Serra do Morro Escuro.

<i>Litotipo</i>	<i>Descrição macroscópica</i>	<i>Descrição microscópica</i>		
		<i>Minerais principais</i>	<i>Minerais acessórios e de alteração</i>	<i>Textura e micro-estrutura</i>
<i>Metagranitóides e gnaisses</i>	Rocha de coloração rosada, bege e cinza, foliada (metagranitóide), isotrópica (granitóide) e bandada (gnaisse).	Quartzo, plagioclásio, microclina, mica branca e biotita.	- acessórios: clorita, allanita, zircão, apatita, titanita, epidoto, clinozoisita, turmalina, fluorita, rutilo e minerais opacos. (magnetita, hematita, ilmenita, pirita, calcopirita, pirrotita). - alteração: carbonato, clinozoisita, sericita, argilominerais, goethita.	Textura granolepidoblástica, presença comum de porfiroclastos de K-feldspato. Granulação fina a média, localmente grossa.
<i>Biotita-quartzo xisto</i>	Rocha cinza esverdeado, localmente rosada devido à presença de granada, granulação fina a média, foliada.	Principalmente quartzo e biotita, mas também granada, matéria carbonosa, plagioclásio, estauroлита, anfibólio, turmalina, carbonato, mica branca, clorita, ilmenita, magnetita e pirrotita.	- acessórios: grafita, titanita, sulfetos (calcopirita, pirrotita, pirita, arsenopirita, esfalerita), zircão, apatita, hematita, magnetita, ilmenita, epidoto. - alteração: argilominerais, epidoto, clorita, sericita, goethita, rutilo.	Textura predominantemente granoblástica e/ou lepidoblástica, localmente nematoblástica devido à presença de anfibólio. A foliação comumente sinuosa localmente crenulada. Estauroлита localmente com textura decussada. Granada ocorre com hábito alongado e como poiquiloblastos com textura “bola de neve”.
<i>Anfibólio-carbonato xistos</i>	Rocha cinza-esverdeado, granulação fina a média, textura granonematoblástica, bandada.	Carbonato, anfibólio e ilmenita.	- acessórios: sulfetos (pirrotita, calcopirita, pirita, arsenopirita), magnetita, hematita e titanita. - alteração: biotita, goethita e epidoto.	Rocha com bandamento marcado pela alternância de bandas de carbonato com bandas de anfibólio. Granulação fina a média.
<i>Quartzo-mica xistos e quartzitos micáceos</i>	Rocha bege a cinza claro, granulação fina a média, foliada.	Quartzo, mica branca/sericita, biotita, cianita e localmente epidoto, hematita (lamelar, granular e martita), magnetita e carbonato.	- acessórios: ilmenita, apatita, turmalina, zircão, titanita, clorita e clinozoisita. - alteração: goethita, argilominerais e rutilo.	Rocha com textura lepidogranoblástica.

<i>Formação ferrífera bandada</i>	Rocha cinza, granulação fina a média, com bandamento de espessura milimétrica.	Quartzo, hematita lamelar, hematita granular, magnetita, hematita em martita, hematita lobular e raramente, anfibólio e epidoto.	-acessórios: mica branca/sericita, clorita e apatita, e raríssimas vezes rutilo, allanita, epidoto, zircão, pirita, calcopirita e biotita. -alteração: comumente goethita e argilominerais, produtos da hidratação dos óxidos de ferro devido ao intemperismo.	Textura granoblástica raramente granonematoblástica (quando possui anfibólio). Granulação média a fina, localmente grossa devido à presença de granoblastos de magnetita.
<i>Metaconglomerado</i>	Metaconglomerado: Rocha cinza a branca, de matriz predominantemente quartzítica, localmente enriquecida em mica, com cianita e algum óxido de ferro dispersos. Os clastos são de quartzo, quartzito e formação ferrífera, arredondados e de baixa esfericidade. Na maior parte das ocorrências estes clastos estão extremamente deformados. Localmente estes clastos ocorrem dobrados. Quartzito ferruginoso: Rocha de cor cinza médio, granulação média a fina, composta por quartzo, mica branca, cianita e hematita.	Quartzo, mica branca/sericita, cianita, óxidos de ferro (hematita lamelar, granular, lobular e magnetita), e raramente anfibólio.	- acessórios: zircão, hematita granular e lobular, apatita e epidoto. -alteração: comumente é a goethita, que aparece nas bordas e planos de clivagem da mica e anfibólio, entre grãos de quartzo, e na borda dos óxidos de ferro.	Textura granolepidoblástica. Grãos de quartzo bastante recristalizados, com constante formação de sub-grãos.
<i>Anfibolito</i>	Rocha verde escuro, granulação fina a média, foliado.	Hornblenda, plagioclásio, quartzo, biotita, epidoto, titanita, ilmenita com lamelas de exsolução de hematita.	-acessórios: sulfetos (pirita, calcopirita, pirrotita, arsenopirita, pentlandita, esfalerita e bornita), magnetita, apatita, allanita, zircão, rutilo. - alteração: clorita, sericita, argilominerais, carbonato, goethita e clinzoisita.	Textura nematogranoblástica, granulação variável entre fina e média.
<i>Gabros/Diabásios</i>	Rocha isotrópica, fanerítica média a fina, equigranular, cor cinza escuro esverdeado, composta por plagioclásio, piroxênio e olivina.	Plagioclásio, piroxênio, minerais opacos e olivina	- alteração: serpentina, iddingsita e goethita.	Textura fanerítica fina, subofítica, equigranular.

4.2. Geologia Estrutural

A sequência de Morro Escuro está localizada na porção oeste da Faixa Orogênica Araçuaí, próximo a borda leste do Cráton do São Francisco, como uma fatia tectônica alóctone estruturada por empurrões imbricados e constituída por supracrustais entre fatias de rochas cristalinas do Complexo Basal que na região recebe o nome de Complexo Dona Rita (Grossi Sad *et al.* 1997). As características estruturais da área resultam da inversão tectônica que afetou toda a borda do Cráton do São Francisco, durante o evento orogênico Brasileiro (650-550 Ma).

Grossi Sad *et al.* (1997) reconheceu na porção sudeste da Folha Conceição do Mato Dentro (escala 1:100.000), região onde localiza-se a Serra do Morro Escuro, que as rochas gnáissicas do Grupo Guanhães e os granitos da Suíte Borrachudos apresentam S_n com atitude em torno de $N40^\circ E/40^\circ NW$. Esta atitude difere da encontrada nos gnaisses e granitos do restante da Folha, que de acordo com Guimarães (1992) exibem S_n de direção geral E-W, com mergulhos para N ou S, e é cortada por outra foliação de direção N-S, com vergência para W.

O trabalho de Pagung de Carvalho *et al.* (2011) descreve que a região de Morro Escuro apresenta empurrões de orientação NE-SW vergentes para SE, distintos da cinemática geral da borda leste da Serra do Espinhaço, que apresenta vergência para W. Tal orientação é interpretada pelos autores como produto de retro-cavalgamento.

Falhas normais/fraturas de direção NW-SE e alto ângulo de mergulho cortam as estruturas anteriores, e resultam em lineamentos quilométricos, conforme citado por Pagung de Carvalho *et al.* (2011).

4.2.1. Estruturas planares e lineares

A deformação dúctil é caracterizada por uma foliação regional principal (S_n), definida nas rochas graníticas e gnáissicas pela orientação de filossilicatos, quartzo e feldspato recristalizado; nas metabásicas pelo alinhamento de anfibólio e plagioclásio; na formação ferrífera pela presença de hematita lamelar e quartzo recristalizado, e no restante das supracrustais pela orientação de filossilicatos, cianita e quartzo. A S_n é em geral paralela ao bandamento nos gnaisses e da formação ferrífera. No embasamento também observa-se localmente estruturas migmatíticas do tipo estromática e dobrada.

Conforme observa-se no diagrama da **Figura 4.24**, os pólos dos planos de S_n do embasamento e supracrustais da Serra do Morro Escuro indicam a presença de uma dobra de

caráter regional com plano axial vergente para SE. Esta estrutura presente na Serra do Morro Escuro, é interpretado como um megasinclinal (Pagung de Carvalho *et al.* 2010) – ver perfil geológico no mapa geológico no **Anexo I**.

Na porção oeste da área estudada, no local denominado Serra do Areal, o Complexo Dona Rita esta cavalgado sobre o quartzito da Unidade E na parte sul da serra, movimento de vergência para NW (**Anexo I**). Nessa serra S_n apresenta direção NE-SW e mergulho para SE. Na porção norte da Serra do Areal o contato do quartzito com o embasamento é caracterizado por uma zona de cisalhamento transcorrente dextral, movimento este identificado principalmente pela presença de vênulas sigmoidais da quartzito (**Anexo I**).

Na região NE da área estudada a estratigrafia encontra-se invertida, S_n apresenta direção NE-SW e mergulho para WNW, conforme exhibe o perfil AA' presente no mapa geológico do **Anexo I**.

Indicadores cinemáticos tais como vênulas de quartzito e cristais de hematita com geometria sigmoidal e a lineação de estiramento dos clastos de quartzito do metaconglomerado, definem a existência de uma zona de cisalhamento transcorrente sinistral, de orientação NE-SW ao longo da porção central da Serra do Morro Escuro (**Anexo I**).

O itabirito encontra-se internamente deformada, com transposição do acamamento, e desenvolvimento de foliação (S_{n-1}) plano axial as dobras fechadas e isoclinais intrafoliais (**Figura 4.26**).

A lineação mineral é definida pela orientação de filossilicatos, cianita, hematita e anfibólios e apresenta duas atitudes predominantes, uma com mergulho para NNE e outra para NW (**Figura 4.25**).

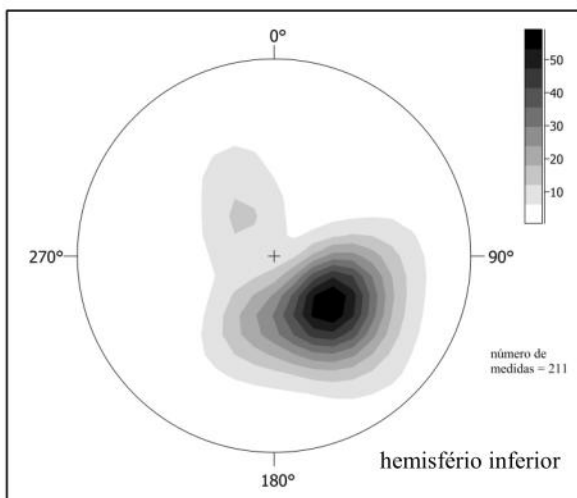


Figura 4.24 – Diagrama de contorno de densidade dos pólos de S_n .

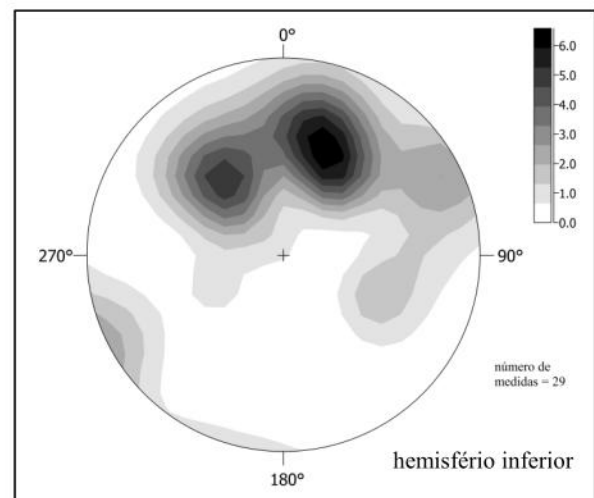


Figura 4.25 – Diagrama de contorno de densidade dos pólos da lineação mineral.

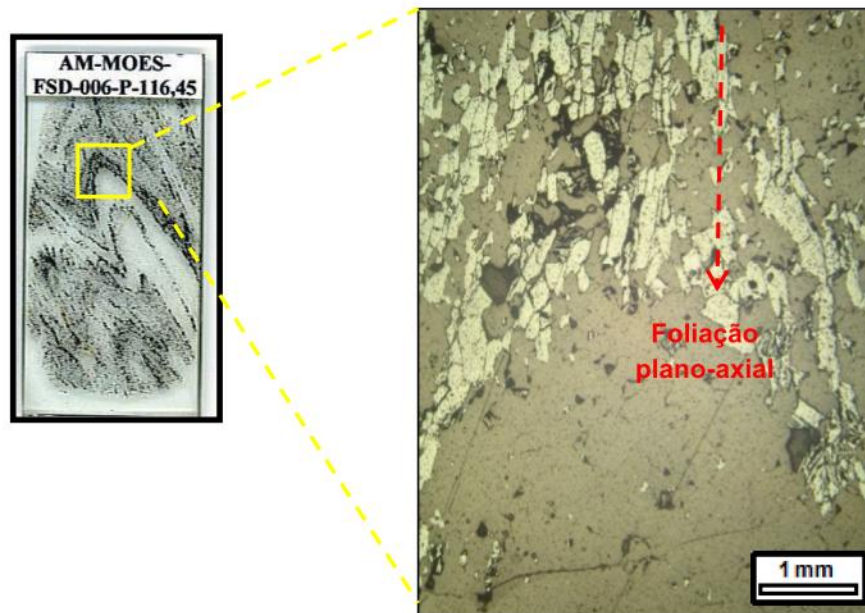


Figura 4.26 – Detalhe na zona de charneira de dobra intrafolial com foliação plano-axial.

4.2.2. Fraturas/Falhas

As estruturas rúpteis da área são fraturas/falhas de direção NW-SE, sub-verticais, que provavelmente serviram de conduto para a intrusão dos diques gabróicos da Unidade G (**Figura 4.27**). Estas estruturas são interpretadas como de idade cretácea, correlacionada ao evento de abertura do oceano Atlântico sul.

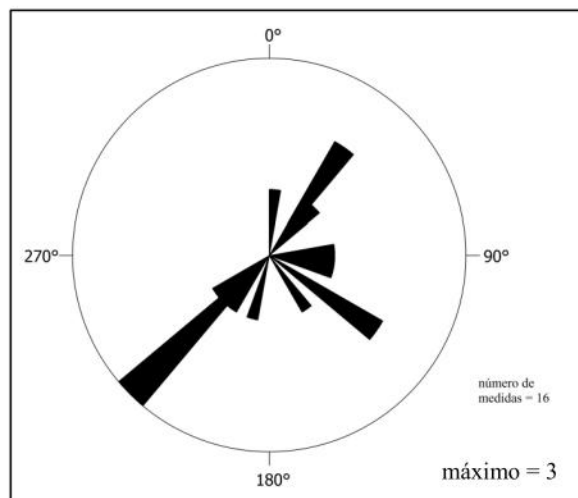


Figura 4.27 – Diagrama de roseta indicando a direção preferencial das estruturas rúpteis da área estudada.

4.3. Metamorfismo

A partir da análise petrográfica das lâminas delgadas (**Anexo III**) e estudo das paragêneses minerais em equilíbrio, realizou-se uma análise qualitativa do metamorfismo regional ao qual foi submetido as rochas metamórficas da Serra do Morro Escuro. A fim de refinar os dados qualitativos do metamorfismo regional, foram realizadas análises semi-quantitativas, utilizando cálculos geotermobarométricos, em três amostras pelíticas da Unidade A. Esta unidade possui paragênese mais diversificada que as demais, e portanto, gera cálculos mais precisos. Tais dados permitem determinar com considerável exatidão o pico metamórfico sofrido pela formação ferrífera bandada e suas encaixantes.

4.3.1. Análise qualitativa

A análise qualitativa do metamorfismo regional baseou-se na individualização das paragêneses minerais de cada unidade, desenvolvidas sin-cinemáticas a foliação regional, gerada durante a orogênese brasileira, conforme listado na **Tabela 4.4**.

Unidade	Paragênese	Estimativa qualitativa do grau metamórfico
Complexo Dona Rita e Suíte Borrachudos	Qtz + Pl + Mc + Bt + Ms ± Ep	Anfibolito
Unidade A	1) Qtz + Bt + Grt + Ky + Ms 2) Qtz + St + Grt + Bt + Gr 3) Qtz + Hbl + Gr + Grt + Bt + Ms + Pl 4) Qtz + Bt + Pl 5) Qtz + Bt + Grt + Ep 6) Qtz + Bt + Grt + Pl + Gr + St + Ep 7) Cb + Tr/Act	Xisto verde a anfibolito
Unidade B	1) Qtz + Ms + Ep ± Bt 2) Qtz + Ms + Ky ± Ep	Xisto verde a anfibolito
Unidade C	Qtz + Hem + Mag ± Hbl	Anfibolito
Unidade D	1) Qtz + Ms ± Ep ± Hbl 2) Qtz + Ms + Ky + Hbl	Anfibolito
Unidade F	Hbl + Pl + Qtz ± Bt ± Ep	Anfibolito

Tabela 4.4 – Paragêneses minerais sin-cinemáticas à foliação regional de cada unidade estratigráfica da Serra do Morro Escuro. Abreviaturas: Qtz – quartzo, Pl – plagioclásio, Ms – mica branca, Bt – biotita, Mc – microclina, Ep – epidoto, Grt – granada, Ky – cianita, St – estaurolita, Gr – grafita, Hbl – hornblenda, Cb – carbonato, Tr – tremolita, Act – actinolita, Hem – hematita, Mag – magnetita.

O conjunto de paragêneses minerais indica que o grau metamórfico da área atingiu a fácies anfibolito. As rochas do Complexo Dona Rita e da Suíte Borrachudos pertencem ao

embasamento ortoderivado, conforme sugerem a composição mineralógica e alguns cristais de microclina que mostram tendência a um *habitus* tabular magmático – provavelmente são relictos do protólito ígneo. Durante o metamorfismo houve a gnaissificação, com recristalização de quartzo e da maior parte dos feldspatos e geração da foliação metamórfica dada pela orientação preferencial de biotita. A recristalização metamórfica deu-se em condições da fácies anfíbolito, conforme indica a presença de microclina, que é o feldspato alcalino comum em gnaisses desta fácies. Por fim, ocorreu incipiente alteração retrometamórfica, com geração de clorita, sericita, carbonato e, provavelmente, das auréolas de epidoto em torno da allanita.

Os xistos semi-pelíticos a pelíticos, especialmente aqueles da Unidade A, mostram que a foliação principal S_1 originou-se sob condições metamórficas da fácies anfíbolito, zona da estaurolita e, mais raramente, zona da cianita. Pelitos da zona da estaurolita contêm tipicamente a associação *estaurolita* \pm *granada* \pm *biotita* \pm *muscovita* \pm *quartzo* \pm *plagioclásio* (Yardley 2004). Estaurolita caracteriza-se como fase diagnóstica para metamorfismo da fácies anfíbolito de rochas metapelíticas com alto teor de Al e pobres em Ca. Este mineral desenvolve-se em um intervalo relativamente restrito de P (pressão) e T (temperatura), começando a se formar a aproximadamente 550 ± 30 °C (Turner 1981). A **Figura 4.28** ilustra algumas das reações de formação de estaurolita, bem como a faixa de T e P em que estas ocorrem.

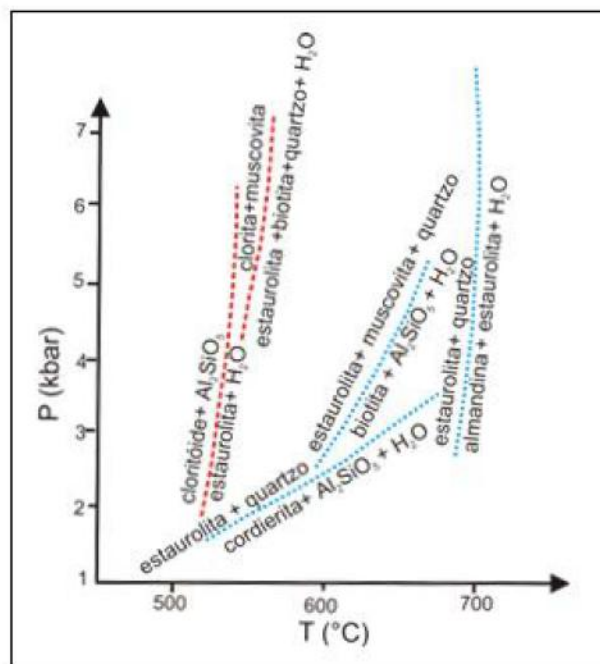


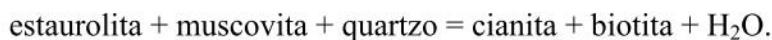
Figura 4.28 – Curvas de equilíbrio para a estaurolita (Turner 1981).

Reações comuns de formação da estauroлита enumeradas por Yardley (2004) são:

- 1) cloritóide + quartzo = estauroлита + granada + água
- 2) granada + muscovita + clorita = estauroлита + biotita + quartzo + água
- 3) clorita + muscovita = estauroлита + biotita + quartzo + água

A primeira delas é contínua e representa umas das possíveis formas de geração da estauroлита a partir da quebra do cloritóide; a segunda é descontínua e representa a reação de formação de estauroлита em rochas onde não há desenvolvimento de cloritóide. A terceira representa a formação de estauroлита adicional produzida por reação contínua envolvendo fases restantes do sistema.

Cianita é típica do metamorfismo regional de pressão média do tipo Barrowiano. A zona da cianita, de acordo com Yardley (2004), é caracterizada pela associação típica *cianita + granada + biotita + muscovita + quartzo ± plagioclásio ± estauroлита*. A formação da cianita, ainda segundo Yardley (2004), pode resultar da seguinte reação em metapelitos com minerais relativamente ricos em Mg:



Por fim, as microestruturas das amostras analisadas indicam que os minerais são sintectônicos em relação à fase de deformação que gerou a xistosidade, pois os filossilicatos, estauroлита e cianita estão orientados segundo a foliação (**Figuras 4.6 e 4.12**). A granada tem inclusões que se orientam segundo um padrão sigmoidal, que é interpretado como resultante de rotação durante um crescimento sintectônico.

4.3.2. Geotermobarometria

Os cálculos geotermobarométricos foram realizados com os *softwares* TWQ 1.02 e TWQ 2.02 (Berman 1988, 1991), sendo que o primeiro foi utilizado por ser o único que inclui anfibólios. Esses cálculos possibilitam a determinação da pressão com erro de ± 1 kbar e da temperatura com erro de ± 50 °C. A rotina utilizada foi a de Holland & Powell (1990).

Para a realização dos cálculos foram selecionadas amostras da Unidade A que continham granada + biotita ± plagioclásio ± anfibólio: (i) biotita-granada-estauroлита-quartzo xisto carbonoso (001-106,15); (ii) granada-biotita-quartzo xisto com plagioclásio (010-501); (iii) biotita-granada-anfibólio-quartzo xisto carbonoso com plagioclásio (010-133,35).

Para a quantificação de P e T foram escolhidas microanálises intermediárias a semi-bordas nos minerais da paragênese (granada, biotita, plagioclásio e granada), sin-cinmáticos à foliação regional. Dentre os diversos resultados químicos obtidos nessas análises, os efetivamente utilizados nos cálculos geotermobarométricos foram os que apresentaram melhor fechamento. Além deste critério, deu-se preferência, no caso do plagioclásio, às microanálises com maior teor de anortita, e no caso da granada àquelas com maiores teores de Mg e Fe. Plagioclásio e granada com tais características se aproximam melhor do pico metamórfico sofrido pela rocha. As análises químicas dos minerais estão presentes no **Anexo IV**.

Para a amostra de biotita-granada-estauroлита-quartzo xisto carbonoso (001-106,15), os dados obtidos das análises de granada e biotita resultaram em um geotermômetro com T entre **530 e 550 °C**, conforme ilustra o gráfico da **Figura 4.29**. A reação de equilíbrio que resultou em tal geotermômetro foi:



Esta reação independente forma, portanto, o geotermômetro biotita-granada. O *software* utilizado não gerou outras reações capazes de resultarem num intercepto, o que não permitiu nesse caso a identificação da pressão.

Na amostra de granada-biotita-quartzo xisto com plagioclásio (010-501), foram analisados plagioclásio, granada e biotita, que resultaram num geotermômetro com reação semelhante anterior, com valores de T entre **530 e 560 °C (Figura 4.30)**.

Na amostra de biotita-granada-anfibólio-quartzo xisto carbonoso com plagioclásio (010-133,35) foram feitas análises de granada, anfibólio, biotita e plagioclásio. Os cálculos resultaram em três reações independentes a partir das seguintes reações de equilíbrio:

- 1) $\text{Flogopita} + \text{Almandina} = \text{Annita} + \text{Piropo}$
- 2) $27 \text{ Quartzo-a} + 10 \text{ Flogopita} + 11 \text{ Grossulária} + 10 \text{ Almandina} + 6 \text{ Água} = 10 \text{ Annita} + 21 \text{ Anortita} + 6 \text{ Tremolita}$
- 3) $6 \text{ Albita} + 8 \text{ Almandina} + 7 \text{ Grossulária} + 8 \text{ Flogopita} + 6 \text{ Água} = 6 \text{ Pargasita} + 9 \text{ Quartzo-a} + 9 \text{ Anortita} + 8 \text{ Annita}$
- 4) $11 \text{ Grossulária} + 10 \text{ Piropo} + 27 \text{ Quartzo-a} + 6 \text{ Água} = 6 \text{ Tr} + 21 \text{ Anortita}$
- 5) $6 \text{ Albita} + 7 \text{ Grossulária} + 8 \text{ Piropo} + 6 \text{ Água} = 6 \text{ Parg} + 9 \text{ Quartzo-a} + 9 \text{ Anortita}$
- 6) $3 \text{ Pargasita} + 18 \text{ Quartzo-a} + \text{Flogopita} + 2 \text{ Grossulária} + \text{Almandina} = 3 \text{ Ab} + \text{Annita} + 6 \text{ Anortita} + 3 \text{ Tremolita}$
- 7) $9 \text{ Albita} + 17 \text{ Almandina} + 16 \text{ Grossulária} + 17 \text{ Flogopita} + 12 \text{ Água} = 9 \text{ Pargasita} + 3 \text{ Tremolita} + 24 \text{ Anortita} + 17 \text{ Annita}$
- 8) $9 \text{ Tremolita} + 13 \text{ Flogopita} + 8 \text{ Grossulária} + 13 \text{ Almandina} + 21 \text{ Albita} + 12 \text{ Água} = 13 \text{ Annita} + 72 \text{ Quartzo-a} + 21 \text{ Pargasita}$
- 9) $10 \text{ Pargasita} + 51 \text{ Quartzo-a} + 3 \text{ Grossulária} = 10 \text{ Albita} + 13 \text{ Anortita} + 8 \text{ Tremolita} + 2 \text{ Água}$
- 10) $3 \text{ Annita} + 48 \text{ Quartzo-a} + 11 \text{ Parg} = 7 \text{ Tremolita} + 3 \text{ Flogopita} + 8 \text{ Anortita} + 3 \text{ Almandina} + 11 \text{ Albita} + 4 \text{ Água}$

- 11) 3 Pargasita + 18 Quartzo-a + Piropo + 2 Grossilária = 3 Albita + 6 Anortita + 3 Tremolita
- 12) 9 Albita + 16 Grossulária + 17 Piropo + 12 Água = 9 Pargasita + 3 Tremolita + 24 Anortita
- 13) 9 Tremolita + 13 Piropo + 8 Grossulária + 21 Albita + 12 Água = 72 Quartzo-a + 21 Pargasita
- 14) 48 Quartzo-a + 11 Pargasita = 7 Tremolita + 3 Piropo + 8 Anortita + 11 Albita + 4 Água

Tais reações geraram T de cerca de **512 °C** e P de cerca de **5,9 kbar**, conforme exibido no gráfico da **Figura 4.31**.

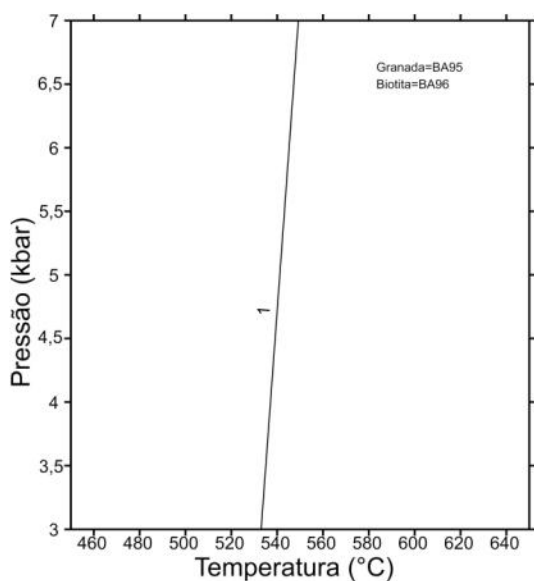


Figura 4.29 – Diagrama P-T obtido das análises de granada e biotita da amostra 001-106,15 através do *software* TWQ 2.02. A reação 1 corresponde à descrita no texto.

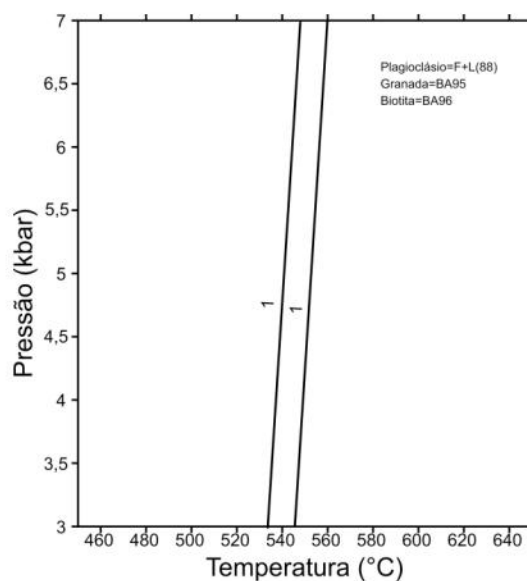


Figura 4.30 – Diagrama P-T obtido das análises de granada, biotita e plagioclásio da amostra 001-010-501, através do *software* TWQ 2.02. A reação 1 corresponde à descrita no texto.

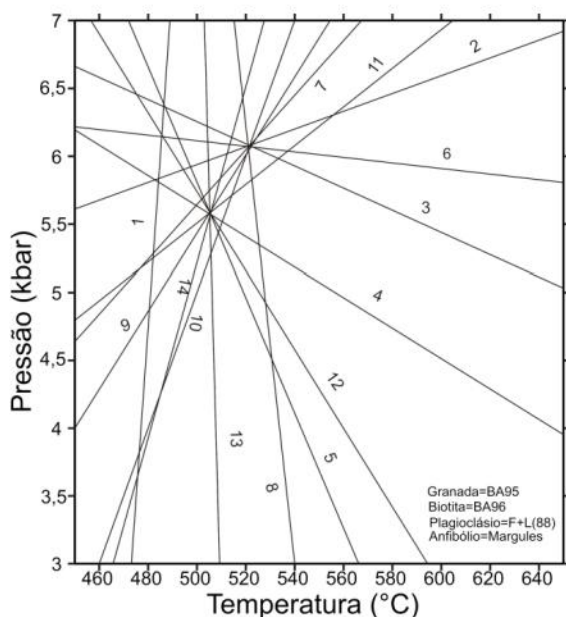


Figura 4.31 – Diagrama P-T obtido das análises de granada, biotita, plagioclásio e anfibólio da amostra 010-133,35, através do *software* TWQ 1.02. As reações numeradas de 1 a 14 são correspondentes às descritas no texto.

Considerando o intervalo de temperatura de **512 °C a 560 °C** (± 50 °C) e pressão por volta de **5,9 kbar** (± 1 kbar), obtidos pelos métodos acima citados, conclui-se que a seção sedimentar de Morro Escuro, e conseqüentemente a formação ferrífera bandada, sofreu metamorfismo sob condições da fácies anfibolito baixo a intermediário (**Figura 4.32**), de média pressão e temperatura. Os resultados estão de acordo com as observações petrográficas, descritas no item anterior.

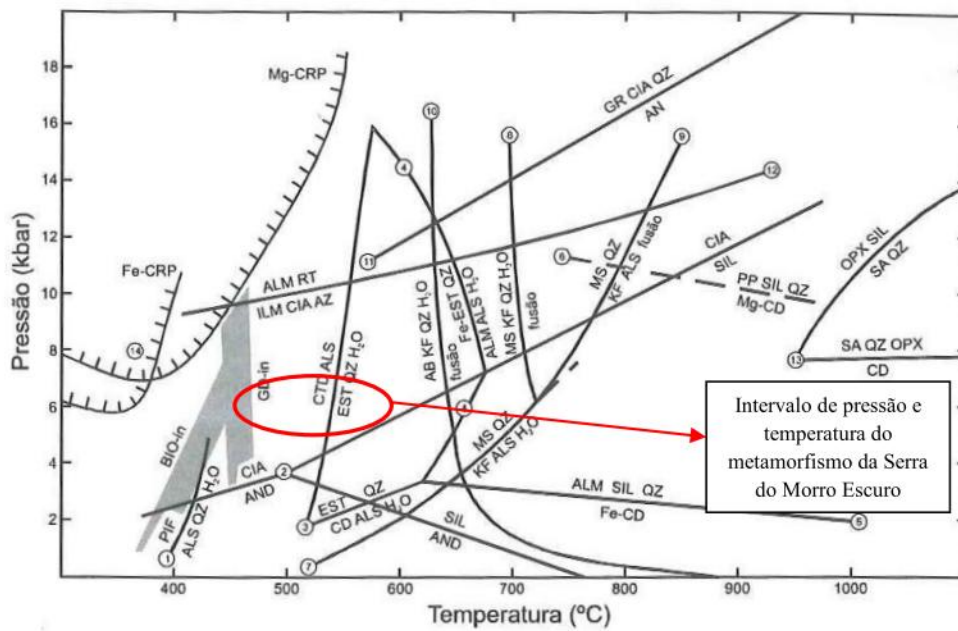


Figura 4.32 – Grade petrogenética para metassedimentos pelíticos com $P = PH_2O$ (exceto curva 9), com localização das condições de metamorfismo sofrida pelas rochas da Serra do Morro Escuro. As abreviações usadas são: AB = albita; ALM = almandina; ALS = aluminossilicato; AN = anortita; AND = andaluzita; BIO = biotita; CD = cordierita; CIA = cianita; CRF = carfolita; CTD = cloritóide; EST = estauroлита; GD = granada; GR = grossulária; ILM = ilmenita; KF = K-feldspato; MS = muscovita; OPX = ortopiroxênio; PIF = pirofilita; PP = piropo; QZ = quartzo; RT = rutilo; SIL = sillimanita. As bandas sombreadas representam as condições aproximadas das isógradas da biotita e da granada. Linhas tracejadas indicam associações metaestáveis. As incertezas experimentais são invariavelmente muito maiores que a espessura das linhas traçadas. Retirado de Yardley (2004).

5. LITOQUÍMICA

5.1. Geoquímica da formação ferrífera bandada

A abundância de dado elemento químico em rochas sedimentares é em geral o resultado da soma de frações de diversas origens, entre elas detrítica, biogênica, hidrotermal e hidrógena, cujos teores podem certamente ser afetados durante a diagênese (Piper 1994). Portanto é importante decifrar a influência de cada processo para identificar a assinatura geoquímica da água do mar, e portando do ambiente deposicional das BIF's.

Para tanto foram realizadas análises químicas em 16 amostras de itabirito, todas provenientes de testemunhos de sondagem abaixo do nível de intemperismo. A localização das amostras analisadas é exibida nas **Figuras 5.1 e 5.2**, e os resultados das análises químicas são apresentados no **Anexo V**.

5.1.1. Elementos maiores

Característica marcante da formação ferrífera analisada é a elevada concentração de Fe_2O_3 e SiO_2 em relação aos outros elementos, perfazendo em média 99,95%. O teor de SiO_2 varia entre 47,90% a 67,83%. Os teores de Fe_2O_3 e Fe_{total} variam de 28,52% a 51,47%, e 19,95% a 36,00% respectivamente. O valor de SiO_2 em algumas amostras está ligeiramente elevado em relação aos limites estipulados por Klein (2005) para formações ferríferas de 3,8 a 1,6 Ga, que é de 43% a 56%, porém os valores de Fe_{total} de todas as amostras analisadas estão dentro de tais limites, que para este elemento é de 20% a 40%. Conforme ilustra o gráfico da **Figura 5.3**, a concentração de SiO_2 e Fe_2O_3 são inversamente proporcionais.

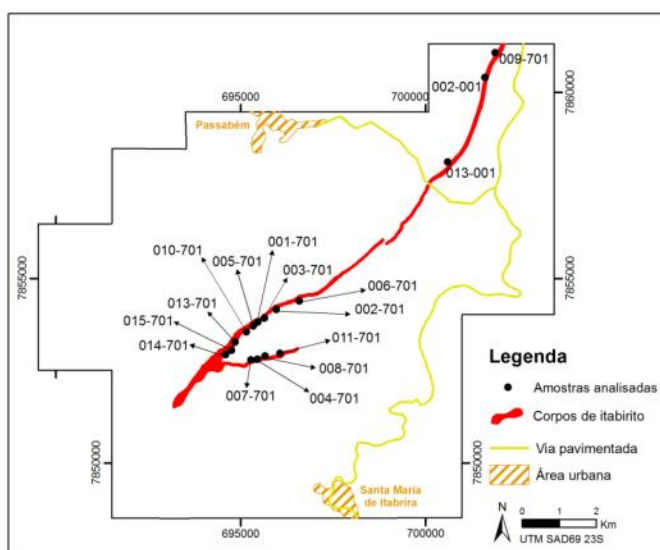


Figura 5.1 – Mapa com a localização das amostras de itabirito analisadas.

A concentração dos outros óxidos de elementos abundantes, CaO, MgO, MnO, Al₂O₃, Na₂O, K₂O, P₂O₅, TiO₂, Cr₂O₃ é inferior a 1%, exceto na amostra 008-701, na qual o teor de Al₂O₃ é de 1,53%, que reflete a presença de anfibólio. Há baixíssima concentração de MgO, NaO, K₂O, Cr₂O₃, que na maioria das amostras analisadas estão abaixo do limite de detecção do método ICP para estes elementos, o qual é de 0,002% para o Cr₂O₃, e de 0,01% para os demais.

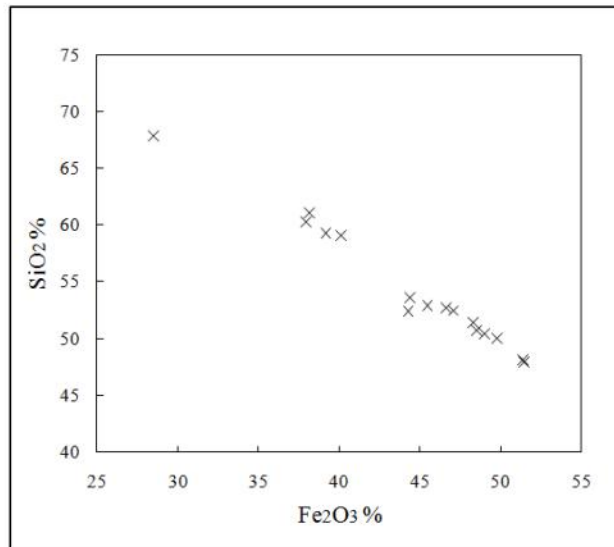


Figura 5.3 – Relação entre a concentração de SiO₂ e Fe₂O₃ nos itabiritos de Morro Escuro.

Conforme ilustrado no gráfico da **Figura 5.4**, duas amostras (008-701 e 009-001) destoam do padrão geral de concentração desses elementos, apresentando teor mais elevada de MgO, Al₂O₃, Na₂O, K₂O. Os três últimos são hospedados principalmente em silicatos nas BIF's, enquanto que CaO, MgO, e MnO refletem a presença de carbonatos (Klein 2005). As amostras 008-701 e 009-001 foram coletadas próximo ao contato com anfibólito (**Figura 5.2**), e possuem hornblenda magnesianas, conforme dados obtidos por microsonda, descritos no capítulo anterior. O enriquecimento relativo em MgO, Al₂O₃, Na₂O, K₂O nas amostras 008-701 e 009-001, e a consequente presença de hornblenda na BIF, pode estar relacionado à metassomatismo devido a intrusão dos anfibólitos ou contribuição detrítica restrita na bacia.

5.1.2. Elementos traço

Há baixa concentração de Th (0,02-13,7 ppm), Sc (<1-2 ppm), Hf (<0,1-0,8 ppm), TiO₂ (<0,01 a 0,06%), que são elementos indicativos de contaminação clástica. Tais valores estão de acordo com a mineralogia das amostras analisadas, a qual é bastante homogênea,

composta majoritariamente por óxidos de ferro (principalmente hematita) e quartzo. Apenas duas amostras (008-701 e 009-001) possuem considerável proporção de hornblenda (7% e 6%) e epidoto (4%). O restante dos minerais encontrados no itabirito – mica branca, sericita, clorita, apatita, e raríssimas vezes rutilo, allanita, zircão, pirita, calcopirita e biotita – ocorrem em proporção inferior a 1% do total de minerais da amostra.

Os valores de Zr (3,0-27,4 ppm) e Al_2O_3 (0,07-1,53%) são em geral baixos, apresentando máximos nas amostras que contêm anfibólio, e que conforme citado, foram coletadas próximo ao contato com anfibolitos.

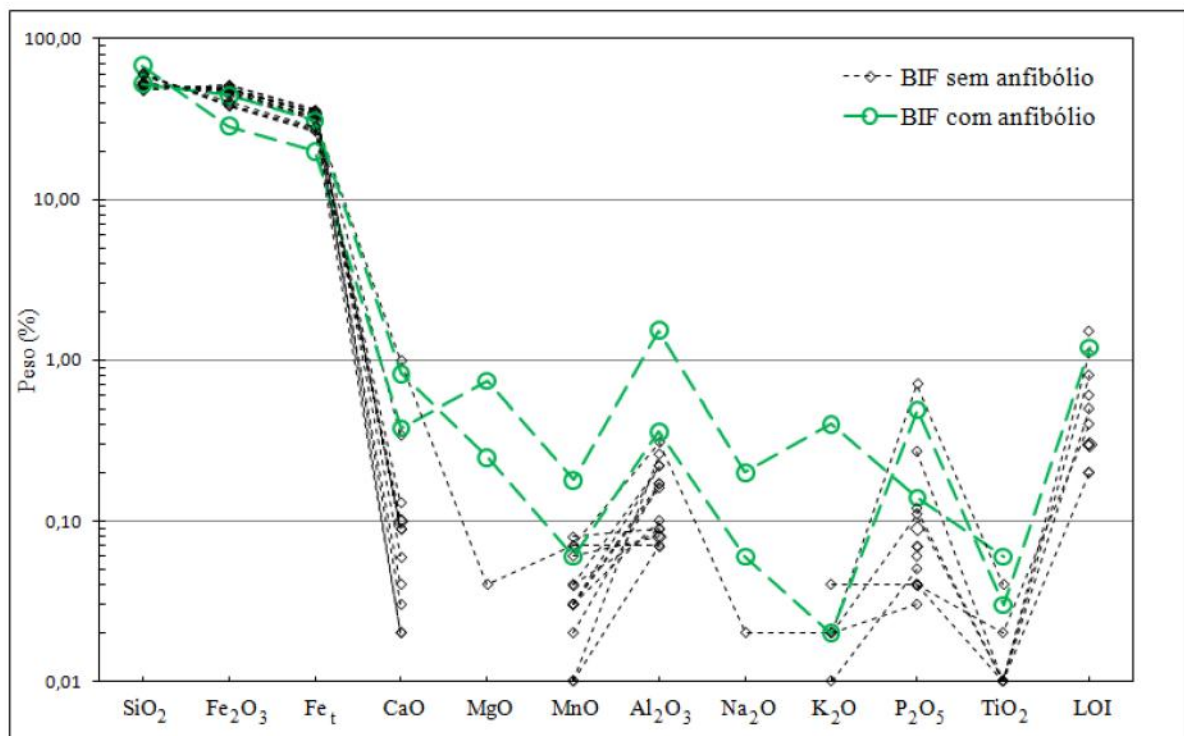


Figura 5.4 – Valores dos elementos maiores das amostras de itabirito de Morro Escuro.

Os teores dos elementos traço estão plotados no gráfico da **Figura 5.5**, normalizados ao PAAS (Taylor & McLennan 1985). Observa-se que as amostras estão em geral empobrecidas, com exceção da 008-701 que apresenta enriquecimento em Cs, elemento este que, no restante das amostras, está abaixo do limite de detecção do método ICP. O padrão desses elementos no itabirito de Morro Escuro é semelhante ao observado na BIF do Grupo Serra da Serpentina em Morro do Pilar (Rolim em preparação) e no quartzo itabirito da Formação Cauê, Quadrilátero Ferrífero (Spier *et al.* 2007), conforme exibe a **Figura 5.5**. Nos três casos destaca-se a baixíssima concentração de Cs e Sc, predominantemente abaixo do limite de detecção.

Os elementos U, V, Cu, Ni e Mo são utilizados para interpretação das condições redox do ambiente deposicional. Porém, o teor de metais traço é influenciado por diversos fatores, entre eles contaminação clástica, taxas de produção primária, proveniência de matéria orgânica e grau de restrição da bacia (Tribovillard *et al.* 2006). Conforme ilustrado na **Figura 5.6**, a concentração desses elementos na BIF de Morro Escuro não é, em geral, proporcional a de Al, exceto pelo Ni que apresenta maior coeficiente de correlação com Al. Além disso, o teor de elementos indicativos de contaminação clástica (*e.g.* Th, Sc, Hf, TiO₂) na BIF é muito baixa. Portanto as concentrações de U, V, Cu, Mo (*redox sensitive elements*) das amostras analisadas não estão relacionadas à contaminação clástica, e podem ser usadas na interpretação do estado de oxidação da bacia. O Ni deve, nesse caso, ser utilizado com cautela, visto sua parcial correlação com Al (**Figura 5.6**).

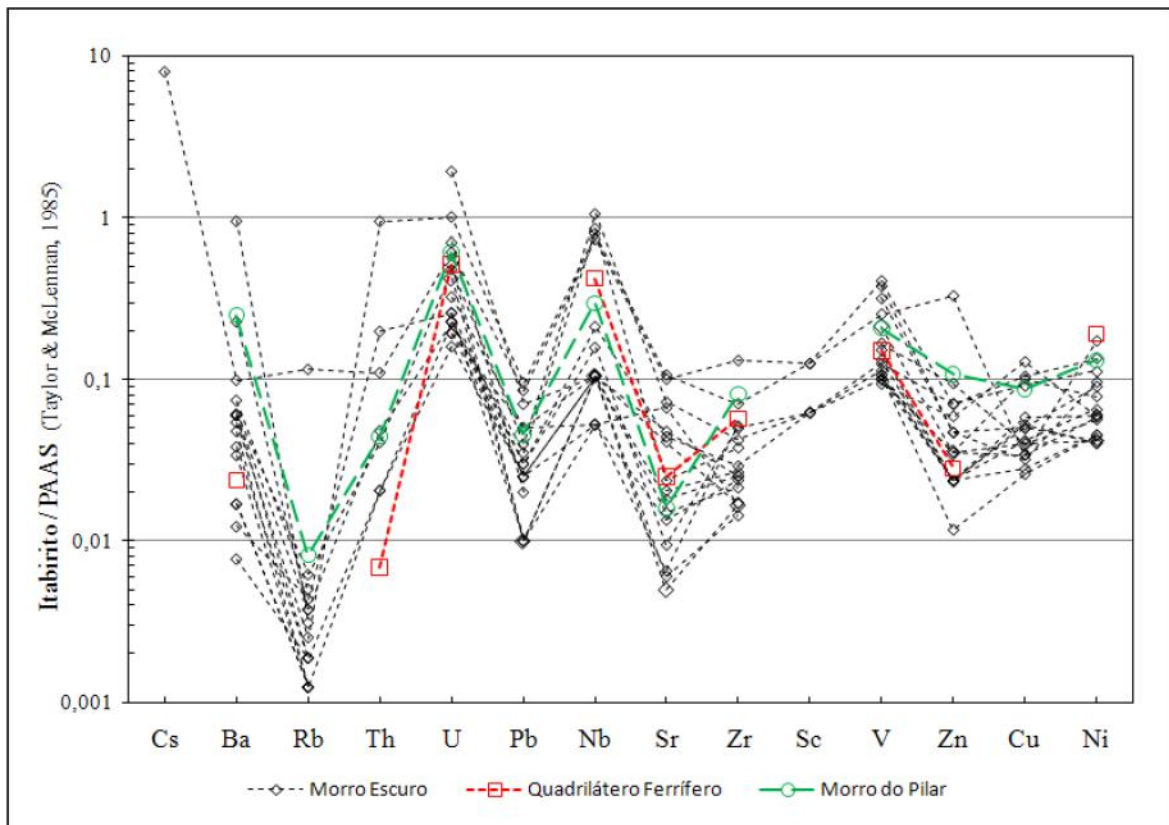


Figura 5.5 – Elementos traço do itabirito de Morro Escuro, Quadrilátero Ferrífero (quartzo itabiritos de Spier *et al.* 2007) e Morro do Pilar (Rolim em preparação), normalizados ao PAAS de Taylor & McLennan (1985).

Diversas razões entre os elementos traço têm sido utilizadas para a determinação do provável nível de oxigênio da água de bacias modernas e antigas durante a formação de fácies particulares. Urânio autigênico, U/Th, Th/U, V/Sc, V/Cr, Ni/Co, Ni/V, V/(V+Ni) e

(Cu+Mo)/Zn são alguns dos exemplos utilizados para deduzir as condições paleo-redox da água. Porém, estas relações devem ser utilizadas com cautela, pois, além da concentração de metais traço ser influenciada pelos fatores anteriormente citados, eles podem ser mobilizados durante a diagênese, o que pode produzir distribuição que não reflete o controle primário presente no ambiente de sedimentação. Jones & Manning (1994) baseados em estudo de caso de rochas pelíticas Mesozóicas, encontraram que somente quatro proporções dos elementos citados comportam-se de forma constante ao longo do grau de piritização (DOP). O DOP é um parâmetro de comparação da quantidade de ferro presente como mineral pirita com a quantidade liberada na digestão de ácidos padronizados. O ferro liberado pelo ácido é assumido como sendo o potencialmente reativo com relação ao sulfeto. O DOP do sedimento é dado como: $Fe(\text{pirita}) / Fe(\text{pirita}) + Fe(\text{solúvel em ácido})$. Tal parâmetro tem provado ser uma ferramenta útil na distinção de paleo-ambientes (Canfield *et al.* 1992).

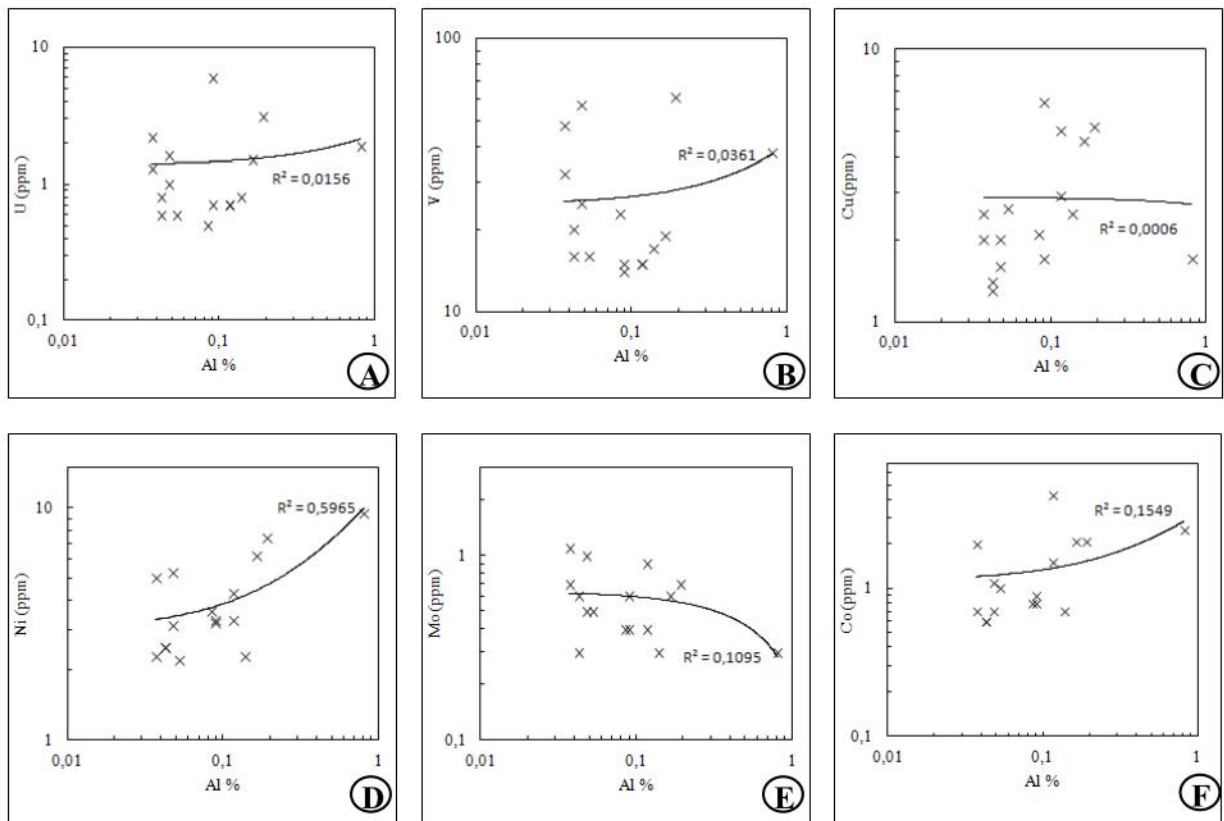


Figura 5.6 – Diagramas de dispersão da concentração de alumínio vs. (A) urânio, (B) vanádio, (C) cobre, (D) níquel, (E) molibdênio, (F) cobalto, e indicação coeficiente de determinação (R^2).

Jones & Manning (1994) propuseram uma tabela comparativa de alguns índices, considerados pelos autores como confiáveis para determinação das condições de oxidação do ambiente deposicional: U/Th, Th/U, urânio autigênico [(U autigênico) = (total U) - (Th/3)], V/Cr e Ni/Co. Os valores destes índices estão representados na **Figura 5.7** e presentes na **Tabela 5.1**.

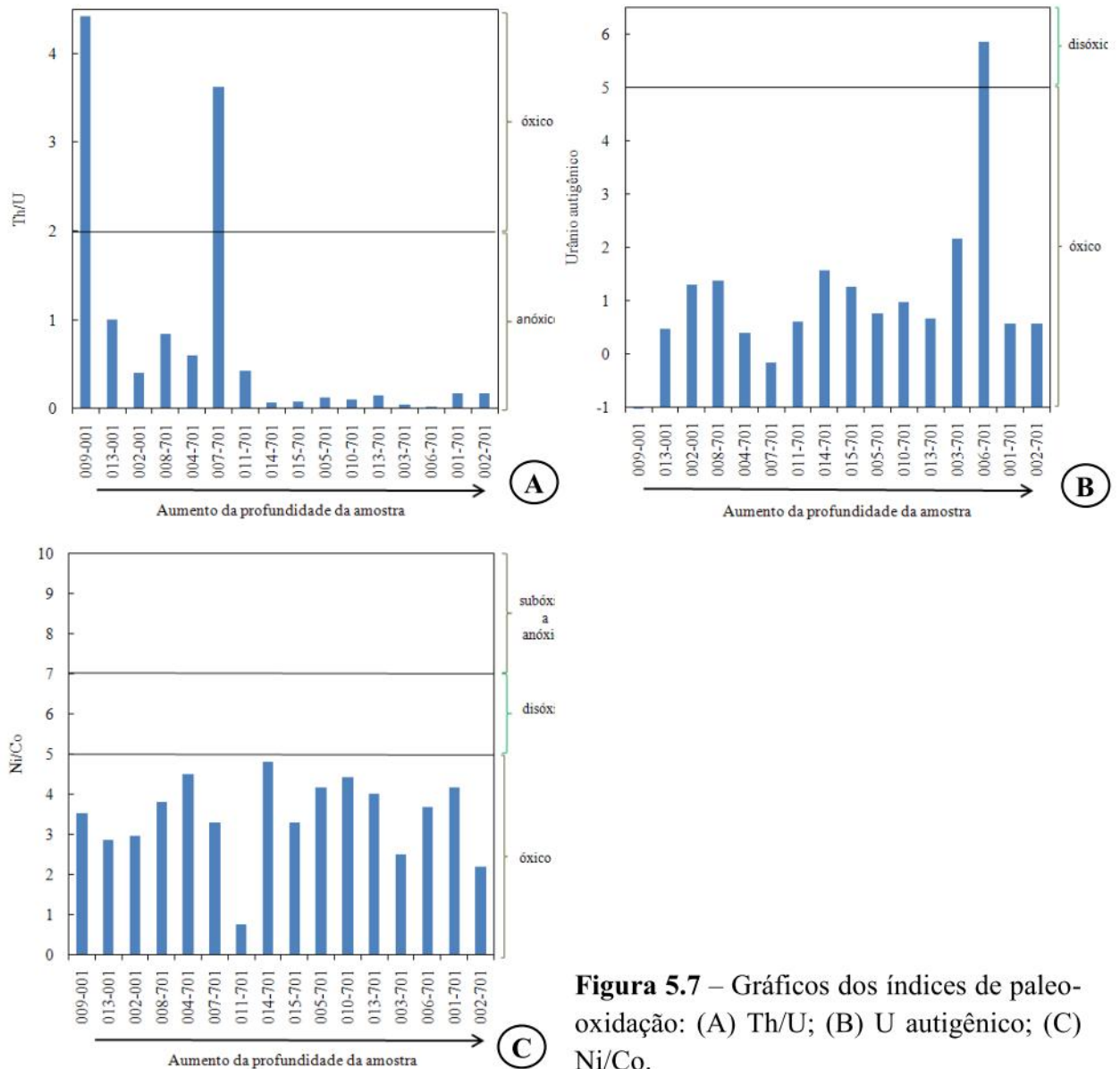


Figura 5.7 – Gráficos dos índices de paleo-oxidação: (A) Th/U; (B) U autigênico; (C) Ni/Co.

Com relação à razão Th/U, nove das amostras possuem valor de Th abaixo do limite de detecção (0,2 ppm), e neste caso adotou-se que a concentração de Th das mesmas como 0,1 ppm, para que assim pudessem ser representadas coerentemente no gráfico da **Figura 5.7**. Desta forma, obteve-se que 87,5% das amostras apresentam razão Th/U correspondente a

ambiente anóxico. Conforme ilustra a **Figura 5.7**, há uma tendência de diminuição do valor de Th/U com o aumento da profundidade da amostra. Os valores de U autigênico e Ni/Co são em geral homogêneos com a profundidade e são correlacionáveis predominantemente à ambiente óxico.

Os índices calculados apresentam resultados contrastantes quanto ao grau de oxidação do ambiente deposicional, não há consistência nos valores e, portanto as interpretações são insuficientes.

Destaca-se que, conforme citado por Tribovillard *et al.* (2006) o urânio por ser remobilizado nos sedimentos se o oxigênio penetra a uma profundidade onde U autigênico foi acumulado. Nesse processo de reoxidação o conteúdo de U inicial pode ser apagado ou migrar verticalmente para um local nos sedimentos onde haja condições favoráveis de reprecipitação. Já o cobalto é um elemento não muito confiável no estudo de condições redox, pois é fortemente ligado a abundância de material clástico.

Amostra	Th/U		U autigênico			Ni/Co		
	Óxico	Anóxico	Óxico	Disóxico	Subóxico	Óxico	Disóxico	Subóxico a anóxico
	2-8,0	<2	<5,00	5,00-12,0	>12	<5,00	5,00-7,00	>7,00
001-701		0,17	0,57			4,17		
002-701		0,17	0,57			2,20		
003-701		0,05	2,17			2,50		
004-701		0,60	0,40			4,50		
005-701		0,13	0,77			4,17		
006-701		0,02		5,87		3,67		
007-701	3,63		-0,17			3,29		
008-701		0,84	1,37			3,80		
010-701		0,10	0,97			4,43		
011-701		0,43	0,60			0,77		
013-701		0,14	0,67			4,00		
014-701		0,06	1,57			4,82		
015-701		0,08	1,27			3,29		
002-001		0,40	1,30			2,95		
009-001	4,42		-1,47			3,52		
013-001		1,00	0,47			2,87		

Tabela 5.1 – Sumário dos índices de paleo-oxidação.

5.1.3. Elementos Terras Raras

Os dados de concentração de elementos terras raras são normalizados a padrões sedimentares (*e.g.* PAAS, NASC) e ao padrão do condrito. Optou-se por exibir os dois tipos de normalização, visto a ampla utilização de ambos na literatura, e assim relacionar com o maior número de interpretações.

Quando normalizado ao condrito (Taylor & McLennan 1985) o padrão dos ETR de Morro Escuro exibe pronunciado enriquecimento em ETRL em relação aos ETRP ($(Pr/Yb)_{(CN)} = 0,57-4,03$; média de 1,67) conforme ilustrado na **Figura 5.8A**. A anomalia de Eu é em geral levemente positiva ($(Eu/Eu^*_{(CN)} = (Eu_{(CN)}/Sm_{(CN)}+Gd_{(CN)}) = 0,27-0,65$; média de 0,52). A anomalia de Ce é fracamente negativa, apresentando-se positiva em apenas duas amostra ($(Ce/Ce^*_{(CN)} = (Ce_{(CN)}/La_{(CN)}+Pr_{(CN)}) = 0,32-2,88$).

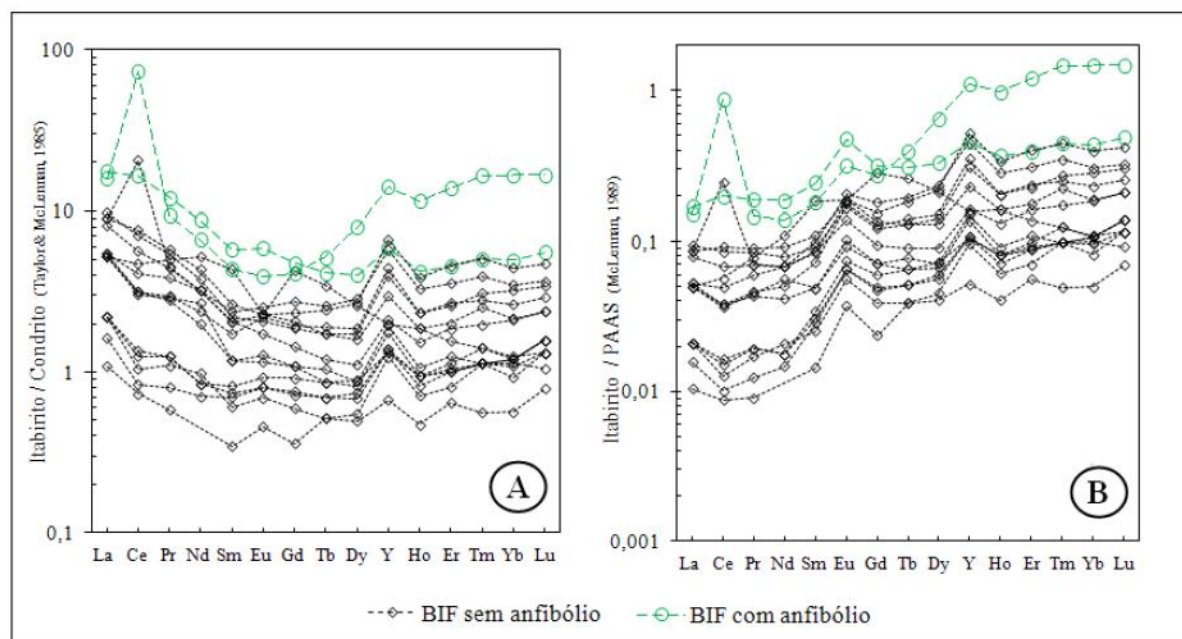


Figura 5.8 – Valores de ETR+Y de amostras de itabiritos de Morro Escuro normalizados ao condrito (A) e ao PAAS (B).

Quando normalizado ao PAAS (McLennan 1989), o padrão do diagrama *spider* de ETR apresenta típico enriquecimento de ETRP em relação à ETRL, conforme ilustra a **Figura 5.8B** ($(Pr/Yb)_{(SN)} = 0,10-0,71$; média de 0,29). A anomalia de Eu é em geral positiva ($(Eu/Eu^*_{(SN)} = (Eu_{(SN)}/(0,66Sm_{(SN)}+0,33Tb_{(SN)})) = 0,90-1,91$ – fórmula segundo Planavsky *et al.* (2010)) com média de 1,63, sendo este próximo ao valor de 1,5 proposto por Planavsky *et al.* (2010) para caracterizar formações ferríferas do final do paleoproterozóico. Cério possui

anomalia predominantemente negativa, próximo de 1 ($Ce/Ce^*_{(SN)} = (Ce_{(SN)}/0,5La_{(SN)}+0,5Pr_{(SN)}) = 0,66-5,86$), porém apresenta-se positivo em duas amostras (009-001 e 007-701). Conforme observado na amostra 009-001, a anomalia positiva de Ce está relacionada à presença de allanita, de provável origem hidrotermal ($((Ce,Ca,Y)_2(Al,Fe^{3+})_3(SiO_4)_3(OH))$), ilustrada na **Figura 5.9**.

O ΣETR varia de 2,02 a 126,53. As amostras 009-001 e 008-701 são as que possuem maiores valores de ΣETR , e maior enriquecimento de ETRP em relação ao ETRL (**Figura 5.8**). Tais amostras apresentam hornblenda magnesianas, e foram coletadas próximo ao contato com o anfíbolito.

A anomalia de La é predominantemente positiva, e sua relação com os valores de $Ce/Ce^*_{(SN)}$ (**Figura 5.10**) indica que a anomalia de cério não é verdadeiramente negativa, o que condiz com deposição em ambiente de águas subóxicas a anóxicas.

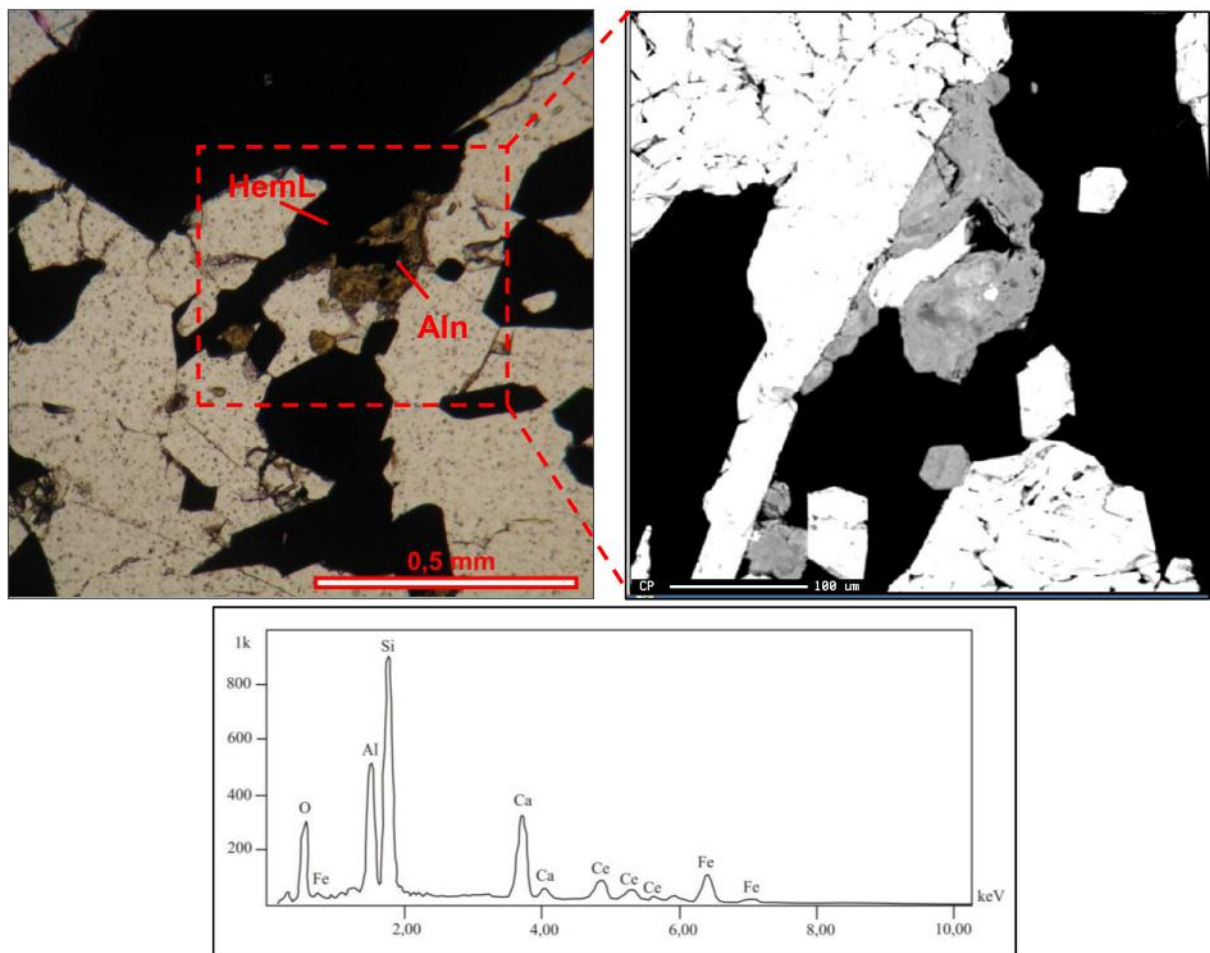


Figura 5.9 – Allanita presente na amostra 009-001. (A) Fotomicrografia, luz transmitida, nicóis paralelos; (B) imagem de elétrons retroespalhados; (C) Padrão EDS da allanita presente em (A) e (B). Abreviaturas: HemL – hematita lamelar, Aln – allanita.

Conforme exibido no gráfico da **Figura 5.11**, a variação dos valores de $Ce/Ce^*_{(SN)}$ não estão relacionadas a variação de Al da rocha, ou seja, eventuais contaminações clásticas da formação ferrífera não afetaram o padrão da anomalia de Ce.

A anomalia de Y é predominantemente positiva ($Y/Y^*_{(SN)} = (Y_{(SN)}/(0,5Dy_{(SN)}+0,5Ho_{(SN)})) = 0,83-1,97$; média de 1,59). A razão Y/Ho varia de 26,25 a 47,00, com média de 38,76. A média da razão Y/Ho encontrada por Planavsky *et al.* (2010) em formações ferríferas arqueanas e paleoproterozóicas é de 39, o que contrasta com a média em BIF's neoproterozóicas, que é de 32. Rochas da crosta superior e sedimentos clásticos possuem valores de Y/Ho de ~28 enquanto que a água do mar possui valores significativamente maiores, entre 44-74.

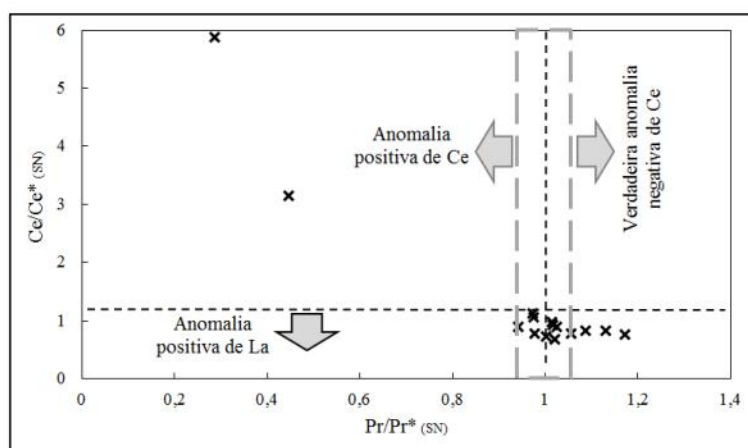


Figura 5.10 – Diagrama binário de $Ce/Ce^*_{(SN)}$ vs. $Pr/Pr^*_{(SN)}$, usado para identificar as anomalias de La e Ce em sedimentos derivados da água do mar (Bau & Dulski 1996).

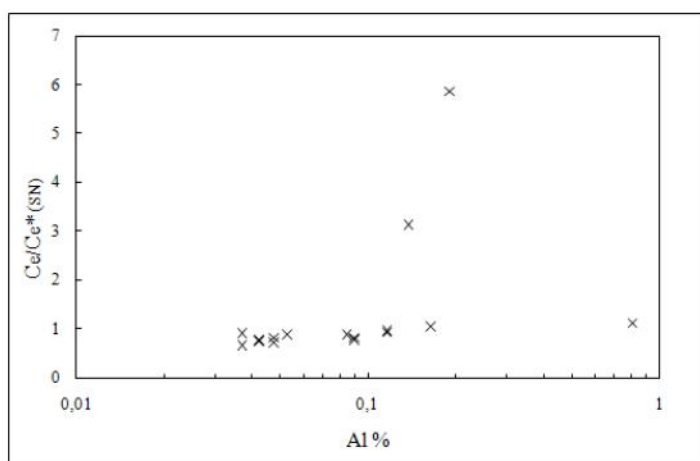


Figura 5.11 – Diagrama binário $Ce/Ce^*_{(SN)}$ vs. Al (%).

Portanto qualquer contaminação clástica diminuiria o valor da razão Y/Ho das formações ferríferas que devem estar em equilíbrio com a água do mar (Pecoits 2010).

Os valores de $Ce/Ce^*_{(SN)}$ vs. Y/Ho (**Figura 5.12**), em geral não interceptam a linha que define o campo de contaminação pelas argilas, o que também aponta para a ausência de significativa participação clástica na BIF.

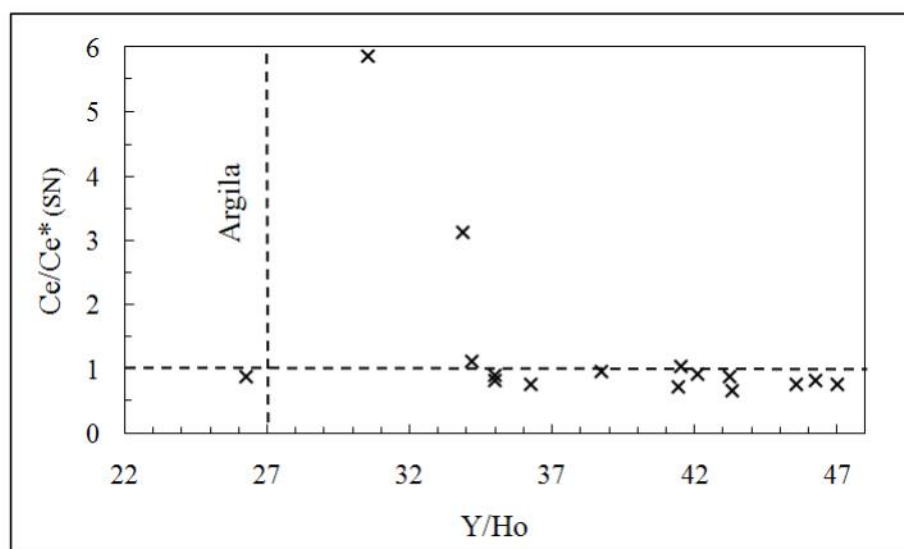


Figura 5.12 – Diagrama binário de $Ce/Ce^*_{(SN)}$ vs. Y/Ho (Pecoits 2010).

A razão Sm/Yb vs. Eu/Sm e $Eu/Eu^*_{(CN)}$ vs. $(Sm/Yb)_{(CN)}$ (Alexander *et al.* 2008) fornecem evidências para a insignificante contribuição de fluidos hidrotermais de alta temperatura, e exibe a coincidência dos itabiritos de Morro Escuro com o campo da água do mar (Alibo & Nozaki 1999) e das crostas hidrogenéticas de Fe-Mn (Bau *et al.* 1996), conforme ilustrado nas **Figura 5.13A e B**.

A fim de correlacionar a sequência de Morro Escuro com as sequências portadoras de formação ferrífera próximas a esta região, os resultados geoquímicos aqui obtidos foram comparados aos padrões dos ETR+Y presentes nas BIF's do Grupo Serra da Serpentina em Morro do Pilar (Rolim em preparação) e do Grupo Itabira, Quadrilátero Ferrífero (Spier *et al.* 2007).

Analisando o aspecto geral do padrão dos ETR+Y normalizados ao PAAS (**Figura 5.14**) as amostras das três regiões possuem padrão semelhante de enriquecimento de ETRP em relação à ETRL, sendo a razão $(Pr/Yb)_{(SN)}$ ligeiramente mais elevadas no Grupo Serra da Serpentina, conforme exposto na **Tabela 5.2**.

As anomalias de Eu são levemente positivas nas três regiões analisadas, porém as BIF's da Serra da Serpentina apresentam valor médio consideravelmente inferior que as demais (**Tabela 5.2**).

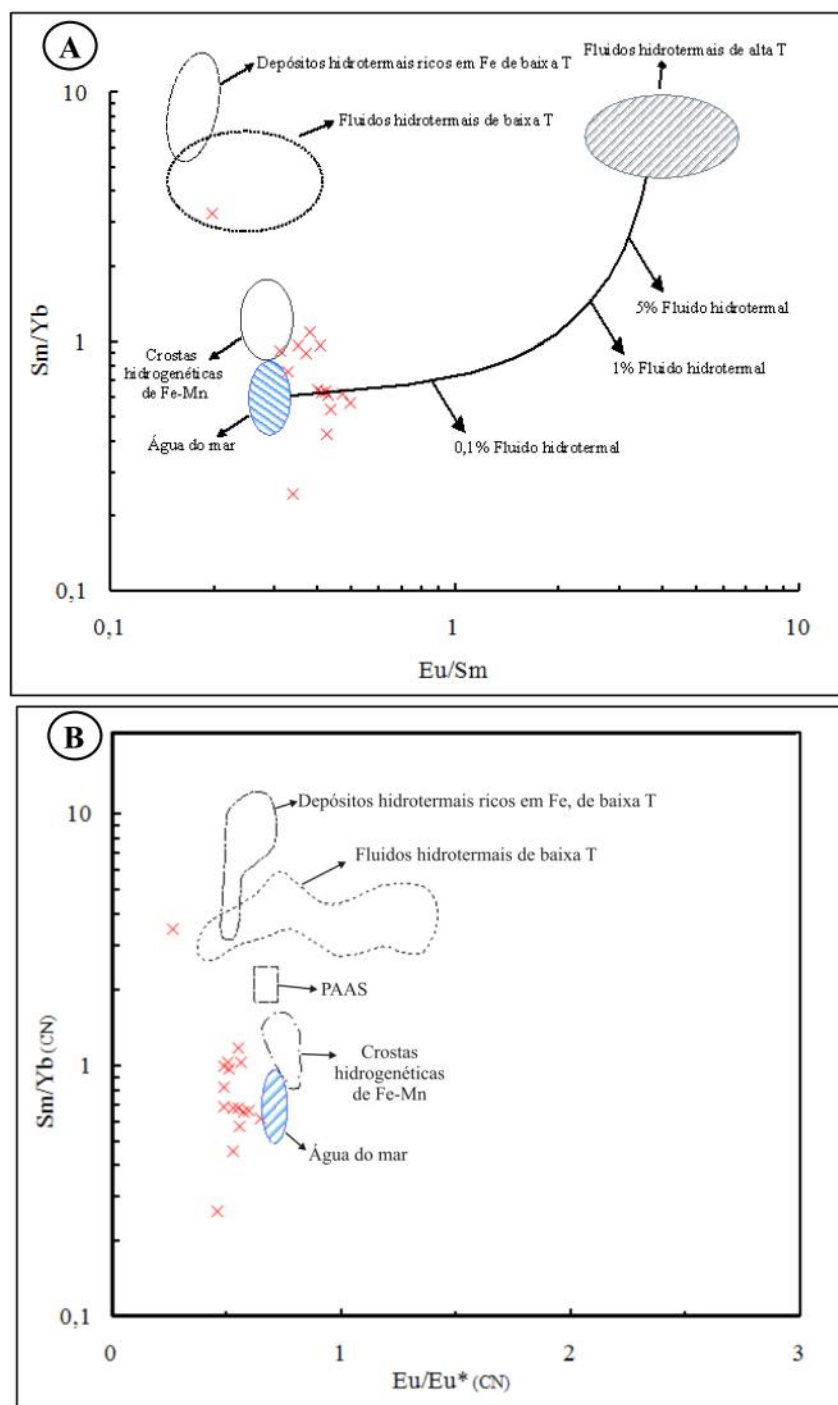


Figura 5.13 – Razão Sm/Yb vs. Eu/Sm em (A) e $\text{Eu}/\text{Eu}^*_{(\text{CN})}$ vs. $(\text{Sm}/\text{Yb})_{(\text{CN})}$ em (B), (Alexander *et al.* 2008). Dados presentes nos gráficos: fluidos hidrotermais de baixa T (Michard *et al.* 1983); depósitos hidrotermais ricos em Fe de baixa T (Puteanus *et al.* 1991); fluidos hidrotermais de alta temperatura (Bau & Dulski 1996); crostas de Fe-Mn hidrogenéticas (Bau *et al.* 1996); água do mar do Pacífico (Alibo & Nozaki 1999).

Com relação à anomalia de Ce observa-se no gráfico da **Figura 5.14** que esta é ligeiramente menor que 1 em todos os casos analisados, sendo o valor médio mais próxima de

1 no Grupo Serra da Serpentina em comparação com Morro Escuro e Grupo Itabira (**Tabela 5.2**).

	Morro Escuro	Grupo Itabira ^a		Grupo Serra da Serpentina ^b
		Itabirito dolomítico	Quartzo itabirito	
Eu/Eu* _(SN)	1,63	1,65	1,57	1,31
(Pr/Yb) _(SN)	0,29	0,27	0,33	0,39
Ce/Ce* _(SN)	0,79*	0,82	0,81	0,99
Y/Ho	38,76	37,20	35,17	41,43

Tabela 5.2 – Valores médios dos dados de ETR+Y de Morro Escuro e Quadrilátero Ferrífero. ^aSpier *et al.* (2007); ^bRolim (em preparação). *Valor médio de Ce/Ce*_(SN) de Morro Escuro foi calculado excluindo as amostras 007-701 e 009-001.

A média dos valores de Y/Ho das três regiões apontam para a baixa contaminação por argila, especialmente a BIF do Grupo Serra da Serpentina, cujos valores são os maiores encontrados (**Tabela 5.2**).

Na **Figura 5.15** o padrão de ETR+Y de Morro Escuro, normalizado ao condrito, é plotado junto com valores de algumas formações ferríferas ao redor do mundo: Cliffs Eire Mine (Biwabik, bacia Animikie, EUA– 1,88 Ga); Dales George member (Supergrupo Hamersley, noroeste da Austrália – 2,45 Ga); Kuruman (cráton Kaapvaal, África do Sul – 2,48 Ga); Supergrupo Witwatersrand (Grupo West Rand, África do Sul – 2,95 Ga); Isua (Groelândia – 3,7 Ga). Nota-se que o padrão de Morro Escuro é bastante distinto ao de Isua, o qual apresenta pronunciada anomalia positiva de Eu. As anomalias de Eu de Dales George, Kuruman e Witwatersrand são ligeiramente positivas, enquanto que as de Cliffs Mine e Morro Escuro são ligeiramente negativas. Há enriquecimento de ETRL em relação aos ETRP em todos os casos analisados, porém nota-se que este enriquecimento é mais acentuado nas formações ferríferas de Isua e Cliffs Eire em relação às demais.

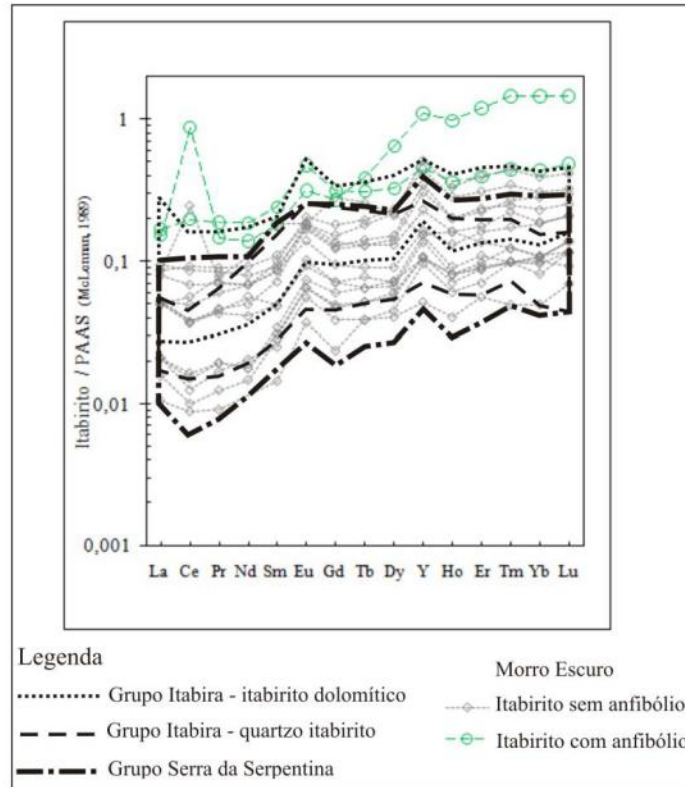


Figura 5.14 – Padrão dos ETR+Y normalizados a PAAS das seguintes formações ferríferas: Grupo Serra da Serpentina na região de Morro do Pilar (Rolim em preparação); Formação Cauê, Grupo Itabira, Quadrilátero Ferrífero (Spier *et al.* 2007); Morro Escuro.

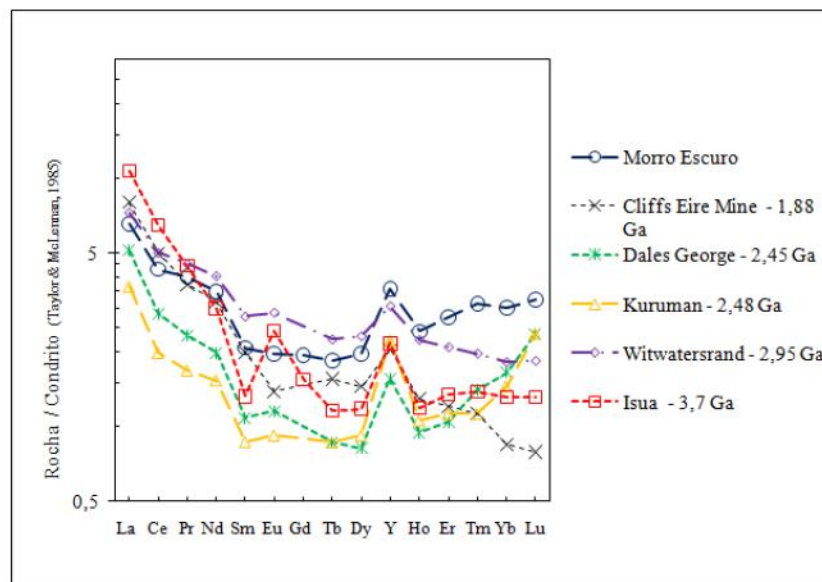


Figura 5.15 – Padrão dos ETR+Y normalizados ao condrito das seguintes formações ferríferas: Cliffs Eire Mine (EUA); Dales George member (Austrália); Kuruman (África do Sul) e Supergrupo Witwatersrand (África do Sul), cujos dados foram baseados em Planavsky *et al.* (2010); Isua (Groelândia) segundo dados de Polat & Frei (2005), e Morro Escuro.

5.2. Geoquímica das rochas metagraníticas e gnáissicas

Segundo mapeamento de Grossi Sad *et al.* (1997) a área pesquisada é constituída predominantemente por rochas gnáissicas do embasamento do Cráton do São Francisco, classificadas como pertencentes ao Complexo Dona Rita e Guanhões. Porém nos arredores da área os autores supracitados mapearam corpos da Suíte Borrachudos - o Corpo Açucena que bordeja o limite leste da área estudada, e o corpo Garcia, de pequena extensão presente no limite norte. Além destes corpos, os autores supracitados descrevem outro corpo granítico de cerca de 2 km² na porção leste da área pesquisada, e denominam este de Granito Boa Vista, porém não há na literatura correlação comprovada deste com demais granitóides da região (**Figura 3.2**).

Em campo e em testemunho de sondagem observou-se rochas com características petrográficas condizentes com as descritas para Suíte Borrachudos, porém somente esta análise mostrou-se insuficiente para confirmar esta hipótese. Os metagranitos e gnaisses presentes na área possuem mineralogia homogênea, com pequena variação na proporção entre plagioclásio e microclina, e raríssima presença de fluorita. Com a finalidade de complementar a análise petrográfica e confirmar a existência de apófises da Suíte Borrachudos na região da Serra do Morro Escuro, foram realizadas análises químicas em 10 amostras, sendo 3 provenientes de testemunhos de sondagem e o restante de afloramento. A localização das amostras analisadas é exibida na **Figura 5.16**, e os resultados das análises químicas estão presentes no **Anexo V**.

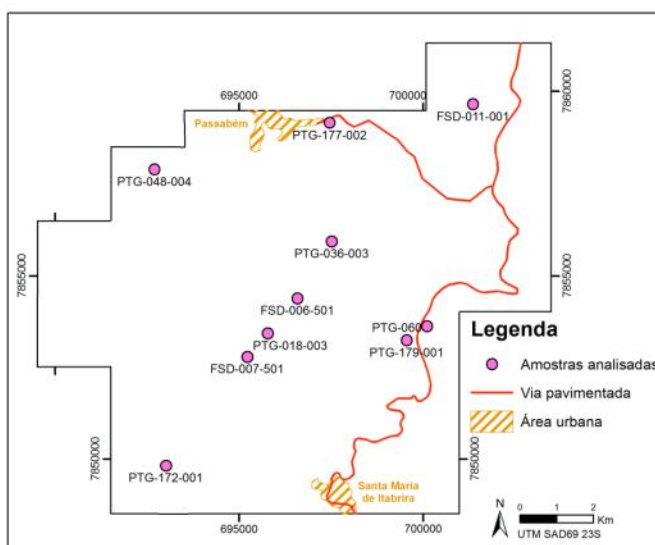
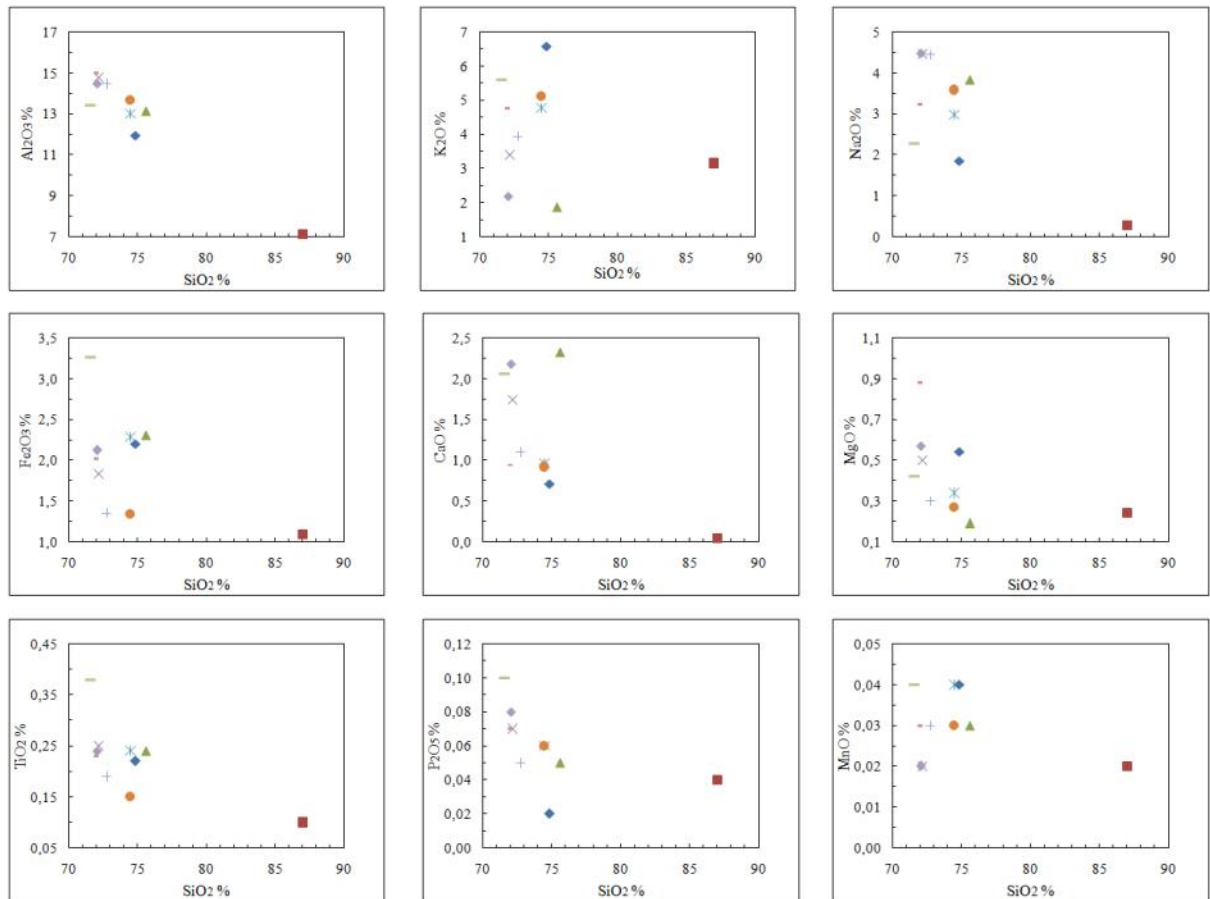


Figura 5.16 – Localização das amostras metagraníticas e gnáissicas analisadas. A sigla FSD indica que a amostra foi retirada de testemunho de sondagem, e a PTG de afloramento.

5.2.1. Elementos maiores

A **Figura 5.17** apresenta os diagramas de Harker do teor dos elementos maiores vs. a concentração de SiO₂, ambos em porcentagem em peso. Os metagranitos e gnaisses da área possuem teor de Si em geral entre 71,58% a 75,61%, apresentando uma amostra com valor destoante, de 87,03%.

O teor de Al₂O₃ varia de 7,12% a 14,98%; e TiO₂ de 0,10% a 0,38%. A concentração de Fe₂O₃ possui valores entre de 1,09% a 3,26%. Os teores de MnO e MgO são inferiores a 1%, variando de 0,02% a 0,04% e 0,19% a 0,88% respectivamente. Os valores de CaO, Na₂O e K₂O variam de 0,04% a 2,32%, 0,28% a 4,48% e 1,86% a 6,57% respectivamente.



Legenda ◆ 006-501 ■ 018-003 ▲ 172-001 × 048-004 ✱ 179-001 ● 060 + 011-001 - 007-501 - 036-003 ◆ 177-002

Figura 5.17 – Diagramas de Harker para as concentrações em óxidos de elementos maiores para as rochas metagraníticas e gnáissicas que circundam a Serra do Morro Escuro.

5.2.2. Alcalinidade

Para classificação das rochas quanto a sua alcalinidade foram utilizados diagramas de Wright (1969) e Shand (1943). No primeiro, optou-se por utilizar escala linear ao longo do eixo x, como proposto por Fernandes (2001), além de aumentar o valor máximo de sílica do eixo y devido à uma das amostras possuir mais de 80% de SiO₂, porém preservando a delimitação dos campos originalmente propostos por Wright (1969).

Segundo diagrama de Wright (1969), (**Figura 5.18**) as amostras são predominantemente alcalinas, estando duas (172-001 e 177-002) no campo cálcio-alcalino. Granitos da suíte Borrachudos frequentemente se concentram no campo alcalino (Fernandes 2001).

De acordo com o diagrama de Shand (1943), (**Figura 5.19**) todas as amostras estão no campo peraluminoso, a maioria próximo ao limite metaluminoso. De acordo com as análises de Dussin (1994) e Oliveira (2002), a suíte Borrachudos projeta-se no campo metaluminoso a sub-alcalino. Segundo Dussin (1994), pontos representativos de riolitos do magmatismo Borrachudos estão presentes no campo peraluminoso, devido à perda de K₂O+Na₂O no vulcanismo tectônico, resultando no aumento da razão Al/álcalis. No caso das amostras de Morro Escuro, o aumento da razão Al/álcalis pode estar relacionado à parcial lixiviação dos álcalis, devido, por exemplo, a ação intempélica e/ou fluidos metamórficos, visto que esses são elementos mais móveis que o Al.

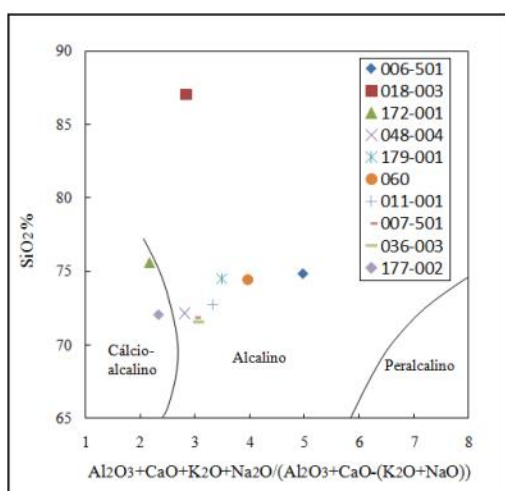


Figura 5.18 – Índice de alcalinidade x SiO₂ (Wright 1969).

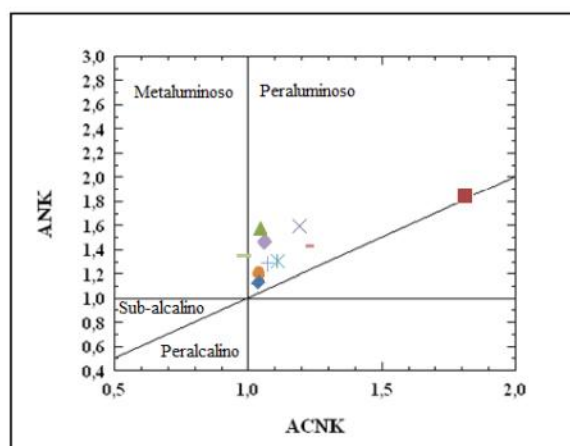


Figura 5.19 – Diagrama de alcalinidade de Shand (1943). ACNK = $\frac{Al_2O_3}{(Na_2O + K_2O + CaO)}$; ANK = $\frac{Al_2O_3}{(Na_2O + K_2O)}$.

Com o objetivo de distinguir *trends* subalcalinos utilizou-se o diagrama binário SiO₂ vs. total de álcalis, expressos em % em peso de cada óxido, de McDonald & Katsura (1964). Todas as amostras projetam-se no limite entre os campos alcalino e subalcalino (**Figura 5.20**). Porém, como este diagrama apresenta apenas duas divisões, e no campo das rochas subalcalinas estão englobadas todas as rochas cálcio-alcalinas, toleíticas e as subalcalinas, Cox *et al.* (1979) propõe divisão químico-petrográfica de rochas ígneas a partir desse diagrama, e é com este objetivo que ele vem sendo extensivamente usado na literatura. Neste, as rochas metagranito-gnáissicas de Morro Escuro posicionam-se no campo do granito.

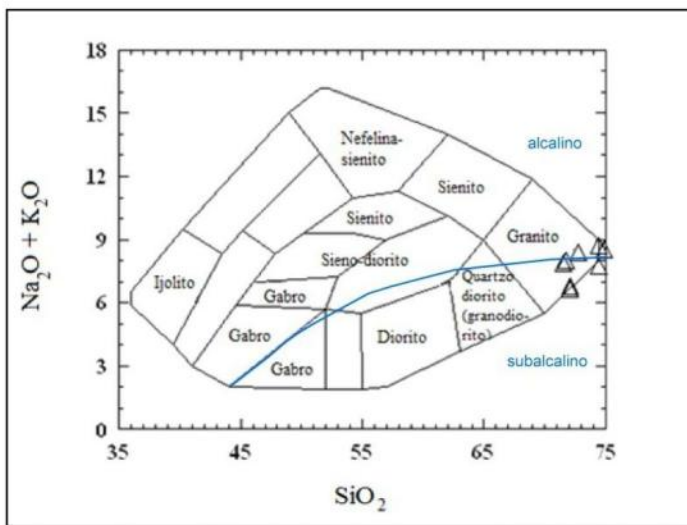


Figura 5.20 – Diagrama SiO₂ (%) x Total de álcalis (%), a partir de Cox *et al.* (1979), adaptado por Wilson (1989) para rochas plutônicas. A linha azul subdivide o campo das rochas alcalinas das subalcalinas.

5.2.3. Diagrama AFM

A tendência evolutiva das rochas pode ser visualizada do diagrama AFM (Irvine & Baragar 1971), em termos dos feldspatos alcalinos e dos minerais ferromagnesianos. Devido à baixa concentração de MgO, os dados das amostras analisadas se projetam muito próximo a linha Fe-álcalis (**Figura 5.21**). Ao introduzir os campos relativos a rochas associadas à ambientes compressivos e extensionais, conforme proposto por Petro *et al.* (1979), observa-se que as rochas analisadas estão inseridas no *trend* ligado a ambientes extesionais. Este mesmo comportamento é observado em outros corpos da Suíte Borrachudos (Fernandes 2001).

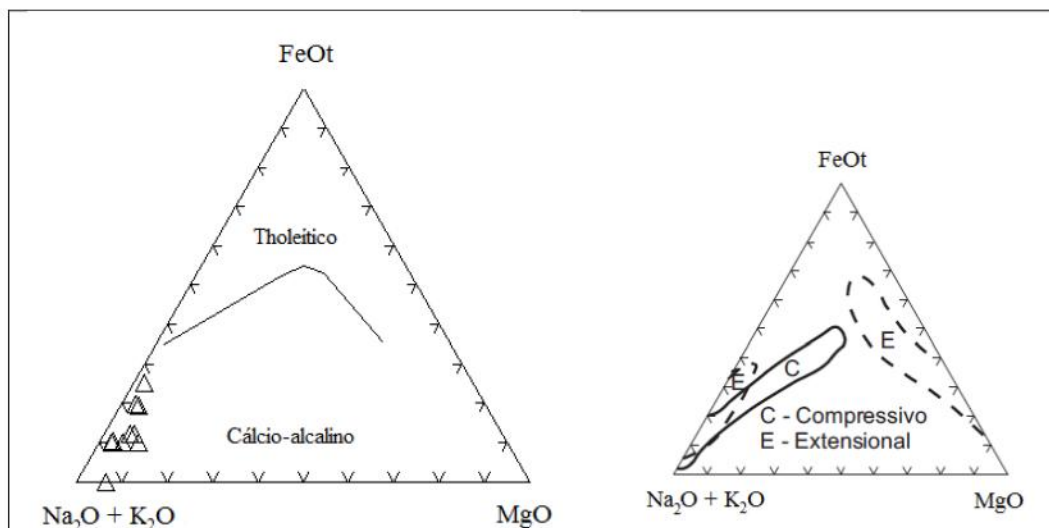


Figura 5.21 – Diagrama AFM (Irvine & Baragar 1971), com indicação dos campos composicionais de séries plutônicas ligadas a ambientes compressivos e extensionais proposta por Petro *et al.* (1979).

5.2.4. Caracterização da fonte e do ambiente de posicionamento

A Suíte Borrachudos é caracterizada por granitos tipo A, injetados na abertura do rifte Espinhaço (~1700 Ma). Os granitos tipo A possuem como características marcantes o alto conteúdo de sílica e álcalis, alto valor para a razão Fe/Mg, baixo teor de Ca, além de elevado valor para a razão Ga/Al e para os teores em Nb, Zr, Ga, Y, Ce (Walen *et al.* 1987). No entanto, segundo alguns autores (*e.g.* Eby 1990, Anderson & Morrison 1992), em valores intermediários de SiO₂ (64 a 71%) é comum enriquecimento de Nb, Zr, Ga, Y, Ce, pois quanto mais evoluída a suíte, seja ela tipo I, S ou A, mais enriquecidas nos elementos citados elas serão.

Conforme reportado por alguns autores (*e.g.* Eby 1990, Anderson & Morrison 1992) a razão FeOt/MgO é um critério composicional efetivo utilizando elementos maiores, para a distinção entre granitos relacionados a ambientes compressivos e suítes anorogênicas, pois nesta os teores de MgO são sempre muito baixos. Das amostras de rochas metagraníticas e gnáissicas de Morro Escuro, segundo diagrama da **Figura 5.22**, apenas duas se situam no campo do granito tipo A (036-003 e 172-001). A amostra 179-001 está presente no limite entre os dois campos.

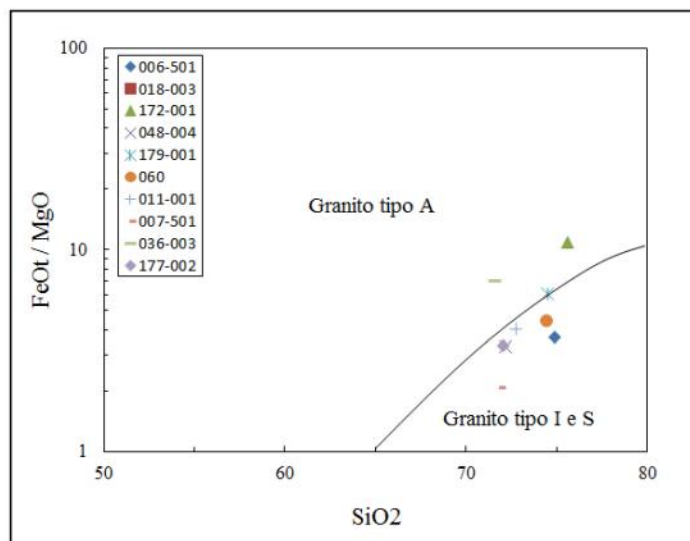


Figura 5.22 – Diagrama SiO₂ x FeO/MgO ambos representados em porcentagem em peso.

Pearce *et al.* (1984) propõem o uso de diagramas que utilizam a concentração de Rb, Y, Nb e Ta para determinação do ambiente tectônico de rochas graníticas. As subdivisões propostas pelos autores são: WPG – granito intraplaca; VAG – granito de arco vulcânico; Syn-COLG – granitos sin-colisionais; ORG – granitos de cadeia oceânica.

As rochas metagranito-gnáissicas de Morro Escuro podem ser agrupadas em dois grupos segundo sua posição nos diagramas de Pearce *et al.* (1984), conforme ilustra a **Figura 5.23**.

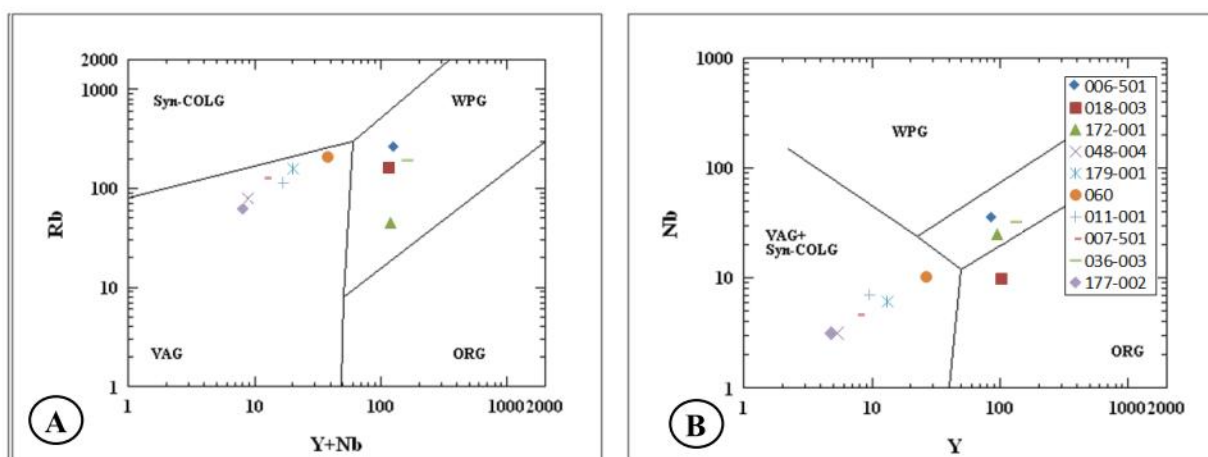


Figura 5.23 – Diagramas de classificação geotectônica, propostos por Pearce *et al.* (1984): Y+Nb x Rb em (A) e Y x Nb em (B). As amostras simbolizadas como círculos projetam-se nos campos característicos da Suíte Borrachudos, e as demais são simbolizadas como triângulos.

Quatro amostras (006-501, 036-003, 172-001, 018-003) projetam-se no campo de granitos intraplaca, e o restante das amostras se posicionam no campo granitos de arco vulcânico e sin-colisionais. Vale destacar que a amostra 060, coletada no corpo denominado por Grossi-Sad *et al.* (1997) como Granito Boa Vista, se situa no campo de granitos de arco oceânico e sin-colisionais, porém relativamente próximo ao limite com o campo dos granitos intraplaca. Este comportamento é observado em raras amostras da Suíte Borrachudos (Fernandes 2001).

Collins *et al.* (1982) propõem a distinção de granitos tipo I e A através de diagramas Harker da variação de Y, Nb, Ce e Zr em função de SiO₂. Das amostras analisadas, três posicionam-se constantemente no campo do granito tipo A (006-501, 172-001 e 036-003), nos diagramas de Collins *et al.* (1982), conforme se observa na **Figura 5.24**. Em apenas um destes diagramas, a amostra 018-003 (**Figura 5.24B**), 048-004 (**Figura 5.24D**) e 179-001(**Figura 5.24D**) posicionam-se no campo do granito tipo A.

Eby (1992) subdividiu granitos tipo A em dois grupos, A1 e A2, distintos quimicamente. O tipo A1 é caracterizado por concentrações de elementos similares às aquelas observadas em basaltos de ilhas oceânicas, e o tipo A2, representado por concentrações de elementos químicos que variariam desde aquelas observadas em rochas da crosta continental até basaltos de arcos de ilhas. Para explicar as diferenças químicas observadas nos grupos A1 e A2, Eby (1992) atribui à existência de dois tipos de fonte distintas, tanto química quanto tectônica. O autor propõe que os granitos tipo A originados em ambientes anorogênicos apresentam valores de Y/Nb inferiores a 1,2 e são de origem mantélica (A1). Por outro lado granitos tipo A originados em outros ambientes tectônicos com fontes crustais, podem ser definidos pelas razões Y/Nb acima de 1,2 (A2). Todas as amostras analisadas posicionam-se no campo A2, o que é coerente com os dados da Suíte Borrachudos (Fernandes 2011). Notar que nesse diagrama as amostras podem ser agrupadas em dois grupos: grupo 1 constituído pelas amostras 179-001, 011-001, 007-501, 177-002 e 048-004; e o grupo 2 composto pelas amostras 006-501, 172-001, 036-003 e 018-003 (**Figura 5.25**). Entre esses dois grupos está a amostra 060 (**Figura 5.25**).

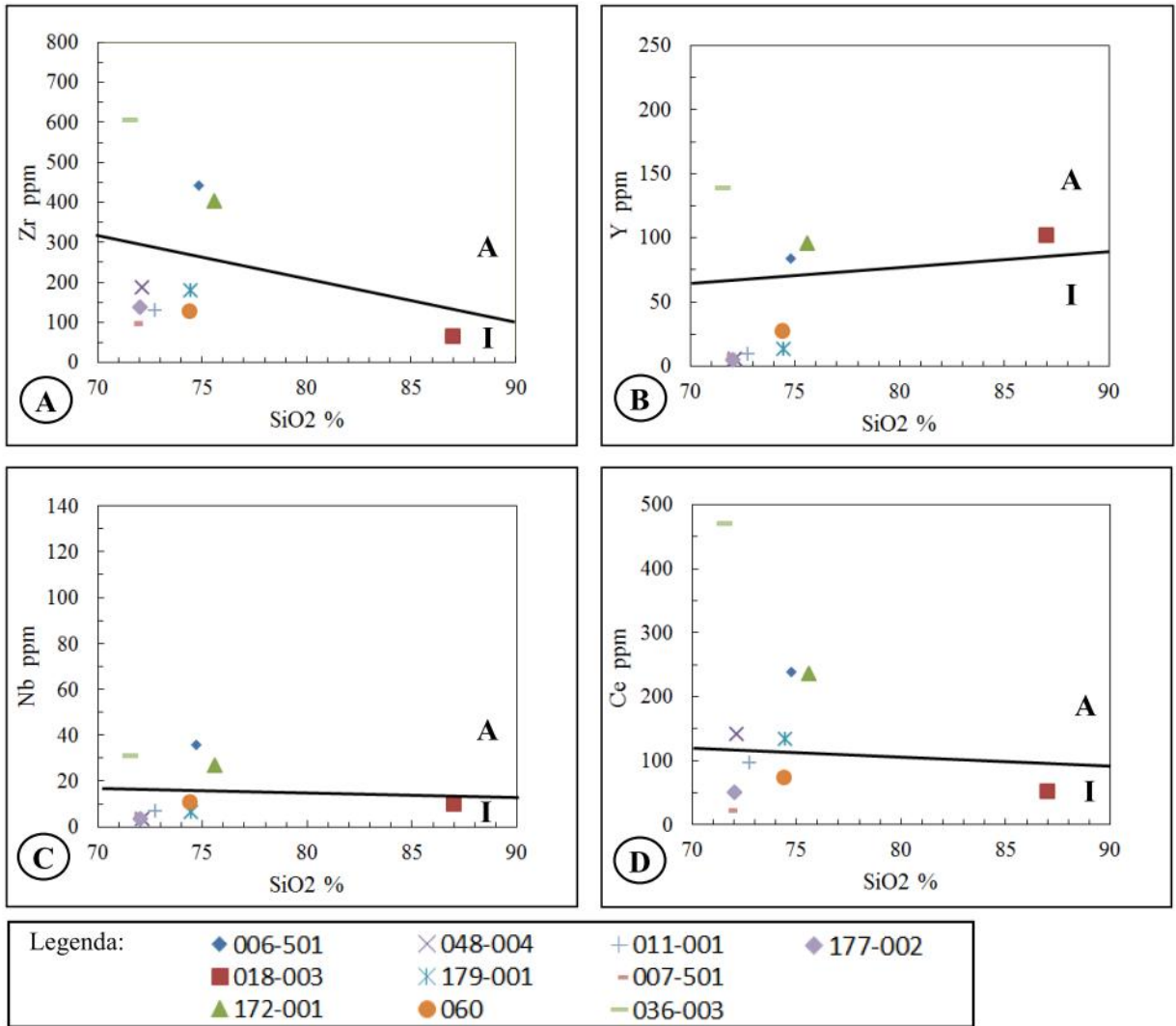


Figura 5.24 – Diagramas de variação de Harker, com divisão de granitos tipo I e A, proposto por Collins *et al.* (1982).

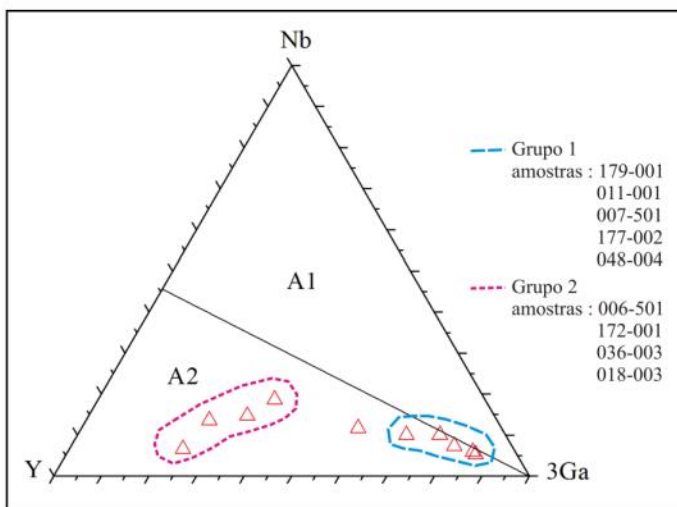


Figura 5.25 – Diagrama Nb - Y - 3Ga, com distinção entre os campos composicionais de granitos anorogênicos dos tipos A1 (mantélicos) e A2 (crustais) proposta por Eby (1992).

5.2.5. Elementos Terras Raras

O comportamento geral do padrão dos ETR na Suíte Borrachudos, conforme reportado por diversos autores (*e.g.* Oliveira 2002, Fernandes 2001, Dussin 1994) é caracterizado pelo enriquecimento de ETRL em relação aos ETRP e presença de forte anomalia negativa de Eu. A partir do aspecto do padrão dos ETR normalizados ao condrito (**Figura 5.26**), observa-se que das amostras metagranito-gnáissicas analisadas, as que possuem marcadamente tais características são as 006-501, 036-003, 060, 172-001 e 018-003.

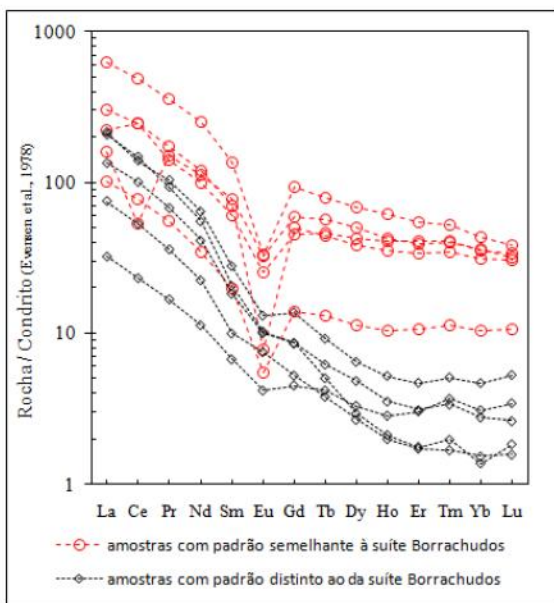


Figura 5.26 – Distribuição dos ETR normalizados ao condrito (Evensen *et al.* 1978).

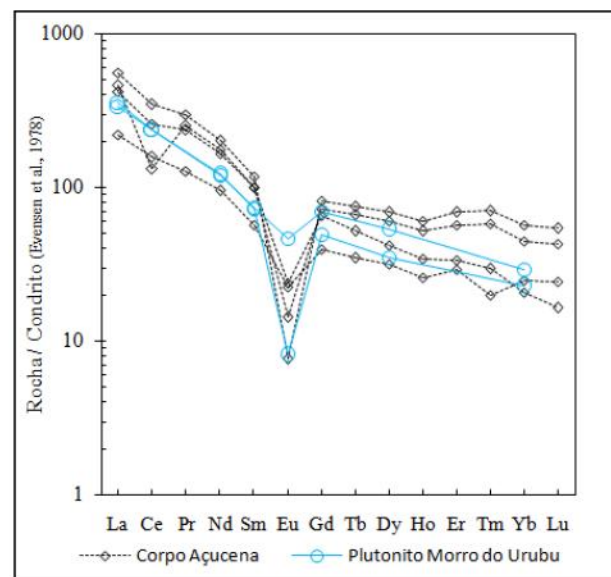


Figura 5.27 – Distribuição dos ETR no corpo Açucena (Oliveira 2002) e Morro do Urubu (Fernandes 2001), normalizados ao condrito (Evensen *et al.* 1978).

A anomalia de Eu está relacionada à cristalização precoce de plagioclásio, que leva a um empobrecimento nesse elemento no líquido residual. Os valores de $Eu/Eu^*_{(CN)}$ ($Eu/Eu^*_{(CN)} = Eu_{(CN)}/Sm_{(CN)} + Gd_{(CN)}$) variam entre 0,07 a 0,49, considerando todas as amostras analisadas. Portanto, numericamente, todas possuem anomalia negativa de Eu. Porém levando em conta o aspecto do padrão dos ETR normalizados ao condrito (**Figura 5.26**), é possível dividir as amostras em dois grupos: as que possuem forte anomalia negativa, e as que possuem anomalia negativa fraca, não sendo evidentes no padrão $ETR_{(CN)}$. Adotando tal divisão, as amostras com forte anomalia negativa de Eu (006-501, 036-003, 018-003, 172-001, 060), possuem tais valores variando entre 0,07 a 0,24 com média de 0,17. As demais

amostras (179-001, 048-004, 007-501, 011-001, 177-002) apresentam valores $Eu/Eu^*_{(CN)}$ entre 0,31 e 0,49, com média de 0,38. Vale destacar que dentre as amostras com forte anomalia negativa de Eu duas apresentam comportamento oposto com relação ao Ce, a 018-003 possui anomalia negativa e a 172-001 possui fraca anomalia positiva.

O valor do $\sum ETR$ varia entre 50,96 a 1050,11, sendo os valores maiores em geral nas amostras com anomalia negativa de Eu. O grau de fracionamento, dado pela razão $La/Yb_{(CN)}$ possui mínimo de 4,48 e máximo de 150,85, considerando todas as rochas metagranito-gnáissicas analisadas. Quando separadas as que possuem forte anomalia negativa de Eu das demais, observa-se que a $La/Yb_{(CN)}$ varia de 4,48 a 14,25 e de 10,49 a 150,85 respectivamente.

Ao comparar o padrão dos $ETR_{(CN)}$ dos metagranito-gnaisses de Morro Escuro (**Figura 5.26**) com amostras do Corpo Açucena (Oliveira 2002), e do granito a biotita do Plutonito Morro do Urubu (Fernandes 2001), ilustrados na **Figura 5.27**, nota-se que as amostras de Morro Escuro com forte anomalia negativa de Eu possuem padrão de $ETR_{(CN)}$ semelhante a tais corpos da suíte Borrachudos, enquanto que aquelas de anomalia ligeiramente negativa possuem concentração geral de ETR inferior a dos corpos Açucena e Morro do Urubu.

5.3. Geoquímica do anfíbolito

Na região estudada, foram encontradas dois tipos de rocha básica – ortoanfíbolito foliado e rocha gabróica isotrópica – correlacionáveis às unidades F e G, respectivamente (**Figura 4.1**). O anfíbolito, além de mais abundante que a rocha gabróica, afetou a química – mineralogia da BIF próximo ao contato. Por isso, o estudo dessa rocha mostra-se importante no intuito de definir o contexto geotectônico e a idade desse evento magmático. Para isso, foram realizadas análises químicas em 5 amostras de anfíbolito, quatro destas provenientes de testemunho de sondagem (011-505, 005-513, 007-002, 014-189,40), e uma de afloramento (036-004), cujos resultados são exibidos no **Anexo V**.

5.3.1. Elementos maiores e traço

A filiação magmática do anfíbolito é definida, principalmente, como sub-alcalina, conforme diagrama SiO_2 vs. (Na_2O+K_2O) de Irvine & Baragar (1971), **Figura 5.28A**, e diagrama Nb/Y vs. $Zr/TiO_2 \times 0,0001$, de Winchester & Floyd (1977), **Figura 5.28B**.

Segundo os diagramas propostos por Irvine & Baragar (1971) e Miyashiro (1974), o conjunto de rochas analisadas segue o *trend* toleítico (**Figura 5.29A e 5.29B**). As amostras 005-513 e 007-002 não são exibidas na **Figura 5.29B**, pois o teor de SiO₂ das mesmas é ligeiramente inferior a 48%.

Conforme ilustrado na **Figura 5.30**, as amostras são classificadas como basaltos pelo diagrama de álcalis vs. sílica de Cox *et al.* (1979), e como basaltos sub-alcálicos a alcalino no diagrama de Winchester & Floyd (1977), presente na **Figura 5.28B**.

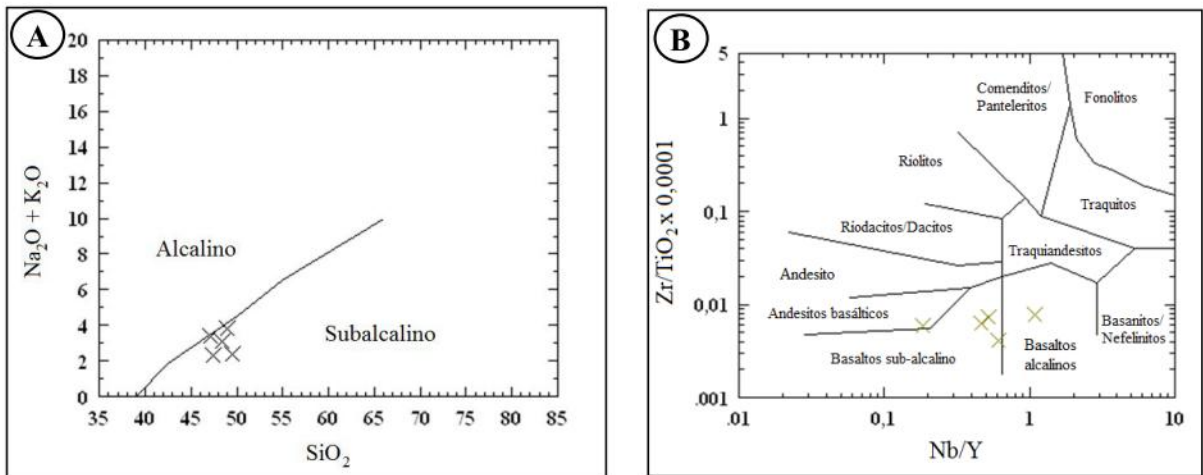


Figura 5.28 – Diagramas de determinação de filiação magmática; (A) SiO₂ vs. (Na₂O+K₂O), mostrando os campos alcalino e subalcalino, segundo Irvine & Baragar (1971); (B) Nb/Y vs. Zr/TiO₂x0,0001 para classificação de rochas vulcânicas (Winchester & Floyd 1977).

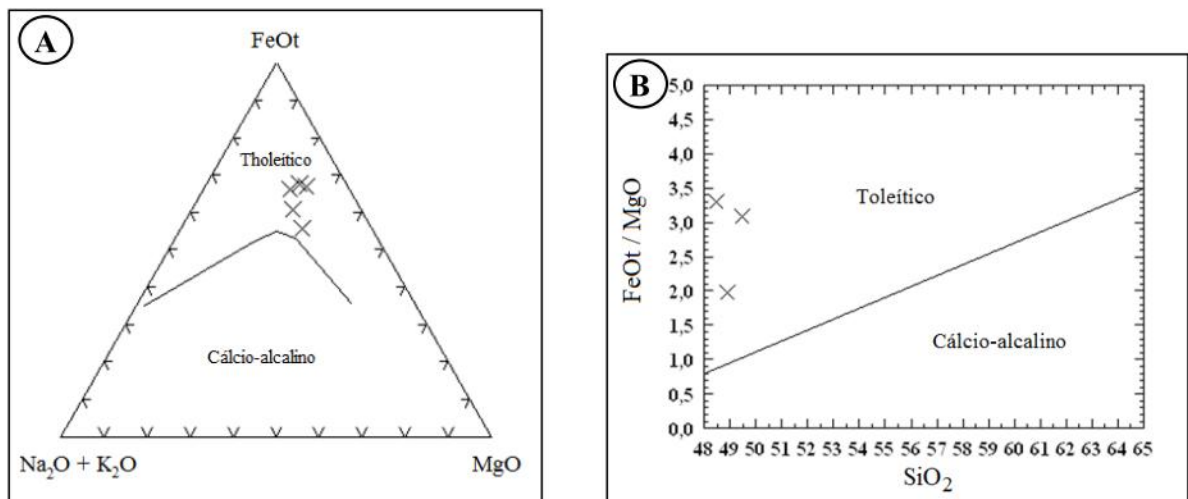


Figura 5.29 – Diagramas para discriminação de séries toleíticas e calcio-alcálicas. (A) AFM, de Irvine & Baragar (1971); (B) SiO₂ vs. FeOt/MgO de Miyashiro (1974).

Nos diagramas do tipo *spider* (multi-elementar), as amostras de anfibólito, normalizadas em relação ao MORB de Pearce (1983), apresentam enriquecimento, de aproximadamente 10 vezes, em alguns elementos litófilos de grande raio iônico (LILE - *large-ion lithophile elements*), tais como Ba, Th e Ta com relação aos elementos de alto potencial iônico (HFSE - *high field strength elements*), que apresentam concentração de no máximo 3 vezes maior que a do MORB (**Figura 5.31A**). Destaca-se neste conjunto a anomalia negativa de P.

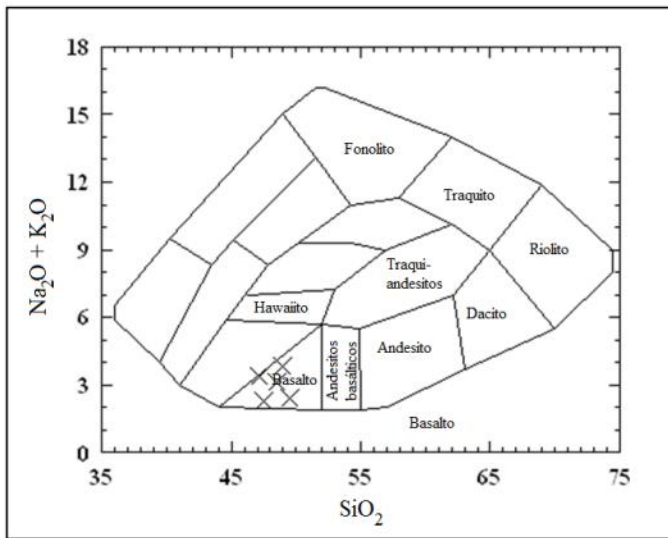


Figura 5.30 – Classificação do anfibólito segundo diagrama de sílica vs. álcalis de Cox *et al.* (1979).

Normalizado ao condrito segundo valores de Thompson (1982), as amostras analisadas são enriquecidas de 10 a 100 vezes, estando à amostra 036-004 menos enriquecida que as demais (**Figura 5.31B**).

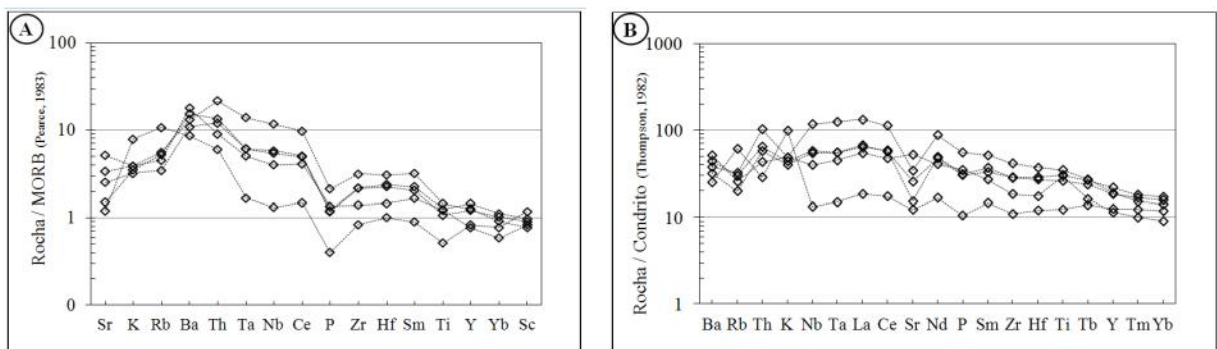


Figura 5.31 – Diagramas de variação multi-elementar das amostras de anfibólito de Morro Escuro. Valores de normalização com base no MORB de Pearce (1983) em (A) e condrito de Thompson (1982) em (B).

5.3.2. Elementos Terras Raras

Quando normalizadas ao condrito, segundo valores de Evensen *et al.* (1978), as amostras analisadas apresentam Σ ETR entre 612,77 ppm a 177,17 ppm, e enriquecimento em ETRL, com razão $La/Yb_{(CN)}$ variando entre 1,57 (valor da amostra 036-003) a 9,51. Os valores de $Eu/Eu^*_{(CN)}$ ($Eu/Eu^*_{(CN)} = Eu_{(CN)}/\sqrt{(Sm_{(CN)}+Gd_{(CN)})}$) são em geral ligeiramente negativos, sendo em uma amostra positivo, variando entre 0,92 a 1,21 (**Figura 5.32**). A maioria das rochas básicas e ultrabásicas não contém anomalia de Eu, o que contrasta com comportamento do Eu nas rochas ácidas. Valores negativos de $Eu/Eu^*_{(CN)}$ são característicos de rochas evoluídas, ausentes em tipos intermediários, e raros em basaltos (Cullers & Graf 1984). O padrão de enriquecimento de ETRL é mais pronunciado que o apresentado pelo E-MORB (**Figura 5.32**).

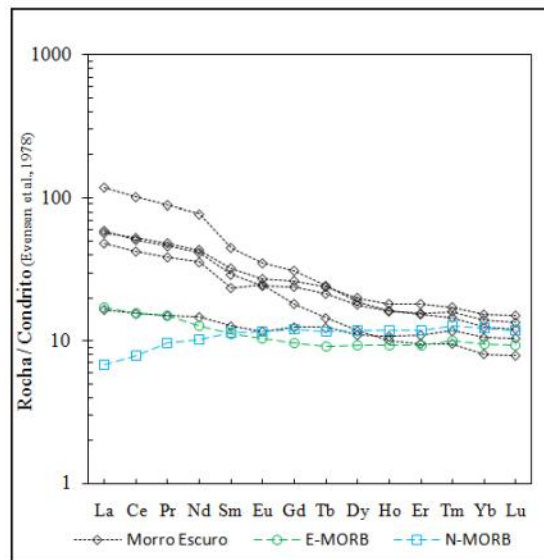


Figura 5.32 – Distribuição dos elementos terras raras normalizados ao condrito (Evensen *et al.* 1978). Valores de E-MORB e N-MORB segundo Sun & McDonough (1989).

5.3.3. Ambiente tectônico

Vários são os diagramas utilizados para discriminar ambientes tectônicos de rochas básicas, entretanto eles devem ser utilizados com cautela para rochas proterozóicas, visto que foram construídos para análise de rochas fanerozóicas inalteradas.

Os diagramas de Pearce & Cann (1973) e Mullen (1983) utilizam a concentração de elementos maiores para a discriminação de ambiência tectônica. No primeiro as amostras analisada caem predominantemente no campo de rochas básicas continentais (**Figura 5.33A**).

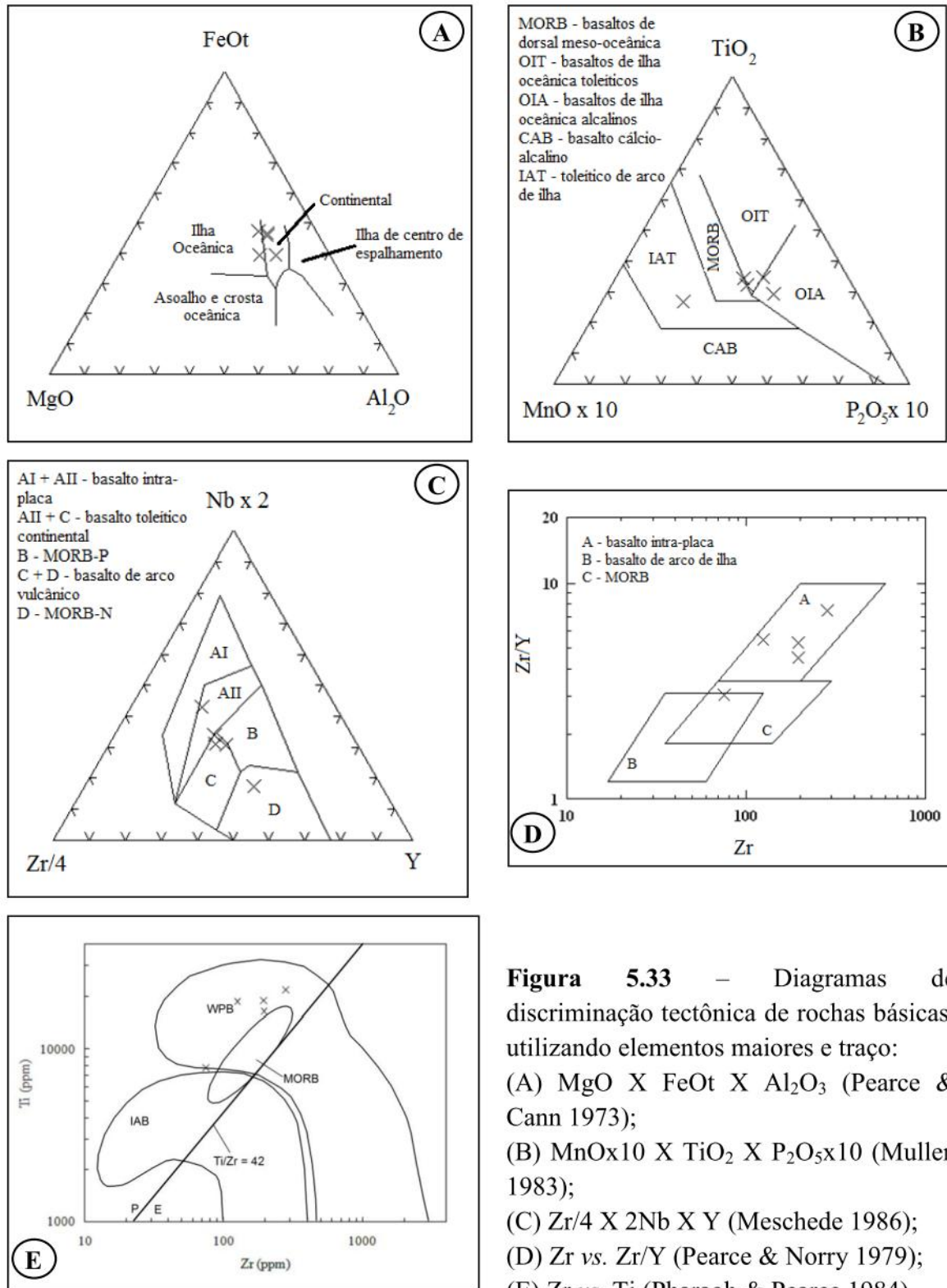


Figura 5.33 – Diagramas de discriminação tectônica de rochas básicas, utilizando elementos maiores e traço: (A) MgO X FeOt X Al₂O₃ (Pearce & Cann 1973); (B) MnOx10 X TiO₂ X P₂O₅x10 (Mullen 1983); (C) Zr/4 X 2Nb X Y (Meschede 1986); (D) Zr vs. Zr/Y (Pearce & Norry 1979); (E) Zr vs. Ti (Pharaoh & Pearce 1984).

No diagrama de Mullen (1983) os anfibolitos estão presentes no campo de basaltos de ilha oceânica, porém próximo ao limite do campo de MORB (**Figura 5.33B**). A única amostra analisada proveniente de afloramento caiu no campo toleítico de arco de ilha, o que é provavelmente resultado de sua alteração intempérica.

Os diagramas de Meschede (1986), Pearce & Norry (1979), Pharaoh & Pearce (1984) utilizam as concentrações de Nb, Zr, Y e Ti na discriminação do ambiente tectônico (**Figura 5.33C, D, E**). Tais elementos, juntamente com os ETR, são considerados imóveis ou pouco móveis durante processos de alteração e metamorfismo, e sua utilização tem se mostrado útil no estudo de rochas básicas (*e.g.* Pearce & Norry 1979, Meschede 1986).

No diagrama de Meschede (1986) as rochas básicas analisadas, com exceção da amostra 036-004, caem predominantemente no campo AII+C, correspondente a magmatismo toleítico continental. Nos diagramas de Pearce & Norry (1979) e Pharaoh & Pearce (1984) as amostras estão presentes predominantemente no campo dos basaltos intraplaca. Nestes diagramas novamente a amostra 036-004 destoa das demais, e está presente na interface entre os campos MORB e basaltos de arco de ilha na **Figura 5.33D**, e na linha limítrofe entre os campos de basaltos de arco de ilha e basaltos continentais da **Figura 5.33E**. As análises geoquímicas, portanto, indicam que o protólito das amostras de anfibolito da Serra do Morro Escuro caracteriza-se como um basalto toleítico com origem em ambiente intra-placa continental.

A razão Ti/Zr tem sido utilizada para testar o caráter magmático de uma suíte de rochas máficas (Stillman & Williams, 1979). O comportamento destes elementos é controlado pela cristalização fracionada de um magma básico. No início do processo de cristalização magmática a razão Ti/Zr permanece inalterada, e os minerais predominantes neste estágio são olivina, piroxênio e plagioclásio. Com a cristalização de fases minerais que fracionam Ti, a razão Ti/Zr do magma decresce rapidamente, e concomitantemente há o incremento de SiO₂ no líquido. Este estágio marca a mudança do caráter químico do magma, que anteriormente produzia rochas de composição mais básica, e passa a produzir rochas mais diferenciadas. O valor exato da razão Ti/Zr que delimita os campos das rochas evoluídas e primitivas é controverso, contudo foi utilizada razão igual a 42 na **Figura 5.33E**, que corresponde a razão TiO₂/Zr = 70 de Stillman & Williams (1979). Conforme se observa na **Figura 5.33E**, todas as amostras estudadas estão presentes no campo das rochas primitivas, ou seja sua relação Ti/Zr mostra-se constante indicando que nenhuma fase mineral rica em Ti foi extraída do líquido magmático.

5.3.4. Comparações com estudos regionais

Os dados geoquímicos e isotópicos dos anfíbolitos de Morro Escuro foram comparados aos seguintes grupos de rochas básicas descritos na literatura:

- Clorita xistos e metavulcânicas ricas em Fe, localizadas no sudeste do cráton do São Francisco, cujos protólitos estão relacionados a rochas alcalinas de rifte continental. Possuem idade de 1710 ± 12 Ma, e estão relacionadas à evolução do rifte Espinhaço (Dussin *et al.* 1994);
- Metagabros da borda sudeste do cráton do São Francisco, cujo protólito é basalto toleítico continental. Este magmatismo está relacionado à extensão da crosta do Gondwana, a aproximadamente 900 Ma (Dussin 1994);
- Xistos verdes do Alto Araçuaí, de idade 1160 Ma, cujos protólitos são rochas vulcânicas básicas, relacionadas ao rifte neoproterozóico Macaúbas (Babinski *et al.* 2005, Gradim *et al.* 2005, Martins 2006);
- Enxames de diques básicos do Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço Meridional, divididos por Silva *et al.* (1995) e Silva (1992) em três grupos:
 - Grupo I: idade entre 1700 a 1500 Ma, relacionados à abertura da bacia Espinhaço;
 - Grupo II: idade 906 Ma, relacionados aos primeiros estágios do evento Panafricano/Brasiliano;
 - Grupo III: idade aproximada de 120 Ma, se relacionam a fragmentação do supercontinente Gondwana.

Os diagramas *spider* da **Figura 5.34** exibem dados de elementos traços de Morro Escuro e dos grupos de rochas básicas descritos acima. Verifica-se que o padrão de Morro Escuro assemelha-se significativamente com aqueles encontrados nas amostras dos Grupos II (neoproterozóico) e III (cretáceo) de Silva *et al.* (1995), com os metagabros (neoproterozóico) de Dussin (1994), e os xistos verdes (neoproterozóico) de Gradim *et al.* (2005).

Com relação aos ETR, padrão semelhante ao observado nas amostras de Morro Escuro – enriquecimento em ETRL em relação aos ETRP e $\text{Eu}/\text{Eu}^*_{(\text{CN})}$ levemente negativo – foram descritos nas amostras do Grupo II de Silva *et al.* (1995), e nas rochas básicas mesoproterozóicas do sudeste do cráton do São Francisco estudadas por Dussin *et al.* (1994). As rochas neoproterozóicas de Dussin (1994) e de Gradim *et al.* (2005) apresentam enriquecimento em ETRL, porém possuem fraca anomalia positiva de Eu, o que indica seu caráter ligeiramente mais primitivo em relação as outras rochas analisadas.

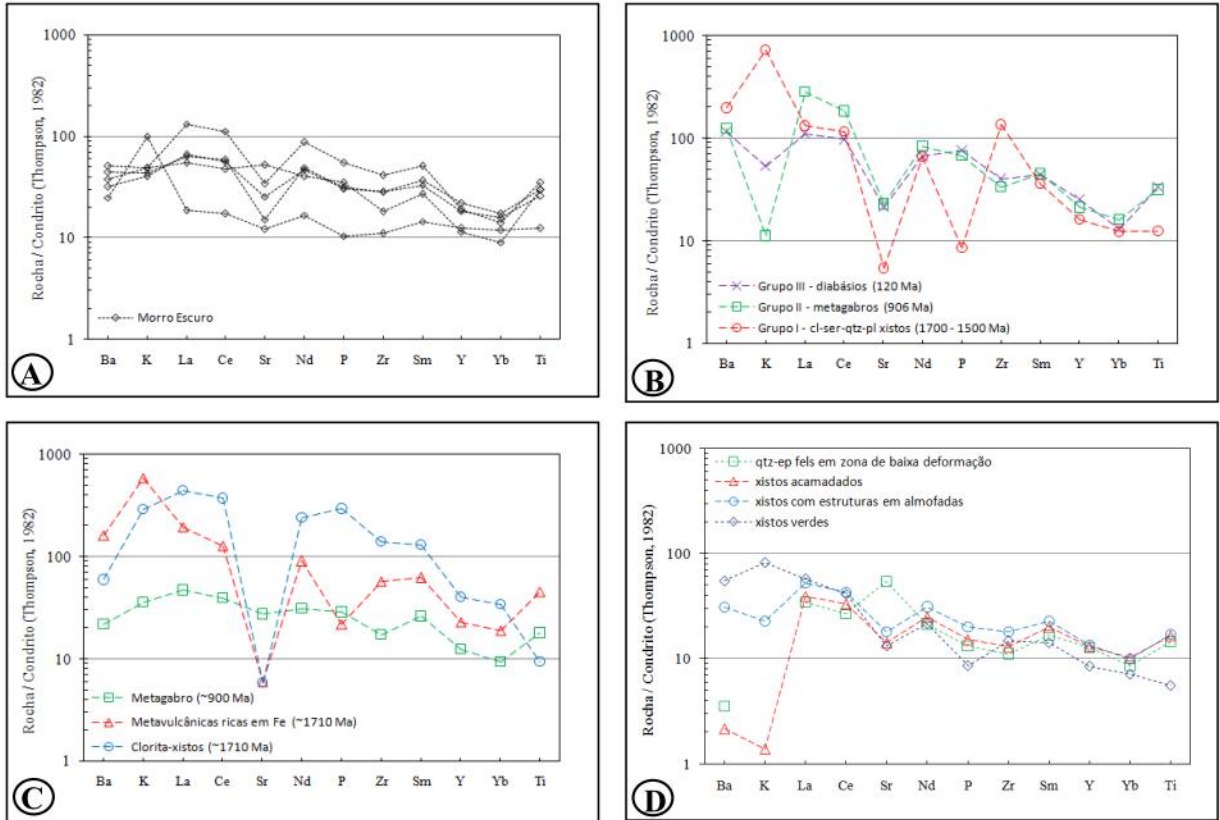


Figura 5.34 – Diagramas de variação multi-elementar das amostras de anfibolito de Morro Escuro (A); dos Grupos I, II e III de Silva *et al.* (1995), (B); das rochas básicas do sudeste do cráton do São Francisco (Dussin *et al.* 1994 e Dussin, 1994), (C); xistos verdes do rifte Macaúbas (Gradim *et al.* 2005), (D); normalizados ao condrito segundo valores de Thompson (1982).

As assinaturas geoquímicas de Morro Escuro são concordantes com as obtidas por Dussin (1994), Babinski *et al.* (2005), Gradim *et al.*, (2005), Martins (2006) e Silva *et al.* (1995) apontando basalto continental como protólito.

6. ANÁLISES ISOTÓPICAS

6.1. Dados isotópicos Sm-Nd do anfíbolito

Três amostras de anfíbolito provenientes de testemunhos de sondagem foram analisadas para composição isotópica de Sm e Nd, cujos resultados estão presentes na **Tabela 6.1**.

Amostra	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ($\pm 2\text{SE}$)	$\epsilon\text{Nd}(0)$	T_{DM} (Ga)
007-002	5,817	25,881	0,1359	0,512261 \pm 3	-7,35	1,52
011-505	11,083	54,928	0,122	0,512175 \pm 2	-9,03	1,43
005-513	7,949	31,906	0,1506	0,512564 \pm 3	-1,45	1,15

Tabela 6.1 – Dados isotópicos Sm-Nd das amostras de anfíbolito da Serra do Morro Escuro.

Os dados Sm-Nd de rocha total das amostras estudadas são: Sm entre 7,949 e 11,083; Nd entre 25,881 e 54,928; $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ entre 0,122 e 0,1506 e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ entre 0,512261 \pm 3 e 0,512564 \pm 3. Estes dados fornecem idades-modelo (T_{DM}) entre 1,15 a 1,52 Ga, indicando o intervalo máximo de idade para a cristalização dos protólitos magmáticos das amostras analisadas.

Os valores de ϵNd são expressivamente negativos, evidenciando a forte contaminação crustal sofrida pela rocha.

As idades T_{DM} do anfíbolito de Morro Escuro são semelhantes àqueles obtidos por Dussin (1994), Babinski *et al.* (2005) e Gradim *et al.* (2005), Martins (2006) e Silva *et al.* (1995) (**Tabela 6.2 e Figura 6.1**).

As rochas estudadas pelos autores supracitados apresentam idade U-Pb entre 900 Ma a 1160 Ma, e são interpretadas como representantes do vulcanismo básico da fase rifte da Bacia Macaúbas (**Tabela 6.2**). Além dos dados geocronológicos, as assinaturas geoquímicas de Morro Escuro também são concordantes com as dos trabalhos acima citados, apontando basalto continental como protólito.

Autor	Amostra	Sm (ppm)	Nd (ppm)	147Sm/144Nd	143Nd/144Nd (\pm 2SE)	TDM (Ga)	ϵ Nd (0)	Idade U-Pb
Esta dissertação	011-505	11,083	54,928	0,122	0,512175 \pm 2	1,43	-9,03	-
Dussin (1994)	T.28	6,92	30,01	0,13943	0,512246	1,62	-0,88 (base de 900 Ma)	~900 Ma
Babinski <i>et al.</i> (2005) e Gradim <i>et al.</i> (2005)	AM 14	1,119	4,751	0,1424	0,51230	1,52	-6,00	1160 Ma
Martins (2006)	BOQ30	3,960	16,367	0,1463	0,512322	1,61	-6,17	1100 Ma
Silva <i>et al.</i> (1995)	DAT01	3,15	14,33	0,1338 \pm 0,00009	0,512335 \pm 0,000024	1,35	-3,20	906 \pm 2 Ma Machado <i>et al.</i> (1989)

Tabela 6.2 – Tabela comparativa de valores de isotópicos Sm-Nd do anfíbolito de Morro Escuro com demais estudos de rochas básicas paleoproterozóicas/neoproterozóicas da porção sul do cráton do São Francisco e extremo leste da faixa Araçuai.

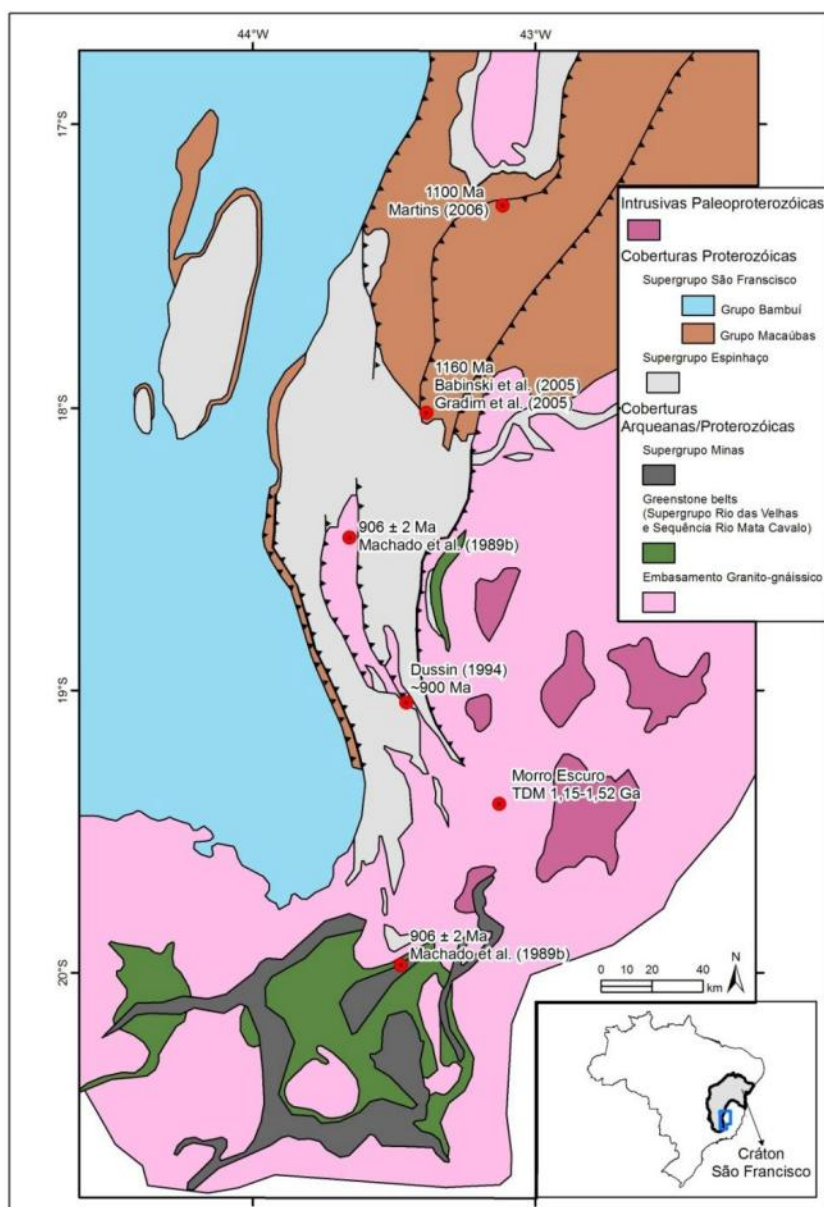


Figura 6.1 – Mapa esquemático da borda leste do Cráton do São Francisco e borda oeste da Faixa Araçuai, com localização das rochas básicas cujos dados foram comparados aos resultados obtidos sobre Morro Escuro no presente trabalho. Modificado de Schobbenhaus (1984) e Dussin *et al.* (2000).

6.2. U-Pb SHRIMP das rochas metassedimentares

Foram analisados zircões provenientes de duas amostras de metaconglomerado da Unidade D (Pontos: PTG-106 UTM 696044 / 7854180; PTG-093 UTM 697903 / 7854995 – **Anexo II**) e uma de quartzito da Unidade E (Ponto PTG-226 UTM 693439/7854782 – **Anexo II**) – vide coluna estratigráfica **Figura 4.1**. As análises isotópicas U-Pb foram realizadas em cristais de zircão pelo método SHRIMP (*Sensitive High Resolution Ion Microprobe*) na Curtin University em Perth, Austrália. A metodologia da análise e as condições operacionais do encontram-se descritas no **item 1.2**. Um sumário dos dados geocronológicos U-Pb está presente no **Anexo VI**.

Os objetivos principais desse estudo foram à determinação da idade máxima de deposição dessas rochas e comparação com idades obtidas no contexto geológico geral.

6.2.1. Resultados

Na amostra de metaconglomerado do ponto PTG-106 os zircões são subarredondados a arredondados, ocorrendo alguns cristais prismáticos, o que indica transporte curto. Foram analisados 30 *spots* em 30 cristais (**Figura 6.2**).

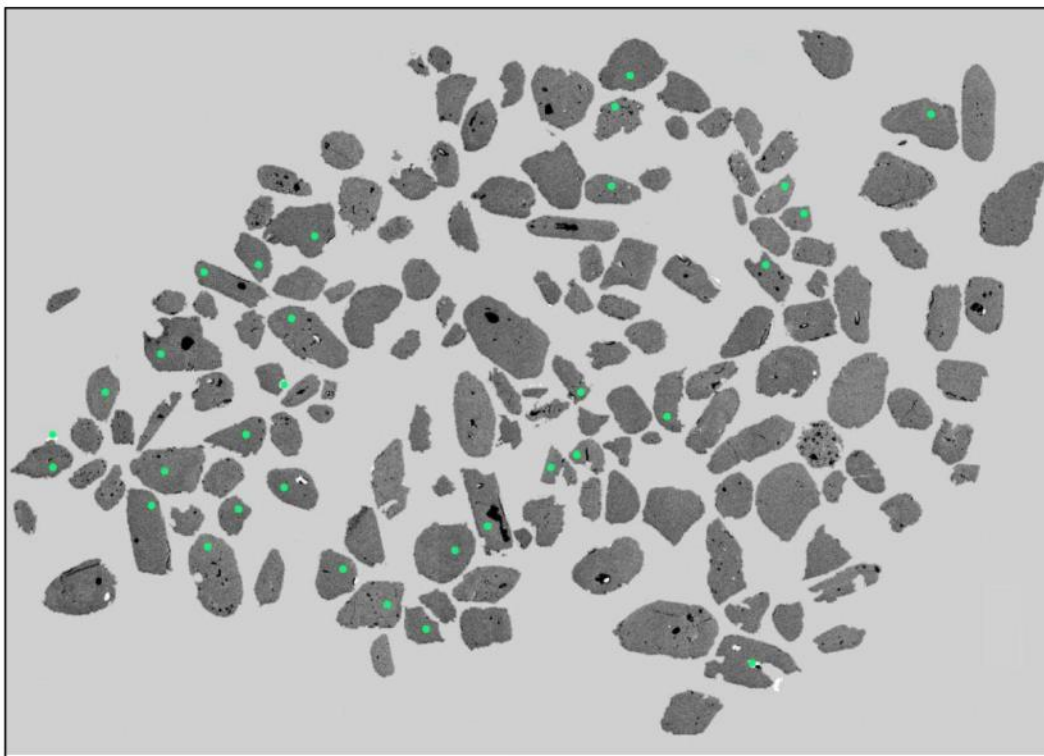


Figura 6.2 – Imagem BSE dos zircões da amostra PTG-106, com os pontos analisado simbolizados em verde.

Dos 30 resultados analíticos, 25 são concordantes. O resultado mais discordante corresponde à idade de 1623 ± 19 Ma, aparentando ser a idade mais jovem da amostra. No entanto, essa idade muito provavelmente está afetada pela perda de Pb radiogênico, visto que as relações isotópicas alinham na mesma linha dos zircões com idade de **1741 ± 8 Ma** (**Figuras 6.3 e 6.4**).

Portanto a idade máxima de sedimentação obtida nessa amostra, ou a idade do zircão mais jovem dessa população, é de **1741 ± 8 Ma**, que corresponde ao final do Paleoproterozóico (Estateriano).

O diagrama de probabilidade mostra a seguinte distribuição de idades (**Figura 6.5**): 9 zircões Estaterianos; 3 tardi-Transamazônicos (*spots* d.8-4 = 2022 ± 13 Ma e d.5-2 = 2036 ± 15 Ma – **Anexo VI**); 5 Transamazônicos precoces (*spots* d.1-3 = 2205 ± 14 Ma, d.7-2 = 2264 ± 13 Ma, d.2-1 = 2136 ± 27 Ma, d.7-3 = 2068 ± 10 Ma, e d.8-3 = 1959 ± 15 Ma – **Anexo VI**); 13 zircões Arqueanos, sendo 4 zircões Neoarqueanos, 7 Mesoarqueanos, e 2 Paleoarqueanos. Verifica-se uma ausência aparente de zircões Siderianos. Quatro dos 5 resultados Transamazônicos precoces são discordantes, mas alinham em um único intercepto de idade 2250 Ma.

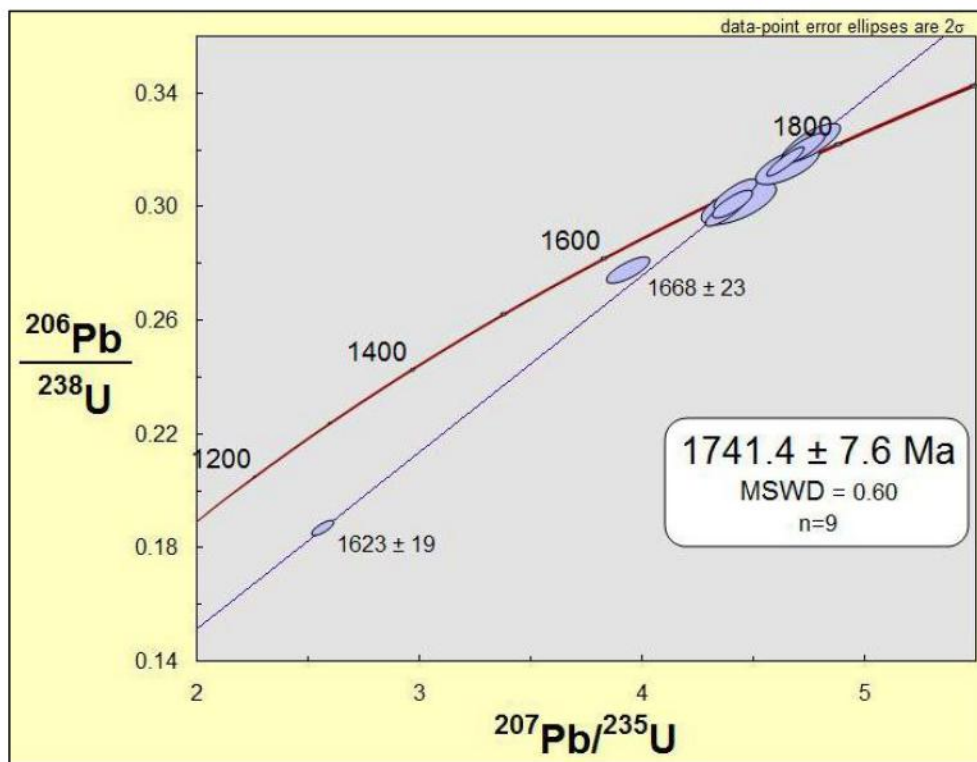


Figura 6.3 – Diagrama concórdia da amostra PTG-106.

Foram datadas ainda duas xenotimas da amostra PTG-106 cujos resultados $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ foram de 576 ± 8 e 530 ± 6 Ma. Devido a pequena quantidade de ^{207}Pb nessa faixa de tempo (limite Proterozóico-Cambriano) as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ são muito pouco precisas, devendo-se adotar apenas as idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$.

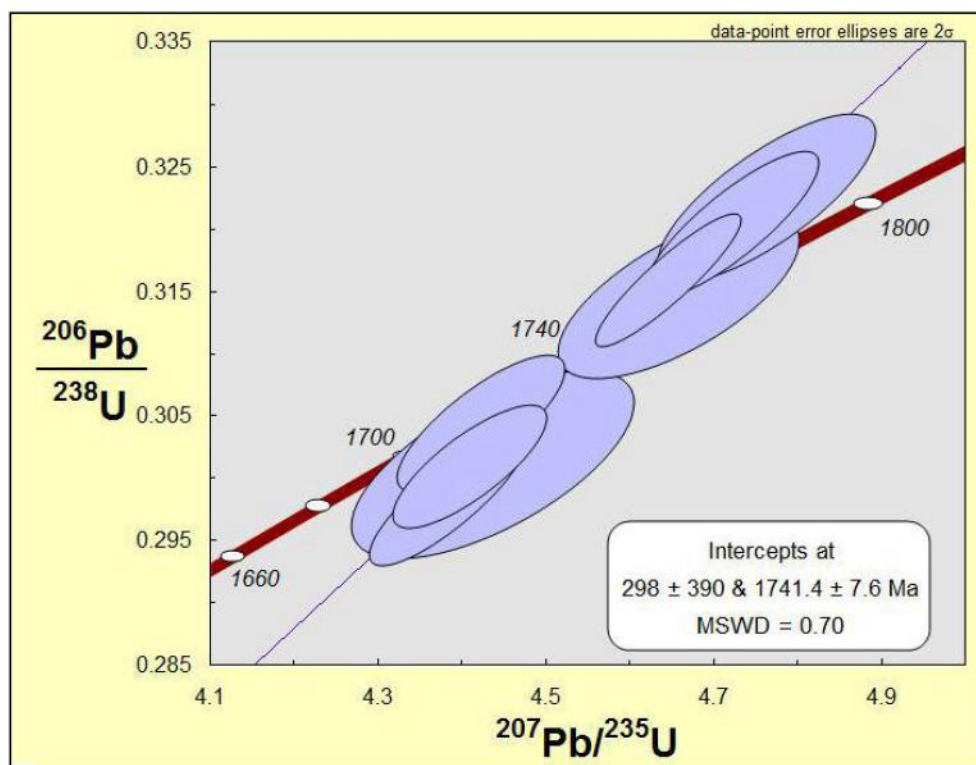


Figura 6.4 – Diagrama concórdia da amostra PTG-106 com detalhe da população com a idade de 1741 Ma (n=9), que é a principal população dessa amostra.

Na amostra de metaconglomerado do ponto PTG-093 foram encontrados menos zircões que na amostra PTG-106, com tamanhos variáveis entre $50\mu\text{m}$ e $400\mu\text{m}$ (**Figura 6.6**). Foram analisados 30 *spots* em 30 zircões. Um dos zircões apresenta auréola metamórfica onde foi obtida idade de 506 ± 6 Ma que é interpretada como resultado de recristalização hidrotermal. A idade máxima da rocha corresponde à idade mais jovem encontrada que é de 1753 ± 32 Ma. Existem outras três *spots* Estaterianas e que aparentemente fazem parte de uma única população com 1766 ± 16 Ma (**Figura 6.7**).

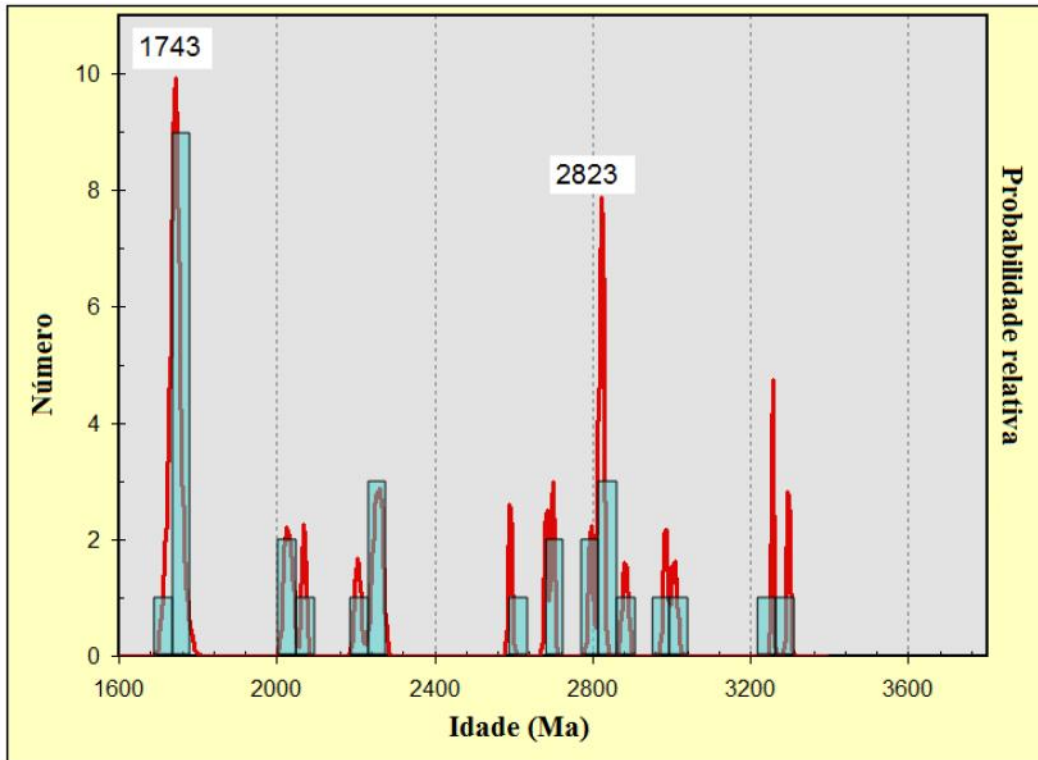


Figura 6.5 – Diagrama de probabilidade das idades obtidas dos zircões da amostra PTG-106.

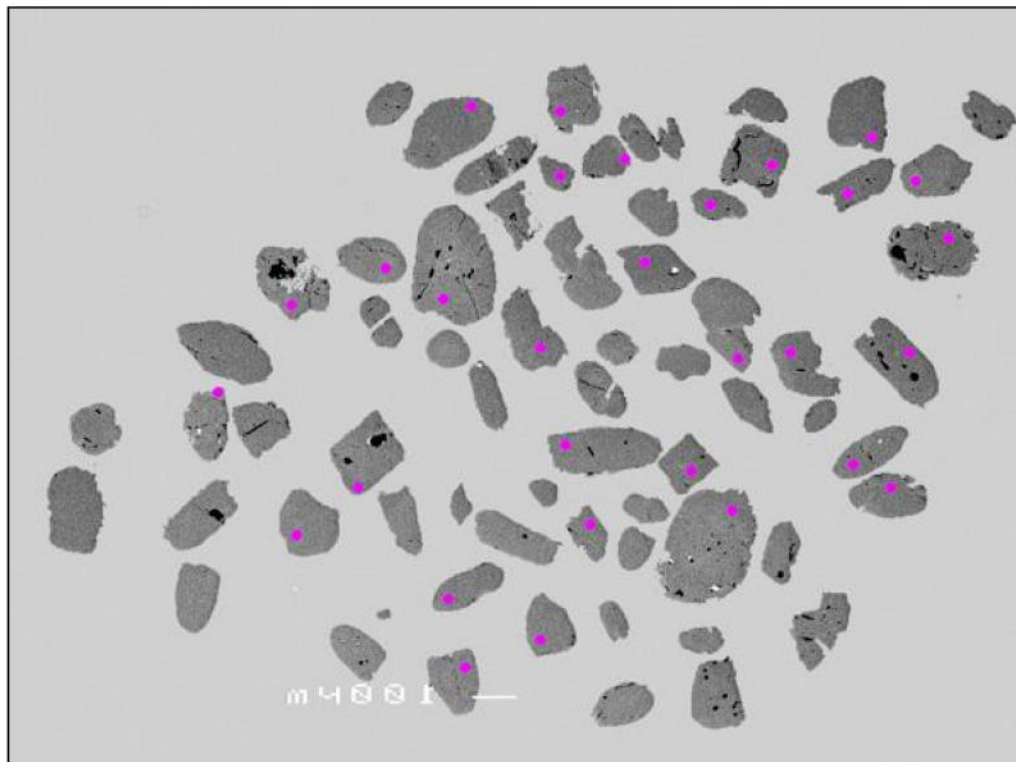


Figura 6.6 – Imagem BSE dos zircões da amostra PTG-093, com os pontos analisado simbolizados em rosa. Esta é a amostra que revelou o menor número de zircões, os quais possuem tamanho variável entre 50 μm e 400 μm .

Conforme indica o diagrama da **Figura 6.8**, as idades encontradas foram: 4 zircões com idade Estaterianas; 12 com idade equivalente a da orogênese Transamazônica (2040 até 2256 Ma); 1 grão de idade Sideriana (2306 Ma); 13 Arqueanos, sendo 5 Neoarqueanos, 7 Mesoarqueanos e 1 Paleoarqueano (3299 Ma).

Na amostra de quartzito do ponto PTG-226 foram encontrados mais zircões que nas demais amostras, em grãos bem arredondados. Foram feitas 33 *spots* em 32 cristais (**Figura 6.9**), cujas idades seguem desde **1728 ± 16 Ma** (Estateriano) até 3266 ± 10 Ma (Paleoarqueano). As idades obtidas foram às seguintes: 1 zircão de idade Estateriana; 2 de idade Orosiriano; 6 de idade Riacciana (Transamazônica) variando entre 2084 Ma a 2144 Ma; e 24 zircões de idade Arqueana, sendo 9 Neoarqueanos, 14 Mesoarqueanos e 1 Paleoarqueano com 3266 Ma (**Figura 6.10**). A amostra PTG-226 é a que apresenta a maior contribuição Arqueana.

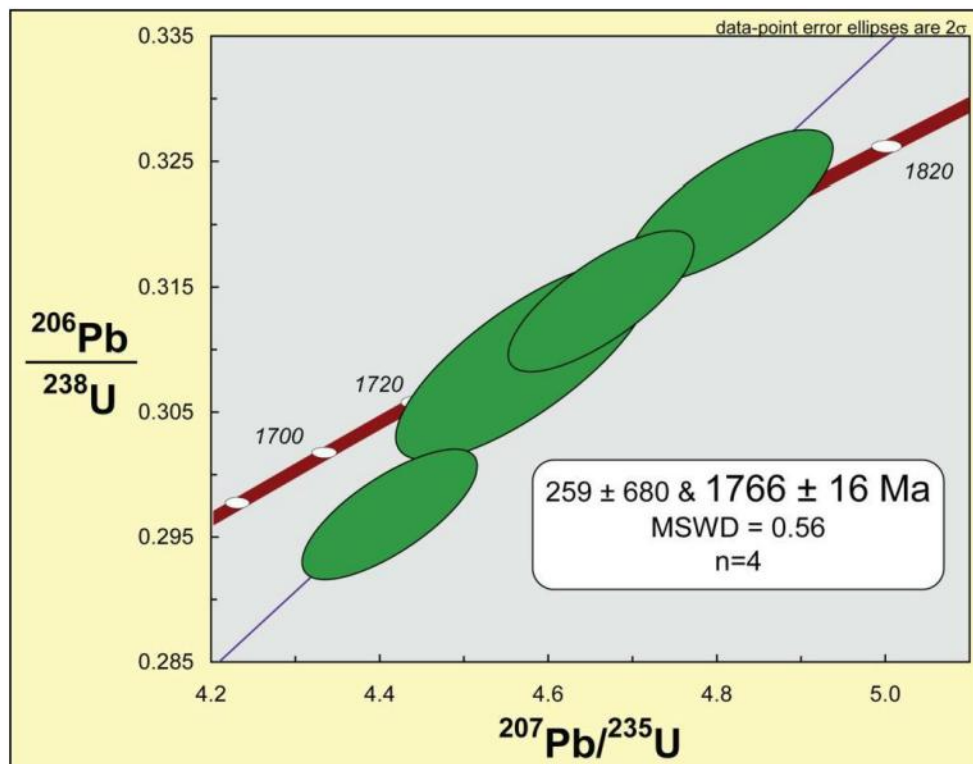


Figura 6.7 – Diagrama concórdia da amostra PTG-093 com a população mais jovem de zircões.

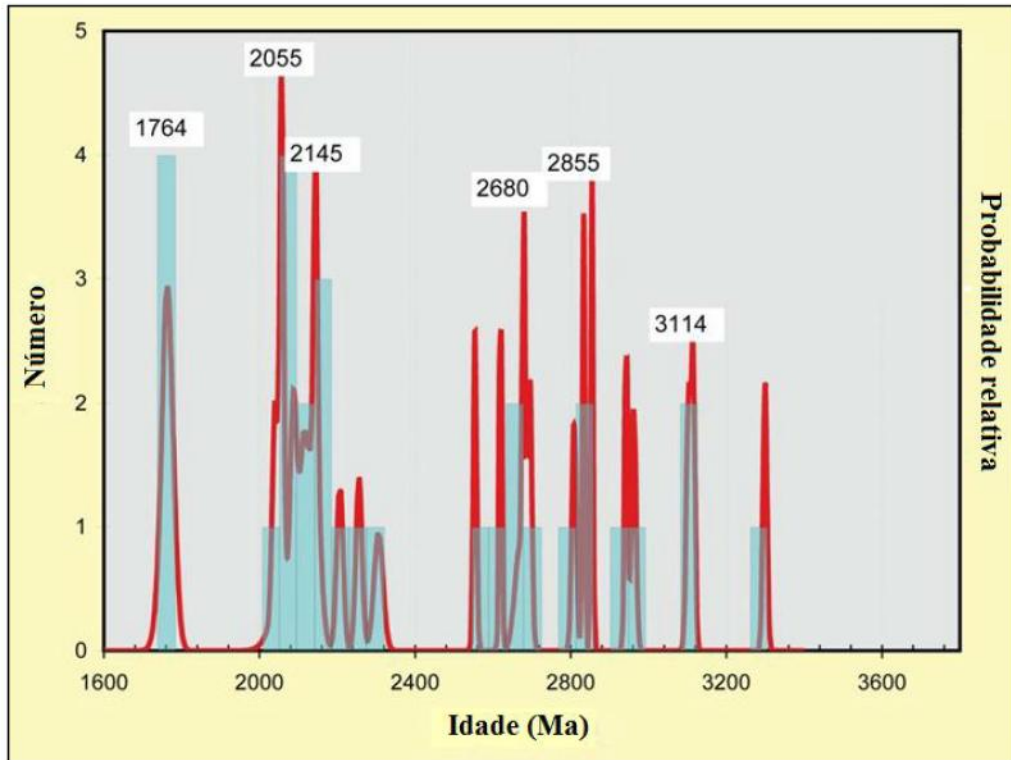


Figura 6.8 – Diagrama de probabilidade das idades obtidas dos zircões da amostra PTG-093.

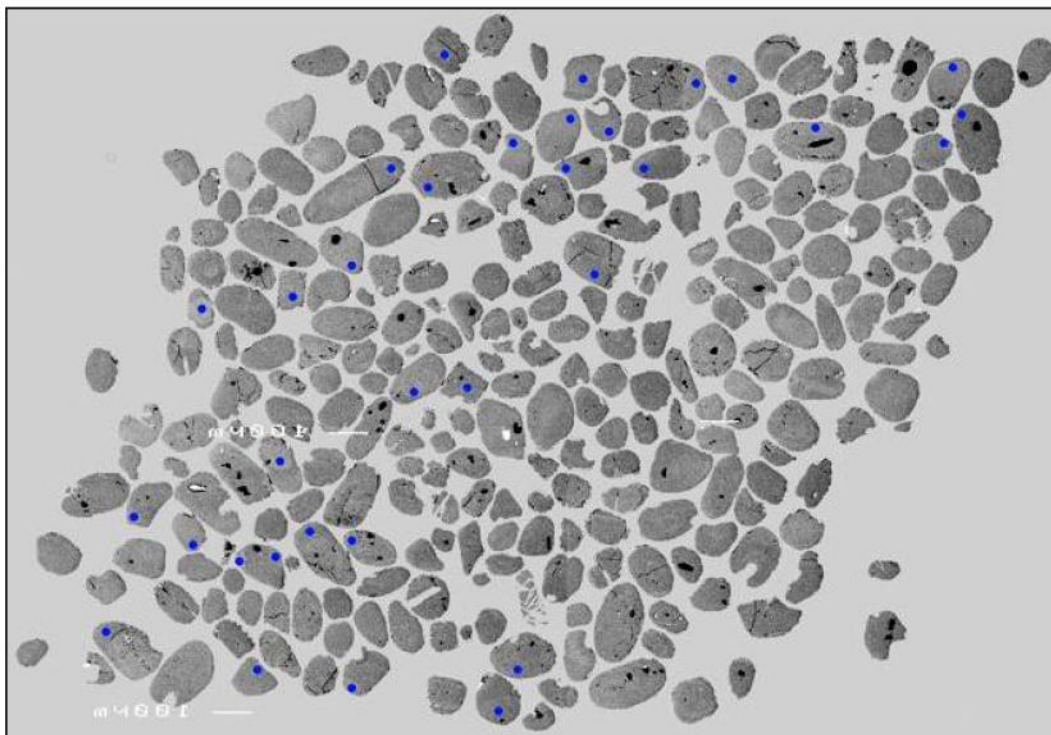


Figura 6.9 – Imagem BSE dos zircões da amostra PTG-226, com os pontos analisados simbolizados em azul.

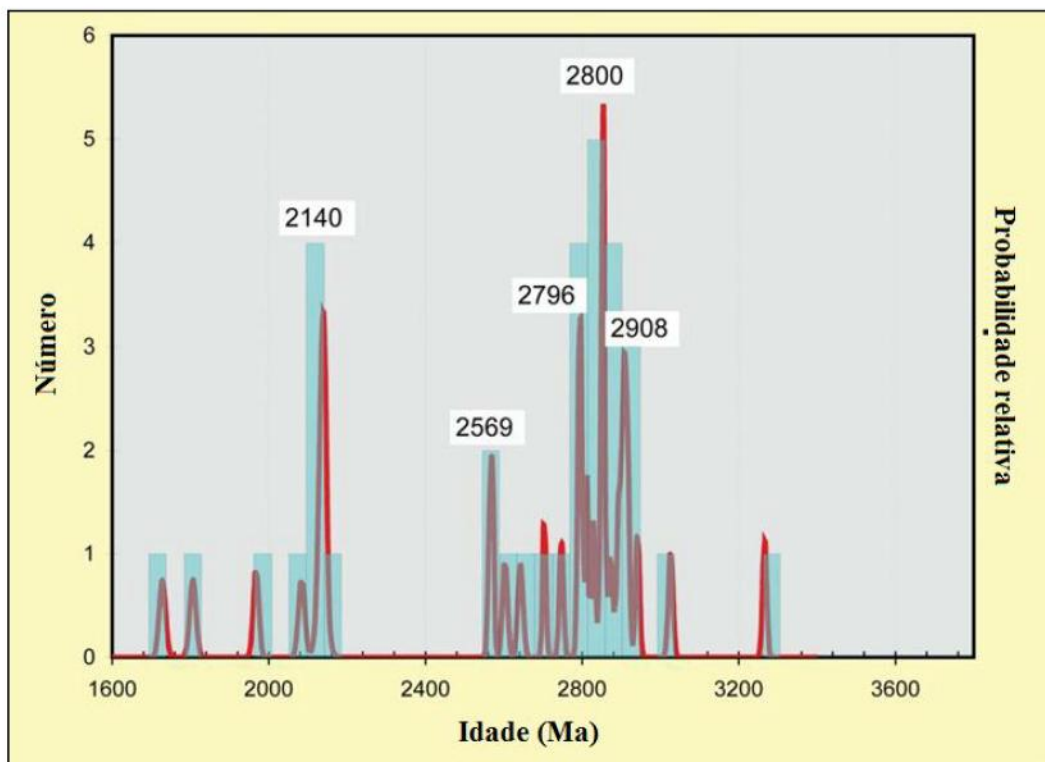


Figura 6.10 – Diagrama de probabilidade das idades obtidas dos zircões da amostra PTG-226, que é aquela com maior contribuição de fonte arqueana.

7. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A sequência da Serra do Morro Escuro é constituída por rochas sedimentares psamopelíticas, formações ferríferas, e diques/sills de anfibolito (**Figura 4.1**) que foram submetidos a metamorfismo de condições fácies anfibolito baixo a intermediário ($T=512-560\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P=5,9\text{ kbar}$). Também ocorrem diques de composição gabróica sem metamorfismo.

Com relação ao embasamento da sequência, partindo de compilação dados petrográficos e geoquímicos conclui-se que, além do Complexo arqueano Dona Rita, constituído por gnaisses TTG, há corpos da Suíte Borrachudos tectonicamente intercaladas na sequência metassedimentar, na porção central e SE da Serra do Morro Escuro, representada pelas amostras 006-501, 036-003, 018-003 e 172-001 (**Figura 5.16**). A amostra coletada no corpo denominado de Granito Boa Vista por Grossi-Sad *et al.* (1997), (amostra 060 - **Figura 5.16**) apresenta padrão de ETR e posicionamento nos diagramas de Pearce *et al.* (1984) e Eby (1992) compatível com a Suíte Borrachudos, e portanto foi correlacionada a essa suíte. Através desses resultados os corpos da Suíte Borrachudos caracterizados foram inseridos no mapa geológico da área estudada (**Anexo I**). A mineralogia indica que esses corpos compreendem a sua fácies mais diferenciada, identificado por Fernandes *et al.* (1995) na região entre Guanhães e Dores de Guanhães, como granito à biotita. Nesta fácies, de acordo com Fernandes (2001), a composição modal média é de 33,4% de microclina, 47% de quartzo, 15,1% de plagioclásio, 4,4% de biotita, 0,7% de fluorita e 0,1% de allanita. Fluorita é mineral acessório raro de cristalização tardia e, portanto característico da fácies mais diferenciada da Suíte Borrachudos. Contudo, além de ser um mineral raro nestas rochas, este é facilmente arrancado da lâmina por abrasão durante sua confecção e por isso não foi utilizado como principal critério classificatório.

Os itabiritos são predominantemente do tipo hematítico lamelar, apresentam textura em geral xistosa e granulação média a fina (entre 0,01 mm a 1,00 mm). A mineralogia dos óxidos de Fe é constituída principalmente por hematita com diversas morfologias (lamelar / especularítica, granular, martita e lobular), com predomínio da lamelar, e também magnetita. Anfibólios, predominantemente magnésio - hornblenda e de forma subordinada tschermakita, além de epidoto, estão sempre presentes com proporção <10% em volume. Usualmente esses minerais ocorrem próximos a auréola de contato com os diques de anfibolito da Unidade F. A intrusão dos diques e sills de anfibolito gerou metassomatismo de contato, que se manifesta

pela presença de allanita e hornblenda magnésiana (devido ao metassomatismo de MgO, Al₂O₃, Na₂O, K₂O).

A magnetita aparece como cristais subédricos e como relictos em xenoblastos a hipidioblastos de martita (0,01 mm a 2,0 mm – até 4,0 mm de diâmetro) predominantemente próximo a zona de contato com os anfíbolitos. Texturalmente os cristais estão crescidos ao longo de bandas de espessura centimétrica a milimétrica e parcialmente por sobre a foliação, indicando uma origem sintectônica.

A contaminação clástica na BIF de Morro Escuro é baixa, o que é indicado pela sua mineralogia homogênea, baixa concentração de elementos associados a contaminação crustal (e.g. Al₂O₃, TiO₂, Th, Hf, Sc), e alta razão Y/Ho. O grau de oxidação do ambiente deposicional aponta para subóxico a anóxico, devido as razões Th/U e U/Th, e principalmente pela anomalia de Ce (Ce/Ce*_(SN)) não ser verdadeiramente negativa. Tal anomalia apresenta-se positiva em apenas duas amostras devido a presença de allanita.

O valor médio da anomalia de Eu (Eu/Eu*_(SN)) é de 1,63, próximo a média estipulada por Planavsky *et al.* (2010) de 1,5 para formações ferríferas do final do paleoproterozóico. A ausência de forte anomalia positiva de Eu, as relações Sm/Yb *vs.* Eu/Sm e Eu/Eu*_(CN) *vs.* (Sm/Yb)_(CN) (**Figura 5.13**) e associação com sedimentos psamo-pelíticos apontam para deposição em ambiente plataformal, no paleoproterozóico.

As análises geoquímicas do anfíbolito da Serra do Morro Escuro confirmam a composição basáltica indicada pela mineralogia metamórfica, e exibem a afinidade toleítica, sub-alcalina a levemente alcalina, e associação a ambiente continental, intra-placa. Os estudos isotópicos pelo método Sm-Nd, mostram que o parâmetro εNd é fortemente negativo, o que corrobora com a teoria de que este magma basáltico atravessou crosta continental relativamente espessa. Foram obtidas ainda idades T_{DM} entre 1,15 a 1,52 Ga. Os dados obtidos corroboram com os descritos por Dussin (1994), Silva *et al.* (1995), Babinski *et al.* (1995), Gradim *et al.* (2005) e Martins (2006) em rochas básicas associadas ao vulcanismo da fase rifte da Bacia Macaúbas (Noce *et al.* 1997). Portanto o magmatismo básico que originou o anfíbolito da área estudada é atribuído à fase de abertura do rifte Araçuaí, no início do Neoproterozoico (~Toniano, 1000-850 Ma – **Figura 7.1**).

O empilhamento estratigráfico de Morro Escuro é condizente com o proposto por Rolim & Rosière (2011) e Rolim & Rosière (em preparação) para o Grupo Serra da Serpentina, conforme exhibe a **Figura 7.2**. As Unidades A e B inferior são correlacionadas à Formação Meloso, a Unidade C à Formação Serra do Sapo, e as Unidades B superior e E à Formação Itapanhoacanga. Além disso, as características texturais / mineralógicas /

geoquímicas das BIF's de Morro Escuro se assemelham com as do Grupo Serra da Serpentina, presentes em Morro do Pilar (Rolim em preparação), Serra da Serpentina (Dossin 1985) e na Serra do Sapo (Zacchi 2010). Tais BIF's apresentam mineralogia relativamente simples, compreendendo principalmente quartzo, especularita, magnetita e martita, em proporções variadas. O bandamento das BIF's encontra-se comumente transposto e as estruturas sedimentares / diagenéticas estão extensivamente obliteradas pela xistosidade. A geoquímica e associação psamo-pelítica dessas BIF's são compatíveis com as do tipo Lago Superior, depositadas em ambiente plataformal subóxico a anóxico, no paleoproterozóico. Destaca-se nesta comparação o aspecto mais atenuado da anomalia positiva $Eu_{(SN)}$ e da anomalia negativa de $Ce_{(SN)}$ do Grupo Serra da Serpentina em relação a Morro Escuro, o que poderia estar relacionado à sua posição mais distal com relação a fonte hidrotermal dos ETR+Y, ou seja, sua posição mais rasa na bacia.

As idades máximas de sedimentação obtidas através datação de zircão detrítico por U-Pb SHRIMP no metaconglomerado e quartzito do topo da sequência, pertencentes à Formação Itapanhoacanga, são Estaterianas. Esta formação é, portanto, cronocorrelata às unidades basais do Supergrupo Espinhaço (Formações Bandeirinha e São João da Chapada), que de acordo com Chemale Jr. *et al.* (2011) apresentam idade entre 1800 Ma e 1680 Ma. Os principais picos de idades obtidos nos diagramas de probabilidade (**Figuras 6.5, 6.8 e 6.10**) mostram que os períodos de maior atividade félsica, nos arredores da área de estudo, ocorreram durante o Riaciano (Transamazônico) e Arqueano, fato semelhante ao observado por Chemale Jr. *et al.* (2011) na Serra do Espinhaço. Foi detectado ainda um zircão com auréola metamórfica onde foi obtida idade de 506 ± 6 Ma, e duas xenotimas de idade 576 ± 8 e 530 ± 6 Ma. Tais dados são interpretadas como resultado do metamorfismo Brasileiro.

A estruturação tectônica e transformações metamórficas nas supracrustais desenvolveram-se ao longo da evolução do cinturão de dobramentos e cavalgamentos que afetou a bacia do Espinhaço e sequências sobrejacentes durante a orogênese Brasileira (650-550 Ma), (**Figura 7.1**). As supracrustais e o substrato cristalino foram envolvidos com o desenvolvimento de fatias tectônicas imbricadas e obliteração das estruturas internas. Isso é particularmente visível nas supracrustais onde o acamamento das rochas psamíticas e bandamento sedimentar das BIF's foram transpostos por uma foliação contínua e penetrativa, plano axial à dobras intrafoliais. Nas formações ferríferas a xistosidade é definida por cristais orientados de especularita com o desenvolvimento localizado de cristais de magnetita martitizada. Recristalização sin a pós-tectônica e crescimento de grãos contribuem para a destruição das características primárias das rochas.

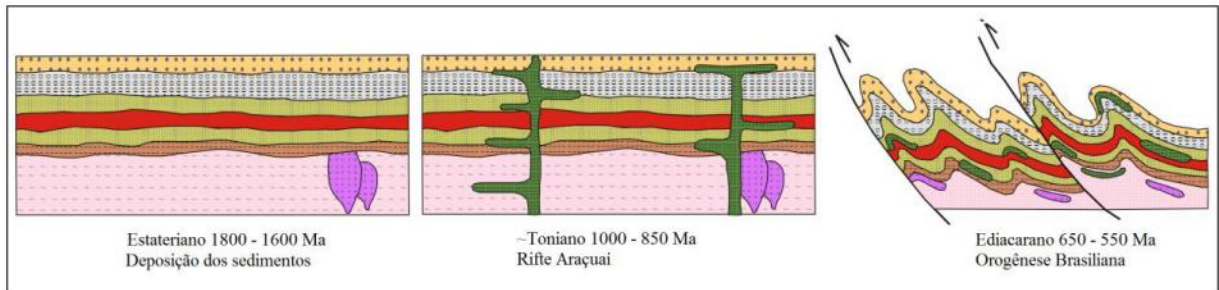


Figura 7.1 – Modelo esquemático da evolução geotectônica do Grupo Serra da Serpentina na Serra do Morro Escuro.

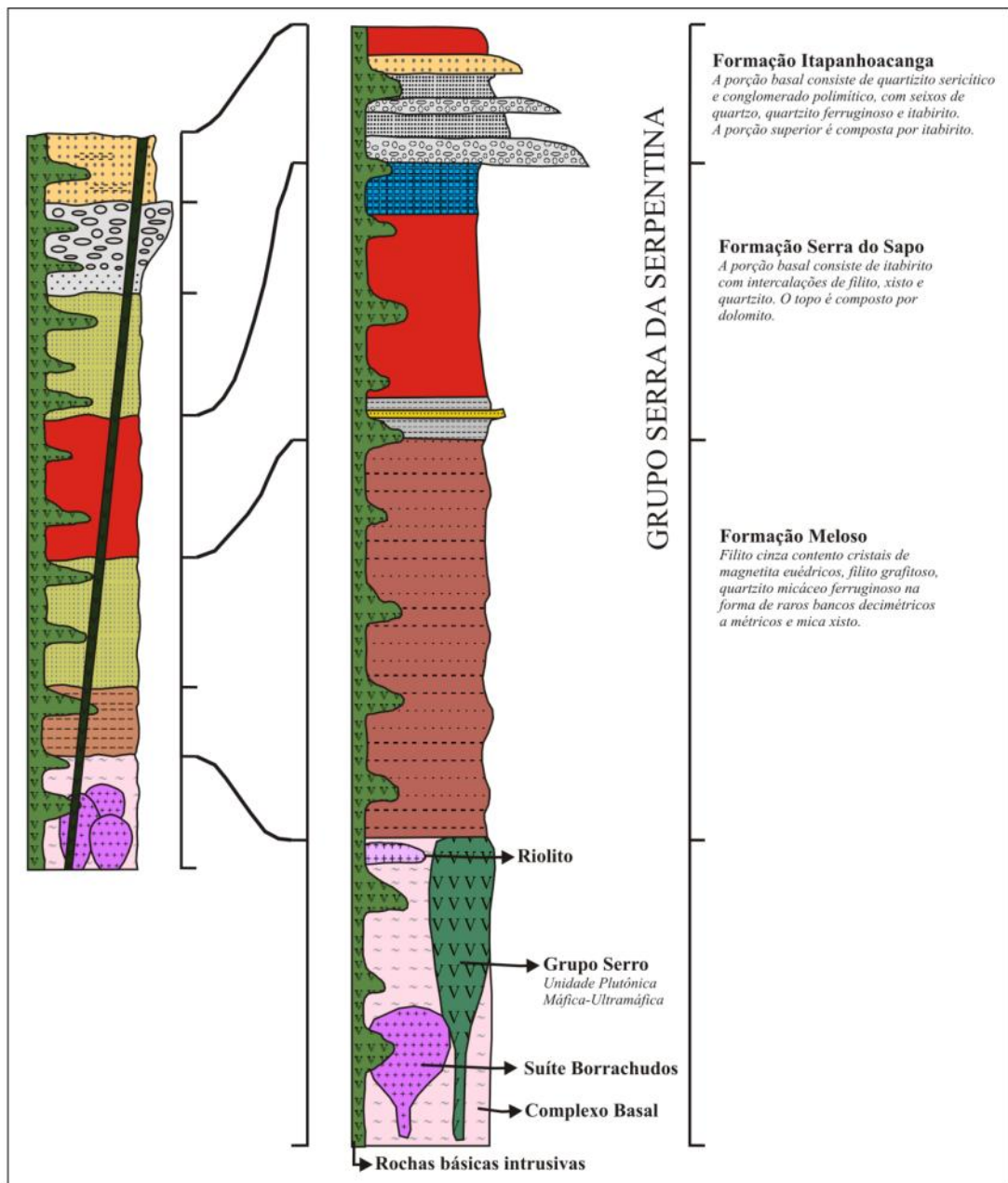


Figura 7.2 – Empilhamento estratigráfico da Serra do Morro Escuro à esquerda, e do Grupo Serra da Serpentina, segundo Rolim & Rosière (2011) e Rolim & Rosière (em preparação) à direita.

A intrusão de diques de composição gabróica que cortam a seção representa o último evento magmático na área, e é associada à fragmentação do Supercontinente Gondwana, durante o Mesozóico.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander B.W., Bau M., Anderson P., Dulski P. 2008. Continentally-derived solutes in shallow Archean seawater: Rare earth element and Nd isotope evidence in iron formation from the 2.9 Ga Pongola Supergroup, South Africa. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **72**: 378-394.
- Alibo D.S. & Nozaki Y. 1999. Rare earth elements in seawater: particle association, shale normalization, and Ce oxidation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **63**: 363-372.
- Alkmim F.F., Marshak S., Pedrosa-Soares A.C., Peres G.G., Cruz S.C.P., Whittington A. 2006. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research*, **149**: 43-64.
- Alkmim F.F., Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Cruz S.C.P. 2007. Sobre a Evolução Tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. *Geonomos*, **15**(1): 25-43.
- Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**: 349-364.
- Almeida-Abreu P.A., Renger F.E. 2002. Serra do Espinhaço Meridional: um orógeno de colisão do Mesoproterozóico. *Revista Brasileira de Geociências*, **32**(1): 1-14.
- Almeida-Abreu P.A. 1993. A Evolução Geodinâmica da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brasil. Tese de Doutorado, Geowiss. Fakultät, Universidade de Freiburg, 150 p.
- Anderson J.L. & Morrison J. 1992. The role of anorogenic granites in the Proterozoic crustal development of North America. In: Condie K.C. (ed.). *Proterozoic Crustal Evolution*. Elsevier, Amsterdam, p.: 263-299.
- Alves J.M.P. & Castro P.T.A. 2003. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do Rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, **33**(2): 117-124.
- Babinski M., Gradim R.J., Pedrosa-Soares A.C., Alkmim F.F., Noce C.M., Liu D. 2005. Geocronologia U-Pb (SHRIMP) e Sm-Nd de xistos verdes basálticos do orógeno Araçuaí: Implicações para a idade do Grupo Macaúbas. *Revista Brasileira de Geociências*, **34**(4-suplemento): 77-81.
- Bau M. 1993. Effects of syn- and post- depositional processes on the rare-earth element distribution in Precambrian iron-formations. *European Journal of Mineralogy*, **5**: 257-267.
- Bau M., Hohndorf A., Dulski P., Beukes N.J. 1997. Sources of rare-earth elements and Fe in paleoproterozoic iron-formations from the Transvaal Supergroup, South Africa: Evidence from neodymium isotopes. *Journal of Geology*, **105**: 121-129.

- Bau M. & Dulski P. 1996. Distribution of yttrium and rare-earth elements in the Penge and Kuruman Iron-Formations, Transvaal Supergroup, South Africa. *Precambrian Research*, **79**: 37–55.
- Bau M., Koschinsky A., Dulski P., Hein J.R. 1996. Comparison of the partitioning behaviours of yttrium, rare earth elements, and titanium between hydrogenetic marine ferromanganese crusts and seawater. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **60**: 1709-1725.
- Bau, M. & Möller P. 1993. Rare earth element systematics of the chemically precipitated component in Early Precambrian iron-formations and the evolution of the terrestrial atmosphere-hydrosphere-lithosphere system. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **57**: 2239-2249.
- Bekker A., Slack J.F., Planavsky N., Krapez B., Hofman A., Konhauser K.O., Rouxel O.J. 2010. Iron Formation: The sedimentary product of a complex interplay among mantle, tectonic oceanic, and biospheric processes. *Economic Geology*, **105**: 467-508.
- Berman R.G. 1988. Internally-consistent thermodynamic data for minerals in the system Na₂O–K₂O–CaO–MgO–FeO–Fe₂O₃–Al₂O₃–SiO₂–TiO₂–H₂O–CO₂. *Journal of Petrology*, **29**: 445–522.
- Berman R.G. 1991. Thermobarometry using multi-equilibrium calculations: a new technique with petrological applications. *Canadian Mineralogist*, **29**: 833–855.
- Bolhar R., Kamber B.S., Moorbath S., Fedo C.M., Whitehouse M.J. 2004. Characterisation of early Archaean chemical sediments by trace element signatures. *Earth and Planetary Science Letters*, **222**: 43-60.
- Borba C., Campos S., Dossin I.A. 1987. Geologia da região de Santo Antônio do Rio Abaixo (MG). In: SBG, Simp. Geol. MG, 4, *Anais*, **7**: 120-134.
- Bostrom K. 1973. The origin and fate of ferromanganoan active ridge sediments. *Stockholm Contributions to Geology*, **27**: 149-243.
- Braterman P.S., Cairns-Smith A.G., Sloper R.W. 1983. Photooxidation of hydrated Fe²⁺: Significance for banded iron formations. *Nature*, **303**: 163–164.
- Byrne R. & Sholkovitz E. 1996. Marine chemistry and geochemistry of the lanthanides. In: K.A.Jr. Gschneider & L. Eyring (eds.). *Handbook on the physics and chemistry of the rare earths*. Amsterdam, Elsevier, 23, p.: 497–593.
- Canfield D.E., Raiswell R., Bottrell S. 1992. The reactivity of the sedimentary iron minerals toward sulfide. *American Journal of Science*, **292**: 659-683.
- Carneiro M.C., Carvalho-Júnior I.M., Teixeira W. 1998. Petrologia, geoquímica e geocronologia dos diques máficos do complexo metamórfico Bonfim setentrional (Quadrilátero Ferrífero) e suas implicações na evolução crustal do cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **28**(1): 29-44.
- Chapadeiro E., Soares E.L., Magalhães J.M.M., Pereira M.A.B., Roque N.C., Pereira S.L.M. 1987. Geologia da região de Morro do Pilar - MG. In: SBG, Simp. Geol. MG, 4, *Anais*, **7**: 88-103.

- Chemale Jr.F., Dussin I.A., Alkmim F.F., Martins M.S., Queiroga G., Armstrong R., Santos M.N. 2011. Unravelling a Proterozoic basin history through detrital zircon geochronology: The case of the Espinhaço Supergroup, Minas Gerais. *Gondwana Research*, doi:10.1016/j.gr.2011.08.016.
- Chemale Jr.F., Dussin I.A., Martins M.S., Alkmim F.F., Queiroga G.N. 2010. The Espinhaço Supergroup in Minas Gerais: a Stenian Basin? *In: South American Symposium on Isotope Geology*, 7, p. 552-555.
- Cloud P.E. 1965. Significance of Gunflint (Precambrian) microflora—photosynthetic oxygen may have had important local effects before becoming a major atmospheric gas. *Science*, **148**: 27–35.
- Cloud P.E. 1973. Paleocological significance of banded iron-formation. *Economic Geology*, **68**: 1135–1143.
- Collins W.J., Beans S.D., White A.J.R., Chappell B.W. 1982. Nature and origin of A-Type Granite with particular reference to Southeast Australia. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **80**: 189-200.
- Condie K.C., O'Neill C., Aster R. 2009. Evidence and implications for a widespread magmatic shutdown for 250 My on Earth. *Earth and Planetary Science Letters*, **282**: 294–298.
- Cox K.G., Bell J.D., Pankhurst R.J. 1979. *The Interpretation of Igneous Rocks*. George Allen & Unwin, London, 450 pp.
- Cullers R.L. & Graf J.L. 1984. Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: predominantly basic and ultrabasic rocks. *In: P. Henderson (ed.) Rare Earth Element Geochemistry*. Elsevier, Amsterdam, p.: 237-274.
- Danielson A., Moller P., Dulski P. 1992. The europium anomalies in banded iron formations and the thermal history of the oceanic crust. *Chemical Geology*, **97**: 89–100.
- Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. 1992. *The Rock-Forming Minerals*. Longman, Londres, 696 pp.
- Dorr J.V.N.II. 1969. *Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Washington, USGS/DNPM, Prof. Pap. 641-A, 110 p.
- Dossin T.M. 1985. Geologia e Geoquímica das formações ferríferas da Serra da Serpentina, Conceição do Mato Dentro - MG. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 140 p.
- Dossin I.A., Uhlein A., Dossin T.M. 1984. Geologia da Faixa Móvel Espinhaço em sua Porção Meridional, Minas Gerais. *In: SBG, Cong. Bras. Geologia*, 33, *Anais*, **2**: 3118-3132.
- Dossin I.A., Dossin T.M., Charvet J., Cocherie A., Rossi P. 1993. Single-zircon dating by step-wise Pb-evaporation of Middle Proterozoic Magmatismo in the Espinhaço Range, Southeastern São Francisco Craton (Minas Gerais, Brazil). *In: SBG, Simp. do Cráton do São Francisco*, 2, *Anais*, **1**: 39-42.

- Dussin T.M., Duarte P., Dussin I.A. 2000. Registro da tectônica Brasileira na região de Guanhães (SE, Brasil): Deformação e metamorfismo das rochas de idade pós-Transamazônicas. *Geonomos*, **8**(2): 55-59.
- Dussin I.A., Dussin T.M. 1995. Supergrupo Espinhaço: modelo de evolução geodinâmica. *Geonomos*, **3**: 19-26.
- Dussin T.M. 1994. Late Proterozoic dyke swarm from the southeastern edge of the São Francisco Craton (SE Brazil): geochemistry and petrology. *In*: Dussin T.M. 1994. Associations volcano-plutoniques de l'Espinhaço Meridional (SE-Bresil), Un exemple d'évolution de la croûte protérozoïque. Tese de Doutorado, Universidade de Orléans, 177 p.
- Dussin T.M., Dussin I.A., Rossi P., Charvet J. 1994. Dating of the Mesoproterozoic tensional event in the Espinhaço Range, Southeastern of the São Francisco Craton (SE Brazil). *In*: Dussin T.M. 1994. Associations volcano-plutoniques de l'Espinhaço Meridional (SE-Bresil), Un exemple d'évolution de la croûte protérozoïque. Tese de Doutorado, Universidade de Orléans, 177 p.
- Eby G.N. 1990. The A-type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. *Lithos*, **26**: 115-134.
- Eby G.N. 1992. Chemical Subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications. *Geology*, **20**: 641-644.
- Elderfield H. & Sholkovitz E.R. 1987. Rare earth elements in the pore waters of reducing nearshore sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, **82**: 280-288.
- Evensen N.M., Hamilton P.J., O'niions R.K. 1978. Rare-Earth abundances in chondritic meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **42**: 1199-1212. *In*: Rollinson, H.R. 1993. *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. Harlow: Longman, p.:133-150.
- Fernandes M.L.S. 2001. O Granito Borrachudos entre Guanhães e Dores de Guanhães (Plutonito Morro do Urubu): Gênese e Evolução. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio do Janeiro, 172 p.
- Fernandes M.L.S., Bilal E., Correia Neves J.M., Giret A.; Vasconcelos K. 1995. Estimativa das condições de cristalização do Granito Borrachudos na região de Dores de Guanhães, MG. *In*: SBG, Simp. Geol. MG, 8, *Resumos Expandidos*, 64-66.
- Fernandes M.L.S, Marciano V.R.P.R.O., Oliveira R.C., Correia Neves J.M., Dilásccio M.V. 1994. Granitos Borrachudos: um exemplo de granitogênese anorogênica na porção central do Estado de Minas Gerais. *Geonomos*, **2**(2): 23-29.
- Fogaça A.C.C. & Almeida-Abreu P.A. 1982. Depósitos de planícies de marés na Formação Sopa Brumadinho (Proterozóico Inferior), Cordilheira do Espinhaço, Estado de Minas Gerais, Brasil. *In*: Congresso Latinoamericano de Geologia, 5, *Atas*, **2**: 373-388.

- Foustoukos D.I. & Bekker A. 2008. Hydrothermal Fe(II) oxidation during phase separation: Relevance to the origin of Algoma-type BIFs [abs.]: Goldschmidt 2008 Conference, Vancouver, B.C., Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **72**: Supplement 1, p. A280.
- German C.R. & Elderfield H. 1990. Application of the Ce-anomaly as a paleoredox indicator: The ground rules. *Paleoceanography*, **5**: 823–833.
- German C.R., Fleer A.P., Bacon M.P., Edmond J.M. 1991. Hydrothermal scavenging at the Mid-Atlantic Ridge: Radionuclide distributions. *Earth and Planetary Science Letters*, **105**: 170- 181.
- Gioia S.M.C.L. & Pimentel M.M. 2000. The Sm-Nd isotopic method in the Geochronology Laboratory of the University of Brasília. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **72**(2): 219-245.
- Gole M.J. & Klein C. 1981. Banded Iron-Formation through much of Precambrian time. *Journal of Geology*, **89**: 169-183.
- Goodwin A.M. 1973. Archaean iron-formation and tectonics basins of the Canadian Shield. *Economic Geology*, **68**: 915-933.
- Gradim R.J., Alkmim F.F., Pedrosa-Soares A.C., Babinski M., Noce C.M. 2005. Xistos verdes do Alto Araçuaí, Minas Gerais; Vulcanismo básico do rifte neoproterozóico Macaúbas. *Revista Brasileira de Geociências*, **35**(4-suplemento): 59-69.
- Grauch R. 1989. Rare earth elements in metamorphic rocks. In: B.R. Lipin & G.A. McKay (eds.) *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements*. Mineralogical Society of America, Washington, (Reviews in Mineralogy, v. 21), p.: 147-167.
- Gromet L.P., Dymek R.F., Haskin L.A., Korotev R.L. 1984. The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **48**: 2469-2482
- Gross G.A. 1983. Tectonic systems and the deposition of iron-formation. *Precambrian Research*, **20**: 171-187.
- Gross G.A. 1980. A classification of iron-formation based on depositional environments. *Canadian Mineralogist*, **18**: 215-222.
- Grossi-Sad J.H., Mourão M.A.A., Guimarães M.L.V., Knauer L.G. 1997. Geologia da Folha Conceição do Mato Dentro. In: Grossi-Sad J.H., Lobato L.M., Pedrosa-Soares A.C., Soares-Filho B.S. (coordenadores e editores). *Projeto Espinhaço em Cd-Rom (textos, mapas e anexos)*. Belo Horizonte, COMIG, p. 2533-2693.
- Grossi-Sad J.H. 1997. Geologia da Folha Guanhães. In: Grossi-Sad J.H., Lobato L.M., Pedrosa-Soares A.C., Soares-Filho B.S. (coordenadores e editores). *Projeto Espinhaço em Cd-Rom (textos, mapas e anexos)*. Belo Horizonte, COMIG, p. 2317-2435.

- Grossi-Sad J.H., Chiodi Filho C., Santos J.F., Magalhães J.M.M., Carelos P.M. 1990a. Geoquímica e origem da formação ferrífera do Grupo Guanhães, Distrito de Guanhães, MG, Brasil. *In: SBG, Cong. Bras. Geologia*, 36, *Anais*, **3**: 1241-1253.
- Grossi-Sad J.H., Chiodi Filho C., Santos J.F., Magalhães J.M.M., Carelos P.M. 1990b. Duas Suítes Graníticas da Borda Sudeste do Cráton Sanfranciscano, em Minas Gerais: Petroquímica e Potencial Metalogenético. *In: SBG, Cong. Bras. Geologia*, 36, *Anais*, **4**: 1836-1848.
- Grossi-Sad J.H., Magalhães J.M.M., Carelos P.M. 1989. Geologia do Distrito de Guanhães, Minas Gerais. Relatório Interno, Belo Horizonte, DOCEGEO-GEOSOL, 252 p. *In: Grossi-Sad J.H., Mourão M.A.A., Guimarães M.L.V., Knauer L.G.* 1997. Geologia da Folha Conceição do Mato Dentro.
- Guimarães M.L.V. 1992. Petrogênese das rochas Pré-Cambrianas da região Itabira/Morro do Pilar, borda sudeste da Serra do Espinhaço Meridional - MG. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 139 p.
- Holland T.J.B. & Powell R. 1990. An internally-consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: the system Na₂O-CaO-MgO-MnO-FeO-Al₂O₃-SiO₂-TiO₂-C-H₂-O₂. *Journal of Metamorphic Geology*, **8**: 89-124.
- Huston D.L. & Logan G.A. 2004. Barite, BIFs and bugs: Evidence for the evolution of the Earth's early hydrosphere. *Earth and Planetary Science Letters*, **220**: 41-55.
- Irvine, T.N. & Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **8**: 523-548.
- Isley A.E. 1995. Hydrothermal plumes and the delivery of iron to banded iron formation. *Journal of Geology*, **103**: 169-185.
- James H.L. 1983. Distribution of banded iron-formation in space and time. *In: A.F. Trendall & R.C. Morris (eds.) Iron-formation: Facts and problems*, Elsevier, Amsterdam, p.: 471-490.
- James H.L. 1954. Sedimentary facies of iron-formation. *Economic Geology*, **49**: 235-293.
- Jones B. & Manning D.A.C. 1994. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of paleoredox conditions in ancient mudstones. *Chemical Geology*, **114**: 111-129.
- Jordt-Evangelista H. 1988. *Minerais Petrográficos de Rochas Ígneas e Metamórficas: Resumo das propriedades óticas e ocorrência*. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, p.: 69-72.
- Kato Y., Ohta I., Tsunematsu T., Watanabe Y., Isozaki Y., Maruyama S., Imai N. 1998. Rare earth element variations in mid-Archean banded Fe formations: Implications for the chemistry of ocean and continent and plate tectonics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **62**: 3475-3497.

- Klein C. 2005. Some Precambrian banded iron-formations (BIFs) from around the world: Their age, geologic setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry, and origin. *American Mineralogist*, **90**: 1473- 1499.
- Klein C. & Beukes N.J. 1989. Geochemistry and sedimentology of a facies transition from limestone to iron-formation deposition in the Early Proterozoic Transvaal Supergroup, South Africa. *Economic Geology*, **84**: 1733–1774.
- Klinkhammer G., Elderfield H., Hudson A. 1983. Rare-earth elements in seawater near hydrothermal vents. *Nature*, **305**: 185–188.
- Knauer L.G. 1990. Evolução geológica do Precambriano da porção centro-leste da Serra do Espinhaço Meridional e metalogênese associada. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 298 p.
- Leake B.E., Woolley A.R., Arps C.E.S., Birch W.D., Gilbert M.C., Grice J.D., Hawthorne F.C., Kato A., Kisch H.J., Krivovichev V.G., Linthout K., Laird J., Mandarino J.A., Maresch W.V., Nickel E.H., Rock N.M.S., Schumacher J.C., Smith D.C., Stephenson N.C.N., Ungaretti L., Whittaker E.J.W., Youzhi G. 1997. Nomenclature of amphiboles: Report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names. *The Canadian Mineralogist*, **35**: 219-246.
- Ludwig K.R. 2001. *SQUID 1.02: A Users Manual*. Berkeley Geochronology Centre, Special Publication No. 2, 19 pp.
- Ludwig K.R. 2003. *ISOPLOT 3.00 – A Geochronological Toolkit for Excel*. Berkely Geochronology Center, Special Publication 4, 67 pp.
- MacDonald G.A. & Katsura T. 1964. Chemical composition of Hawaiian lavas. *Journal of Petrology*, **5**: 83-133.
- Machado N., Schrank A., Abreu F.R.De, Knauer L.G., Almeida-Abreu P.A. 1989b. Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço Meridional. In: SBG, Simp. Geol. MG, 5, *Anais*, **10**: 171-174.
- Machado N. & Noce C.M. 1993. A evolução do setor sul do Cráton do São Francisco entre 3,1 e 0,5 Ga baseada em geocronologia U-Pb. In: SBG, Simp. Cráton do São Francisco, 2, *Anais*, 100-102.
- Martins M. S. 2006. Geologia dos diamantes e carbonados aluvionares da bacia do Rio Macaúbas, MG. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 234 p.
- McLennan S.M. & Taylor S.R. 1991. Sedimentary rocks and crustal evolution: Tectonic setting and secular trends. *The Journal of Geology*, **99**: 1–21.

- McLennan S.M. 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. *In: B.R. Lipin & G.A. McKay G.A. (eds.) Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*. Reviews in Mineralogy, **21**: 169-200.
- Meschede M. 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*, **16**: 207-218.
- Michard A. 1989. Rare earth element systematics in hydrothermal fluids. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **53**: 745-750.
- Michard A. & Albarède F. 1986. The REE content of some hydrothermal fluids. *Chemical Geology*, **55**: 51-60.
- Michard A., Albarède F., Michard G., Minster J.F., Charlou J.L. 1983. Rare-earth elements and uranium in high-temperature solutions from East Pacific Rise hydrothermal vent field (13°N). *Nature*, **303**: 795-797.
- Miyashiro A. 1974. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *American Journal of Science*, **274**: 321-355.
- Mullen E.D. 1983. MnO/TiO₂/P₂O₅: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, **274**: 53-62.
- Nesbitt H.W. 1979. Mobility and fractionation of rare earth elements during weathering of a granodiorite. *Nature*, **279**: 206-210.
- Noce C.M., Pedrosa-Soares A.C., Grossi-Sad J.H., Baars F.J., Guimarães M.L.V., Mourão M.A.A., Oliveira M.J.R., Roque N.C. 1997. Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: o registro de uma bacia neoproterozóica. *In: SBG, Simp. Geol. MG, 9, Anais*, **14**: 100-102.
- Noce C.M., Pedrosa-Soares A.C., Silva L.C., Alkmim F.F. 2007. O Embasamento Arqueano e Paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. *Geonomos*, **15**(1): 17-23.
- Nozaki Y., Zhang J., Amakawa H. 1997. The fractionation between Y and Ho in the marine environment. *Earth and Planetary Science Letters*, **148**: 329-340.
- Oliveira A.Z.K. 2002. Estruturação e alteração metassomática do ortognaisse Açucena (Suíte Borrachudos) na região de Ipatinga, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, 90 p.
- Oliveira M.J.R., Pinto C.P., Féboli W.L., Santos R.A. 1997. *Projeto Leste: geologia estrutural e tectônica, relatório integrado, etapa I, Folhas SE.24-V-C, SE.23-Z-B, SE.24-Y-A (partes), Estado de Minas Gerais, Escala 1:500.000*. SEME/COMIG/MME/CPRM, Belo Horizonte, 52 p.

- Padilha A.V., Vieira V.S.; Heineck C.A. 2000. *Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil, Folha Itabira SE.23-Z-D-IV, Estado de Minas Gerais, Escala 1:100.000*. CPRM, Brasília, 151 p.
- Pagung de Carvalho R., Rolim V.K., Silveira-Braga F.C., Rosière C.A. 2011. The BIF-bearing Morro Escuro Tectonic Slice, southern Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil. *In: 11th Biennial SGA Meeting, Antofagasta, Chile, Extended Abstract*, 900-902.
- Pearce J.A. & Norry M.J. 1979 Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **69**: 33-47.
- Pearce J., Harris N.B.W., Tindle A.G. 1984. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, **25**(4): 956-983
- Pearce J.A. 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. *In: C.J. Hawkesworth & M.J. Norry (eds.). Continental basalts and mantle xenoliths*. Shiva, Nantwich, p.: 230-249.
- Pearce T.H. & Cann J.R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *Earth and Planetary Science Letters*, **19**: 290-300.
- Pecoits E. 2010. Ediacaran iron formations and carbonates of Uruguay: palaeoceanographic, palaeoclimatic and palaeobiologic implications. Tese de Doutorado, University of Alberta, 230 p.
- Pecoits E., Gingras M.K., Barley M.E., Kappler A., Posth N.R., Konhauser K.O. 2009. Petrography and geochemistry of the Dales Gorge banded Fe formation: Paragenetic sequence, source and implications for palaeo-ocean chemistry. *Precambrian Research*, **172**: 163-187.
- Pedrosa-Soares A.C., Dardenne M.A., Hasui Y., Castro F.D.C., Carvalho M.V.A. 1994. *Nota Explicativa dos Mapas Geológico, Metalogenético e de Ocorrências Minerais do Estado de Minas Gerais, Escala 1:1.000.000*. SEME/COMIG, Belo Horizonte, 231 pp.
- Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Wiedemann C.M., Pinto C.P. 2001. The Araçuaí-West-Congo Orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Research*, **110**: 307-323.
- Peres G.G., Alkmim F.F., Jordt-Evangelista H. 2004. The southern Araçuaí belt and the Dom Silvério Group: geologic architecture and tectonic significance. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*, **76**(4): 771-790.
- Petro W.L., Vogel T.A., Wilband J. 1979. Major element chemistry of plutonic rock suites from compressional and extensional plate boundaries. *Chemical Geology*, **26**: 217-235
- Pflug R. 1968. *Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na Região de Diamantina, Minas Gerais*. DNPM/DGM, Rio de Janeiro, 20 pp. (Notas Prel. 142).

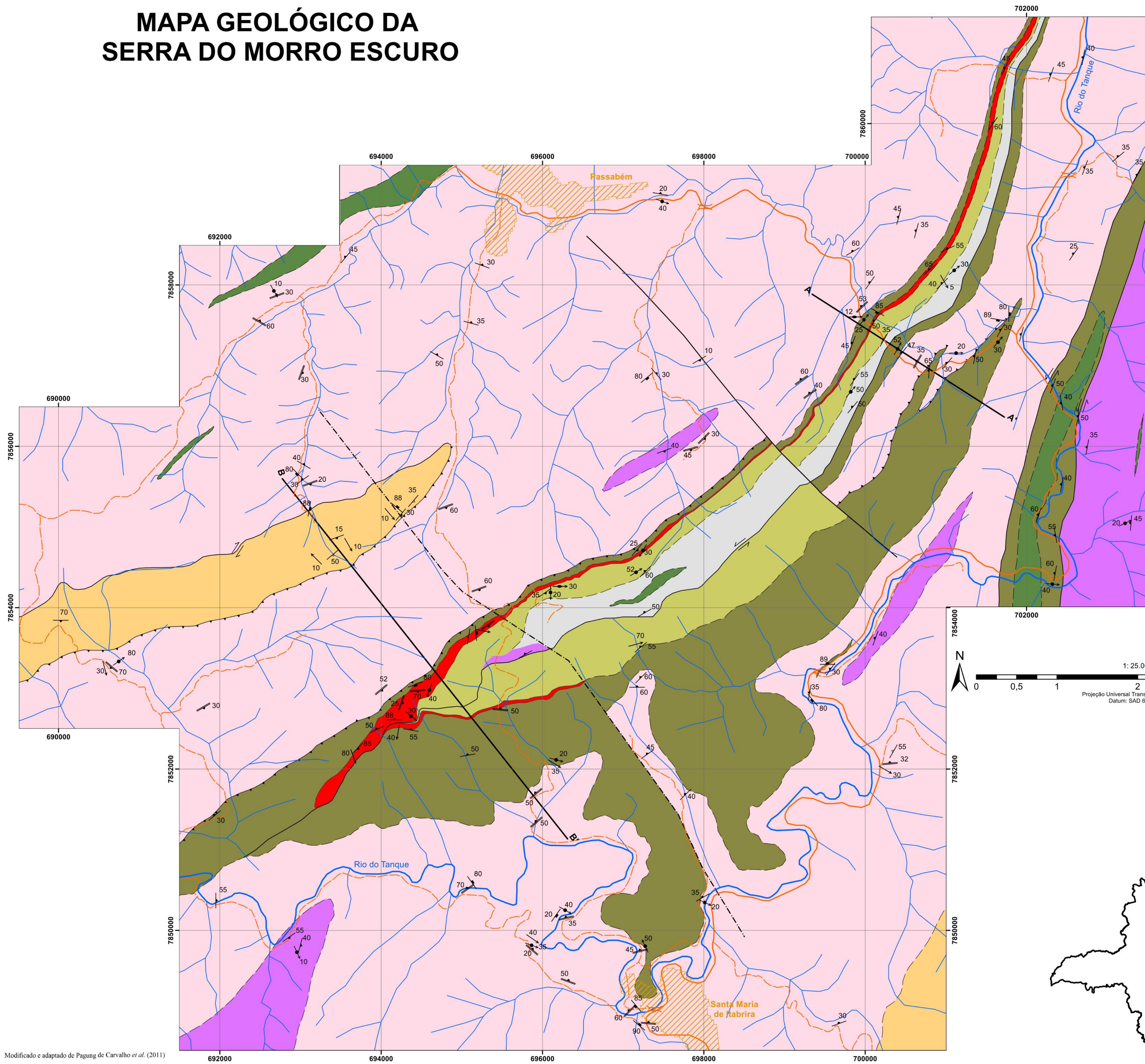
- Pharaoh T.C. & Pearce J.A. 1984. Geochemical evidence for the geotectonic setting of early proterozoic metavolcanic sequences in Lapland. *Precambrian Research*, **25**: 283-308.
- Piper D.Z. 1994. Seawater as the source of minor elements in black shales, phosphorites and other sedimentary rocks. *Chemical Geology*, **114**: 95-114.
- Pires F.R.M. 1995. Textural and mineralogical variations during metamorphism of the Proterozoic Itabira Iron Formation in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **67**(1): 77-105.
- Pizarro A., Romano R. 2009. *Projeto Morro Escuro, relatório geológico preliminar*. Relatório interno Terrativa Minerais, 14p.
- Planavsky N., Bekker A., Rouxel O.J., Kamber B., Hofmann A., Knudsen A., Lyons T.W. 2010. Rare earth element and yttrium compositions of Archean and Paleoproterozoic Fe formations revisited: New perspectives on the significance and mechanisms of deposition. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **74**(22): 6387-6405.
- Planavsky N., Rouxel O., Bekker A., Shapiro R., Fralick P., Knudsen A. 2009. Iron-oxidizing microbial ecosystems thrived in late Paleoproterozoic redox stratified oceans. *Earth and Planetary Science Letters*, **286**: 230-242.
- Planavsky N., Rouxel O., Bekker A., Lyons T.W. 2008. Rare earth element evidence for redox structure evolution [abs.]: Goldschmidt 2008 Conference, Vancouver, B.C., Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **72**: Supplement 1, p. A753.
- Polat A. & Frei R. 2005. The origin of early Archean banded iron formations and of continental crust, Isua, southern West Greenland. *Precambrian Research*, **138**: 151-175.
- Puteanus D., Glasby G.P., Stoffers P., Kunzendorff H., 1991. Hydrothermal iron-rich deposits from the Teahitia-Mehitia and Macdonald hot spot areas. *Southwest Pacific Marine Geology*, **98**: 389-409.
- Renger F.E., Noce C.M., Romano A.W., Machado N. 1994. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, **2**(1): 1-11.
- Rolim V.K. & Rosière C.A. 2011. The Conceição do Mato Dentro Iron Formation Province in southeastern Brazil. In: 11th Biennial SGA Meeting, Antofagasta, Chile, *Extended Abstract*, 927-929.
- Rolim V.K. & Rosière C.A. (em preparação). A Estratigrafia da Borda Leste da Serra do Espinhaço Meridional. *Revista Brasileira de Geociências* (ainda sem data para publicação).
- Rolim V.K. 1992. Uma interpretação das estruturas tectônicas do Supergrupo Espinhaço, baseada na geometria dos falhamentos de empurrão. *Revista Escola de Minas*, **45**(2): 75-77.

- Rolim V.K. (em preparação). As Formações Ferríferas da Região de Conceição do Mato Dentro - MG: posicionamento estratigráfico, evolução tectônica, características geoquímicas e gênese dos minérios. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Rosière C.A., Spier C.A., Rios F.J., Suckau V.E. 2008. The Itabirites of the Quadrilátero Ferrífero and Related High-Grade Iron Ore Deposits: An Overview. *In: S. Hagemann, C.A. Rosière, J. Gutzmer, N.J. Beukes (eds.) Banded Iron Formation-Related High-Grade Iron Ore. Reviews in Economic Geology*, **15**: 223-254.
- Rosière C.A. & Chemale Jr.F. 2000. Itabiritos e minérios de ferro de alto teor do Quadrilátero Ferrífero – uma visão geral e discussão. *Geonomos*, **8**(2): 27-43.
- Rosière C.A. 1981. Strukturelle und Textuelle Untersuchungen in der Eisenerzlagerstaette “Pico de Itabira” bei Itabirito, Minas Gerais, Brasilien. Tese de Doutorado, Clausthaler Geowissenschaftliche Dissertationen, 302 p.
- Schobbenhaus C., Campos D.A., Derze G.R., Asmus H.E. 1984. *Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente*. Ministério das Minas e Energia/DNPM, Brasília, Brazil.
- Schöll W.U. & Fogaça, A.C.C. 1979. Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina. *In: SBG, Simp. Geol. MG, 1, Atas*, 55-73.
- Shand S. J. 1943. *Eruptive Rocks: Their Genesis, Composition, Classification, and their Relation to Ore Deposits, with a chapter on Meteorites*. Hafner Publishing Co., New York, 444 pp.
- Silva A.M. 1992. Geologia e petroquímica dos enxames de diques máficos do Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço Meridional, MG. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 117 p.
- Silva A.M., Chemale Jr.F., Kuyumjian R.M. 1995. O ambiente tectônico dos diques máficos do Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço Meridional e suas implicações para a evolução do Cráton São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **25**(2): 124-137.
- Silva L.C., Armstrong R., Noce C.M., Carneiro M.A., Pimentel M.M., Pedrosa-Soares A.C., Leite C.A., Vieira V.S., Silva M.A., Paes V.J.C., Cardoso Filho J.M. 2002. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton São Francisco Meridional. *Revista Brasileira de Geociências*, **32**(4): 513-528.
- Silver P.G. & Behn M.D. 2008. Intermittent plate tectonics? *Science*, **319**: 85–88.
- Slack J.F., Grenne T., Bekker A., Rouxel O.J., Lindberg P.A. 2007. Suboxic deep seawater in the late Paleoproterozoic: Evidence from hematitic chert and iron formation related to seafloor-hydrothermal sulfide deposits, central Arizona, USA. *Earth and Planetary Science Letters*, **255**: 243–256.

- Spier C.A., Oliveira S.M.B., Sial A.N., Rios F.J. 2007. Geochemistry and genesis of the banded iron formations of the Cauê Formation, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Research*, **152**: 170-206.
- Stillman C.J. & Williams C.T. 1979. Geochemistry and tectonic setting of some upper Ordovician volcanic rocks in east and southeast Ireland. *Earth and Planetary Sciences Letters*, **42**: 288-310.
- Streckeisen A. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth-Science Reviews*, **12**: 1-33.
- Sun S. & McDonough W.F. 1989. Chemical and Isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A.D. Saunders & M.J. Norry (eds.) *Magmatism in the ocean basins*. Geological Society of London, Special Publications, **42**: 313-345.
- Taylor S.R. & McLennan S.M. 1985. *The Continental Crust: its composition and evolution*. Blackwell, Oxford, 312 pp.
- Thompson R.N. 1982. British Tertiary volcanic province. *Scotland Journal of Geology*, **18**: 49-107.
- Trendall A.F. 2002. The significance of iron-formation in the Precambrian stratigraphic record. *Spec. Publs int. Ass. Sediment*, **33**: 33-66.
- Tribouillard N., Algeo T., Lyons T.W., Riboulleau A. 2006. Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: an update. *Chemical Geology*, **232**: 12-32.
- Turner F.J. 1981. *Metamorphic Petrology - mineralogical, field and tectonic aspects*. McGraw-Hill, New York, 524 pp.
- Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **95**: 407-419
- Wilson M. 1989. *Igneous Petrogenesis*. Unwin Hyman, London. 466 pp.
- Winchester J.A. & Floyd P.A. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, **20**: 325-343.
- Wright T.B. 1969. A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite genesis. *Geological Magazine*, **106**(4): 370-384.
- Yardley B.W.D. 2004. *Introdução à petrologia metamórfica - tradução de Reinhardt Adolfo Fuck*. Editora Universidade de Brasília, Brasília, 432 pp.
- Zacchi E.N.P. 2010. Integração de dados aerogeofísicos, estruturais e geoquímicos para a caracterização de formações ferríferas bandadas na região de Itapanhoacanga, MG. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 102 p.

ANEXO I – Mapa geológico da Serra do Morro Escuro

MAPA GEOLÓGICO DA SERRA DO MORRO ESCURO



LEGENDA

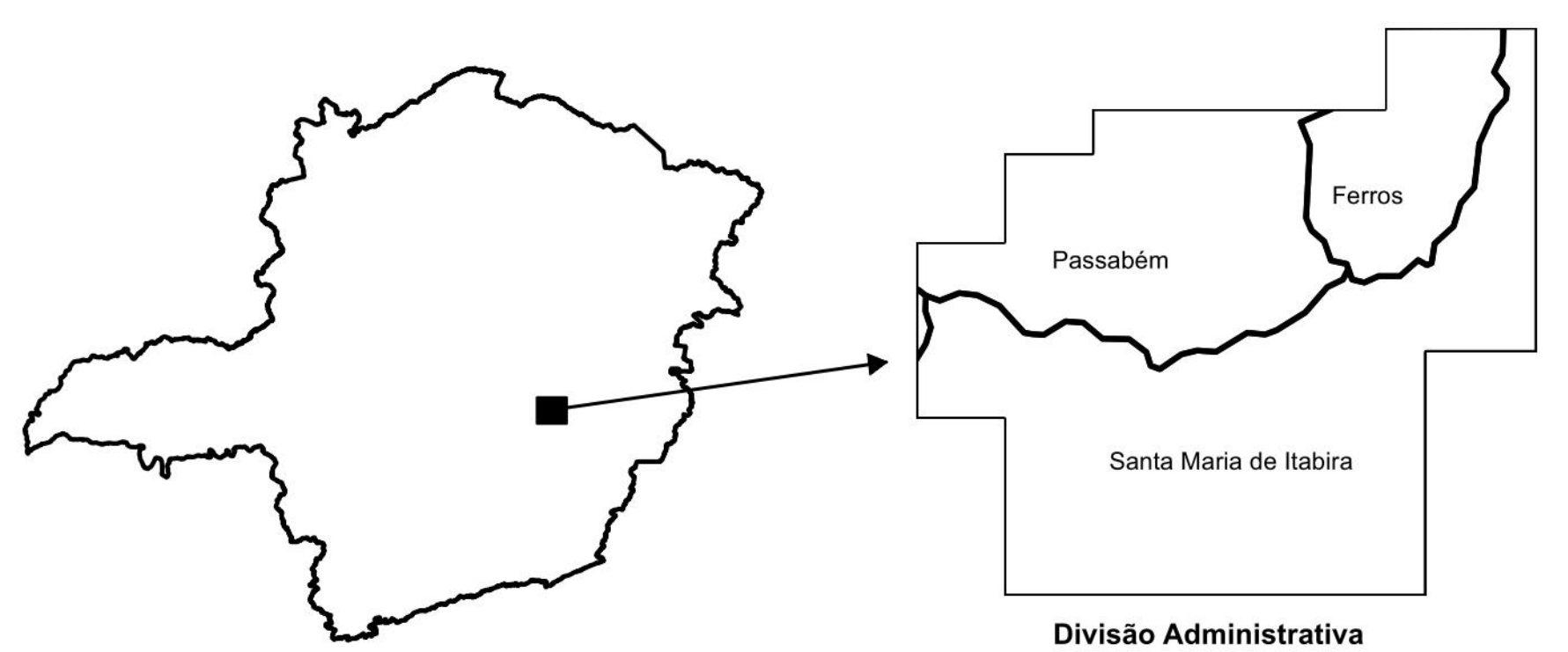
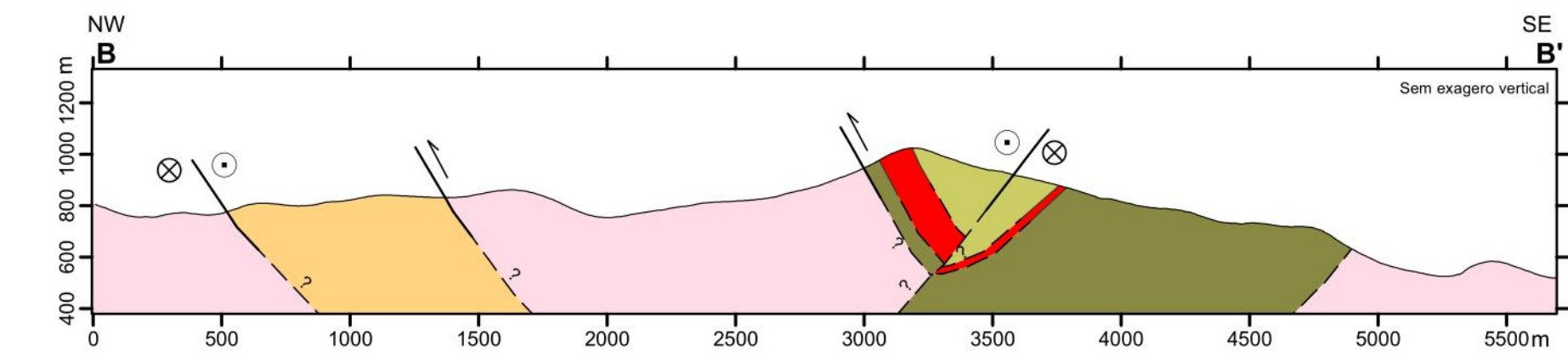
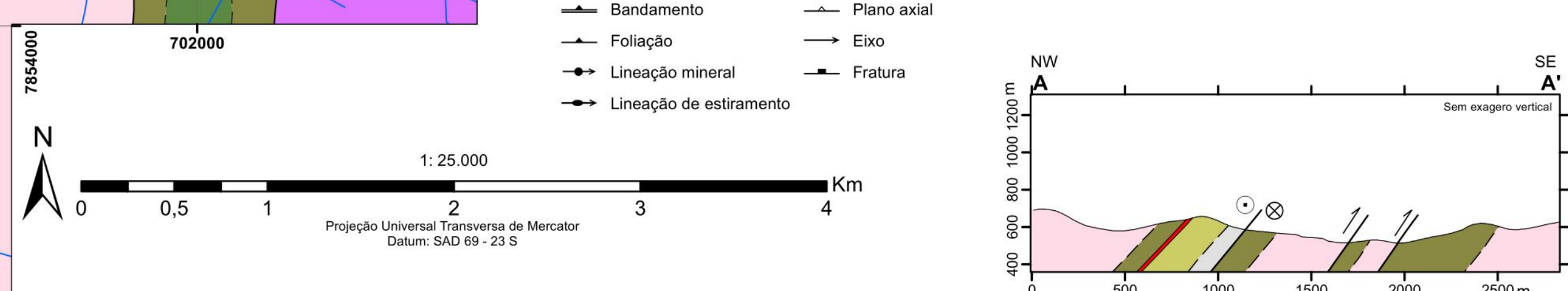
- Rocha básica intrusiva: Ortoanfibolito, granulação fina a média, textura nematogranoblástica, cor verde médio a escuro quando fresco e ocre quando intemperizado. Composto principalmente por hornblenda, plagioclásio, quartzo, biotita, epidoto, titanita e ilmenita com lamelas de exsolução de hematita.
- Grupo Serra da Serpentina
 - Formação Itapanhoacanga
 - Quartzito, granulação média a grossa, textura granoblástica, cor bege. O mineral predominante é o quartzo, mas também pode conter óxido de ferro, cianita e mica branca. Localmente ocorre mica-quartzito intercalado no quartzito.
 - Metaconglomerado com clastos de quartzo, quartzito e itabirito, arredondados e predominantemente de baixa esfericidade. O contato com a formação ferrífera é gradual, marcado pela presença de quartzito ferruginoso. A matriz do metaconglomerado e o quartzito ferruginoso possuem como minerais essenciais quartzo, mica branca/sericita, cianita e óxidos de ferro.
 - Quartzito-mica xisto e quartzito micáceo, granulação fina a média, textura lepidogranoblástica, cor bege a branco. Apresentam como minerais essenciais quartzo, mica branca/sericita, biotita, cianita e localmente epidoto, hematita (lamelar, granular e marítima), magnetita e carbonato.
- Formação Serra do Sapo
 - Itabirito, granulação média a fina. Estruturas sedimentares / diagenéticas estão extensivamente transpostas por uma xistidade plano-axial. Apresenta bandamento de espessura milimétrica. Composto essencialmente por quartzo, hematita lamelar, hematita granular, magnetita, hematita em marítima, hematita lobular e localmente anfibólio e epidoto.
- Formação Meioso
 - Quartzito-mica xisto e quartzito micáceo, granulação fina a média, textura lepidogranoblástica, cor bege a branco. Apresentam como minerais essenciais quartzo, mica branca/sericita, biotita, cianita e localmente epidoto, hematita (lamelar, granular e marítima), magnetita e carbonato.
- Suíte Borrachudos: Monzogranito, sienogranito e granodiorito, foliados a localmente isotrópicos, por vezes gnaissificados. Textura granolepidoblástica, cor rosada, bege ou acinzentada. Mineralogia essencial composta por quartzo, plagioclásio, microclina, mica branca e biotita. Pode conter fluorita como um dos minerais acessórios.
- Complexo Dona Rita: Monzogranito, granodiorito e tonalito foliados e comumente gnaissificados, raramente migmatizados. Textura granolepidoblástica, cor cinza, bege ou rosada. Mineralogia essencial composta por quartzo, plagioclásio, microclina, mica branca e biotita.

Convenções geológicas

- Contato aproximado
- Contato definido
- Falha de Empurrão
- Falha indiscriminada
- Lineamento estrutural (Falha/Fratura)
- Zona de cisalhamento transcorrente dextral
- Zona de cisalhamento transcorrente sinistral
- Bandamento
- Foliação
- Lineação mineral
- Lineação de estiramento
- Plano axial
- Eixo
- Fratura

Convenções cartográficas

- Ponte
- Área urbana
- Via não pavimentada
- Via pavimentada
- Drenagem
- A-A' Seção geológica



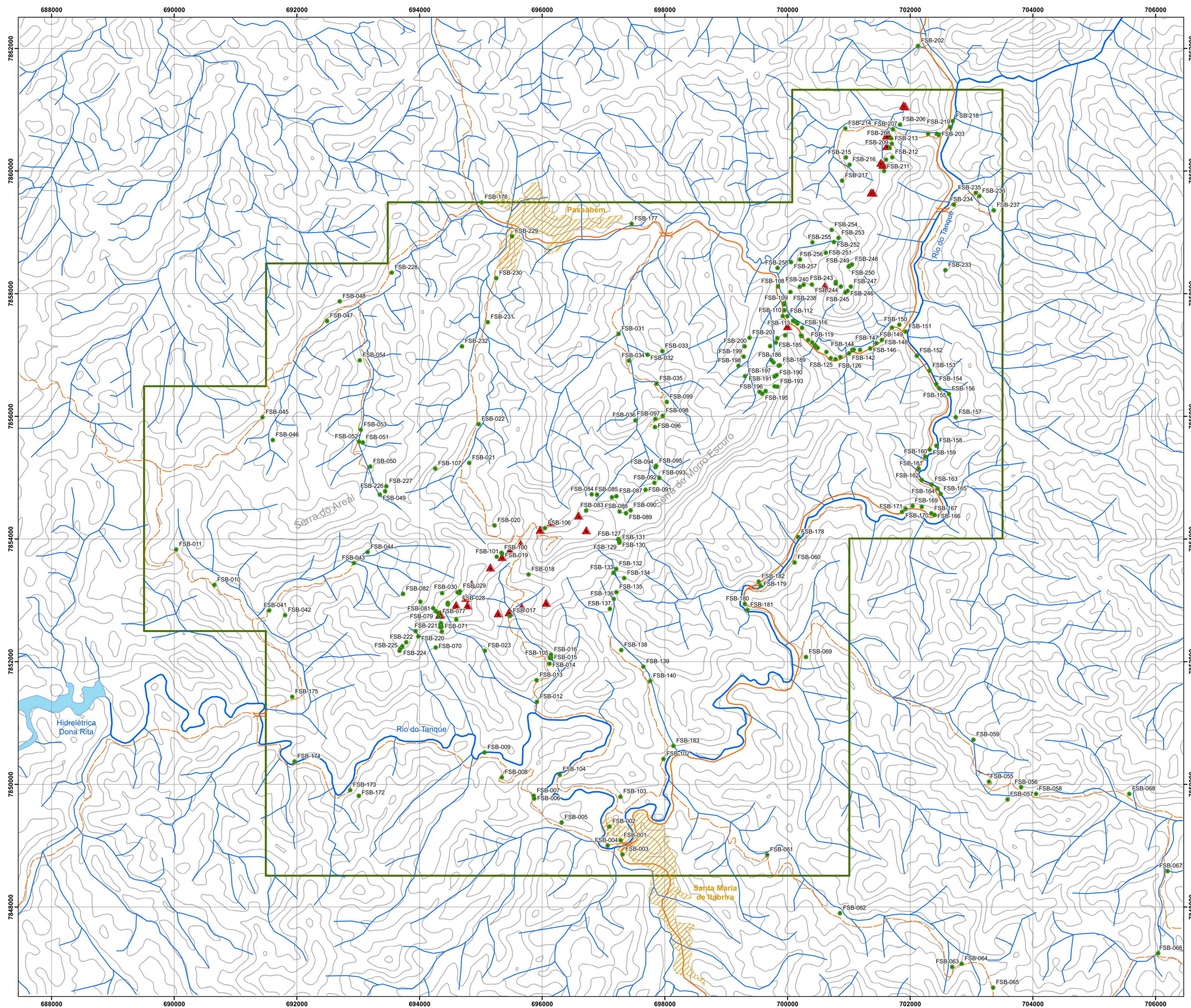
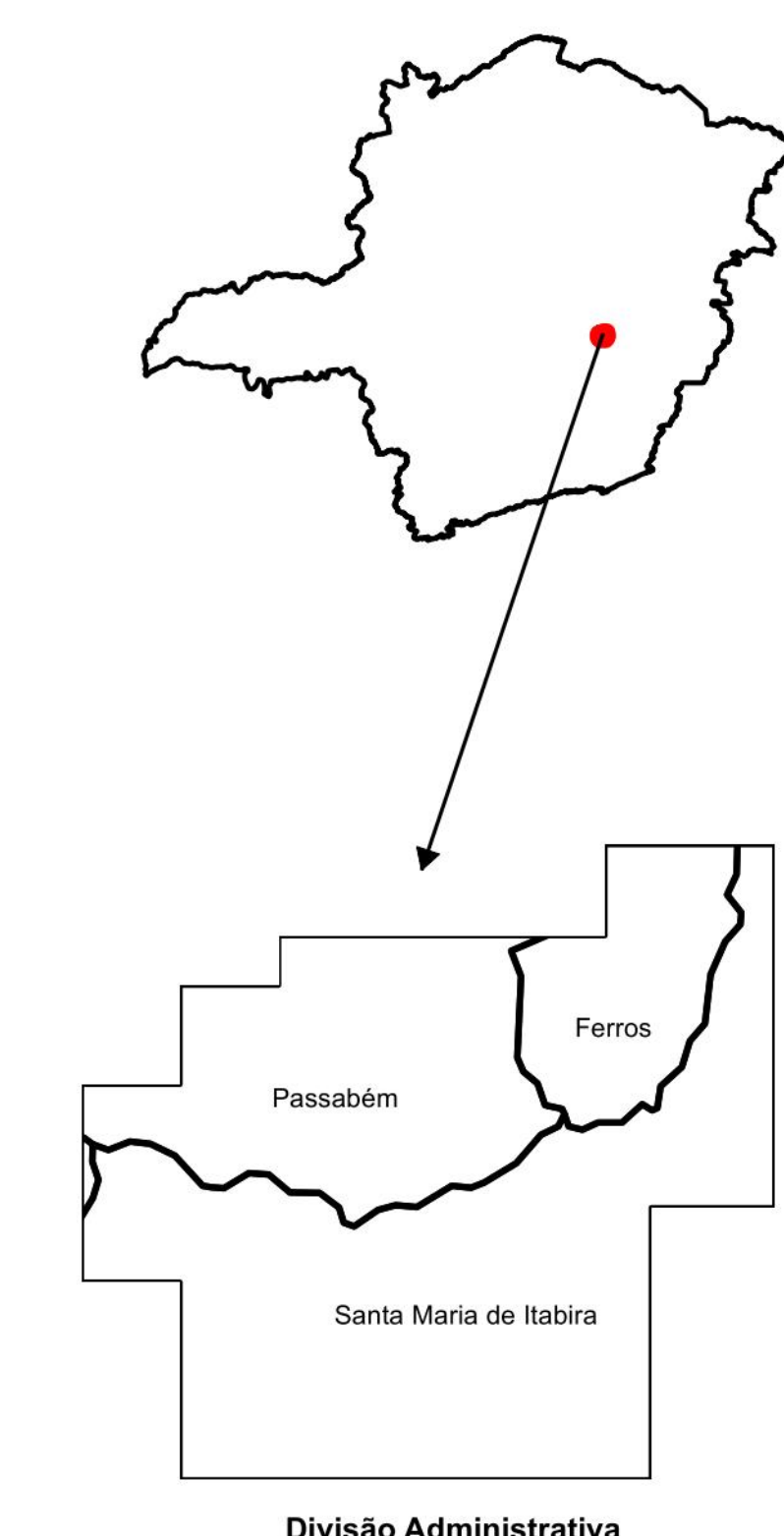
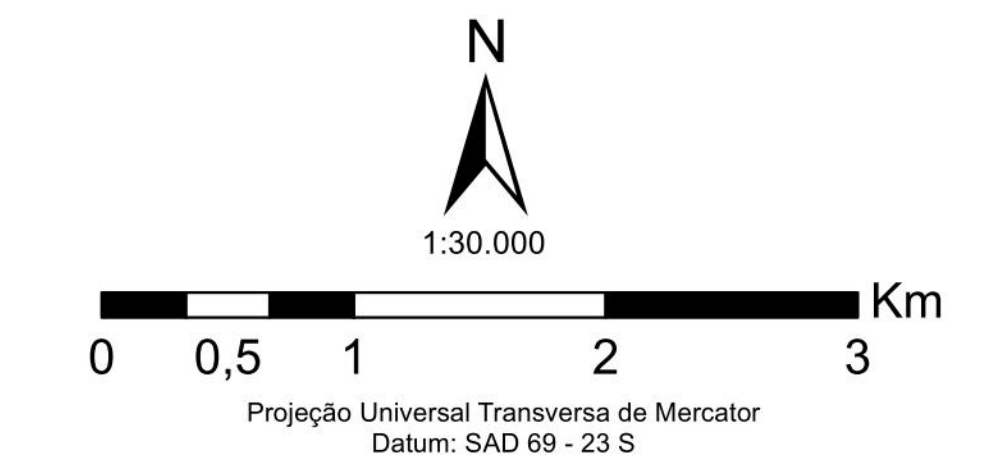
Modificado e adaptado de Pagung de Carvalho *et al.* (2011) por Flávia Cristina Silveira Braga

ANEXO II – Mapa de pontos

MAPA DE PONTOS

Convenções cartográficas

- Ponte
- Área urbana
- Via não pavimentada
- Via pavimentada
- Curvas de nível de 50 em 50 metros
- Drenagem
- Pontos de campo
- Testemunhos de sondagem analisados
- Áreas de estudo



ANEXO III – Tabelas com descrições de lâminas

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-004-502	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852809,61	UTM-E: 695452,69	
Altitude/profundidade:	791,657 m de altitude; 84,00 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Complexo Dona Rita		

Descrição Macroscópica

Rocha cor branco acinzentado, granulação fina a média, textura lepidogranoblástica. Foliação localmente dobrada e crenulada. Composta por quartzo, mica branca, feldspato, e rara biotita.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

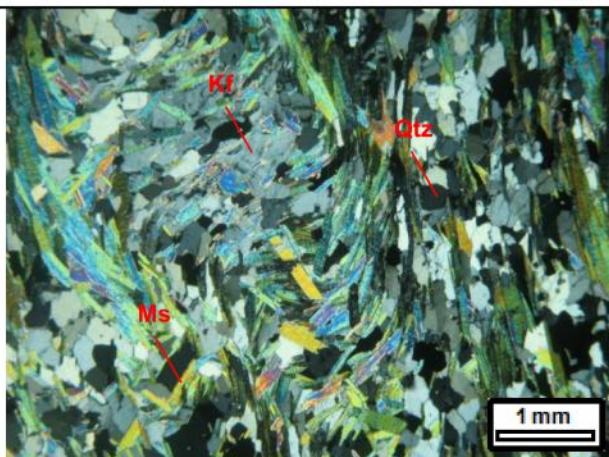
Minerais Essenciais:	quartzo (35%); mica branca/sericita (30%); plagioclásio (20%); K-feldspato (6%); biotita (6%)
Minerais Acessórios:	carbonato, clorita, pirita, calcopirita, pirrotita, zircão (total de 1%)
Minerais de Alteração:	epidoto, argilominerais (total de 2%)
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica
Granulação:	fina a grossa, predominando média

Descrição Microscópica da Lâmina

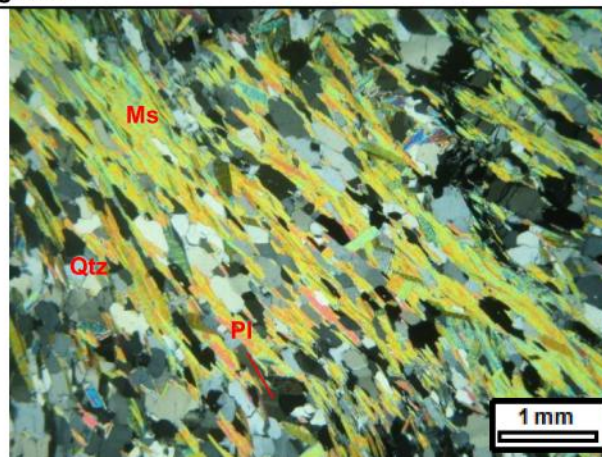
Rocha foliada, localmente crenulada, cuja foliação é definida pela orientação dos cristais de quartzo poligonais, feldspato e filossilicatos. A granulação do quartzo varia de fina a grossa, estando alguns grãos com extinção ondulante, principalmente os maiores, são subédricos e apresentam contatos reto e côncavo-convexo entre os grãos. O feldspato apresenta-se como cristais subédricos a anédricos, estando o K-feldspato bastante alterado para argilominerais, e o plagioclásio alterado para argilominerais e saussuritizado, gerando epidoto e carbonato. O feldspato está orientado segundo a foliação, porém localmente alguns cristais estão dispostos de forma a truncar a foliação. Os filossilicatos são representados por mica branca/sericita e biotita. A mica branca/sericita ocorre majoritariamente paralela a foliação, porém, alguns cristais ocorrem com orientação aleatória. A biotita possui cor variando de verde médio a quase incolor e possui em alguns cristais inclusões de zircão. O carbonato ocorre pontualmente, principalmente associado a mica branca e quartzo, e localmente com o epidoto, sendo em conjunto com este, produto da saussuritização do feldspato. Há bolsões/lentes de quartzo milimétricas, dispersas pela amostra. Pontuações muito finas de sulfetos (pirita, pirrotita e calcopirita) e clorita ocorrem disseminadas pela amostra. Ocorrem raríssimos intercrescimentos mimerquíticos.

Nome da Rocha: feldspato-mica branca-quartzo metagranito (granodiorito)

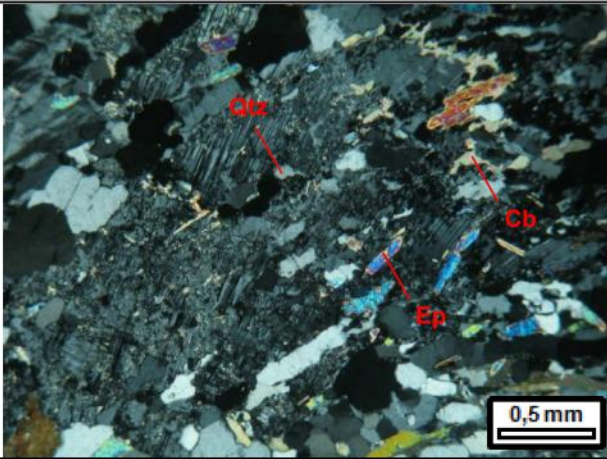
Fotomicrografia



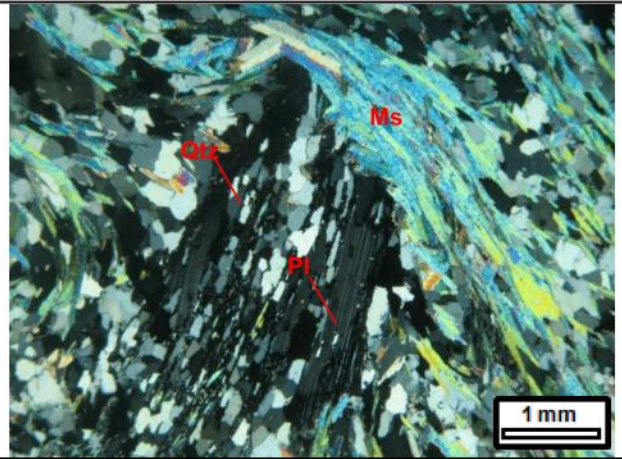
Porção da amostra com foliação crenulada. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Aspecto textural geral da rocha. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Cristal de plagioclásio saussuritizado, com inclusões de quartzo. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

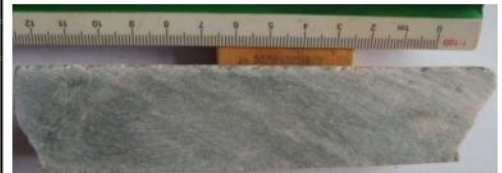


Cristais de plagioclásio e quartzo truncando a foliação definida pela mica branca. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-006-501	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem	
Datum: SAD69	UTM-N:	7854383,84	UTM-E:	696589,9
Altitude/profundidade:	1078,107 m de altitude; 89,85 m de profundidade no furo			
Unidade Estratigráfica:	Suíte Borrachudos			

Descrição Macroscópica

Rocha cinza claro com porções rosadas, granulação fina a média, com bandamento incipiente, composta de quartzo, feldspato, biotita, mica branca e óxidos de ferro.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

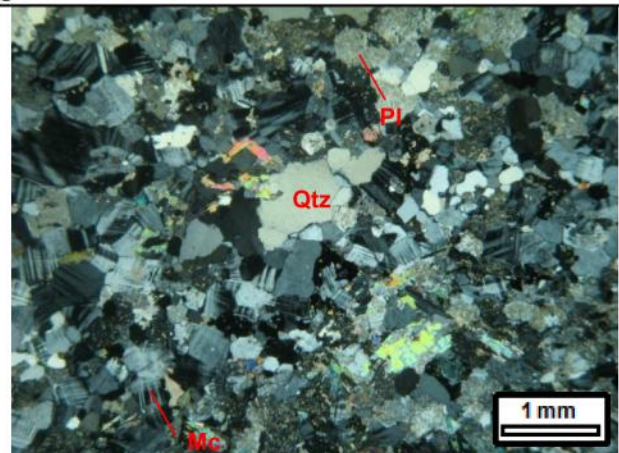
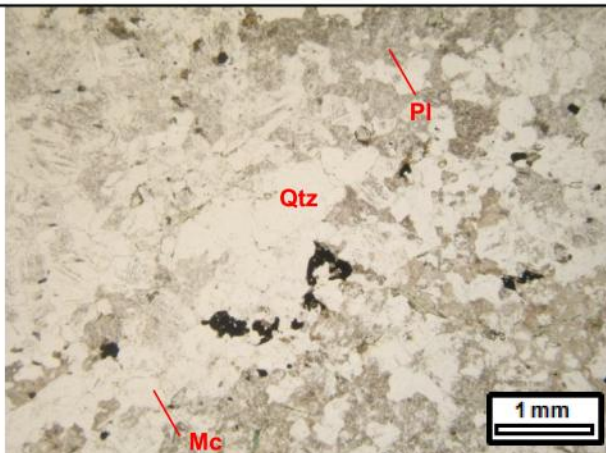
Minerais Essenciais:	K-feldspato (40%); plagioclásio (20%); quartzo (20%); clorita (5%); hematita (4%); biotita (3%); mica branca/sericita (2%); epidoto (2%); ilmenita (1%)
Minerais Acessórios:	magnetita; allanita; titanita; fluorita; zircão (total de 1%)
Minerais de Alteração:	goethita; argilominerais; carbonato; rutilo (total de 2%)
Padrão textural:	granoblástica
Granulação:	fina a média

Descrição Microscópica da Lâmina

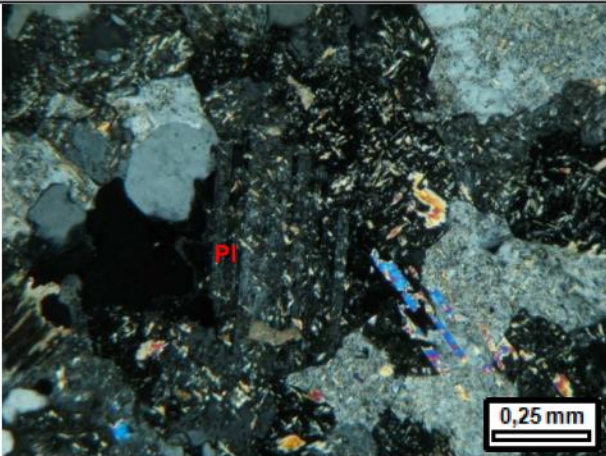
A rocha possui foliação incipiente definida pela orientação de cristais poligonais de feldspato e quartzo, associados a cristais intergranulares de filossilicatos. O K-feldspato aparece como cristais subédricos a anédricos, localmente alterados para sericita e argilominerais, e localmente pertítico. O plagioclásio ocorre como cristais subédricos a anédricos, estão em geral bastante saussuritizados (carbonato+epidoto) e sericitizados (sericita). Os cristais de quartzo são subédricos e a maioria possui extinção ondulante. Os minerais opacos ocorrem como cristais subédricos a anédricos, como blastos disseminados pela amostra, cristais intergranulares e cristais presentes ao longo do plano de clivagem dos filossilicatos. Estes opacos são representados por hematita; ilmenita e magnetita. A hematita e a ilmenita ocorrem associadas, estando pequenos filetes de ilmenita inseridos na hematita, como produto de ex-solução. Ilmenita apresenta-se localmente alterada para rutilo. Cristais de magnetita ocorrem dispersos pela amostra. Carbonato ocorre associado ao plagioclásio, produto da saussuritização, ou em espessos intergranulares. Goethita aparece associado ao epidoto e principalmente ao longo do plano de clivagem dos filossilicatos. A biotita possui cor castanha e localmente altera-se para clorita e mica branca/sericita. Allanita e fluorita ocorrem dispersos pela amostra. Titanita ocorre dispersa pela amostra e associada com os minerais opacos. A rocha é cortada por vênulas milimétricas de quartzo, paralelas a foliação.

Nome da Rocha: Metagranito (sienogranito)

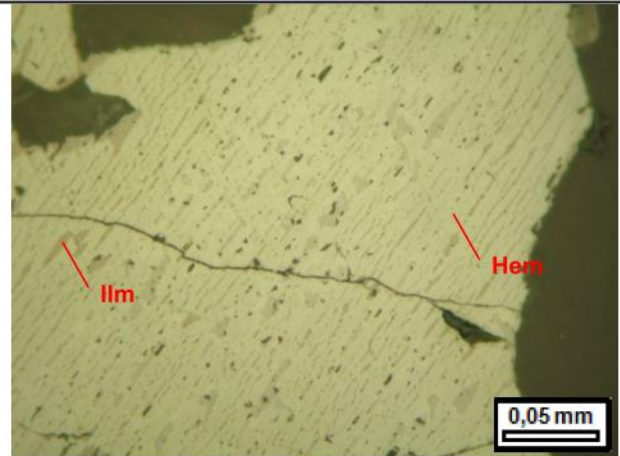
Fotomicrografia



Aspecto textural da rocha. Notar o alto grau de saussuritização do plagioclásio. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

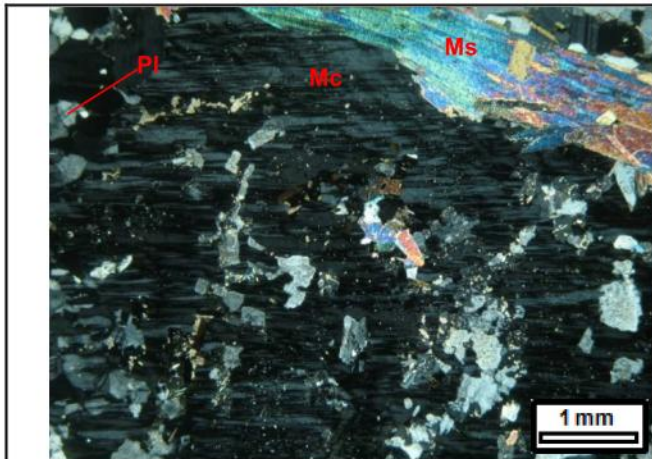


Detalhe no plagioclásio saussuritizado. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Cristal de hematita com filetes de ilmenita, produto de ex-solução. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-007-501	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852789,52	UTM-E:	695227
Altitude/profundidade:	823,522 m de altitude; 143,47 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Complexo Dona Rita		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha branca acinzentada, granulação fina a média, textura lepidogranoblástica, com bandamento paralelo a foliação. Composta por quartzo, feldspato, biotita e mica branca. O feldspato está presente como cristais de até 7 mm de diâmetro.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (35%); K-feldspato (32%); mica branca/sericita (12%); biotita (9%); plagioclásio (7%); clorita (2%)		
Minerais Acessórios:	apatita; turmalina; pirita; rutilo; zircão (total de 1%)		
Minerais de Alteração:	epidoto, carbonato, argilominerais; goethita (total de 2%)		
Padrão textural:	granoblástica, lepidoblástica e blastoporfirítica		
Granulação:	fina a grossa, com predomínio de fina		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação definida pela orientação de cristais poligonais de quartzo e feldspato, e cristais orientados de filossilicatos (mica branca/sericita, biotita e clorita). Os grãos de quartzo possuem em geral contato reto, côncavo-convexo, e extinção ondulante. O K-feldspato ocorre como cristais subédricos a anédricos, variam de granulação fina até grossa (clastos), neste caso contornados pelos filossilicatos, são algumas vezes pertíticos, e localmente alterados para argilominerais. Os filossilicatos ocorrem tanto associados, formando faixas ao longo da amostra, quanto entre os cristais de quartzo e feldspato. O plagioclásio aparece como cristais subédricos a anédricos, maclados ou não, estando a maioria saussuritizado, gerando carbonato e epidoto. Em alguns cristais há intercrescimento mimerquítico. Biotita apresenta-se localmente alterada para clorita. Apatita subédrica ocorre dispersa pela amostra. Blastos de turmalina verde ocorrem dispersos pela amostra. Goethita muito fina ocorre no plano de clivagem dos filossilicatos. Cristais finíssimos de pirita e rutilo ocorrem dispersos pela amostra.</p>			
Nome da Rocha:	Biotita-mica metagranito (monzogranito)		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha. Luz transmitida, nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			




Blasto de K-feldspato com inclusões de plagioclásio, e contornado por mica. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

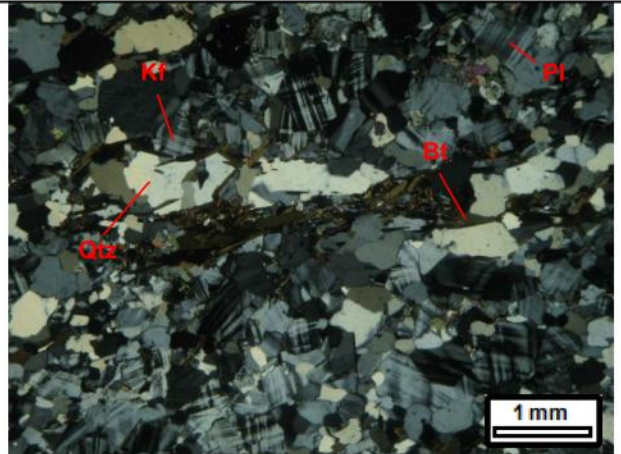
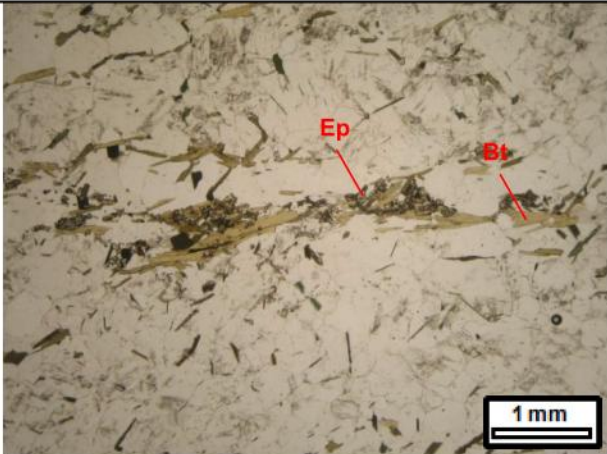
Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-011-501	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852961,61	UTM-E:	696062,16
Altitude/profundidade:	906,994 m de altitude; 132,15 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Complexo Dona Rita		
Descrição Macroscópica			
Rocha cor cinza claro, granulação fina a média, textura lepidogranoblástica, composta por quartzo, feldspato, biotita e mica branca/sericita.			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (35%); plagioclásio (20%); K-feldspato (15%); mica branca/sericita (15%); biotita (12%)		
Minerais Acessórios:	zircão; apatita; titanita; rutilo; pirita (total de 1%)		
Minerais e Processos de Alteração:	epidoto; carbonato; argilominerais; clorita; goethita (total de 2%)		
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	fina a localmente média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
Rocha com foliação definida pela orientação dos agregados poligonais de quartzo e feldspato, e orientação de cristais de filossilicatos (mica branca/sericita e biotita), que ora ocorrem formando faixas ao longo da amostra, ora dispostos entre os grãos de quartzo e feldspato. Os cristais de plagioclásio aparecem ou não maclados, são subédricos a anédricos, e apresentam-se localmente saussuritizados, produzindo epidoto e carbonato. Ocorrem raros intercrescimento mimerquítico. O K-feldspato encontra-se maclado, os cristais são subédricos a anédricos, alguns sob a forma de blastos, estão em geral insipiente e localmente alterados para argilominerais, e alguns cristais são pertíticos. A biotita possui cor predominante verde a bege, mas também aparecem cristais de cor marrom a bege. Ela altera-se localmente para mica branca e clorita. Os minerais opacos ocorrem dispersos pela amostra, são subédricos a anédricos, e ocorrem muitas vezes associado a titanita, e são representados por pirita e rutilo. Existem vênulas de quartzo milimétricas, paralelas a foliação, de granulação média, cujo contato entre os cristais varia de côncavo-convexo a serrilhado.			
Nome da Rocha:	Biotita-mica granito (monzogranito)		
Fotomicrografia			
			
Aspecto textural da rocha, cuja foliação é definida pela orientação dos agregados poligonais de quartzo e feldspato, e orientação de cristais de filossilicatos. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.	Blasto de K-feldspato. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.		

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-018-003	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853425	UTM-E:	695778
Altitude/profundidade:			
Unidade Estratigráfica:	Suíte Borrachudos		
Descrição Macroscópica			
Rocha cinza claro a bege com porções rosadas, granulação média, foliada, composta de feldspato, quartzo, mica branca, biotita e raros óxidos de ferro.			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (35%); K-feldspato (27%); plagioclásio (20%); mica branca/sericita (15%); biotita (1%)		
Minerais Acessórios:	apatita; minerais opacos (total de 0,5%)		
Minerais de Alteração:	argilominerais; clorita; goethita (total de 1,5%)		
Padrão textural:	granoblástica a lepidoblástica		
Granulação:	fina a localmente média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
Rocha com foliação definida pela orientação de cristais poligonais de quartzo e feldspato, e cristais de mica branca/sericita. A rocha possui lentes milimétricas de agregados de cristais de quartzo e quartzo+feldspato cuja granulação é um pouco mais grossa que no restante da rocha (granulação média) e são envoltos pelas palhetas de filossilicatos. O quartzo ocorre como cristais subédricos e grande parte possui extinção ondulante. Os cristais de K-feldspato são predominantemente maclados, subédricos a anédricos e sem alteração. Os cristais de plagioclásio são anédricos a subédricos, ocorrem maclados ou não e parte está alterado para sericita e argilominerais. Biotita ocorre associada a mica branca e esta incipientemente alterada para clorita. Os filossilicatos ocorrem associados e nos espaços intergranulares dos cristais de feldspato e quartzo. Raríssimas pontuações de minerais opacos ocorrem dispersas pela amostra. Goethita é rara e ocorre nos planos de clivagem dos filossilicatos.			
Nome da Rocha:	Mica granito (monzogranito)		
Fotomicrografia			
			
Aspecto textural da rocha, com foliação definida pela orientação do feldspato, quartzo e mica branca. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.	Detalhe nas lentes de agregados de quartzo+feldspato de granulação média. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.		

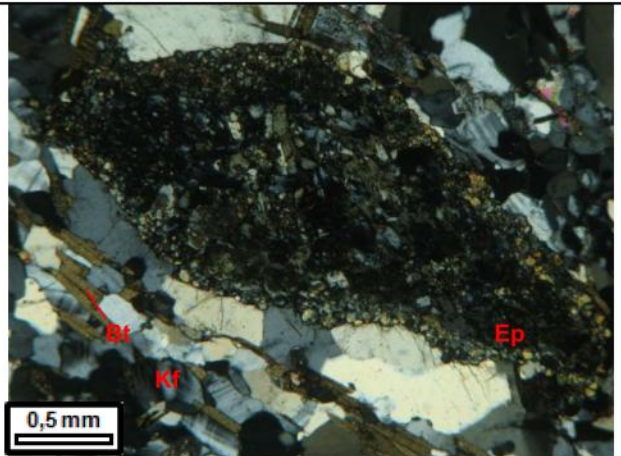
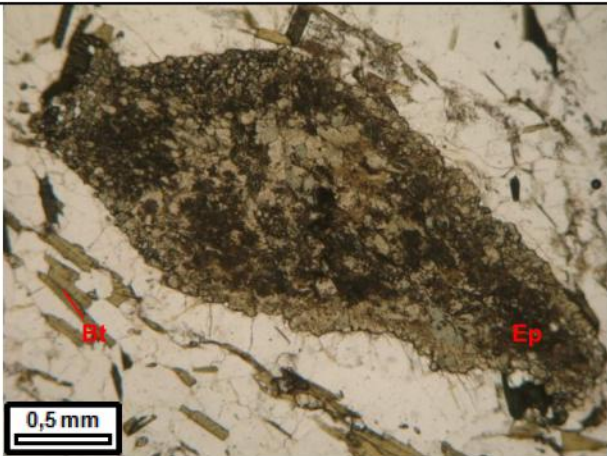
Identificação da Lâmina:	PSB-FSD-011-001	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7859651	UTM-E:	701359
Altitude/profundidade:	715 m de altitude; 80,55 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Complexo Dona Rita		
Descrição Macroscópica			
Rocha cinza claro a rosada, granulação média a fina, foliada, composta de feldspato, quartzo, biotita e mica branca.			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	K-feldspato (35%); quartzo (28%); plagioclásio (25%); biotita (2%); mica branca (2%)		
Minerais Acessórios:	minerais opacos; apatita (total de 1%)		
Minerais de Alteração:	sericita; argilominerais; carbonato; epidoto; clorita (total de 4%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
Rocha isotrópica. O K-feldspato ocorre maclado segundo a lei da albita e periclina raramente alterado para sericita e argilominerais, e são subédricos. Cristais de quartzo são subédricos a anédricos, predominantemente com extinção ondulante. O plagioclásio ocorre em geral maclado, sendo a macla mais comum a polissintética seguida pela de carlsbad. Comumente ocorre saussuritizado, gerando carbonato, epidoto e sericita e argilitizado. É comum a biotita ocorrer associada a clorita, nestes caso a segunda é produto de alteração da primeira. Minerais opacos e apatita são subédricos e ocorrem dispersos pela amostra.			
Nome da Rocha:	Granito (monzogranito)		
Fotomicrografia			
			
Aspecto textural da rocha, exibindo seu caráter isotrópico. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.	Detalhe do cristal de plagioclásio saussuritizado. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.		

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-036-003	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7855910	UTM-E:	697414
Altitude/profundidade:	812 m		
Unidade Estratigráfica:	Suíte Borrachudos		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cinza claro com porções rosadas, granulação fina a média, granolepidoblástica, bandamento de espessura milimétrica, composta de quartzo, feldspato, biotita.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (30%); K-feldspato (27%); plagioclásio (25%); biotita (7%); epidoto (4%); titanita (2%)		
Minerais Acessórios:	mica branca; apatita; allanita; zircão (total de 3%)		
Minerais de Alteração:	carbonato; sericita; clorita; argilominerais (total de 2%)		
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	média (cristais de até 1,5 mm)		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha foliada e levemente bandada. A foliação é definida pela orientação de cristais recristalizados de quartzo e feldspato, e agregados de epidoto+biotita+titanita. O bandamento é paralelo a foliação, e é marcado pela alternância de bandas de quartzo+feldspato com as de biotita+epidoto. Quartzo ocorre como cristais subédricos a anédricos, localmente granoblásticos. O K-feldspato é a microclina, ocorre como cristais subédricos e localmente como granoblastos e alterado para argilominerais. Plagioclásio ocorre como cristais subédricos, com geminação em uma e duas direções e zonado. As maclas são descontínuas. Ocorre comumente saussuritizado, gerando carbonato, epidoto e sericita. Localmente ocorre zonado e com intercrescimento de K-feldspato, paralelo ao comprimento do mineral, formando assim uma antipertita. A biotita possui coloração verde a castanho claro, e localmente altera-se para clorita. Epidoto ocorre como produto de alteração do plagioclásio, e como agregados associados a biotita. São subédricos e raros euédricos. Localmente há mirmequita. Mica branca, apatita e zircão ocorrem dispersos pela amostra. Allanita ocorre associada ao epidoto. Apatita ocorre como cristais subédricos com até 0,1 mm de diâmetro. A rocha possui vênulas de quartzo de granulação um pouco mais grossa que o restante da amostra.</p>			
Nome da Rocha:	biotita-epidoto gnaiss (monzogranito)		

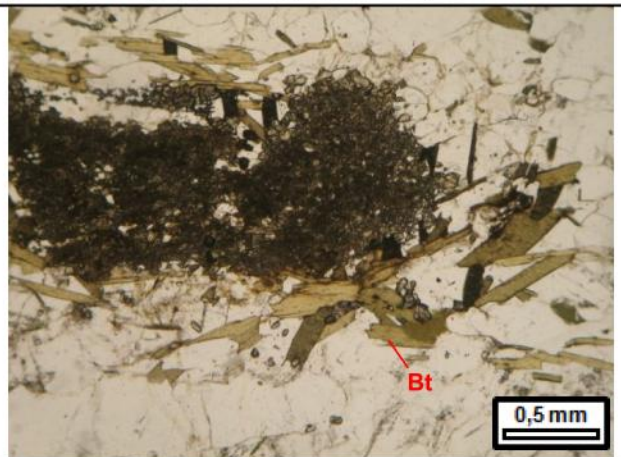
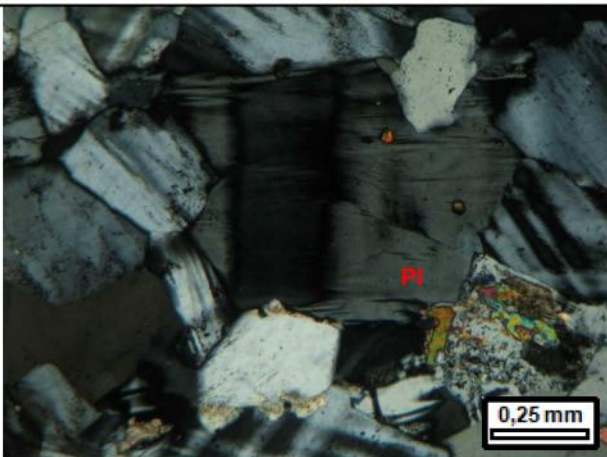
Fotomicrografia



Aspecto textural da rocha com foliação paralela ao bandamento. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Detalhe no agregado de cristais de epidoto, cuja morfologia sugere que possam ser produto de alteração de algum silicato. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



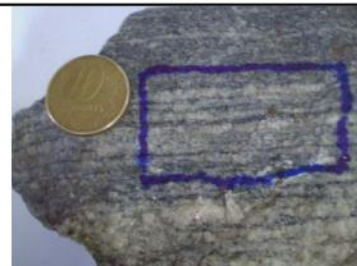
Detalhe em cristal de plagioclásio zonado, com intercrescimento de K-feldspato (anti-peritita). Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Detalhe no agregado de cristais de epidoto, titatina e biotita. Luz transmitida, nicóis descruzados, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-048-004	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7857877	UTM-E:	692699
Altitude/profundidade:	710 m		
Unidade Estratigráfica:	Complexo Dona Rita		

Descrição Macroscópica

Rocha cinza médio, granulação fina a média, granolepidoblástica, bandamento de espessura milimétrica, composta de quartzo, feldspato e biotita.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

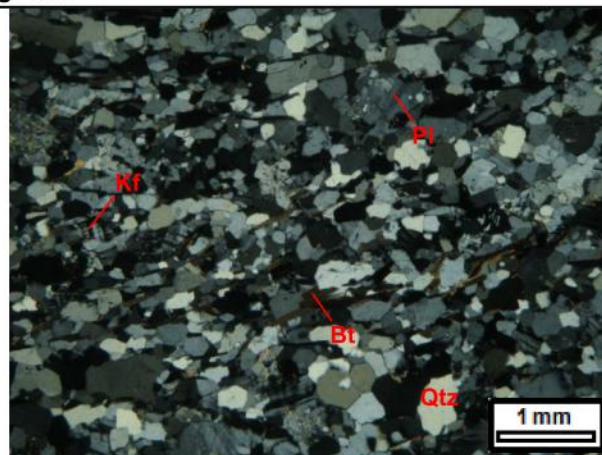
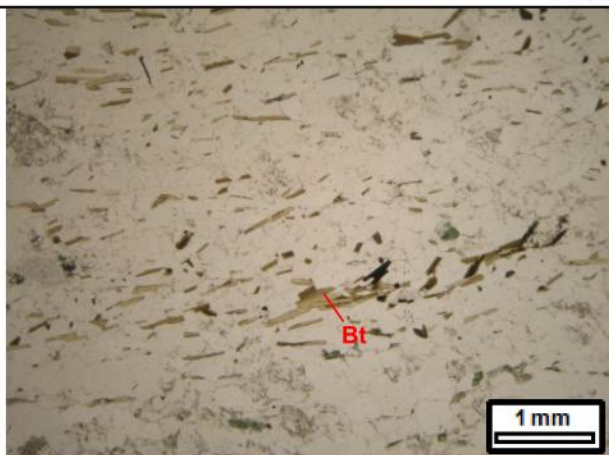
Minerais Essenciais:	quartzo (34%); K-feldspato (30%); plagioclásio (27%); biotita (4%)
Minerais Acessórios:	minerais opacos; mica branca; apatita (total de 2%)
Minerais de Alteração:	carbonato; sericita; clorita; epidoto; argilominerais (total de 3%)
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica
Granulação:	média

Descrição Microscópica da Lâmina

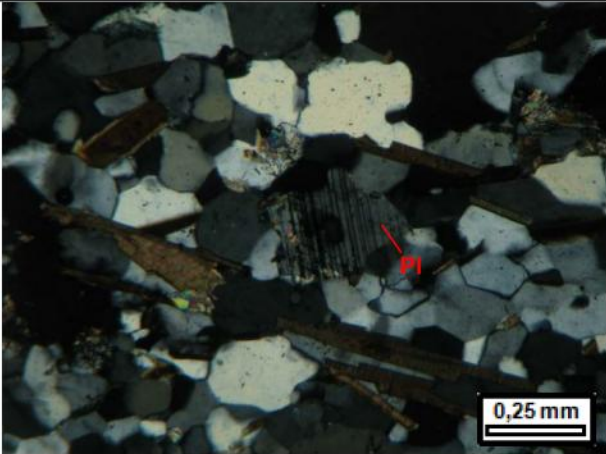
Rocha foliada e discretamente bandada. A foliação é marcada pela orientação de biotita e dos cristais recristalizados de quartzo e feldspato. O bandamento é conferido pela presença de biotita em faixas de espessura submilimétrica, em meio a quartzo e feldspato. K-feldspato possui macla em duas direções e alteração incipiente para argilominerais. Plagioclásio ocorre como cristais subédricos, com macla em uma e duas direções, predominando a geminação do tipo albita. As maclas de morfologia descontínua. Ocorre também como cristais sem macla, com zonamento composicional. Aparece em geral saussuritizado, gerando carbonato, epidoto e sericita. Plagioclásio e K-feldspato localmente aparecem como granoblastos. Biotita possui cor castanha a bege, e localmente ocorre alterada para clorita. É raro o intercrescimento mimerquítico. Minerais opacos e apatita são subédricos a euédricos e ocorrem dispersos pela amostra. Mica branca ocorre dispersa ou localmente associada a carbonato.

Nome da Rocha: biotita gnaisse (monzogranito)

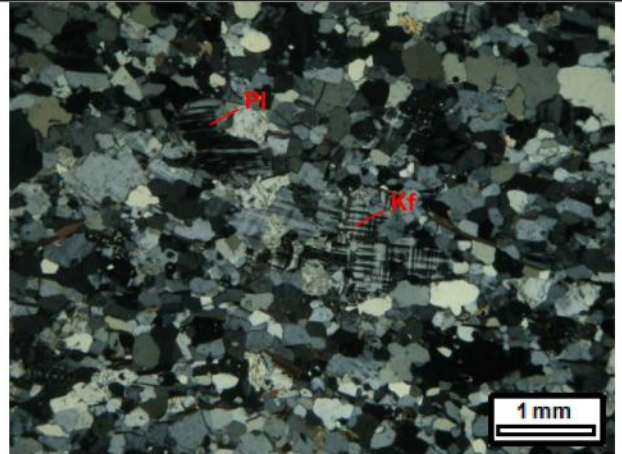
Fotomicrografia




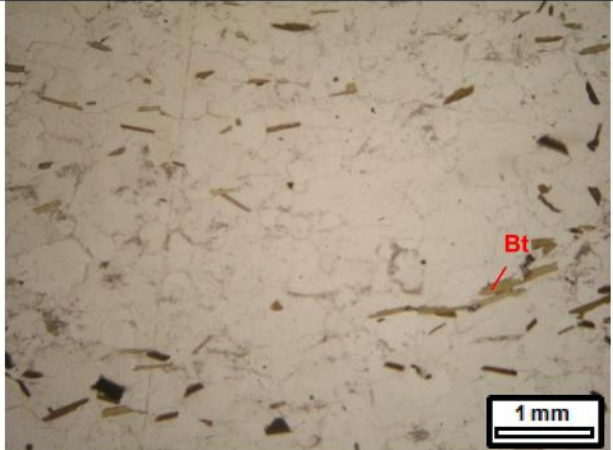
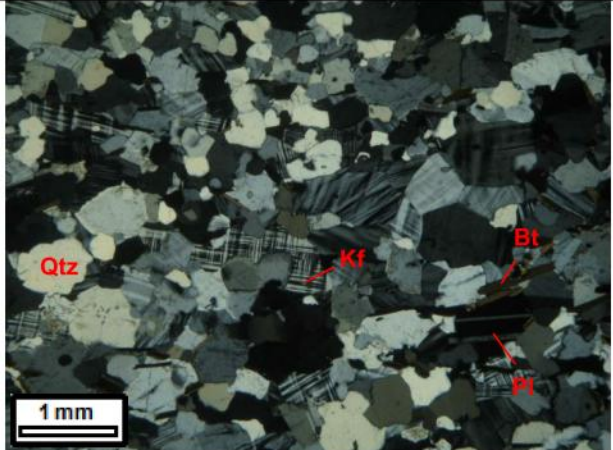
Aspecto textural da rocha, com foliação paralela ao bandamento. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

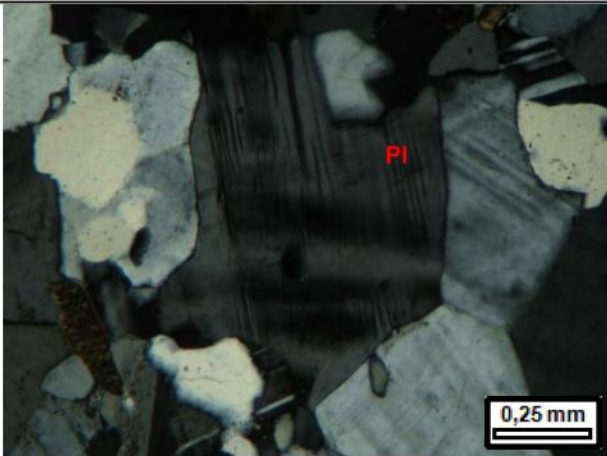


Detalhe em cristal de plagioclásio maclado e zonado. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

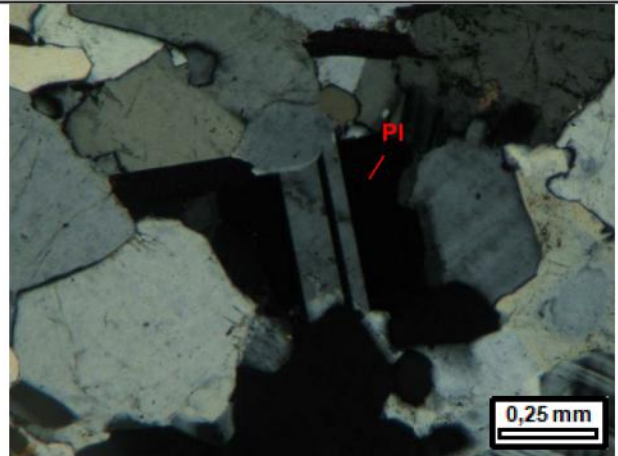


Notar granoblasto de K-feldspato, e a macla irregular do plagioclásio. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

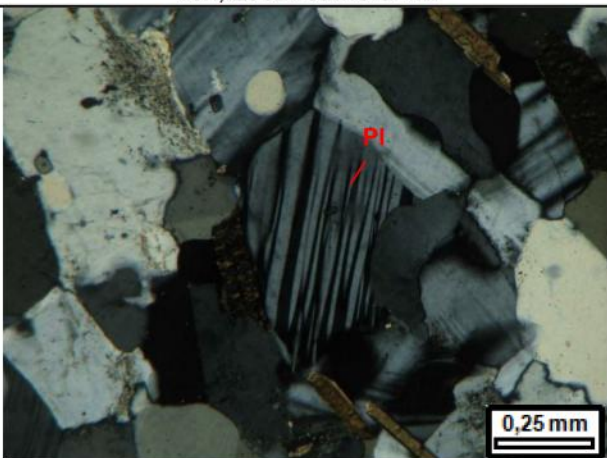
Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-060	Origem:	(X)Ponto de campo ()Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853620	UTM-E:	700115
Altitude/profundidade:	500 m		
Unidade Estratigráfica:	Suíte Borrachudos		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cinza claro, granulação fina a média, granolepidoblástica, foliada, composta de quartzo, feldspato, biotita.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (33%); K-feldspato (30%); plagioclásio (25%); biotita (6%); mica branca (3%)		
Minerais Acessórios:	apatita; epidoto; zircão; minerais opacos (total de 2%)		
Minerais de Alteração:	sericita; argilominerais; clorita; carbonato (total de 1%)		
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	fina a média (cristais de de até 1,5mm)		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação definida pela orientação da biotita e dos cristais recristalizados de quartzo e feldspato. K-feldspato ocorre com macla em duas direções, são subédricos e raramente argilizados. Plagioclásio ocorre como cristais subédricos, majoritariamente maclados segundo a lei da albita, e raros com macla em duas direções e de calrsbad. É comum maclas pouco espessadas, finas e irregulares. Plagioclásio ocorre também com zonamento composicional. Localmente o plagioclásio ocorre saussuritizado e antipertíticos. Biotita possui cor marrom escuro a bege, localmente alterada para clorita. Apatita, epidoto e minerais opacos são subédricos e ocorrem dispersos pela amostra, sendo que o epidoto também ocorre incluso no plagioclásio, como produto de sua alteração. Zircão possui hábito arredondado e ocorre disperso pela amostra, ou incluso na biotita, formando alo pleocróico.</p>			
Nome da Rocha:	biotita granito (monzogranito)		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			



Detalhe do cristal de plagioclásio zonado e antipertítico. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Detalhe em plagioclásio com macla bem definida. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



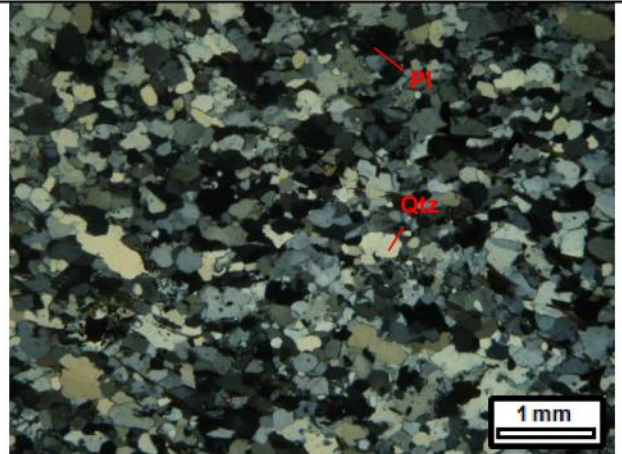
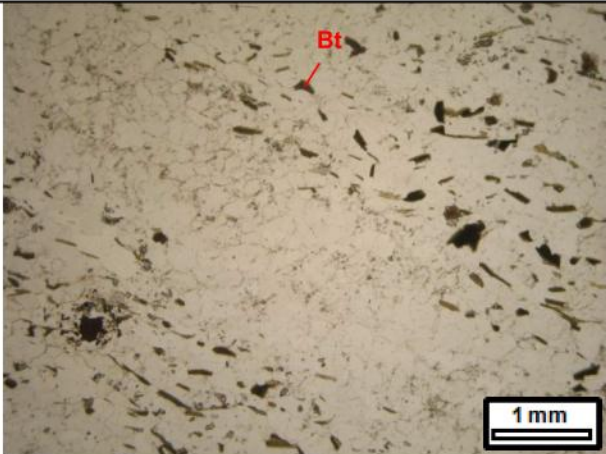
Detalhe em plagioclásio com macla irregular. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



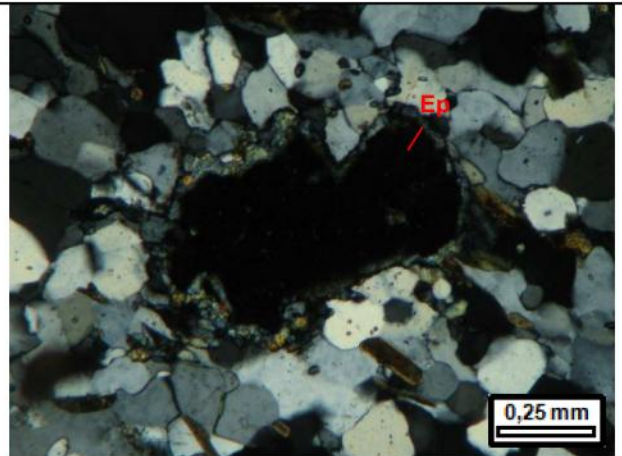
Detalhe em cristal de zircão, presente no centro. Luz transmitida, nicóis descruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-172-001	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7849817	UTM-E:	693009
Altitude/profundidade:	565 m		
Unidade Estratigráfica:	Suíte Borrachudos		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cinza médio, granulação fina a média, granolepidoblástica, bandamento de espessura milimétrica, composta de quartzo, feldspato e biotita. Os minerais félsicos em algumas porções parecem estar dispostos como vênulas em meio a porção com biotita.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (40%); plagioclásio (35%); biotita (9%); K-feldspato (7%); epidoto (4%)		
Minerais Acessórios:	apatita; goethita; clinozoisita; mica branca; minerais opacos; titanita (total de 4%)		
Minerais de Alteração:	sericita; carbonato (total de 1%)		
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	fina a média (cristais de até 1,2 mm)		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação paralela ao bandamento. A foliação é definida pela orientação da biotita e de cristais recristalizados de quartzo e feldspato. O bandamento é definido pela concentração de biotita+epidoto em meio ao quartzo+feldspato em faixas de espessura milimétrica, alternadas com bandas de quartzo e feldspato. Os cristais de quartzo são subédricos, comumente com extinção ondulante. O plagioclásio é subédrico, ocorre com geminação polissintética em 1 direção, carlsbad, ou com zonamento composicional. Localmente ocorre saussuritizado, gerando carbonato, sericita e epidoto. O K-feldspato é a microclina, ocorre como cristais subédricos com geminação em duas direções. Biotita possui coloração de bege a verde. Epidoto é subédrico a euédrico, aparece em geral como agregados paralelos a foliação. É comum a presença de granoblastos de epidoto, com núcleo de cor laranja. Epidoto ocorre também como pequenos cristais inclusos no plagioclásio, sendo neste caso produto de alteração deste. Localmente o epidoto possui cor de interferência azul anômalo, sendo neste caso denominado de clinozoisita. Mica branca, titanita, e minerais opacos ocorrem associados a biotita e epidoto, em geral paralelos a foliação. Apatita ocorre como cristais subédricos dispersos pela amostra. Goethita apresenta cor avermelhada, ocorre como cristais subédricos a anédricos, em geral associados as bandas de biotita+epidoto.</p>			
Nome da Rocha:	epidoto-biotita gnaiss (granodiorito)		

Fotomicrografia



Aspecto textural da amostra, com foliação paralela ao bandamento. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Detalhe no gronablasto de epidoto com núcleo alaranjado. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-177-002	Origem:	(X)Ponto de campo ()Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7859141	UTM-E:	697458
Altitude/profundidade:	600 m		
Unidade Estratigráfica:	Complexo Dona Rita		

Descrição Macroscópica

Rocha cinza claro, granulação fina a média, granolepidoblástica, bandamento de espessura milimétrica, composta de quartzo, feldspato, biotita e sulfetos dos quais foi possível identificar pirita e calcopirita.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

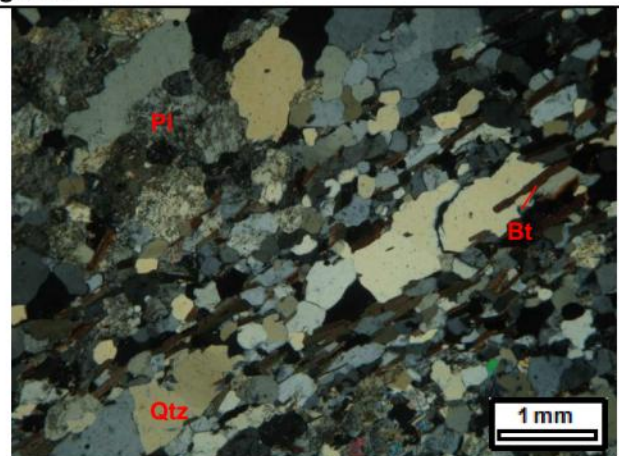
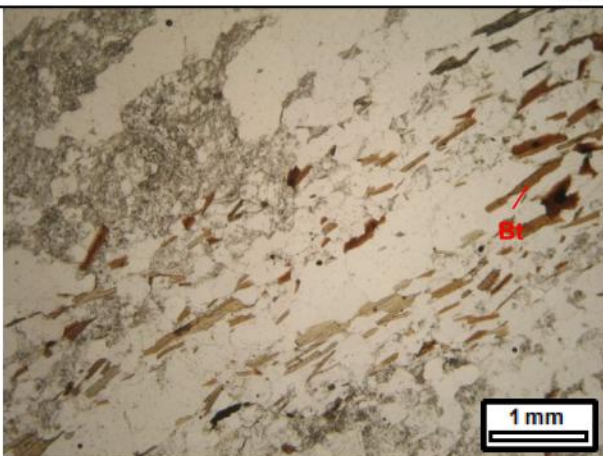
Minerais Essenciais:	quartzo (38%); plagioclásio (33%); biotita (10%); K-feldspato (8%); mica branca (4%)
Minerais Acessórios:	minerais opacos; titanita; rutilo; apatita; zircão (total de 3%)
Minerais de Alteração:	sericita; carbonato; epidoto; clorita; argilominerais (total de 4%)
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica
Granulação:	fina a média, localmente grossa

Descrição Microscópica da Lâmina

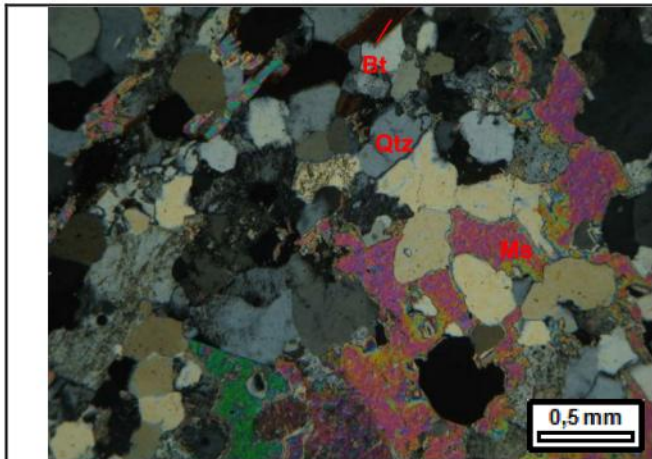
Rocha com foliação conferida pela orientação da biotita e dos cristais recristalizados de quartzo e feldspato. A biotita ocorre em faixas de espessura milimétricas, junto com quartzo+feldspato, o que confere a rocha um bandamento composicional incipiente. O quartzo ocorre como cristais subédricos comumente com extinção ondulante. Plagioclásio ocorre como cristais subédricos, bastante saussuritizados, gerando carbonato, epidoto e argilominerais. Possui macla polissintética em uma direção, carlsbad e comum zonamento composicional. Biotita possui cor marrom a bege, localmente altera-se para clorita. K-feldspato é a microclina, subédrico, com geminação em duas direções, localmente alterado para argilominerais. Mica branca ocorre como cristais subédricos a anédricos, tanto paralelo quanto oblíquo a foliação, indício este de que parte destes cristais é pós-deformacional. Rutilo ocorre como agulhas dispersas pela amostra. Zircão ocorre inserido na biotita, formando alo pleocróico. Apatita é subédrica a euédrica e ocorre dispersa pela amostra. Minerais opacos e titanita são subédricos a anédricos e ocorrem orientados paralelamente a foliação. Há na amostra vênulas de quartzo, cuja granulação varia de média a grossa, com grãos de até 4 mm.

Nome da Rocha: biotita gnaiss (granodiorito)

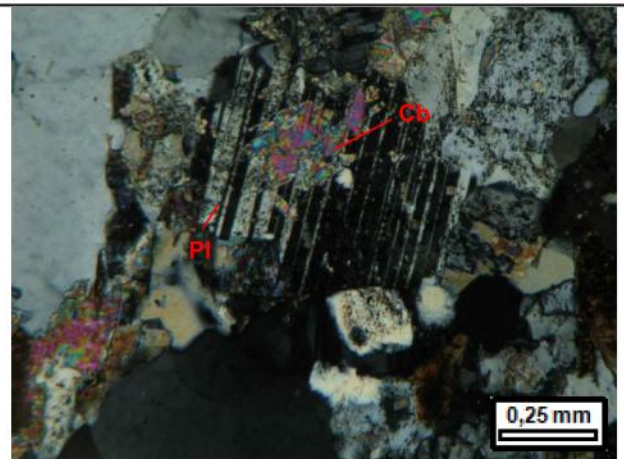
Fotomicrografia




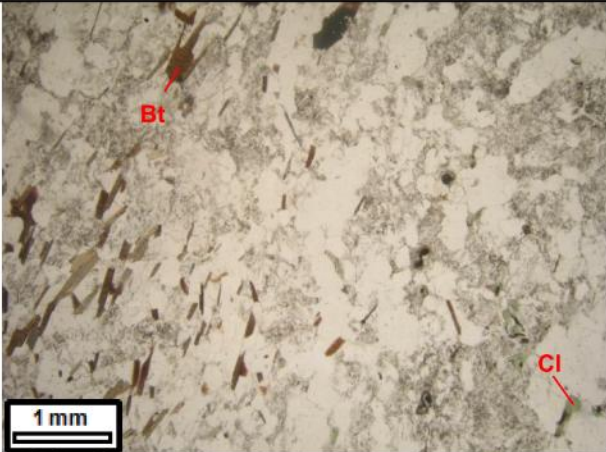
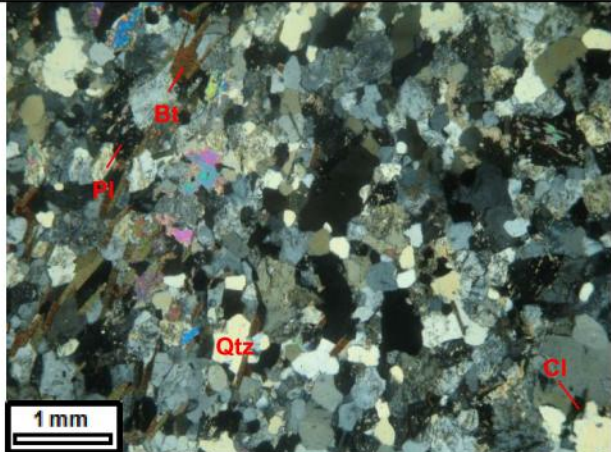
Aspecto textural da amostra, com foliação paralela ao bandamento. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

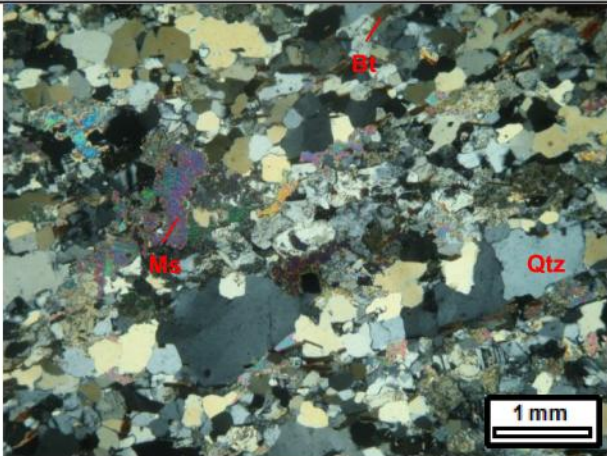


Detalhe nos cristais de mica branca distribuídos oblíquos a foliação. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Detalhe do cristais de plagioclásio saussuritizado. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-179-001	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853240	UTM-E:	699558
Altitude/profundidade:	485 m		
Unidade Estratigráfica:	Complexo Dona Rita		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cinza claro, granulação fina a média, granolepidoblástica, bandamento de espessura milimétrica incipiente, composta de quartzo, feldspato, biotita.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	plagioclásio (45%); quartzo (37%); biotita (7%); mica branca (4%); K-feldspato (3%)		
Minerais Acessórios:	minerais opacos; apatita; titanita; zircão (total de 1%)		
Minerais de Alteração:	carbonato; sericita; clorita; epidoto (total de 3%)		
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	fina a média (raros cristais grossos de até 4 mm)		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação definida pela orientação da biotita e de cristais recristalizados de quartzo e feldspato. Há vênulas de quartzo de granulação grossa, com cristais de hábito alongado de até 4 mm de comprimento. Porém, no geral, a granulação da rocha varia de fina a média, com cristais de em média 0,5 mm de diâmetro. A amostra possui um bandamento composicional incipiente, marcado pela concentração de biotita em meio a quartzo e feldspato, em faixas de espessura milimétrica. Plagioclásio ocorre como cristais subédricos, com geminação polissintética em uma direção, carlsbad, e por vezes com zonamento composicional. Frequentemente apresenta-se saussuritizada, gerando carbonato, sericita e raro epidoto. Quartzo é em geral subédrico, comumente com extinção ondulante. Biotita possui coloração marrom a bege, e altera-se para clorita. Mica branca ocorre orientada tanto paralela quanto obliquamente a foliação. K-feldspato ocorre como cristais subédricos, com geminação polissintética em duas direções. Minerais opacos são subédricos a anédricos, e ocorrem em geral orientados segundo a foliação. Apatita e titanita são subédricos e ocorrem dispersos pela amostra, estando a segunda paralela a foliação. Zircão aparece inserido na biotita.</p>			
Nome da Rocha:	mica-biotita gnaisse (tonalito)		
Fotomicrografia			
			
<p>Textura geral da rocha, com foliação paralela ao bandamento. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			



Detalhe para vênula de quartzo grosso e mica branca oblíqua a foliação. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-104-002	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N:	7850163	UTM-E:
Altitude/profundidade:	522 m		
Unidade Estratigráfica:	Complexo Dona Rita		

Descrição Macroscópica

Rocha cor cinza claro a levemente rosado, granulação média a fina, textura granolepidoblástica, composta por quartzo, feldspato e mica branca.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

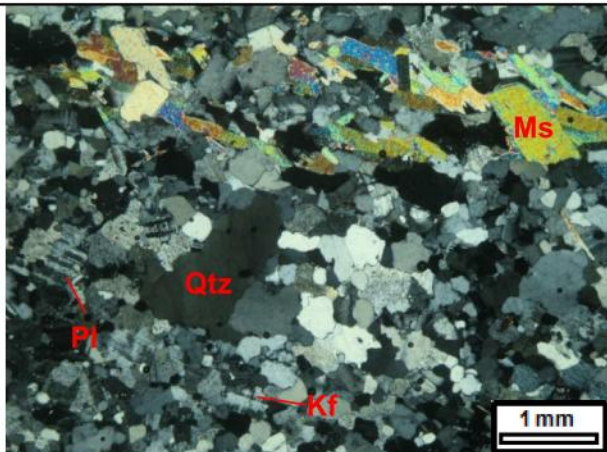
Minerais Essenciais:	quartzo (30%); K-feldspato (28%); plagioclásio (25%); mica branca (15%)
Minerais Acessórios:	
Minerais de Alteração:	argilominerais; sericita; epidoto (total $\leq 2\%$)
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica
Granulação:	fina a média (média de $\sim 0,4$ mm, com raros cristais de até 4 mm)

Descrição Microscópica da Lâmina

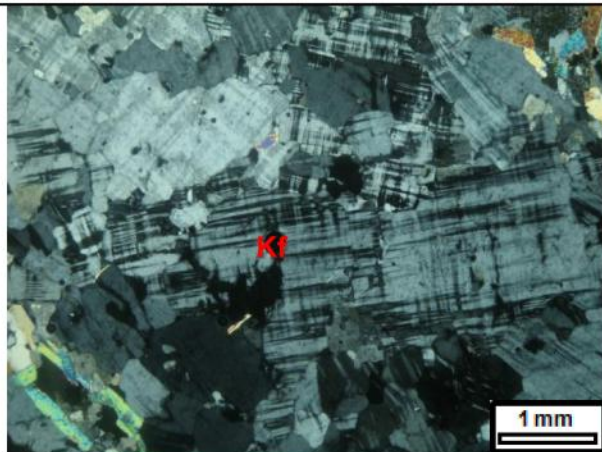
Rocha com foliação discreta, marcada principalmente pela orientação da mica branca e subordinadamente por grãos recristalizados de quartzo e feldspato. Quartzo ocorre como cristais subédricos a anédricos, alguns com extinção ondulante, e localmente ocorrendo como porfiroclastos. Feldspato ocorre como cristais subédricos. Plagioclásio apresenta-se levemente saussuritizado, gerando sericita e epidoto, e ocorre com geminação polissintética em uma direção. K-feldspato possui geminação polissintética em duas direções e raramente apresenta-se alterações de argilominerais. Localmente K-feldspato ocorre como blastos anédricos de até 4 mm de diâmetro. Mica branca apresenta-se predominantemente como cordões de cristais, estes cordões com espessura de 0,5 mm, definindo a foliação da rocha. O contato entre os cristais da amostra é predominantemente côncavo/convexo, seguido pelo reto.

Nome da Rocha: mica granito foliado (monzogranito)

Fotomicrografia



Aspecto textural da rocha, com foliação discreta, marcada principalmente pela orientação da mica branca e subordinadamente por grãos recristalizados de quartzo e feldspato. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Detalhe no blasto de K-feldspato. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-197	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo ()Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7856658	UTM-E:	699306
Altitude/profundidade:	750 m		
Unidade Estratigráfica:	Complexo Dona Rita		

Descrição Macroscópica

Rocha cor cinza médio, granulação média a fina, textura granolepidoblástica, composta por quartzo, feldspato e biotita. Apresenta bandamento composicional de espessura centimétrica paralelo a foliação da rocha. A lâmina delgada foi feita na banda máfica.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

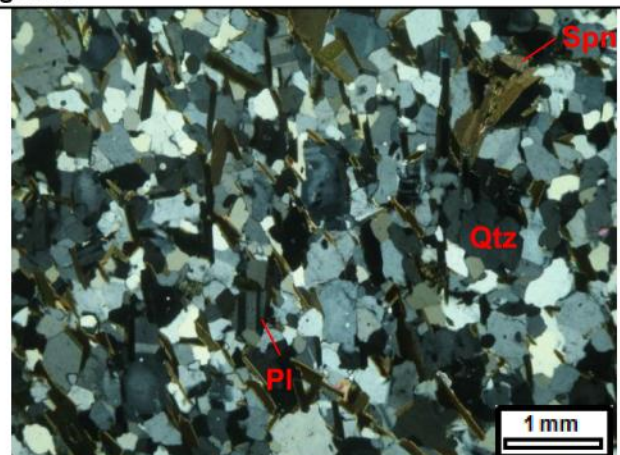
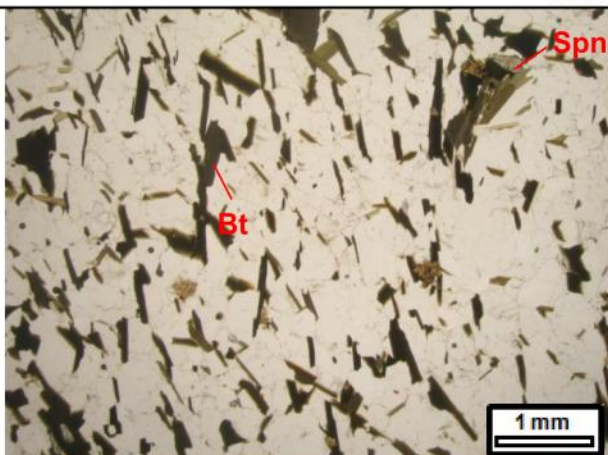
Minerais Essenciais:	quartzo (35%); biotita (30%); plagioclásio (28%); K-feldspato (4%)
Minerais Acessórios:	zircão; titanita; apatita; epidoto (total $\leq 2\%$)
Minerais de Alteração:	clorita; goethita; sericita; epidoto; carbonato (total $\leq 1\%$)
Padrão textural:	lepidoblástica e granoblástica
Granulação:	fina a média (média de ~ 1 mm)

Descrição Microscópica da Lâmina

Rocha com foliação definida pela orientação da biotita e dos cristais recristalizados de quartzo e feldspato. Quartzo ocorre como cristais subédricos, alguns com extinção ondulante. Plagioclásio ocorre como cristais subédricos com geminação polissintética em uma direção e/ou zonamento composicional. Apresenta-se localmente saussuritizado, gerando assim epidoto, sericita e carbonato. Biotita possui pleocroísmo variando de marrom muito escuro a bege, e está localmente alterada para clorita e/ou goethita. K-feldspato é subédrico e possui geminação polissintética em duas direções, e ocorre pontualmente na amostra. Titanita aparece em geral associada a biotita, e é subédrica. Apatita subédrica está presente dispersa pela amostra. Zircão ocorre inserido na biotita, formando alo pleocróico. Epidoto raras vezes aparece disperso pela amostra, estando mais comumente inserido no plagioclásio, como produto de alteração deste. O contato entre os cristais na amostra é em geral poligonalizado, variando de reto a menos comumente, côncavo/convexo.

Nome da Rocha: biotita granito (granodiorito)

Fotomicrografia



Aspecto textural da amostra, com foliação definida pela orientação da biotita e dos cristais recristalizados de quartzo e feldspato. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-145	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7857085	UTM-E:	701182
Altitude/profundidade:	490 m		
Unidade Estratigráfica:	Complexo Dona Rita		

Descrição Macroscópica

Rocha cor cinza claro a levemente rosada, granulação média a fina, textura granolepidoblástica, composta por quartzo, feldspato, biotita e magnetita.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

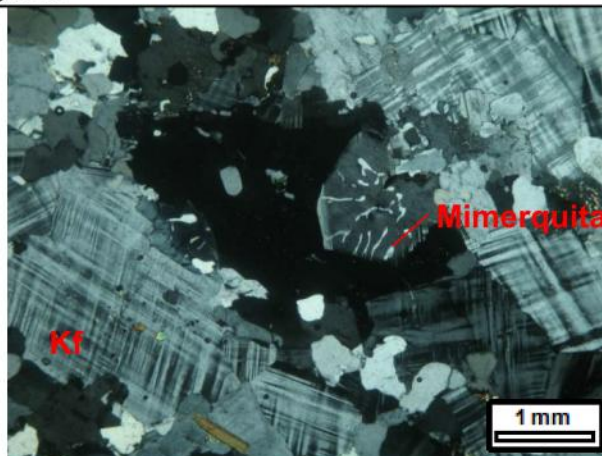
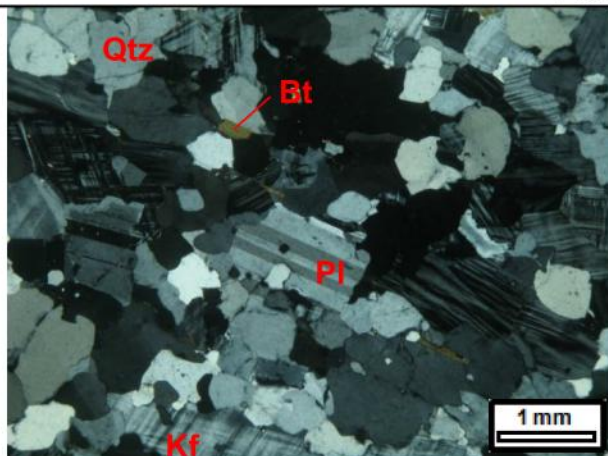
Minerais Essenciais:	quartzo (30%); K-feldspato (38%); plagioclásio (23%); minerais opacos (4%); biotita (3%)
Minerais Acessórios:	zircão ($\leq 0,5\%$)
Minerais de Alteração:	epidoto; sericita; clorita; goethita (total $\leq 1,5\%$)
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica
Granulação:	fina a média (média de $\sim 0,8$ mm, raros cristais de até 4 mm)

Descrição Microscópica da Lâmina

Rocha com foliação discreta, conferida pela orientação da biotita e de cristais recristalizados de quartzo e feldspato. K-feldspato é subédrico, possui geminação polissintética em duas direções, e é localmente micro-pertítico (intercrescimento de feldspato sódico dentro do feldspato potássico). Plagioclásio é subédrico, apresenta geminação polissintética em uma direção, e esta localmente saussurizado. Localmente há mimerquita. Biotita ocorre dispersa pela amostra, e raramente com alterações para clorita. Minerais opacos são subédricos e ocorrem sobre a discreta foliação da rocha. Zircão ocorre inserido na biotita.


Nome da Rocha: biotita granito (monzogranito)

Fotomicrografia



Aspecto textural da rocha. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Detalhe para a presença de mimerquita. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-236	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7859594	UTM-E:	703127
Altitude/profundidade:	467 m		
Unidade Estratigráfica:	Complexo Dona Rita		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cor cinza claro a levemente rosada, granulação média a fina, textura granolepidoblástica, composta por quartzo, feldspato, mica branca e biotita. Apresenta porfiroclastos de K-feldspato de até 4 mm de diâmetro, envolto por mica.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (33%); K-feldspato (30%); plagioclásio (22%); mica branca (11%); biotita (3%)		
Minerais Acessórios:			
Minerais de Alteração:	sericita; epidoto (total ≤1%)		
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	fina a média (média de ~0,5 mm, raros cristais de até 2 mm)		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação definida pela orientação dos filossilicatos e pelos cristais recristalizados de quartzo e feldspato. Quartzo é subédrico e comumente possui extinção ondulante, principalmente os cristais maiores. Feldspato ocorre como cristais subédricos. Plagioclásio possui geminação polissintética em uma direção e/ou zonamento composicional. Localmente o plagioclásio apresenta-se saussuritizado, gerando epidoto e sericita. K-feldspato possui geminação polissintética em duas direções. Há agregado de cristais de microclina formando uma vênula que está envolto por mica branca. O contato entre os cristais varia de reto a côncavo-convexo.</p>			
Nome da Rocha:	biotita-mica granito (monzogranito)		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha, com foliação definida pela orientação dos filossilicatos e pelos cristais recristalizados de quartzo e feldspato. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>		<p>Vênula com agregado de cristais de K-feldspato. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>	

Identificação da Lâmina:	PSB-FSD-005-001	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem	
Datum: SAD69	UTM-N:	7860135	UTM-E:	701516
Altitude/profundidade:	709 m de altitude; 75,67 m de profundidade no furo			
Unidade Estratigráfica:	Unidade A			

Descrição Macroscópica

Rocha cinza esverdeado a rosada, foliada, textura granolepidoblástica, granulação fina a média, composta por quartzo, biotita e granada. A granada é almandina, subédrica a euédrica e ocorre como blastos de até 0,5 cm de diâmetro.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

Minerais Essenciais:	quartzo (40%); biotita verde (26%); granada (22%); cianita (4%); magnetita (2%); mica branca/sericita (2%)
Minerais Acessórios:	biotita castanha; pirita; calcopirita; turmalina; apatita; zircão (total de 2,5%)
Minerais de Alteração:	clorita (total de 0,5%)
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica
Granulação:	média

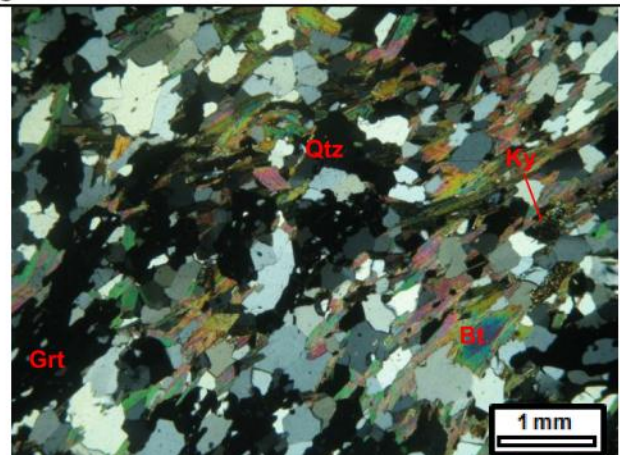
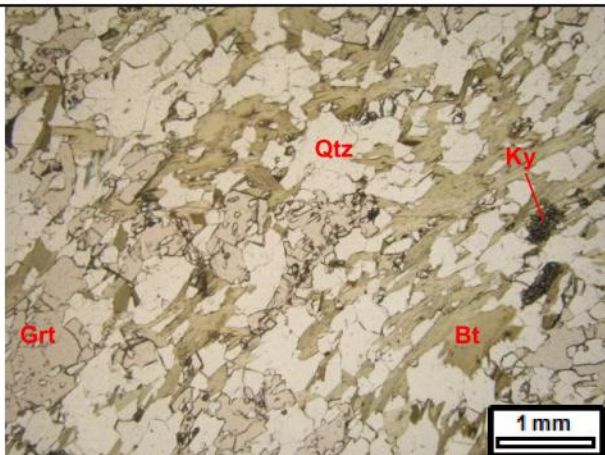
Descrição Microscópica da Lâmina

Rocha com foliação definida pela orientação da biotita e dos cristais poligonais de quartzo. O quartzo ocorre como cristais subédricos em geral com extinção ondulante. Biotita verde possui inclusões de zircão, formando alo pleocróico. Granada ocorre como cristais e blastos, predominantemente poiquiloblásticos, subédricos a anédricos, alongados ou formando agregados, orientados paralelamente a foliação. Granada possui inclusões de quartzo e raramente de turmalina e minerais opacos. Alguns dos blastos de granada estão dispostos sobre a biotita, o que indica que alguma granada formou-se após a biotita. A provável cianita ocorre em geral associada a biotita e apresenta-se localmente maclada e pleocróica, com cor variando de verde claro a bege.

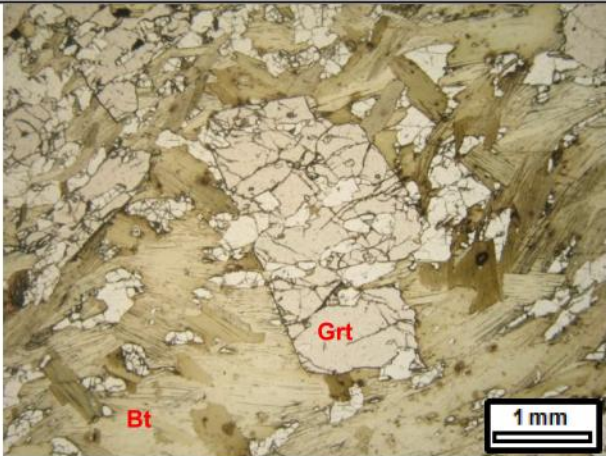
Observa-se na amostra agregados de sericita que possuem contorno poligonal, o que é indicio de que a sericita é produto da substituição de outro mineral. Minerais opacos ocorrem como cristais e blastos, subédricos, orientados segundo a foliação, e representados por magnetita e sulfetos. Magnetita ocorre por vezes com hábito alongado, orientada segundo a foliação da rocha. Os sulfetos ocorrem em geral agregados e são representados por pirita e calcopirita. Apatita aparece como cristais subédricos a euédricos dispersos pela amostra. Biotita castanha e clorita ocorrem associadas a biotita verde. A clorita é produto de alteração da biotita.

Nome da Rocha: Granada-biotita-quartzo xisto com cianita

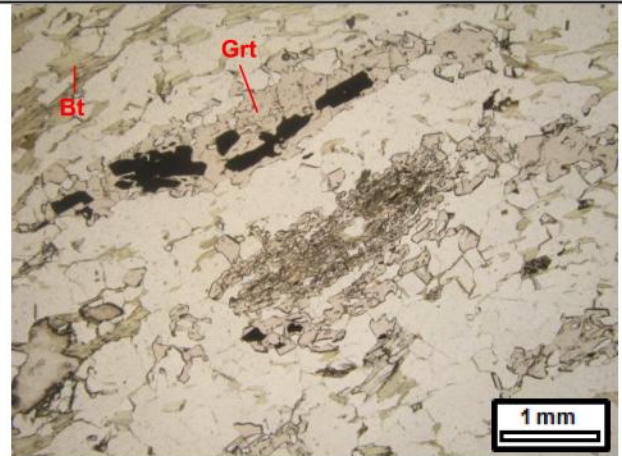
Fotomicrografia



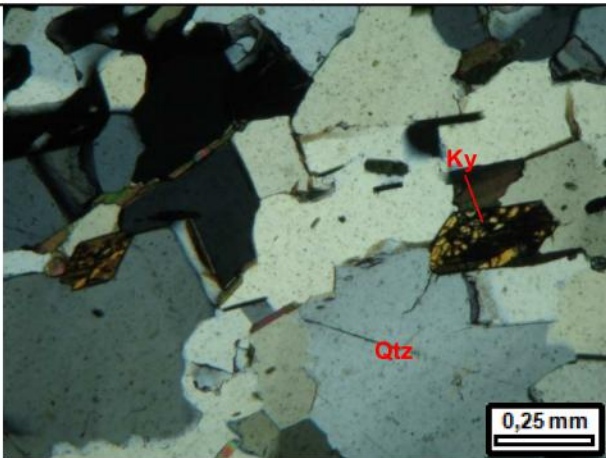
Aspecto textural da rocha, com foliação definida pela orientação da biotita e dos cristais poligonais de quartzo. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



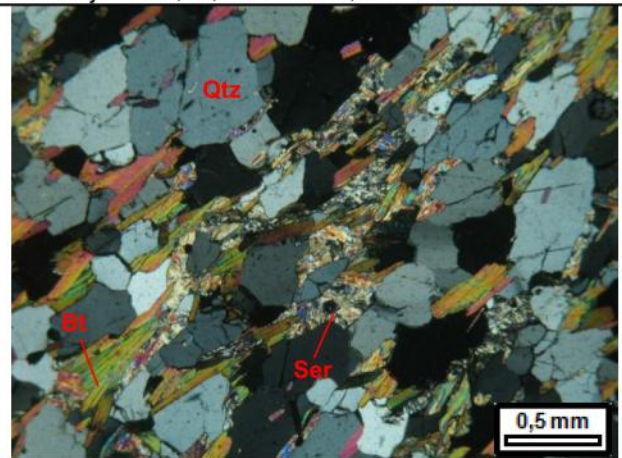
Granada disposta sobre a biotita verde. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmara 4x.



Poiquiloblastos de granada com inclusões de quartzo e minerais opacos. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmara 4x.



Cristais de cianita maclada. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmara 4x.



Agregados de sericita com bordas poligonais. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmara 4x.

Identificação da Lâmina:	FSD-001-P-106,15	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853813,933	UTM-E:	695467,228
Altitude/profundidade:	987,765 m de altitude ; 106,15 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade A		

Descrição Macroscópica

Rocha cor cinza escuro, granulação média, textura granoblástica, foliada, composta por quartzo, granada, matéria carbonosa, estaurolita e biotita. A granada é almandina, subédrica a euédrica e ocorre como blastos de até 0,5 cm de diâmetro.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

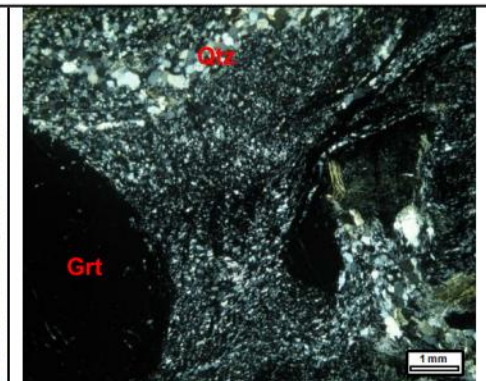
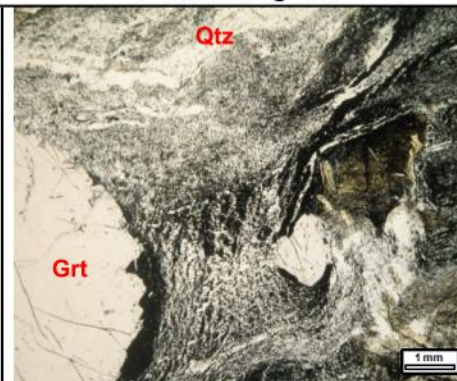
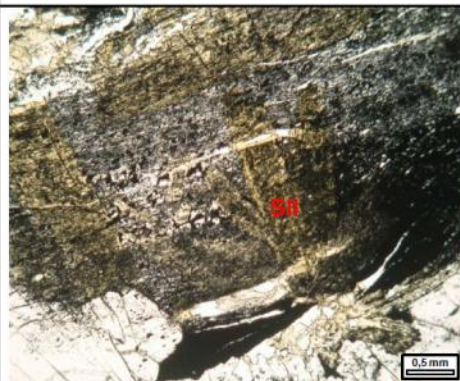
Minerais Essenciais:	quartzo (35%); estaurolita (25%); granada (20%); biotita (5%), matéria carbonosa (7%); grafita (3%); ilmenita (3%)
Minerais Acessórios:	turmalina; titanita; calcopirita; pirrotita; pirita; arsenopirita (total de 1,5%)
Minerais de Alteração:	clorita; sericita; goethita; rutilo (alteração ilmenita); (total de 0,5%)
Padrão textural:	granoblástica
Granulação:	fina a grossa

Descrição Microscópica da Lâmina

A rocha apresenta foliação localmente dobrada. Esta foliação é conferida pela presença de cristais de quartzo poligonais, biotita e minerais opacos, todos de granulação média a fina. Há poiquiloblastos de granada e estaurolita. Os cristais de estaurolita aparecem paralelos e cortando a foliação, o que indica seu caráter sin- a pós- deformação. Alguns destes cristais possuem textura decussada. Este tipo de textura pode se originar por metamorfismo de contato, ou se a estaurolita for pós-tectônica. Os poiquiloblastos de granada ora são truncados ora são contornados pela foliação, o que indica seu caráter sin- a pós-deformacional. Grafita ocorre como agregados finos em meio a matéria carbonosa. Cristais de ilmenita apresentam-se localmente alterados para rutilo. Os sulfetos, representados por calcopirita, pirita, arsenopirita e pirrotita, possuem granulação fina, são subédricos a anédricos, e ocorrem isolados ou associados entre si, disseminados por toda a amostra. Pontuações de titanita ocorrem dispersas pela rocha. Cristais finos de turmalina estão disseminados pela amostra e dispostos paralelamente a foliação. Observa-se clorita e sericita como produto de alteração local de biotita. Existem vênulas de quartzo submilimétricas, sub-paralelas a foliação.


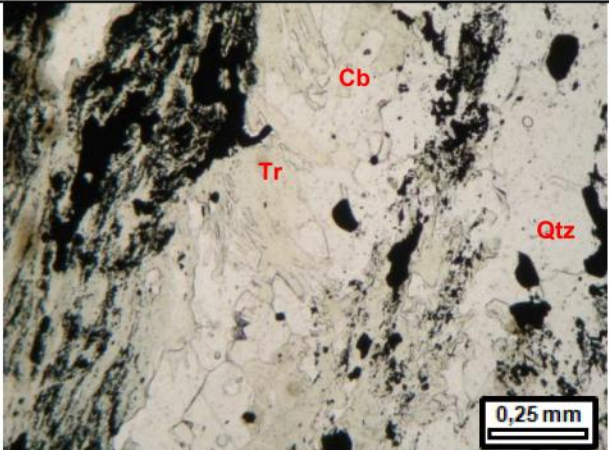
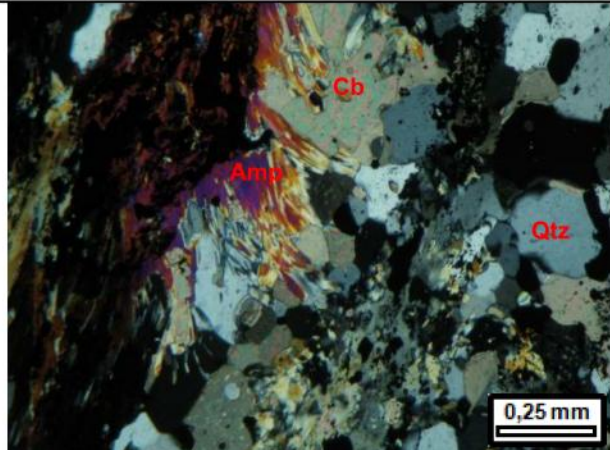
Nome da Rocha: Biotita-granada-estaurolita-quartzo xisto carbonoso

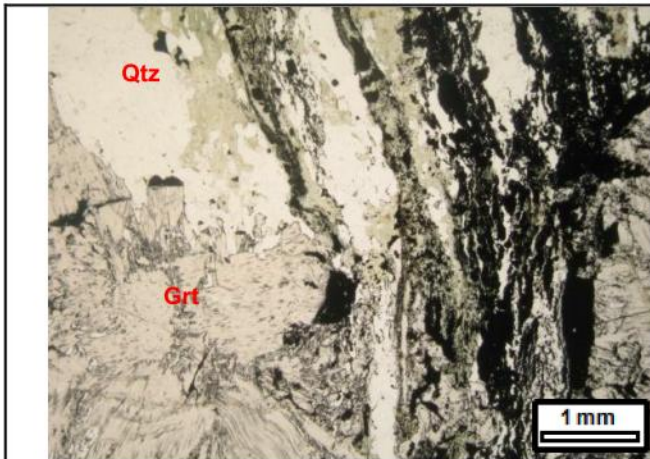
Fotomicrografia



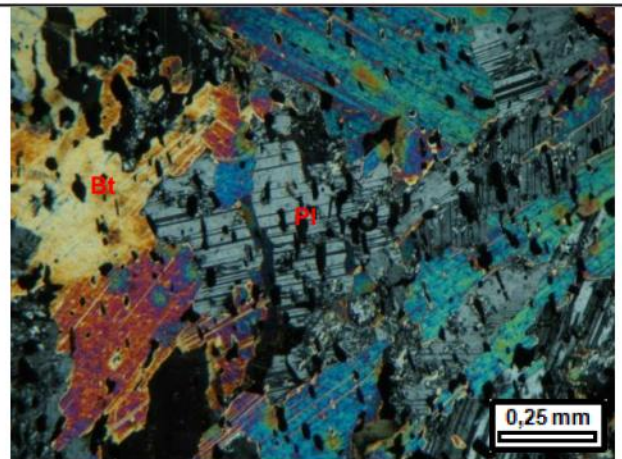
Textura decussada da estaurolita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Aspecto textural da rocha. Luz transmitida, foto da esquerda nicóis paralelos e da direita nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.


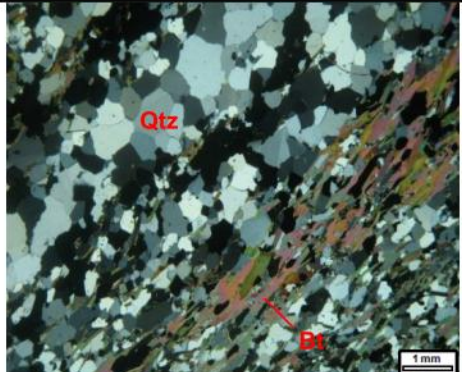

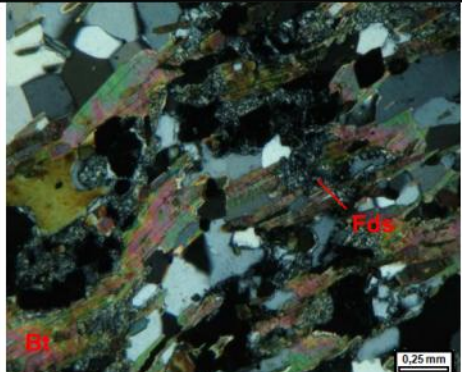
Identificação da Lâmina:	FSD-010-P-133,35	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853539,25	UTM-E:	695151,16
Altitude/profundidade:	967,125 m de altitude; 133,35 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade A		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cinza, foliada, granulação média a fina, textura lepidogranoblástica, composta por quartzo, matéria carbonosa, biotita, granada, sulfeto e carbonato.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (40%); anfibólio (15%); matéria carbonosa (10%); granada (6%); biotita (6%); carbonato (5%); mica branca/sericita (4%); pirrotita (4%); clorita (3%); grafita (3%); plagioclásio (2%)		
Minerais Acessórios:	zircão, apatita, ilmenita, magnetita, calcopirita; piritita (total 1,5%)		
Minerais de Alteração:	argilominerais, rutilo, goethita (total ≤0,5%)		
Padrão textural:	granoblástica e nematoblástica		
Granulação:	fina a grossa, com predomínio de fina		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação sinuosa, conferida principalmente pela orientação de cristais poligonais de quartzo, de anfibólio, biotita, mica branca/sericita e opacos. A matéria carbonosa ocorre entremeada a cristais de grafita, formando faixas paralelas a foliação. Os poiquiloblastos de granada estão deformados, o que indica seu caráter sin-deformacional. Os cristais de plagioclásio estão concentrados numa pequena porção da lâmina, são subédricos, estão alterados (sericitizados), e envoltos por biotita neoformada. O carbonato ocorre associado ao anfibólio, e caso este anfibólio seja tremolita, que indica que a rocha pode ser resultante do metamorfismo de uma rocha carbonática, de acordo com a reação a seguir: dolomita+quartzo→tremolita+calcita. Ilmenita, magnetita e pirrotita, calcopirita e piritita ocorrem como cristais subédricos a anédricos, as vezes poiquiloblásticos, estão disseminados pela rocha, dispostos paralelamente a foliação. Localmente a ilmenita altera-se para rutilo. Zircão ocorre principalmente inserido na biotita. A apatita ocorre dispersa pela amostra. Goethita e clorita aparecem principalmente ao longo dos planos de clivagem dos cristais de tremolita e dos filossilicatos. Existem vênulas submilimétricas de quartzo paralelas a foliação.</p>			
Nome da Rocha:	biotita-granada-anfibólio-quartzo xisto carbonoso com plagioclásio		
Fotomicrografia			
			
<p>Associação tremolita+carbonato. Luz transmitida, foto da esquerda nicóis paralelos e da direita nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			


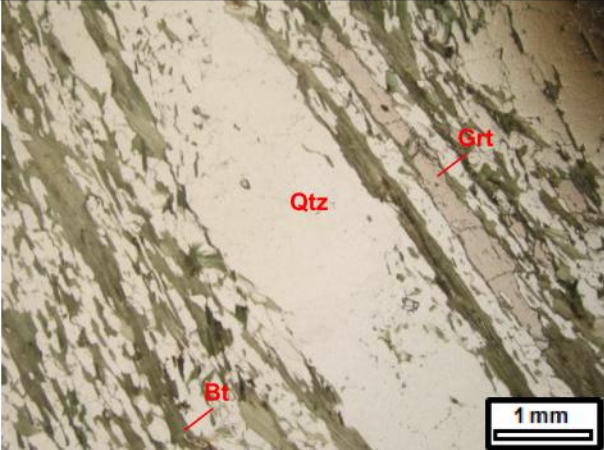
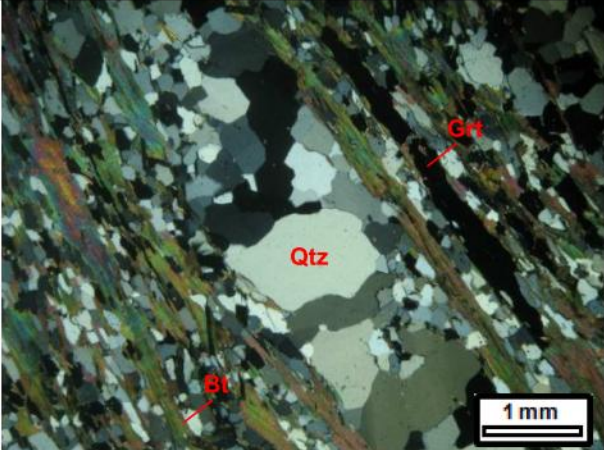


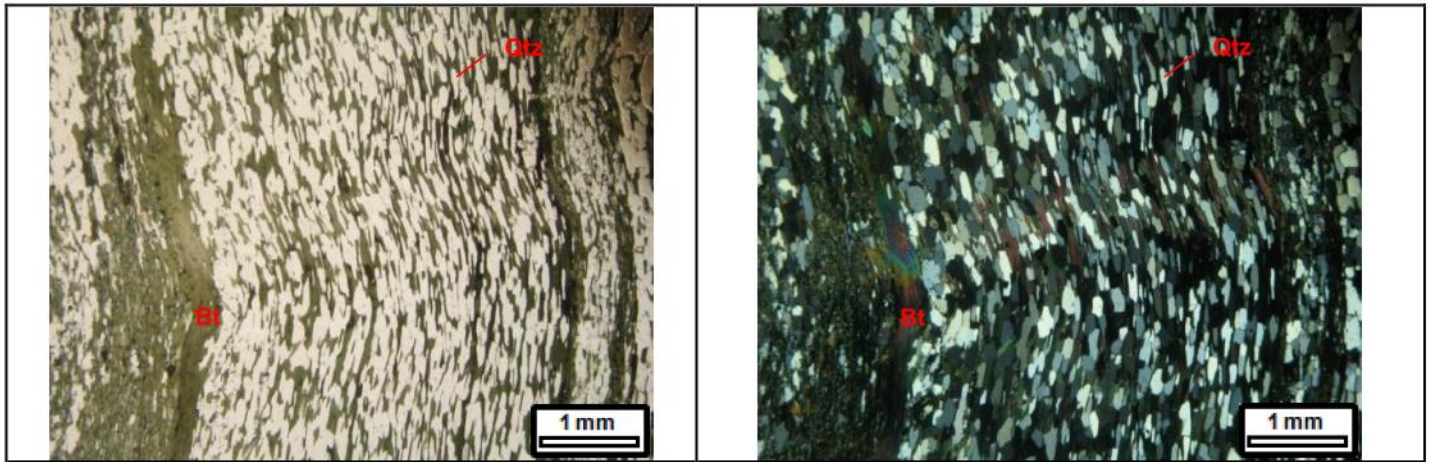
Aspecto textural da rocha. Nota cristal de granada deformada a esquerda. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmara 4x.



Cristais de plagioclásio envolvidos por biotita. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmara 4x.

Identificação da Lâmina:	FSD-014-P-208,25	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852924,18	UTM-E:	694593,44
Altitude/profundidade:	1018,103 m de altitude; 208,25 de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade A		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cinza esverdeado, foliada, granulação média a fina, textura lepidogranoblástica, composta por quartzo, biotita e raro óxido de ferro. Existem diversas vênulas de quartzo que são contornadas pela foliação.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (45%); biotita verde (34%); magnetita (12%); plagioclásio (4%); turmalina (3%)		
Minerais Acessórios:	pirita; hematita; zircão; apatita (total de 1%)		
Minerais de Alteração:	argilominerais; epidoto; clorita; sericita (total de 1%)		
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	fina a localmente média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação sinuosa, marcada principalmente pela orientação da biotita verde e dos grãos poligonais de quartzo com hábito alongado. A biotita possui coloração verde, e altera-se para clorita e sericita. Os minerais opacos (magnetita, pirita, hematita) estão orientados de acordo com a foliação da rocha, são euédricos a subédricos e aparecem em agregados. A turmalina aparece como cristais euédricos disseminados pela rocha e dispostos paralelamente a foliação. Os cristais de epidoto são anédricos, cor verde-rosada claro, e aparentam ser produto de alteração de feldspato (saussuritização). Alguns cristais de feldspato estão também argilizados. Os grãos de feldspatos estão bastante alterados, sendo rara a presença de maclas. Apatita ocorre dispersa pela amostra. Zircão ocorre inserido na biotita, formando um alo pleocróico. Existem vênulas e lentes milimétricas de quartzo dispostas paralelamente a foliação. Nestas os grãos de quartzo apresentam-se recristalizados mas não apresentam hábito alongado.</p>			
Nome da Rocha:	Magnetita-biotita-quartzo xisto com feldspato e turmalina		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto das vênulas/lentes de quartzo paralelas a foliação. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>	<p>Feldspato saussuritizado (1). Luz transmitida, foto da esquerda nicóis paralelos e da direita nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>		

Identificação da Lâmina:	FSD-015-P-217,65	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853042,405	UTM-E:	694748,833
Altitude/profundidade:	1026,186 m de altitude; 217,65 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade A		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cor cinza-esverdeado, granulação fina a média, com predomínio de média, textura lepidogranoblástica. Composta por quartzo, biotita e granada.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (45%); biotita verde (40%); turmalina (9%); granada (4%)		
Minerais Acessórios:	zircão; magnetita; ilmenita; apatita; epidoto; carbonato (total de 1%)		
Minerais de Alteração:	clorita; sericita; argilominerais; goethita; rutilo (total de 1%)		
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	fina a grossa, com predomínio de fina		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>A foliação da rocha apresenta-se localmente crenulada, e é conferida principalmente pela orientação da biotita verde e dos cristais de quartzo poligonais e de hábito alongado. A turmalina apresenta-se concentrada em algumas bandas, e os cristais estão dispostos paralelamente a foliação. Os poiquiloblastos de granada estão estirados segundo a foliação. A biotita altera-se localmente para clorita, sericita e argilominerais. Os minerais opacos (magnetita, ilmenita) ocorrem dispersos pela rocha. A ilmenita está localmente alterada para rutilo. Zircão ocorre principalmente inserido na biotita. Apatita e epidoto ocorrem dispersos pela amostra. Existem vênulas e lentes submilimétricas a milimétricas formadas por quartzo de grão em geral médio dispostas paralelamente a foliação. Em algumas destas vênulas há discretos cristais de carbonato entre os grãos de quartzo.</p>			
Nome da Rocha:	Turmalina-biotita-quartzo xisto com granada		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha. Detalhe na vênula/lente de quartzo e na granada estirada. Luz transmitida, nicóis paralelos a esquerda e cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			

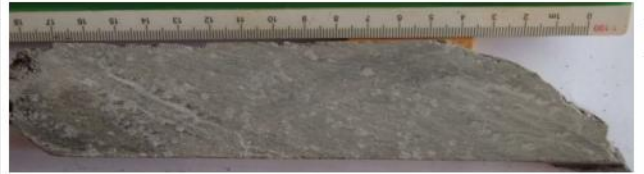


Aspecto geral da foliação da rocha, localmente levemente crenulada. Luz transmitida, nicóis paralelos a esquerda e cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-010-501	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853539,25	UTM-E: 695151,16	
Altitude/profundidade:	967,125 m de altitude; 169,77 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade A		

Descrição Macroscópica

Rocha cor cinza-esverdeado escuro, granulação média, textura granoblástica, com foliação sinuosa, composta por quartzo, biotita, granada e sulfetos. Alguns cristais de granada possuem cor rosada, e outros azulada, são subédrica a euédrica e ocorrem como blastos de até 0,3 cm de diâmetro.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

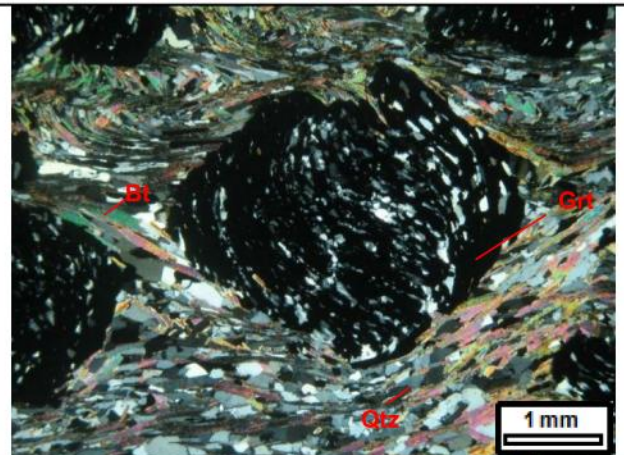
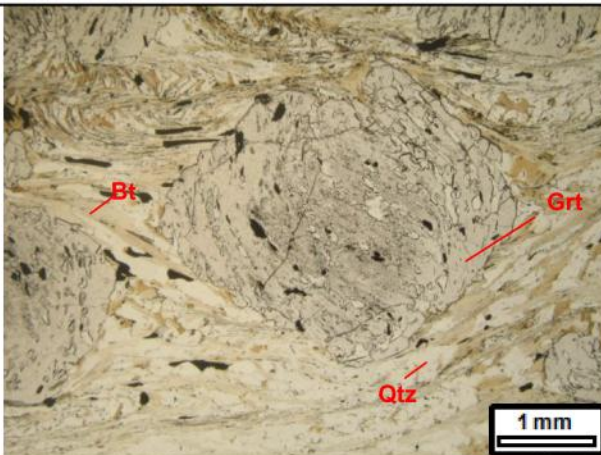
Minerais Essenciais:	quartzo (50%); biotita (20%); granada (20%); plagioclásio (4%); grafita (1%)
Minerais Acessórios:	turmalina; estauroлита; apatita; zircão; epidoto; pirrotita; calcopirita; pirita; esfalerita (total de 4%)
Minerais de Alteração:	clorita; goethita (total de 1%)
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica
Granulação:	fina a localmente média

Descrição Microscópica da Lâmina

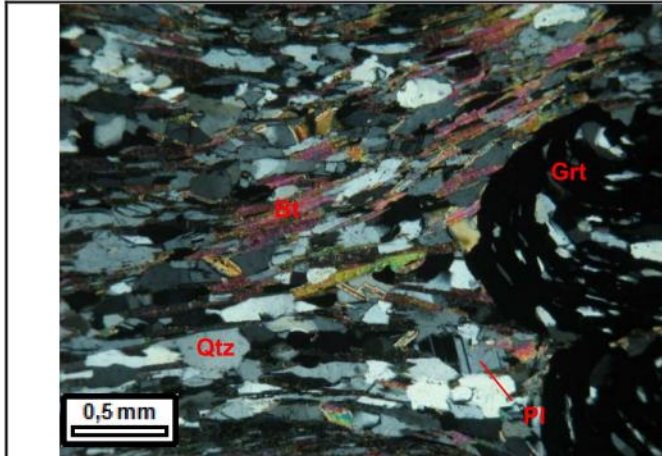
A rocha possui foliação crenulada conferida pela orientação de cristais de feldspato poligonais e biotita, esta em geral dispostos como faixas ao longo da amostra. Destaca-se a presença de poiquiloblastos de granada, com diversas inclusões de minerais opacos e quartzo, subédricos. A foliação da rocha ora trunca ora contorna a granada. Vale ressaltar que as inclusões da granada apresentam-se deformadas. O plagioclásio ocorre como cristais anédricos a subédricos, maclados ou não. Os cristais não maclados são distinguidos através do zonamento composicional. Biotita possui cor castanha a bege e altera-se localmente para clorita. Turmalina verde, epidoto e apatita ocorrem dispersos pela amostra, estando os dois primeiros orientados segundo a foliação da rocha. Estauroлита ocorre como blastos dispersos pela amostra. Zircão ocorre associado a biotita. Os minerais opacos apresentam-se em geral orientados segundo a foliação, são anédricos a subédricos, e ocorrem dispersos pela amostra, nos planos de clivagem dos filossilicatos, ou inclusos na granada. Estes opacos são representados principalmente por sulfetos, dentre os quais foram identificados pirrotita, calcopirita, pirita e esfalerita, e grafita. Grafita aparece preferencialmente no plano de clivagem dos filossilicatos. Rara goethita ocorre no plano de clivagem dos filossilicatos.

Nome da Rocha: Granada-biotita-quartzo xisto com plagioclásio

Fotomicrografia



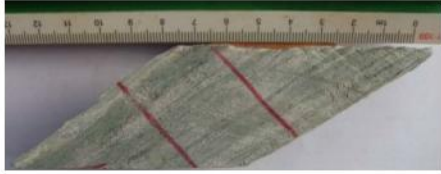
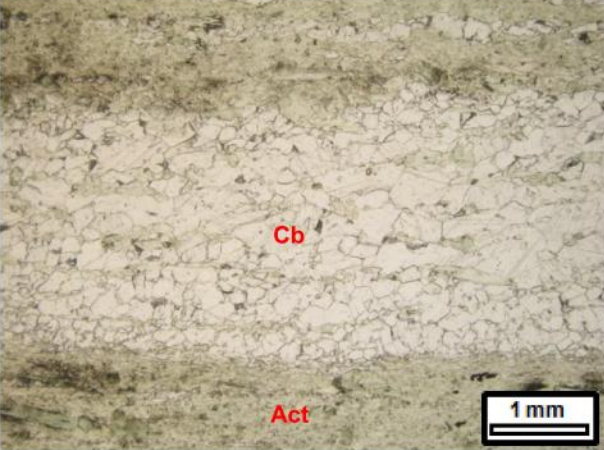
Aspecto textural da rocha, notar foliação crenulada e poiquiloblastos de granada. Luz transmitida, nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

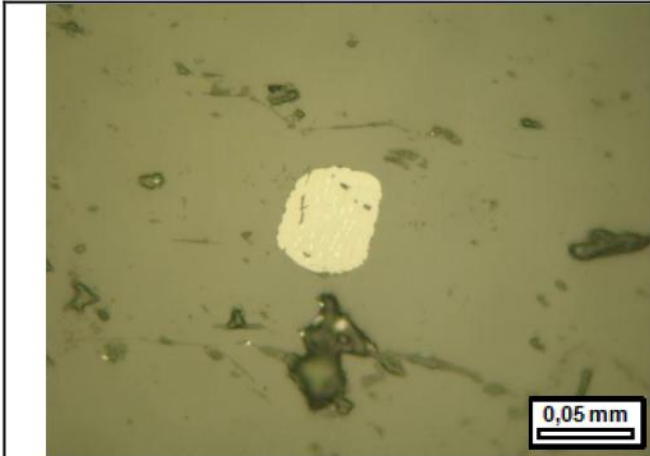


Detalhe da foliação da rocha contornando poiquiloblasto de granada. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Zircão inserido na biotita. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-005-502	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853707,77	UTM-E:	695341,47
Altitude/profundidade:	968,6 m de altitude; 127,37 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade A		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cor cinza-esverdeado, granulação fina a média, com predomínio de média, textura granonematoblástica. Composta por quartzo, anfibólio, biotita e óxidos de ferro.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	carbonato (50%); actinolita (45%); ilmenita (2%)		
Minerais Acessórios:	pirrotita; calcopirita; magnetita; pirita; arsenopirita; clorita; hematita (total de 2%)		
Minerais de Alteração:	goethita; biotita; epidoto; (1%)		
Padrão textural:	granoblástica e nematoblástica		
Granulação:	fina a média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com bandamento definido pela alternância de bandas de anfibólio com bandas de carbonato. Eventualmente ocorre algum carbonato nas bandas de anfibólio. Os cristais de anfibólio estão orientados paralelamente a este bandamento. Localmente observa-se que os cristais de carbonato estão orientados obliquamente a direção do bandamento. Os minerais opacos estão associados principalmente as bandas de anfibólio, estão dispostos segundo a foliação, variam de anédricos a subédricos, e são representados por sulfetos (pirita, calcopirita, pirrotita e arsenopirita) e óxidos (magnetita, ilmenita com ex-solução de hematita). A ilmenita apresenta incipiente alteração para rutilo. Goethita ocorre nos espaços intergranulares e paralelamente ao plano de clivagem dos anfibólios. Epidoto e biotita ocorrem associados ao anfibólio, o que indica que eles podem ser produto de alteração incipiente do anfibólio.</p>			
Nome da Rocha:	Anfibólio-carbonato xisto		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha, presença de bandas de carbonato alternadas com bandas de anfibólio, e estrutura S-C. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			

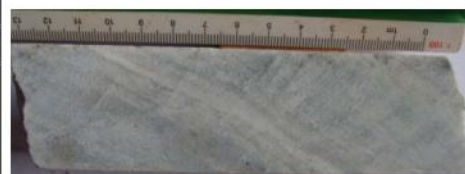


Ilmenita com restos de hematita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-005-503	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853707,77	UTM-E:	695341,47
Altitude/profundidade:	968,6 m de altitude; 164,95 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade A		

Descrição Macroscópica

Rocha branca levemente acinzentada, granulação fina a média, com bandamento milimétrico incipiente, composta de quartzo, carbonato e mineral verde claro de granulação fina, que pode ser anfibólio ou clorita.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

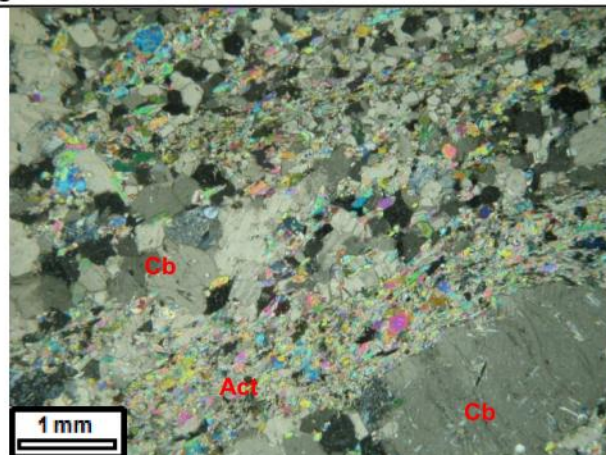
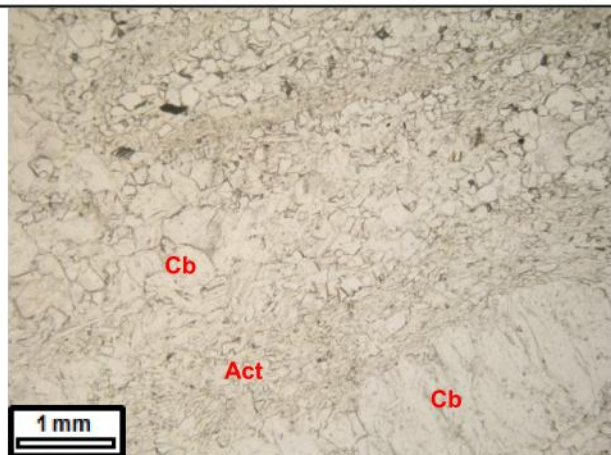
Minerais Essenciais:	carbonato (60%); anfibólio incolor (39%)
Minerais Acessórios:	pirita; calcopirita; arsenopirita; pirrotita; titanita (total de 1%)
Minerais de Alteração:	
Padrão textural:	fina a média, com predomínio de média
Granulação:	granoblástica e nematoblástica

Descrição Microscópica da Lâmina


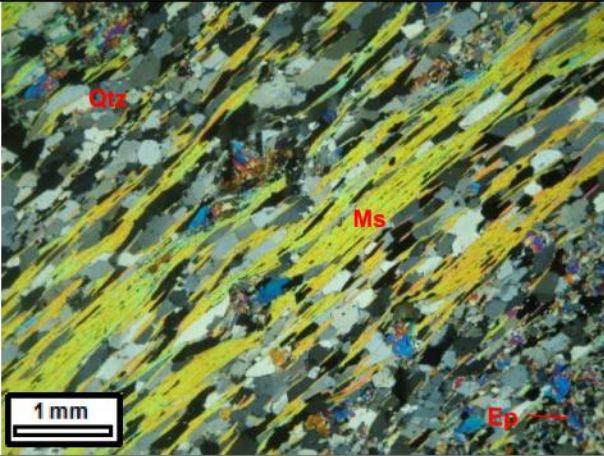
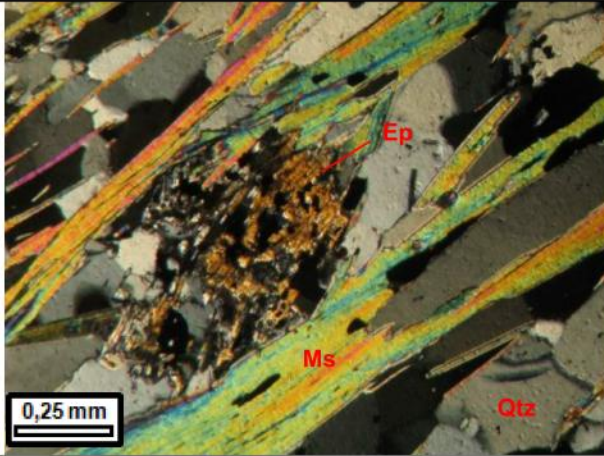
Rocha apresenta alternância de bandas de carbonato com bandas de anfibólio. A foliação da rocha é paralela ao bandamento e é definida pela orientação dos cristais de carbonato e anfibólio. O anfibólio é incolor e sua seção longitudinal possui extinção oblíqua, o que indica que ele pode ser da série da tremolita-actinolita. Pontualmente há anfibólio verde muito claro cuja seção longitudinal apresenta extinção paralela. O anfibólio possui granulação fina a média, já o carbonato possui granulação média, com até 2,5 mm de diâmetro. Os minerais opacos ocorrem dispersos pela amostra e são representados por sulfetos (pirita, calcopirita, arsenopirita e pirrotita) que ocorrem tanto isolados quanto associados.

Nome da Rocha: Anfibólio-carbonato xisto


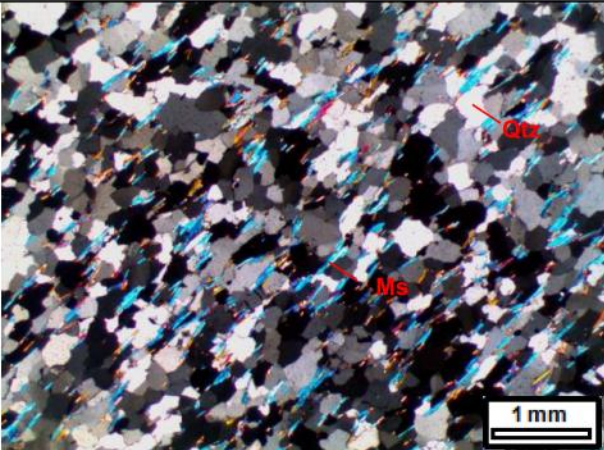
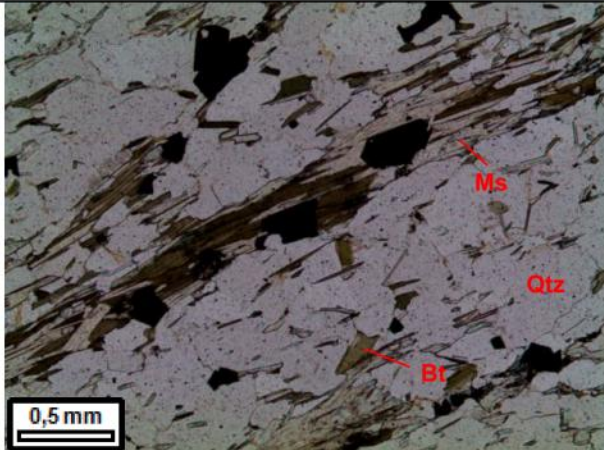
Fotomicrografia

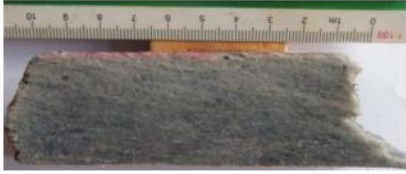
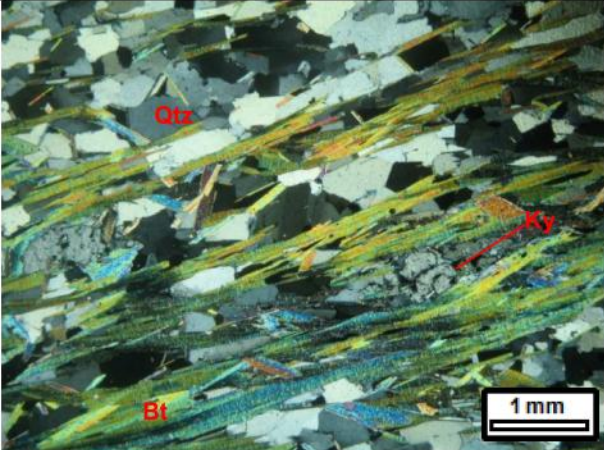
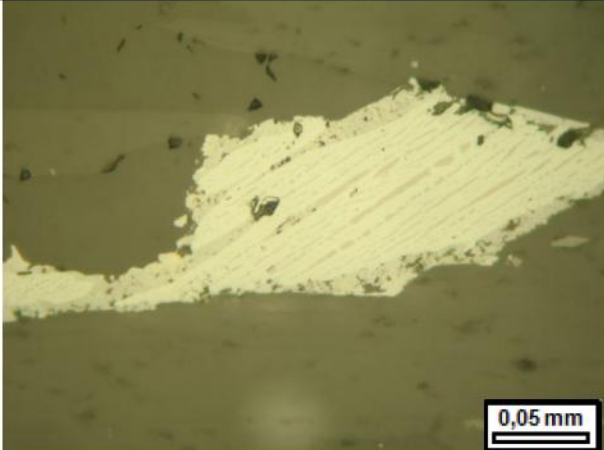


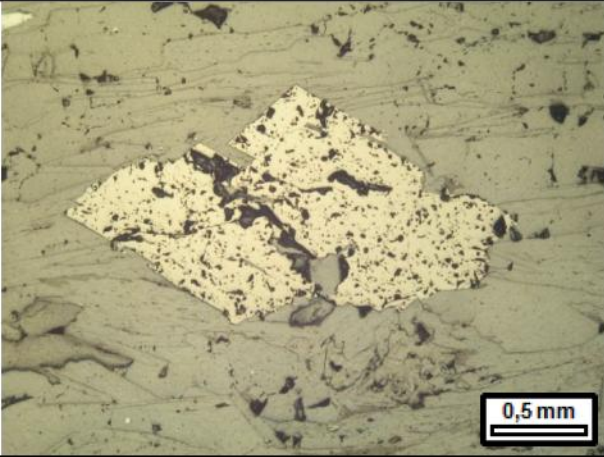
Aspecto textural da rocha. Notar a diferença de granulação entre os cristais de carbonato. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	FSD-003-P-19,65	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853920,37	UTM-E:	695644,78
Altitude/profundidade:	1006,53 m de altitude e 19,65 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade B		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cor bege claro, granulação média a fina, predominantemente fina, textura lepidogranoblástica, composta por quartzo e mucovita, raros óxidos de ferro. Possui alguns blastos de quartzo de até 2 mm de diâmetro dispersos pela rocha.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (45%); mica branca/sericita (35%); epidoto (12%); hematita lamelar (4%); hematita granular (2%)		
Minerais Acessórios:	titanita, magnetita, ilmenita (total 1%)		
Minerais de Alteração:	goethita, rutilo (total 1%)		
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	fina a localmente média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação conferida pela orientação da mica branca e pelos cristais de quartzo poligonais, recristalizados de hábito alongado. Os grãos de quartzo estão recristalizados formando subgrãos. Alguns grãos de quartzo possuem granulação um pouco mais grossa que os demais. O epidoto aparece como agregados em meio às porções da rocha mais rica em quartzo, dispostos segundo a foliação. Em algumas porções a mica contorna os cristais de epidoto. Os cristais de cianita estão estirados paralelos a foliação e ocorrem como agregados dispersos pela amostra. Minerais opacos estão orientados paralelamente a foliação, são subédricos a anédricos, ocasionalmente poiquiloblásticos, representados principalmente por hematita lamelar e granular, e em menor quantidade por magnetita e ilmenita. Alguns cristais de hematita apresentam restos de magnetita. Goethita aparece principalmente ao longo dos planos de clivagem dos filossilicatos, e associado à hematita. Titanita ocorre dispersa pela amostra. Há vênulas submilimétricas a milimétricas de quartzo sub-paralelas a foliação.</p>			
Nome da Rocha:	Epidoto-mica-quartzo xisto com cianita		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha. Notar os agregados de cristais de epidoto dispostos segundo a foliação, com a mica localmente contornando este mineral. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>		<p>Detalhe no agregado de cristais de epidoto. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>	

Identificação da Lâmina:	FSD-008-P-96,25	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852888,77	UTM-E:	695662,92
Altitude/profundidade:	808,26 m de altitude; 96,25 de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade B		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cor bege claro, granulação média a fina, predominantemente fina, textura lepidogranoblástica, composta por quartzo, mica branca e rara turmalina.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (50%); mica branca/sericita (43%); epidoto (3%); carbonato (2%)		
Minerais Acessórios:	titanita; apatita; turmalina; clinzoisita (total 1%)		
Minerais de Alteração:	argilominerais; biotita; clorita; goethita (total 1%)		
Padrão textural:	lepidoblástica e granoblástica		
Granulação:	fina a média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação marcada pela orientação da mica branca/sericita e pelos agregados de grãos de quartzo poligonais e de hábito alongado. Cristais de epidoto e carbonato possuem hábito alongado, e estão orientados paralelamente a foliação. Cristais residuais de biotita castanha e clorita associam-se a mica branca. Goethita e argilominerais aparecem principalmente nos planos de clivagem dos filossilicatos. Titanita, apatita, turmalina e clinzoisita ocorrem dispersos pela amostra. Existem vênulas de quartzo milimétricas a submilimétricas dispostas subparalelamente a foliação.</p>			
Nome da Rocha:	Mica-quartzo xisto		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>	<p>Agregado de cristais de epidoto. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>		

Identificação da Lâmina:	FSD-007-115,15	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852789,52	UTM-E:	695227
Altitude/profundidade:	823,522 m de altitude; 115,15 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade B		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha de cor cinza a bege, granulação fina, foliada, textura lepidoblástica, composta por quartzo, mica branca, biotita, magnetita.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (67%); mica branca (12%); biotita verde (8%); magnetita (8%); hematita em martita (2%)		
Minerais Acessórios:	epidoto; ilmenita; hematita granular; apatita, turmalina e zircão (total de 1,5%)		
Minerais de Alteração:	goethita; cloria (total de 1,5%)		
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	fina a localmente média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação conferida pela orientação de agregados poligonais de quartzo, e orientação dos cristais de biotita e mica branca. Os minerais opacos estão orientados paralelamente a foliação, e ocorrem como cristais euédricos a subédricos, localmente poiquiloblásticos, disseminados pela amostra. As bordas de alguns cristais de magnetita estão oxidadas, transformadas em hematita. Ocasionalmente a magnetita associa-se aos cristais de ilmenita preservados ou incipientemente alterados para rutilo. Goethita e clorita aparecem nos planos de clivagem e nas bordas da mica branca e biotita.</p>			
Nome da Rocha:	Quartzito micáceo com magnetita		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha. Detalhe da foliação conferida pela orientação de cristais de quartzo associados aos cristais intergranulares de filossilicatos. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva de 2,5x, ocular de 10x.</p>		<p>Aspecto textural da rocha. Detalhe da foliação conferida pela orientação dos granoblastos de quartzo associados aos cordões e cristais intergranulares de sericita e biotita residual. Notar cristais disseminados de magnetita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva de 5x, ocular de 10x.</p>	

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-006-503	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7854383,84	UTM-E:	696589,9
Altitude/profundidade:	1078,107 m de altitude; 187,25 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade B		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha branca acinzentada, granulação fina a média, textura lepidogranoblástica, composta por quartzo, mica branca/sericita e magnetita, esta última presente com blastos de até 2 mm de diâmetro.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (50%); mica branca/sericita (38%); cianita (3%); hematita (3%); magnetita (2%); ilmenita (1%)		
Minerais Acessórios:	biotita; clorita; epidoto; titanita; apatita; zircão (total de 2%)		
Minerais de Alteração:	rutilo; goethita (total de 1%)		
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	fina a localmente média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação definida pela orientação de cristais poligonais de quartzo, e cristais orientados de mica branca/sericita. Os cristais de mica branca/sericita ocorrem associados, formando faixas de mica ao longo da amostra, e também ocorrem nos espaços entre os grãos de quartzo. Os cristais de quartzo possuem contato reto e côncavo-convexo, e em geral apresentam extinção ondulante. A cianita ocorre associada aos filossilicatos, e ocorre como blastos orientados segundo a foliação. Clorita e biotita castanha ocorrem associadas a mica branca. Cristais subédricos e euédricos de apatita, titanita e epidoto ocorrem dispersos pela amostra. Os minerais opacos (hematita, magnetita e ilmenita) estão dispostos segundo a foliação, de forma que alguns, principalmente hematita associada a ilmenita, estão inseridos nos cristais de mica, ao longo do plano de clivagem destes. Os outros opacos ocorrem disseminados pela amostra. São representados por cristais euédricos a subédricos a subédricos, estando alguns cristais de magnetita sob a forma de blastos. Observa-se que a maioria dos cristais de epidoto e titanita associam-se aos minerais opacos. Os cristais de hematita comumente contêm ex-solução de ilmenita, estando esta ocasionalmente alterada para rutilo. Goethita muito fina ocorre ao longo do plano de clivagem dos filossilicatos.</p>			
Nome da Rocha:	Mica-quartzo xisto com cianita		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha, definida pela orientação de cristais de quartzo e mica. Notar que a cianita está disposta paralela a foliação. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>	<p>Hematita com ex-solução de ilmenita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>		



Blasto de magnetita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-132	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853516	UTM-E:	697206
Altitude/profundidade:	801 m		
Unidade Estratigráfica:	Unidade B		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cor bege amarelado, granulação média a fina, textura lepidogranoblástica, composta por quartzo e mica branca.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (52%); mica branca (47%)		
Minerais Acessórios:	minerais opacos; epidoto (total ≤1%)		
Minerais de Alteração:			
Padrão textural:	lepidoblástica e granoblástica		
Granulação:	fina a média (média de ~0,4 mm, com raros cristais de até 2 mm)		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação sinuosa conferida pela orientação da mica branca e de cristais recristalizados de quartzo. Os grãos de quartzo possuem grande parte das vezes extinção ondulante, estão orientados segundo a foliação, e o contato entre os grãos varia de reto a côncavo/convexo. A rocha possui uma vênula de quartzo de 4,5 mm de comprimento e 2 mm de largura, que parece possuir cinemática sinistral. Nesta vênula o quartzo possui contatos côncavo/convexo e extinção fortemente ondulante. A maioria dos cristais de mica estão orientados segundo a foliação, porém existem diversos cristais desordenados. Rarríssimos cristais subédricos de epidoto ocorrem dispersos pela amostra, paralelos a foliação. Cristais subédricos de minerais opacos ocorrem dispersos pela amostra, dispostos paralelos a foliação.</p>			
Nome da Rocha:	mica-quartzo xisto		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha, com foliação conferida pela orientação da mica branca e cristais recristalizados de quartzo. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2, 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>		<p>Vênula de quartzo, com grãos apresentando contato côncavo/convexo e extinção ondulante. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>	

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-113	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo	<input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7857560	UTM-E:	700088	
Altitude/profundidade:	598 m			
Unidade Estratigráfica:	Unidade B			

Descrição Macroscópica

Rocha cor cinza claro, granulação média a fina, textura granolepidoblástica, composta por quartzo, cianita, mica branca e rara magnetita e hematita.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

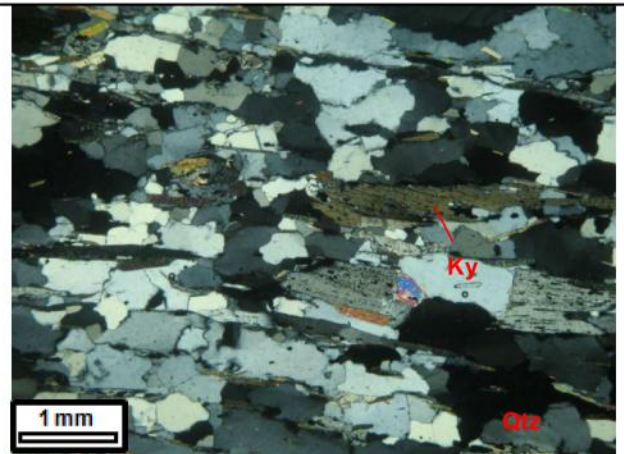
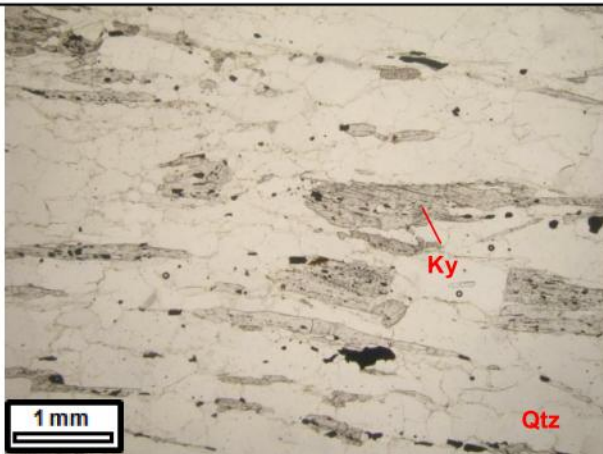
Minerais Essenciais:	quartzo (45%); cianita (30%); mica branca (20%); minerais opacos (3%)
Minerais Acessórios:	
Minerais de Alteração:	goethita ($\leq 1\%$)
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica
Granulação:	fina a média (média de $\sim 0,5$ mm, comprimento de até 4 mm)

Descrição Microscópica da Lâmina

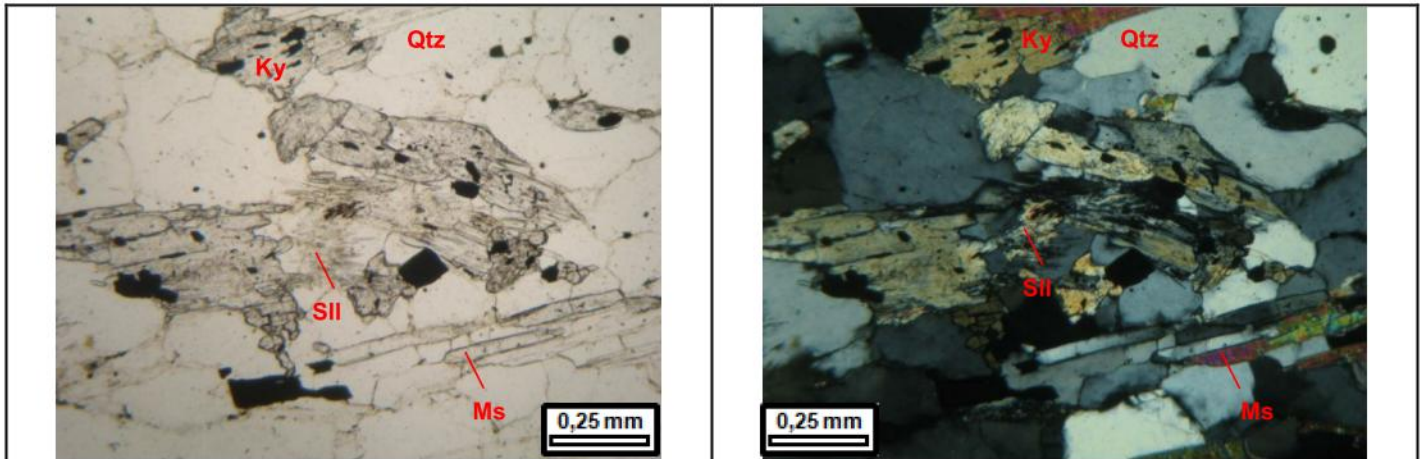
Rocha com foliação definida pela orientação cristais recristalizados de quartzo, cianita e mica branca. Quartzo possui hábito subédrico, predominantemente extinção ondulante, e contato entre os grãos varia de reto a côncavo/convexo. Cianita ocorre como cristais de hábito alongado, de até 4 mm de comprimento, e constantemente repleto de inclusões de minerais opacos, estes orientados também paralelamente a foliação. Os minerais opacos são subédricos, orientados segundo a foliação, e presente como inclusões na cianita e também dispersos pela amostra.

Nome da Rocha: mica-cianita-quartzo xisto


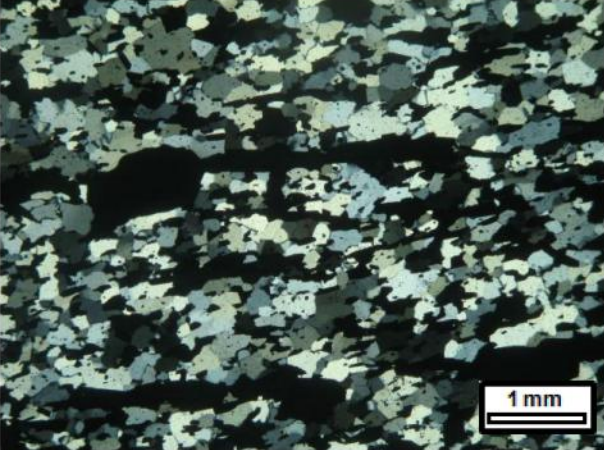
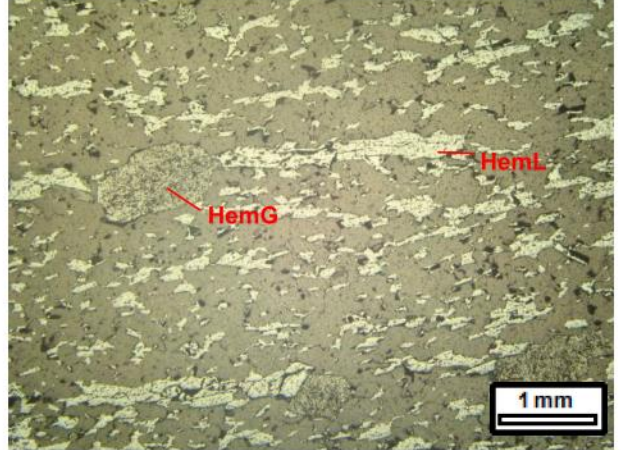
Fotomicrografia

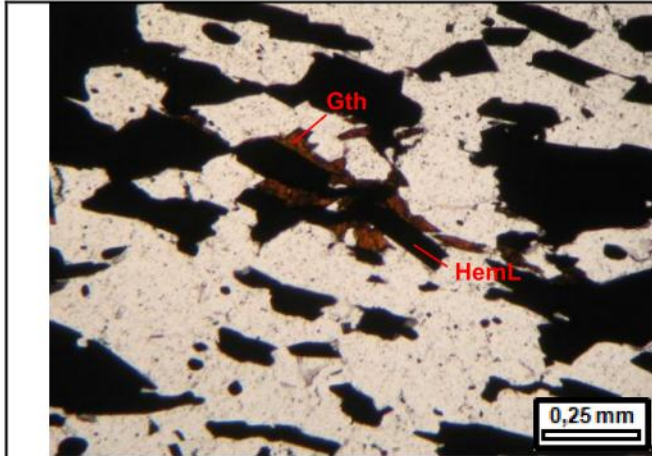


Aspecto textural da rocha, com foliação definida pela orientação da cianita, quartzo e mica. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

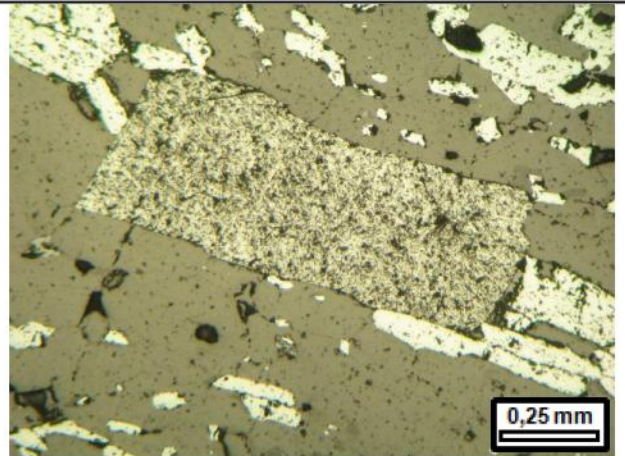


Detalhe na presença de fibrolita associada a cianita. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.


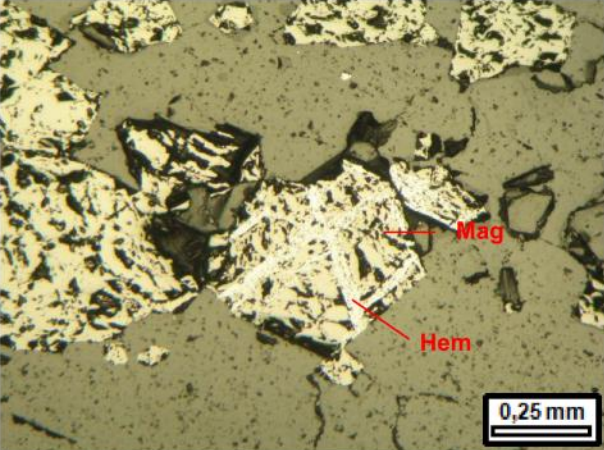
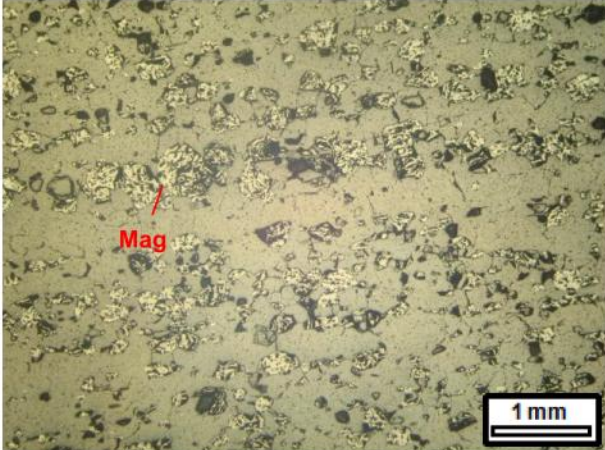
Identificação da Lâmina:	FSD-001-23,05	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N:	7853813,933	UTM-E: 695467,228
Altitude/profundidade:	987,765 m de altitude; 23,05 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo e hematita. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. A proporção de especularita e hematita granular são próximas. O bandamento possui espessura ≤ 1 mm e é difuso.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (48%); hematita lamelar (25%); hematita granular (20%); hematita lobular (5%)		
Minerais Acessórios:	hematita em martita; magnetita; rutilo (total de 1%)		
Minerais de Alteração:	goethita; sericita (total de 1%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina a média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação paralela ao bandamento. A foliação é definida pela presença de grãos poligonais de quartzo e cristais orientados de hematita. O bandamento da rocha é difuso, com bandas de quartzo com um pouco de hematita e bandas de hematita descontínuas. Os grãos de quartzo possuem inclusões de magnetita e hematita, fina. Dentre os cristais de hematita, predomina a morfologia lamelar, seguida pela granular e lobular. Localmente observa-se restos de magnetita dentro da hematita, principalmente a de morfologia granular, o que indica que está é produto da oxidação de cristais de magnetita. A granulação da hematita granular e lobular é em geral um pouco maior que a da hematita lamelar. A goethita está presente principalmente nas bordas dos cristais de hematita, mas ocorre também como uma película delgada entre os grãos de quartzo. Localmente há sericita associada a goethita. Raríssimos cristais de rutilo ocorrem dispersos pela amostra. A rocha é cortada por vênulas submilimétrica essencialmente de quartzo, disposta paralelamente a foliação.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico lamelar e granular		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha, com destaque para os cristais de hematita granular, que representam processo final de oxidação da magnetita. Luz transmitida e nicóis cruzados a esquerda, luz refletida e nicóis paralelos à direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			




Detalhe na presença de goethita nas bordas da hematita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.



Cristal de hematita granular, com restos da rede triangular da hematita em martita, de morfologia alongada. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.

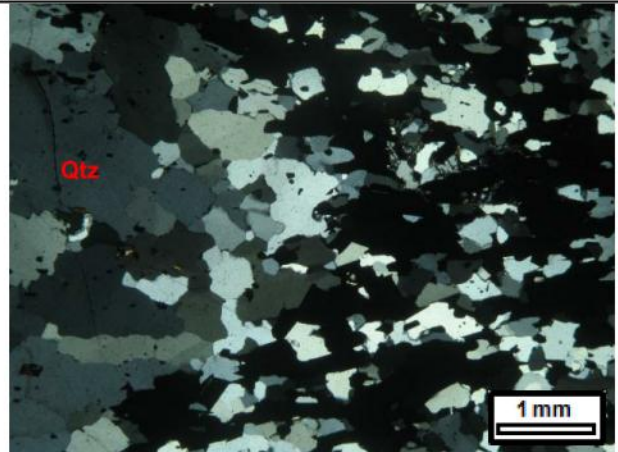
Identificação da Lâmina:	FSD-001-75,75	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853813,933	UTM-E:	695467,228
Altitude/profundidade:	987,765 m de altitude; 75,75 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo e magnetita. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento possui espessura entre 1 mm a 4 mm e é difuso.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (64%); magnetita (33%); apatita (1%)		
Minerais Acessórios:	hematita em martita; hematita lamelar; hematita granular; calcopirita (total de 1,5%)		
Minerais de Alteração:	goethita; argilominerais (total de $\leq 0,5\%$)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina a média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>A rocha possui foliação paralela ao bandamento, sendo este bastante difuso. A foliação/bandamento é definida principalmente pela orientação de grãos de quartzo poligonais, e por cordões de magnetita. Os cristais de magnetita são subédricos a euédricos, localmente porfiroblásticos. Em raros cristais de magnetita observa-se o crescimento de hematita (hematita em martita). Cristais de hematita lamelar e granular ocorrem associados a magnetita, ou como inclusões finas dentro de grãos de quartzo. Calcopirita ocorre como cristais subédricos, em geral associada a magnetita. Apatita ocorre dispersa pela amostra e raramente associada a magnetita. Existem vênulas milimétricas de quartzo, com granulação média, dispostos paralelamente a foliação.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito magnetítico		
Fotomicrografia			
			
<p>Detalhe para o crescimento de hematita no cristal de magnetita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.</p>		<p>Aspecto geral da rocha, Notar os diversos blastos de magnetita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.</p>	

Identificação da Lâmina:	FSD-006-116,45	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7854383,84	UTM-E:	696589,9
Altitude/profundidade:	1078,107 m de altitude; 116,45 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita (predominantemente especularítica). Rocha apresenta-se foliada e bandada, textura granoblástica. O bandamento possui espessura variando entre <1 mm a 3 mm, é extremamente difuso e está intensamente dobrado (dobras fechadas), com desenvolvimento de foliação plano axial.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (60%); hematita lamelar (22%); hematita granular (14%); hematita lobular (1%)		
Minerais Acessórios:	hematita em martita; magnetita; clorita; sericita (total de 1%)		
Minerais de Alteração:	argilominerais; goethita (total de 2%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>A amostra possui bandamento difuso e dobrado. Esta dobra fechada gerou foliação plano-axial que se manifesta por toda a amostra. A foliação da rocha, portanto não é paralela ao bandamento, e sim paralela a foliação plano axial da dobra. A foliação é definida principalmente pela orientação de cristais de hematita lamelar, e por grãos de quartzo poligonais. Na zona de charneira da dobra observa-se que os cristais de quartzo são um pouco maiores que no restante da rocha, são anédricos, e possuem contato serrilhado. No restante da amostra o quartzo é subédrico a anédrico, com contato plano e côncavo-convexo, recristalizados, com hábito em geral alongado. A morfologia predominante da hematita é a lamelar seguida pela granular. Próximo a zona axial da dobra há alguns cristais de hematita lamelar que estão levemente curvados. Alguns cristais de hematita possuem inclusões de quartzo e vice-versa. Os cristais de hematita lobular possuem "fantasmas" de rede triangular da hematita em martita. A magnetita ocorre como cristais residuais na hematita, e raramente como cristais preservados. Goethita, clorita, argilominerais e sericita ocorrem associados a hematita ou preenchendo fraturas distribuídas aleatoriamente pela rocha. A clorita é na maioria das vezes magnesianas. A relação de contato da clorita com a hematita dá a impressão de que uma se formou as custas da outra. Há vênulas milimétricas a submilimétricas de quartzo, paralelas ao bandamento, cujos grãos não apresentam hábito alongado e possuem contato serrilhado.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico lamelar e granular		

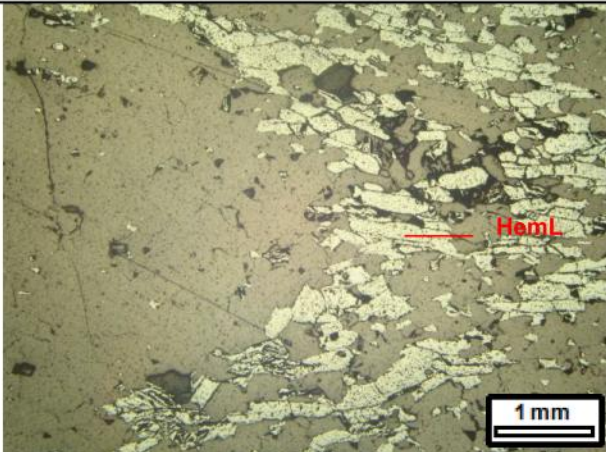
Fotomicrografia



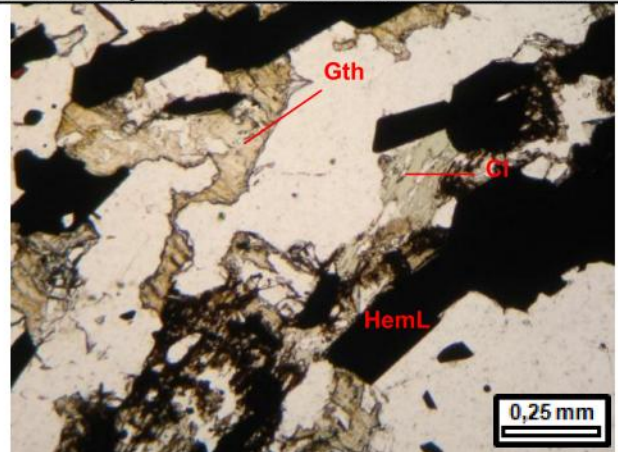
Visão geral da lâmina onde nota-se a presença de dobra fechada.



Detalhe nos cristais de quartzo da charneira da dobra, com contato serrilhado. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.



Detalhe da foliação plano-axial na charneira da dobra. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.



Cristais de goethita e clorita associados as bordas dos grãos de hematita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	FSD-007-65,70	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852789,52	UTM-E:	695227
Altitude/profundidade:	823,522 m de altitude; 65,70 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		

Descrição Macroscópica

Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo e hematita. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento possui espessura entre <1 mm a 1 cm e é difuso. Presença de vênulas de quartzo paralelas ao bandamento.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

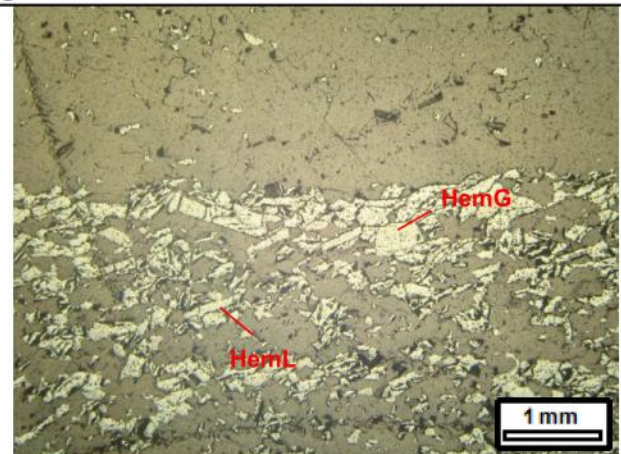
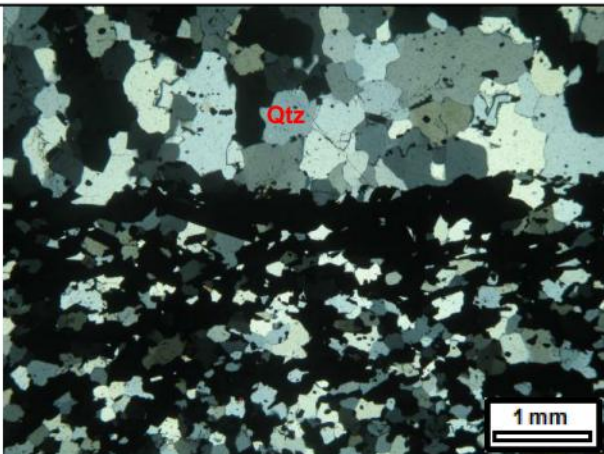
Minerais Essenciais:	quartzo (55%); hematita granular (25%); hematita lamelar (15%); hematita em martita (4%)
Minerais Acessórios:	hematita lobular; sericita; clorita ($\leq 0,5\%$)
Minerais de Alteração:	goethita; argilominerais (total $\leq 0,5\%$)
Padrão textural:	granoblástica
Granulação:	fina a média

Descrição Microscópica da Lâmina

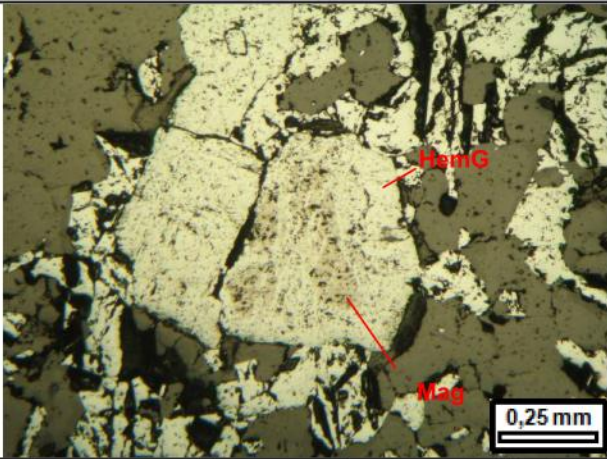
Rocha com foliação paralela ao bandamento. A foliação é definida pela presença de grãos poligonais de quartzo e cristais orientados de hematita. O bandamento é difuso, as bandas de óxido de ferro possuem algum quartzo, e as bandas de quartzo possuem algum óxido de ferro. A morfologia predominante da hematita é granular, seguida pela lamelar. Alguns cristais de hematita possuem resquícios de magnetita. Minerais de alteração (goethita e argilominerais), sericita e clorita ocorrem principalmente associados às bordas dos cristais de hematita. Quartzo possui inclusões de hematita fina e vice-versa. Existem vênulas milimétricas a submilimétricas de quartzo, cujo grau de recristalização e poligonalização dos grãos é um pouco inferior ao restante da rocha e a granulação é um pouco mais grossa, dispostos paralelamente a foliação.

Nome da Rocha: Itabirito hematítico granular e lamelar

Fotomicrografia



Aspecto textural da rocha, com bandamento difuso, e presença de vênula de quartzo paralela a foliação. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x. Luz transmitida e nicóis cruzados a esquerda, luz refletida e nicóis paralelos à direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Hematita granular com restos de magnetita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	FSD-008-79,25	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852888,77	UTM-E:	695662,92
Altitude/profundidade:	808,26 m de altitude; 79,25 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		

Descrição Macroscópica

Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita (predominantemente especularítica) e rara magnetita. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento possui espessura variando entre <1 mm a 5 mm e é difuso.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

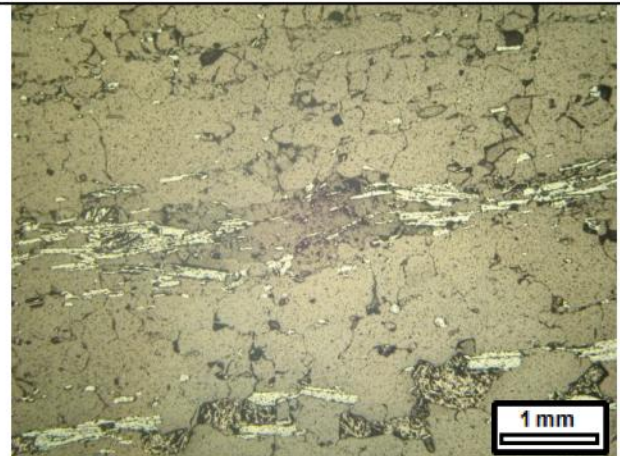
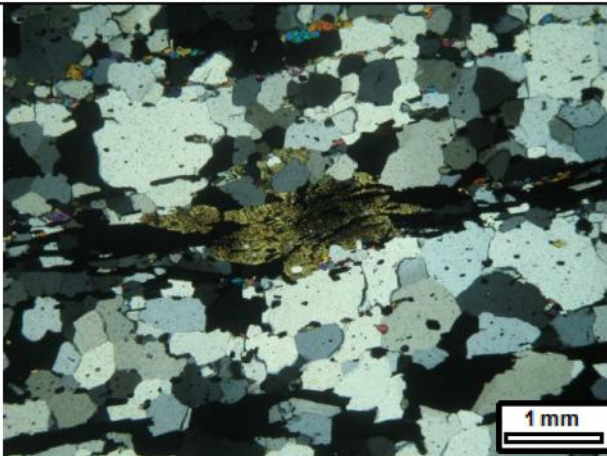
Minerais Essenciais:	quartzo (57%); hematita lamelar (22%); anfibólio (7%); hematita granular (5%); epidoto (4%); magnetita (3%)
Minerais Acessórios:	apatita; hematita em martita ($\leq 0,5\%$)
Minerais de Alteração:	goethita, clorita, sericita, argilominerais (total $\leq 1,5\%$)
Padrão textural:	granoblástica
Granulação:	fina a média

Descrição Microscópica da Lâmina

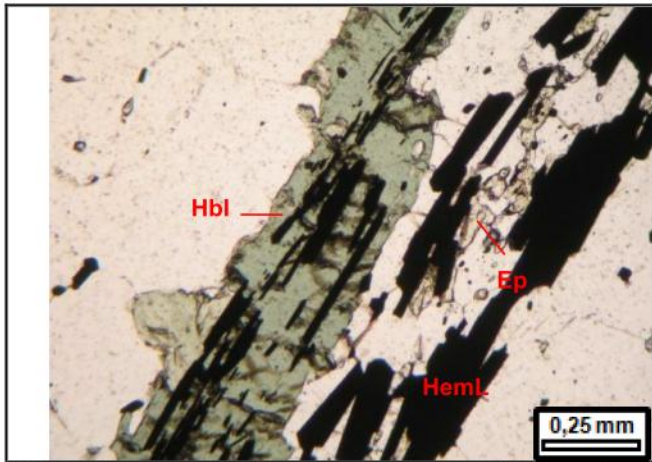
Rocha com foliação paralela ao bandamento. A foliação é definida pela presença de grãos poligonais de quartzo e cristais orientados de hematita e anfibólio. O bandamento é difuso, e definido por bandas de quartzo com algum óxido de ferro, e bandas de óxido de ferro e anfibólio, com algum quartzo. A hornblenda ocorre associada a hematita, e altera-se para clorita+epidoto+argilominerais+goethita+sericita. Observam-se inclusões de hematita lamelar na hornblenda, dispostos segundo a foliação, o que indica que a hornblenda formou-se depois da hematita, envolvendo-a. A morfologia predominante da hematita é a lamelar. O contato entre a morfologia lamelar e granular é em geral reto. Os cristais de magnetita são subédricos, um pouco mais grossos que os de hematita e ocorrem dispersos pela amostra e localmente com oxidação para hematita em martita. O epidoto ocorre predominantemente associado ao anfibólio, sendo um dos produtos de alteração deste, e está orientado segundo a foliação. A goethita ocorre em geral nas bordas dos cristais de hematita. Alguns grãos de quartzo possuem inclusões de hematita fina e vice-versa. Existem vênulas milimétricas a submilimétricas de quartzo, cujo grau de poligonalização dos grãos é um pouco inferior ao restante da rocha e a granulação é um pouco mais grossa, dispostos paralelamente a foliação.

Nome da Rocha: Itabirito hematítico lamelar com anfibólio

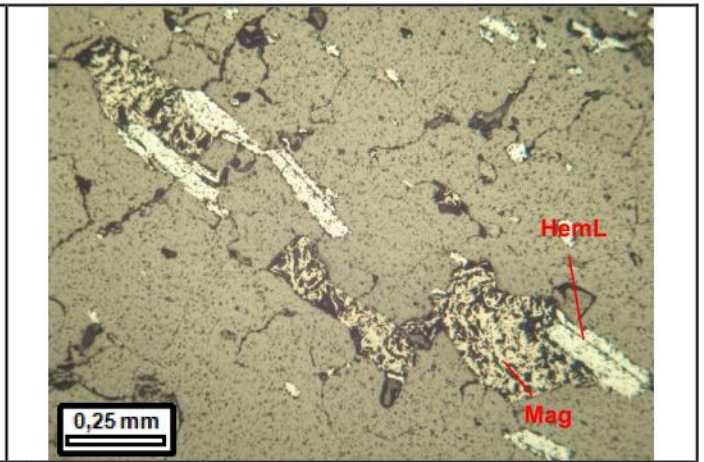
Fotomicrografia




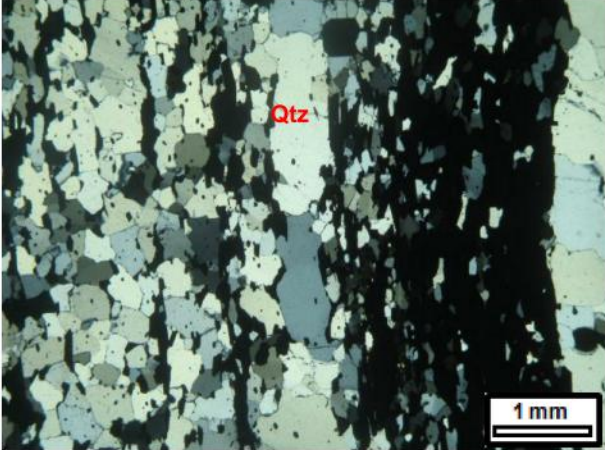
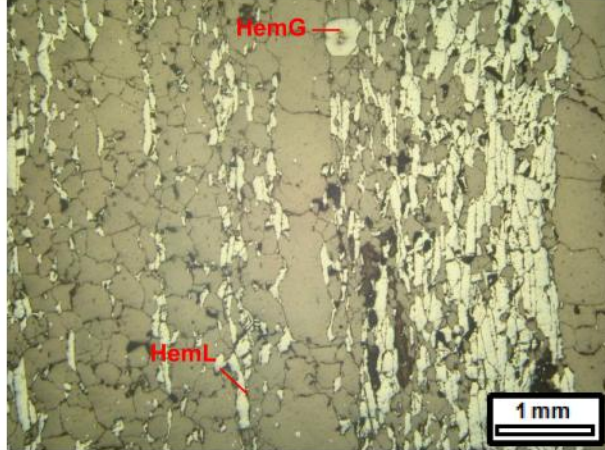
Aspecto textural da amostra, com destaque para o cristal de anfibólio dispostos paralelo a foliação. Luz transmitida e nicóis cruzados a esquerda, luz refletida e nicóis paralelos à direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

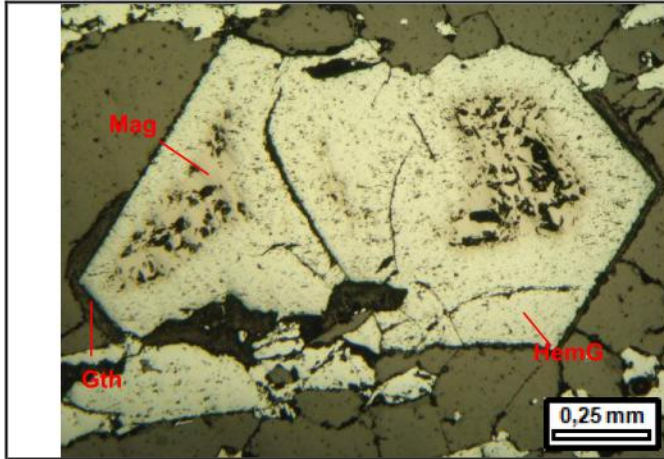


Cristais de hematita lamelar inclusos na hornblenda. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmara 4x.

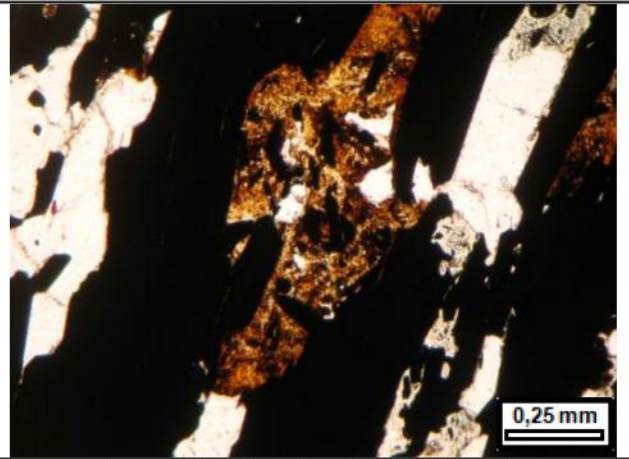


Detalhe no contato reto entre magnetita e hematita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmara 4x.

Identificação da Lâmina:	FSD-011-70,70	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852961,61	UTM-E:	696062,16
Altitude/profundidade:	906,994 m de altitude; 70,70 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita (predominantemente especularítica) e goethita. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento varia de <1 mm a 4 mm de espessura e é bastante difuso. Há vênulas de quartzo, de espessura de até 2 mm, dispostas paralelamente a foliação.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (50%); hematita lamelar (32%); hematita granular (15%)		
Minerais Acessórios:	magnetita; hematita em martita; epidoto (total de 1%)		
Minerais de Alteração:	goethita (1%), sericita e argilominerais (1%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina a média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação paralela ao bandamento. A foliação é definida pela presença de grãos poligonais de quartzo e cristais orientados de hematita. O bandamento é difuso, com bandas de óxidos com algum quartzo, e bandas de quartzo com algum óxido. A morfologia predominante da hematita é a lamelar seguida pela granular. Raros cristais de magnetita ocorrem dispersos pela rocha. Observa-se dentro de alguns cristais de hematita granular restos de magnetita. A hematita granular está em geral crescida sobre a foliação. Há na rocha agregados de minerais de alteração (goethita±sericita±argilominerais) de cor amarelada a levemente avermelhada quando rica em goethita que ocorre associada a hematita. Alguns grãos de quartzo possuem inclusões de hematita fina e vice-versa. Cristais finos e subédricos de epidoto ocorrem dispersos pela amostra. Existem vênulas milimétricas a submilimétricas de quartzo, cujo grau de recristalização dos grãos é um pouco inferior ao restante da rocha e a granulação é um pouco mais grossa, dispostos paralelamente a foliação.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico lamelar		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da amostra com foliação definida pela presença de grãos poligonais de quartzo e cristais orientados de hematita. Luz transmitida e nicóis cruzados a esquerda, luz refletida e nicóis paralelos à direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			



Cristal de hematita com retos de magnetita e com goethita nas bordas. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.



Agregados de minerais de alteração (goethita±sericita±argilominerais) cor amarelada associados a hematita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	FSD-013-100,40	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853264,58	UTM-E:	694845,88
Altitude/profundidade:	1031,487 m de altitude; 100,40 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		

Descrição Macroscópica

Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita (predominantemente especularítica) e rara goethita. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento varia de <1 mm a 3 mm de espessura e é bastante difuso.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

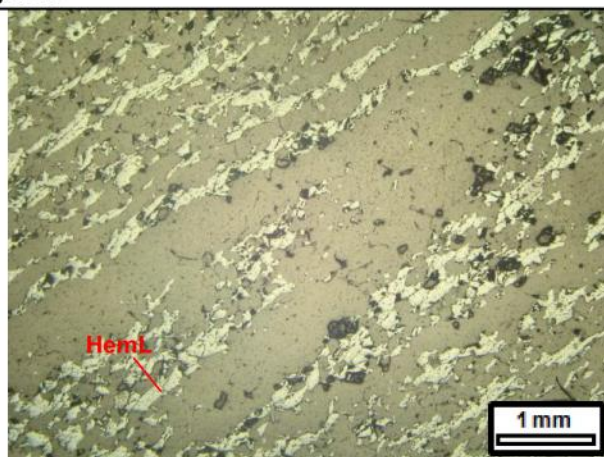
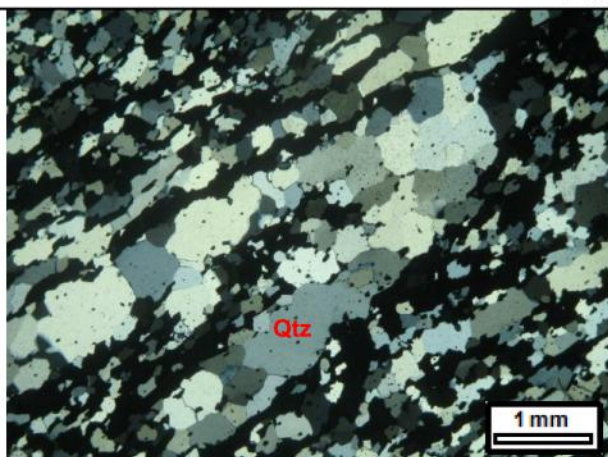
Minerais Essenciais:	quartzo (53%); hematita lamelar (27%); hematita granular (16%); hematita em martita (1%); hematita lobular (1%)
Minerais Acessórios:	apatita; magnetita; sericita (total de 1%)
Minerais de Alteração:	goethita; argilominerais (total de 1%)
Padrão textural:	granoblástica
Granulação:	média

Descrição Microscópica da Lâmina

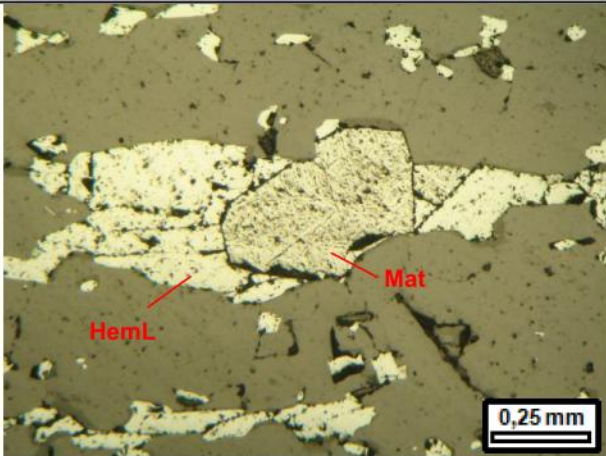
Rocha com foliação paralela ao bandamento. A foliação é definida pela presença de grãos recristalizados de quartzo e cristais orientados de hematita. O bandamento é difuso, as bandas de óxido de ferro possuem algum quartzo, e as bandas de quartzo possuem algum óxido de ferro. A morfologia predominante da hematita é a lamelar seguida pela granular. Raros cristais de magnetita e hematita em martita ocorrem dispersos pela rocha, crescidos sobre a foliação. A goethita ocorre associada a sericita e aos argilominerais, e este conjunto aparece nas bordas da hematita. Ocasionalmente há sericita entre os grãos de quartzo. Alguns grãos de quartzo possuem inclusões de hematita fina e vice-versa. Cristais de apatita ocorrem dispersos pela amostra. Existem vênulas milimétricas a submilimétricas de quartzo, cujo grau de recristalização dos grãos é um pouco inferior ao restante da rocha e a granulação é um pouco mais grossa, dispostos paralelamente ao bandamento. Algumas destas vênulas estão aparentemente dobradas, e nestas porções observa-se que a foliação da rocha é paralela a foliação plano-axial da dobra.

Nome da Rocha: Itabirito hematítico lamelar e granular


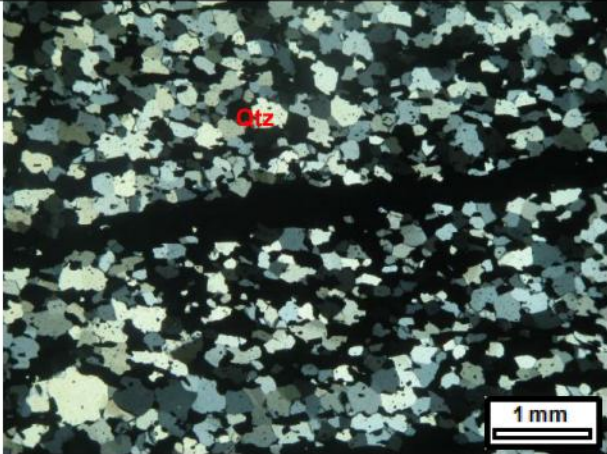
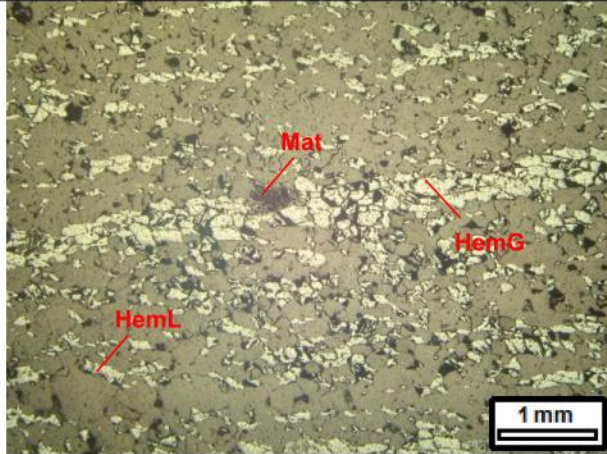
Fotomicrografia

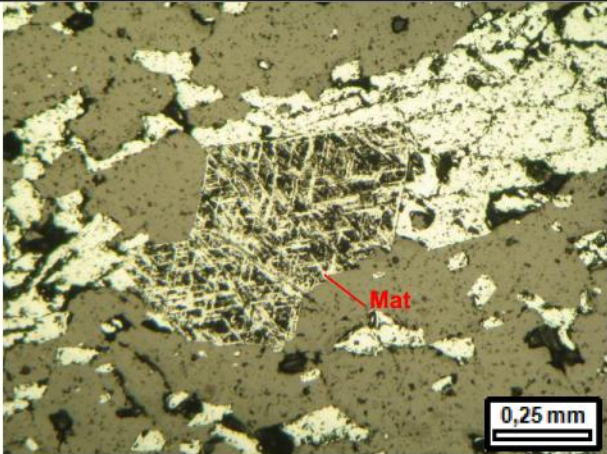


Detalhe na porção aparentemente dobrada da rocha. Notar que a foliação da rocha é paralela a foliação plano-axial. Luz transmitida e nicóis cruzados a esquerda, luz refletida e nicóis paralelos à direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

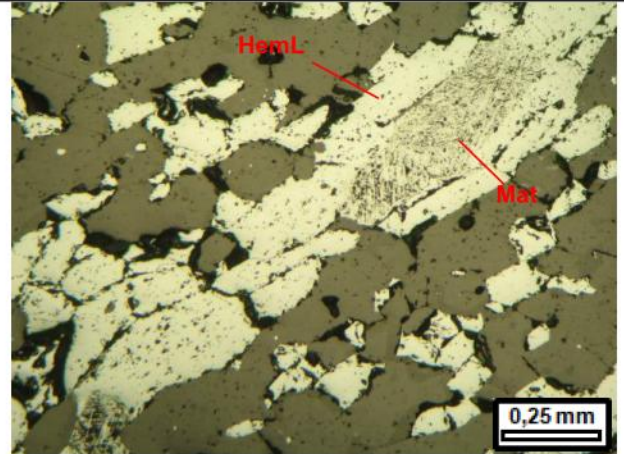


Hematita em martita crescida sobre a foliação. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.


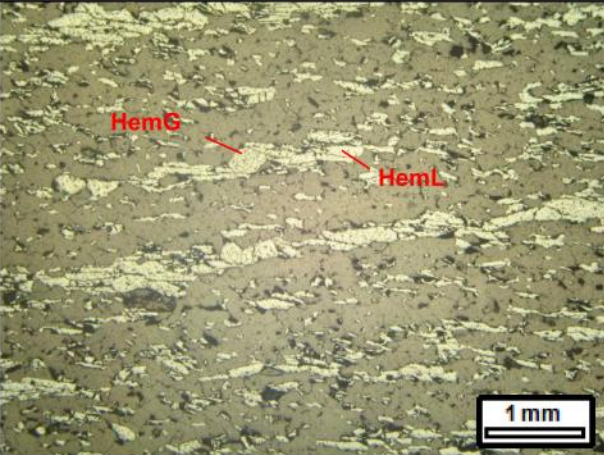
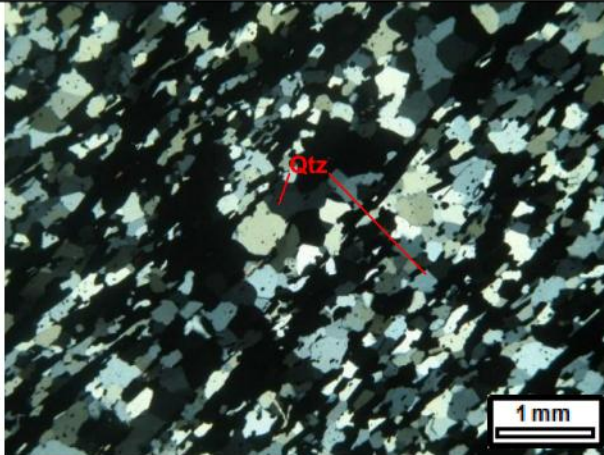
Identificação da Lâmina:	FSD-010-69,45	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853539,25	UTM-E:	695151,16
Altitude/profundidade:	967,125 m de altitude; 69,45 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita e rara goethita. A proporção de hematita granular e especularítica parece ser igual. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento possui espessura ≤ 1 mm e é bastante difuso. Possui vênulas de quartzo de espessura ≤ 2 mm, paralelas a foliação.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (48%); hematita granular (25%); hematita lamelar (23%); hematita em martita (2%)		
Minerais Acessórios:	hematita lobular; magnetita; rutilo; sericita (total de 1,5%)		
Minerais de Alteração:	goethita; argilominerais (total de 0,5%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina a média, predominando média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação paralela ao bandamento. A foliação é definida pela presença de grãos recristalizados de quartzo e cristais orientados de hematita. O bandamento é difuso. A proporção de hematita com morfologia granular e lamelar é equilibrada. A hematita em martita ocorre tanto associada a hematita lamelar e granular quanto dispersa nas bandas quartzosas, e alguns destes possuem um hábito alongado. Quando associada a hematita lamelar nota-se que a hematita em martita aparece tanto paralela a foliação, quanto crescida sobre a foliação. Por vezes a hematita granular e lamelar então parcialmente inseridas dentro da hematita em martita. Raros cristais de magnetita ocorrem dispersos pela rocha. A goethita ocorre associada a sericita e aos argilominerais, e este conjunto aparece nas bordas da hematita. Ocasionalmente há sericita e argilominerais entre os grãos de quartzo. Pontuações de rutilo estão dispersos pela rocha. Alguns grãos de quartzo possuem inclusões de hematita fina e vice-versa. Existem vênulas milimétricas a submilimétricas de quartzo, cujo grau de recristalização dos grãos é um pouco inferior ao restante da rocha e a granulação é um pouco mais grossa, dispostos paralelamente ao bandamento.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico granular e lamelar.		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha, com foliação definida pela orientação de hematita e quartzo. Luz transmitida e nicóis cruzados a esquerda, luz refletida e nicóis paralelos à direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			

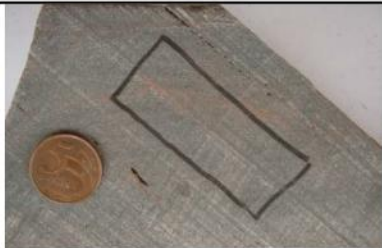
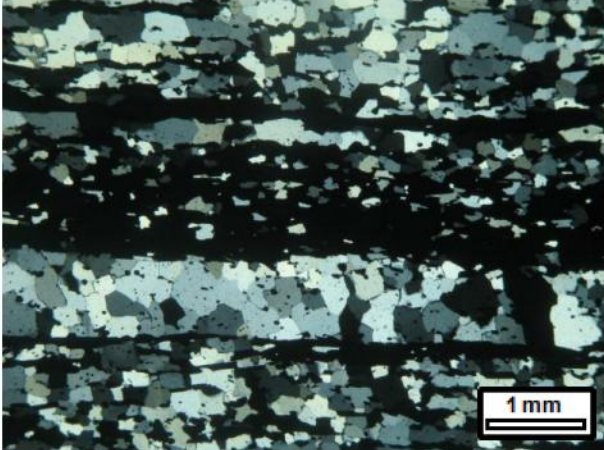
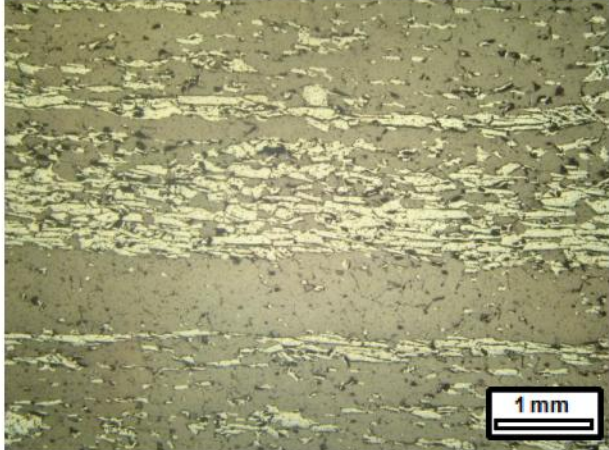


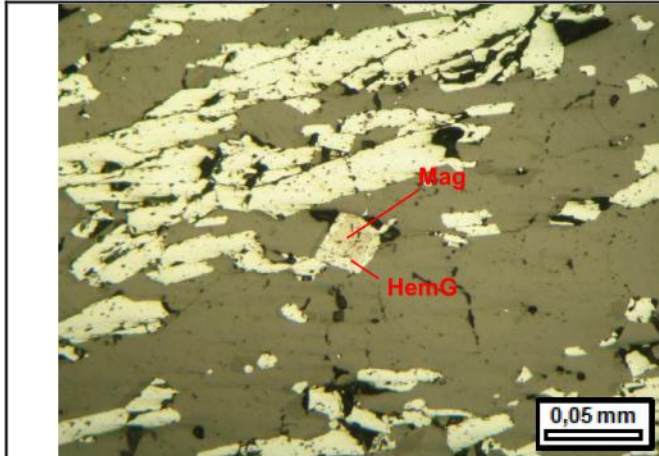
Hematita em martita aparentemente crescida sobre a hematita lamelar. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x.



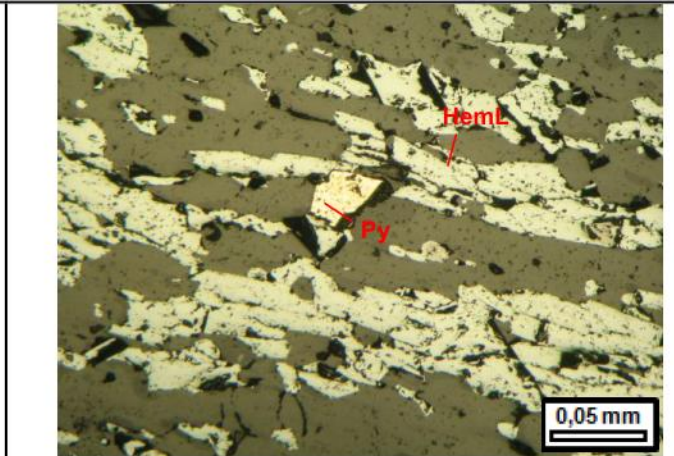
Hematita em martita com morfologia alongada orientada segundo a foliação. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x.

Identificação da Lâmina:	FSD-014-81,15	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852924,18	UTM-E:	694593,44
Altitude/profundidade:	1018,103 m de altitude; 81,15 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo e hematita (predominantemente especularítica). Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento possui espessura entre 1 mm e 2mm e é difuso. Possui vênulas de quartzo de espessura ≤ 2 mm, paralelas a foliação.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (50%); hematita lamelar (30%); hematita granular (18%)		
Minerais Acessórios:	hematita em martita; hematita lobular; magnetita; sericita; (total de 1%)		
Minerais de Alteração:	goethita (total de 1%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina a média com predomínio de média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação paralela ao bandamento. A foliação é definida pela presença de grãos recristalizados de quartzo, de hábito alongado, e cristais orientados de hematita. O bandamento é difuso. A morfologia predominante da hematita é a lamelar seguida pela granular. A goethita e a sericita ocorrem em geral nas bordas da hematita. Ocasionalmente ocorre sericita entre os grãos de quartzo. Alguns grãos de quartzo possuem inclusões de hematita fina e raros cristais de hematita possuem inclusões de quartzo. Existem vênulas milimétricas a submilimétricas de quartzo, cuja granulação é um pouco mais grossa que o quartzo do restante da rocha, dispostos paralelamente ao bandamento. Nestas vênulas o contato entre os grãos varia entre serrilhado e reto</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico lamelar e granular		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.</p>	<p>Diferença de granulação entre o quartzo da vênula e o do restante da rocha. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.</p>		

Identificação da Lâmina:	FSD-014-181,45	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852924,18	UTM-E:	694593,44
Altitude/profundidade:	1018,103 m de altitude; 181,45 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita (predominantemente especularítica), rara goethita. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. A espessura das bandas varia de <1 mm a 2 mm. O bandamento é difuso.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (56%); hematita lamelar (27%); hematita granular (14%); magnetita (1%)		
Minerais Acessórios:	apatita; pirita; hematita em martita; clorita; sericita (total de 1,5%)		
Minerais de Alteração:	goethita (total de 0,5%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina a média, predominantemente média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação paralela ao bandamento. A foliação é definida pela presença de grãos recristalizados de quartzo e cristais orientados de hematita. O bandamento é difuso. A morfologia predominante da hematita é a lamelar seguida pela granular. Em alguns cristais de magnetita observa-se que a borda está oxidada, transformada em hematita. No centro de alguns cristais de hematita granular observam-se restos de magnetita. Pirita ocorre pontualmente. Goethita, sericita e clorita ocorrem em geral associados e presentes predominantemente nas bordas da hematita, e são raríssimos na amostra, com proporção menor que 0,05% cada. Ocasionalmente ocorre sericita entre os grãos de quartzo. Alguns grãos de quartzo possuem inclusões de hematita e rara magnetita, finos, e raros cristais de hematita possuem inclusões de quartzo. Existem vênulas milimétricas a submilimétricas de quartzo, cuja granulação é um pouco mais grossa que o quartzo do restante da rocha, dispostos paralelamente ao bandamento.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico lamelar		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha, com presença de vênulas de quartzo paralelas a foliação. Luz transmitida e nicóis cruzados a esquerda, luz refletida e nicóis paralelos à direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			



Hematita granular com restos de magnetita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.

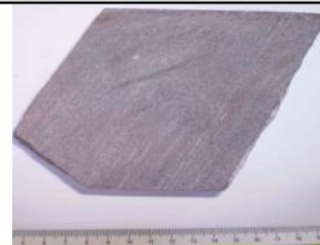


Cristal de pirita associada a hematita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES- FSB -FSD-002-503	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7854154,43	UTM-E:	695961,98
Altitude/profundidade:	1093,032 m de altitude; 59,01 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		

Descrição Macroscópica

Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita (predominantemente especularítica), martita e rara goethita e argilominerais. A martita aparentemente está crescida sobre a foliação. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento possui espessura ≤ 2 mm e é bastante difuso.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

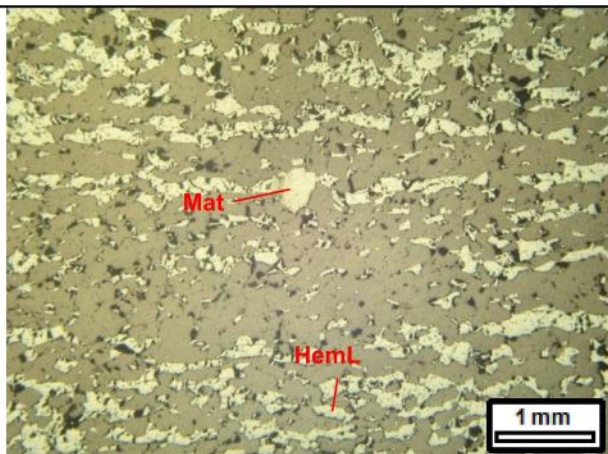
Minerais Essenciais:	quartzo (50%); hematita lamelar (44%); hematita em martita (2%); hematita granular (1%); magnetita (1%)
Minerais Acessórios:	apatita; clorita; mica branca (total de 1%)
Minerais de Alteração:	goethita (total de 1%)
Padrão textural:	granoblástica
Granulação:	fina a localmente média (de 0,01 mm até 1,60 mm)

Descrição Microscópica da Lâmina

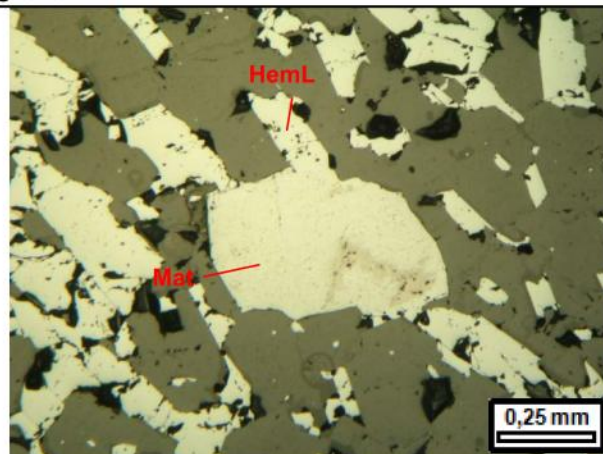
Rocha com foliação marcada pela orientação de cristais poligonais de quartzo e hematita lamelar. O quartzo possui inclusões muito finas de hematita e raros cristais de hematita possuem inclusões de quartzo. A hematita ocorre predominantemente sob a morfologia lamelar. A hematita em martita ocorre como cristais e blastos subédricos a anédricos, e localmente possui restos de magnetita. Observa-se que quando a hematita lamelar trunca a hematita em martita elas se unem como se fossem um só mineral. Os cristais de magnetita são subédricos a euédricos e apresentam em geral parcialmente oxidados para hematita. O processo de oxidação da magnetita ocorre da borda para o centro, ao longo dos planos de clivagem. Goethita aparece nas bordas dos óxidos de ferro e nos espaços intergranulares do quartzo. Rara clorita e mica branca ocorrem associados aos óxidos de ferro ou nos espaços intergranulares do quartzo. Apatita aparece como cristais subédricos a euédricos associada ao quartzo. A amostra possui vênulas milimétricas de quartzo, paralelas a foliação.

Nome da Rocha: Itabirito hematítico lamelar

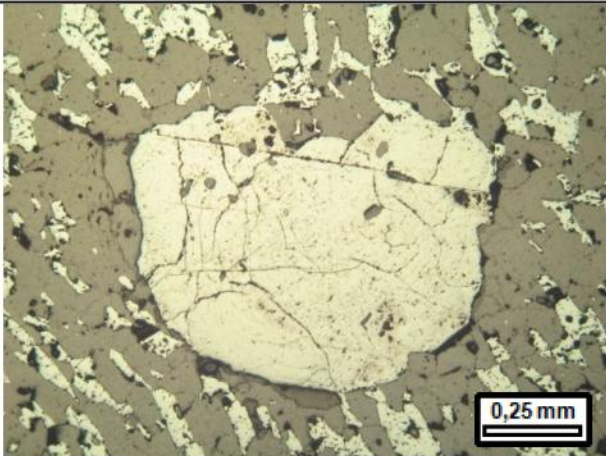
Fotomicrografia



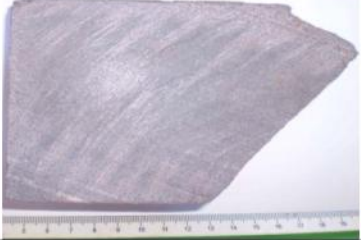
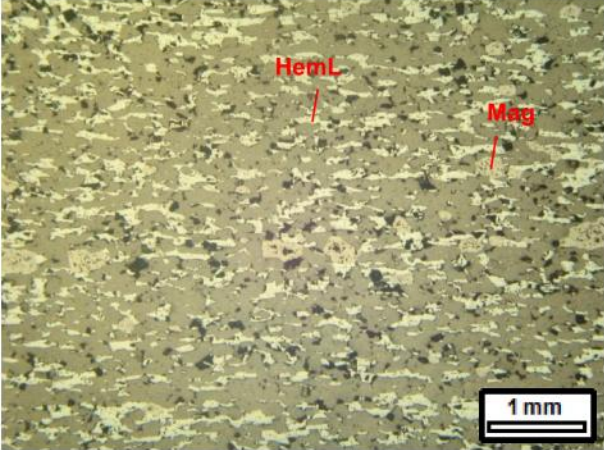
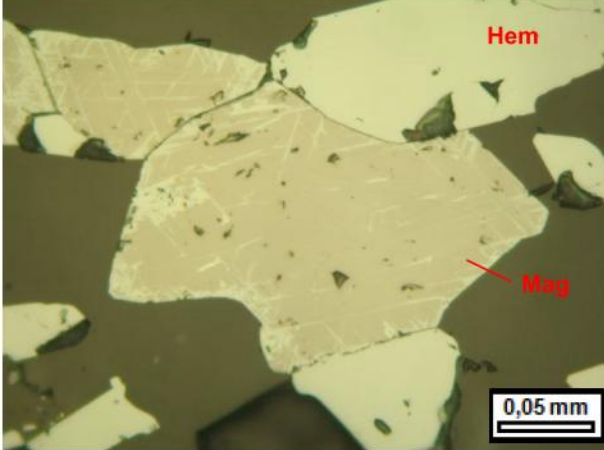
Aspecto textural da rocha cuja foliação é definida pelos cristais poligonais de quartzo e hematita lamelar. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

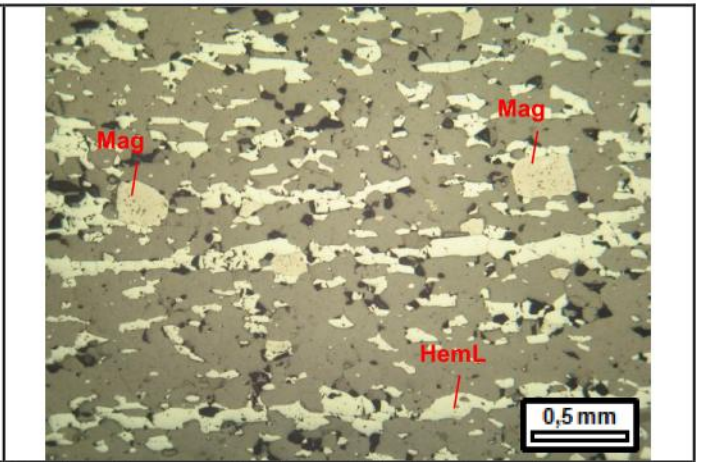
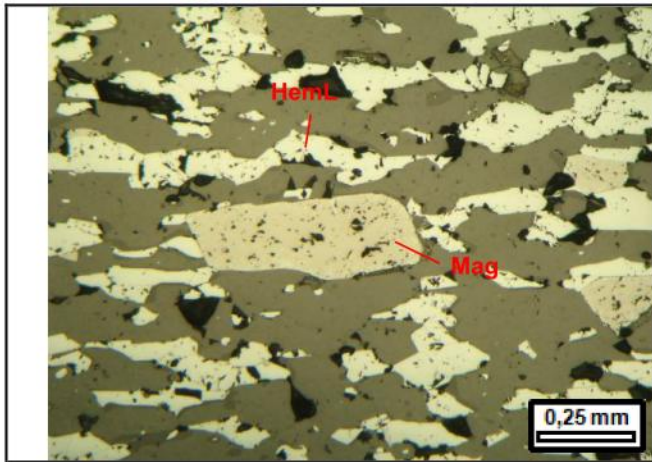


Cristal de hematita lamelar truncando hematita em martita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.




Blastos de hematita em martita com inclusões de quartzo. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES- FSB -FSD-003-503	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853920,37	UTM-E:	695644,78
Altitude/profundidade:	1006,53 m de altitude; 65,20 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita (predominantemente especularítica), magnetita e rara goethita e argilominerais. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento possui espessura ≤ 2 mm e é difuso.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (46%); hematita lamelar (47%); magnetita (5%)		
Minerais Acessórios:	sericita; hematita em martita; hematita granular (total de 1,5%)		
Minerais de Alteração:	goethita (0,5%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina (de $\leq 0,01$ mm até 0,08 mm)		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação definida pela orientação de cristais poligonais de quartzo, hematita lamelar e localmente magnetita. A hematita ocorre predominantemente sob a morfologia lamelar. A magnetita ocorre como cristais subédricos a euédricos, um pouco maiores que os de hematita, e localmente apresentam hábito alongado. Observa-se que a magnetita em geral apresenta-se parcialmente oxidada para hematita. Este processo de oxidação progride da borda para o centro do cristal, principalmente ao longo da clivagem da magnetita. O contato dos cristais de magnetita com os de hematita varia de reto a côncavo-convexo. É comum os cristais de quartzo apresentarem inclusões finíssimas de hematita. Goethita ocorre associada aos óxidos, nos espaços intergranulares entre os cristais de quartzo e no plano de clivagem da sericita.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico lamelar		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha. Notar a diferença de granulação da hematita e da magnetita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>		<p>Relação de contato da magnetita com a hematita. Notar que a magnetita está parcialmente oxidada para hematita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>	

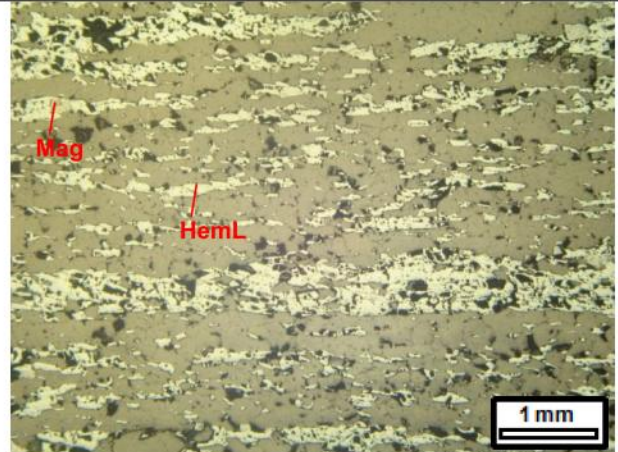
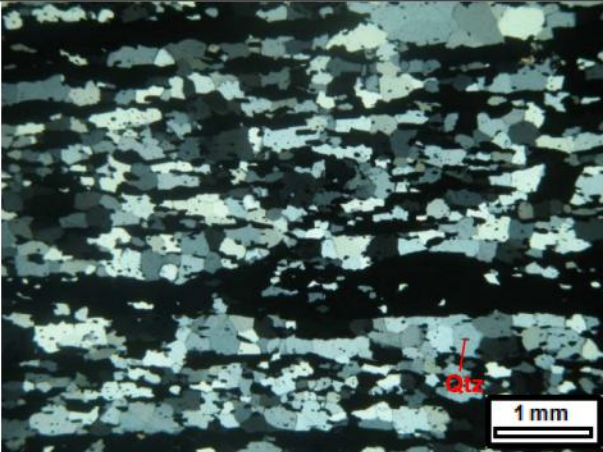


Magnetita de morfologia retangular, orientada segundo a foliação. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

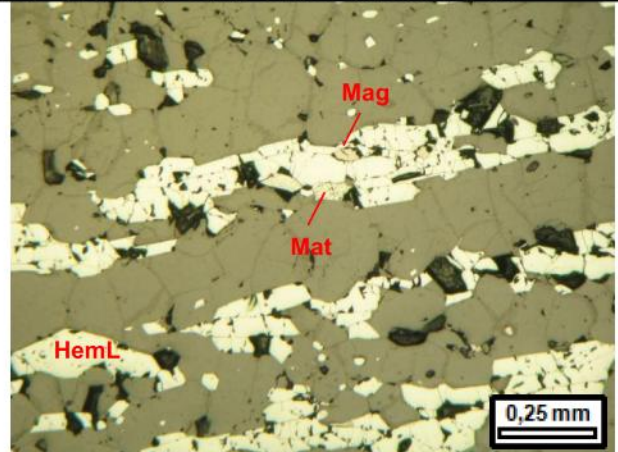
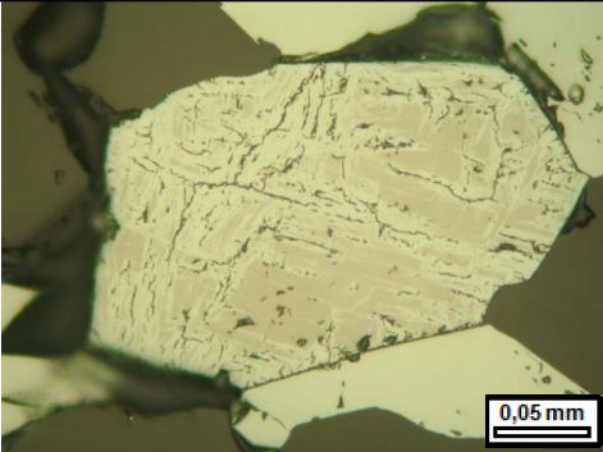
Cristais de magnetita de morfologia retangular, paralelos a foliação, e de morfologia octaedrica crescida sobre a foliação. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES- FSB -FSD-005-514	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853707,77	UTM-E:	695341,47
Altitude/profundidade:	968,6 m de altitude; 77,55 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita (predominantemente especularítica), e alguns goethita. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento possui espessura ≤ 1 mm e é difuso.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (50%); hematita lamelar (44%); magnetita (2%); hematita em martita (2%); hematita granular (1%)		
Minerais Acessórios:	apatita; clorita (total de 0,5%)		
Minerais de Alteração:	goethita; argilominerais (total de 0,5%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina a localmente média (de $\leq 0,01$ mm até 1,00 mm)		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação marcada pela orientação de cristais recristalizados e poligonais de quartzo, e hematita. Possui um bandamento incipente e difuso, paralelo a foliação. As bandas de hematita são em geral menos espessas e descontínuas. A hematita aparece predominantemente com morfologia lamelar e raramente granular. Os cristais de quartzo comumente possuem hábito alongado e inclusões finas de hematita, raramente apresentam extinção ondulante. Magnetita aparece como cristais subédricos, e raramente como blastos, neste caso parece estar crescidos sobre os outros minerais, indicando que se formou por último. A magnetita que não aparece como blastos esta associada com a hematita lamelar de forma que um mineral não sobrepõe o outro. Alguns cristais de magnetita possuem hábito alongado, paralelo a foliação. Estas relações são indicativas que há magnetita que se formou depois da deformação e algumas antes da deformação. Raros cristais de magnetita estão preservados da oxidação, na grande parte das vezes possui filetes de oxidação para hematita, e esta oxidação progride da borda para o centro, e ao longo da direção de clivagem e fraturas. Hematita em martita e magnetita ocorrem associadas as bandas de hematita lamelar. Clorita aparece associada a hematita. Goethita e argilominerais aparecem nas bordas dos óxidos de ferro ou nos espaços intergranulares do quartzo. Apatita ocorre cristais euédricos, associada principalmente as bandas quartzosas, como cristais de até 0,4 mm de diâmetro. A rocha é cortada por vênulas milimétricas de quartzo paralelas a foliação.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico lamelar		

Fotomicrografia

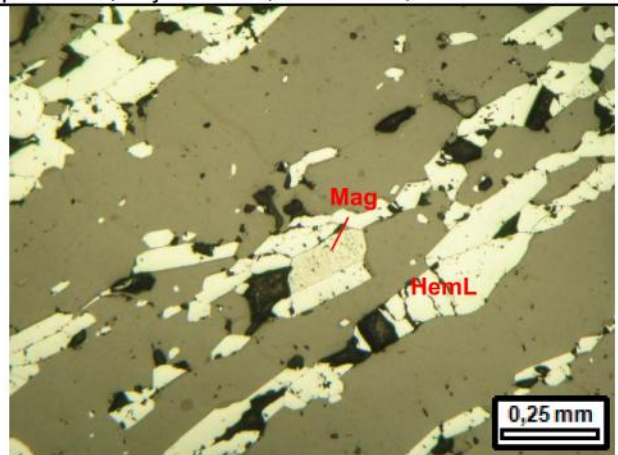
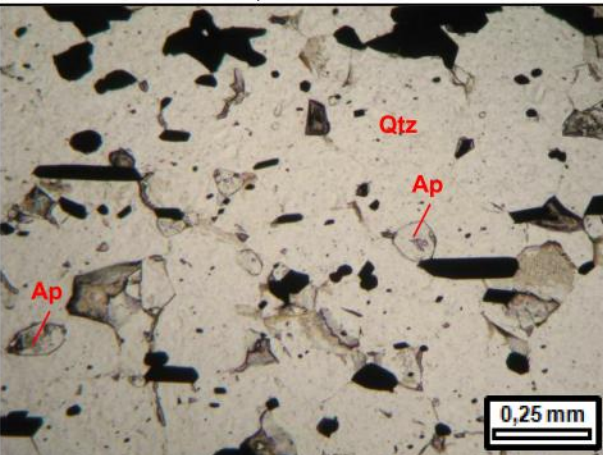


Aspecto textural da rocha, com foliação definida pela orientação de hematita lamelar e quartzo, e bandamento bastante difuso. Notar que grande parte do quartzo possui hábito alongado. Luz transmitida e nicóis cruzados a esquerda, luz refletida e nicóis paralelos à direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Cristal de magnetita parcialmente oxidado para hematita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Detalhe na magnetita e hematita em martita associadas as bandas de hematita lamelar. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



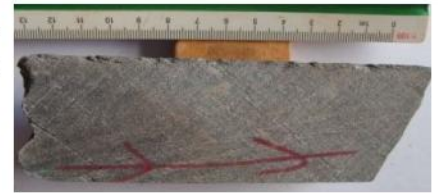
Detalhe nos cristais de apatita, que nesta amostra possuem diâmetro de até 0,4 mm. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Detalhe no cristal de magnetita parcialmente oxidado em hematita, paralelo a foliação. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-005-501	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853707,77	UTM-E:	695341,47
Altitude/profundidade:	968,6 m de altitude; 32,00 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		

Descrição Macroscópica

Formação ferrífera bandada, cinza, de granulação fina a média, composta por quartzo e hematita, predominantemente especularítica. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento possui espessura ≤ 1 mm e é bastante difuso. Possui vênulas de quartzo de até 2 mm de espessura, paralelas a foliação.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

Minerais Essenciais:	quartzo (50%); hematita lamelar (37%); hematita granular (7%); magnetita (2%); hematita em martita (1%)
Minerais Acessórios:	apatita; sericita; clorita (total de 1%)
Minerais de Alteração:	goethita e argilominerais (total de 1%)
Padrão textural:	granoblástica
Granulação:	média

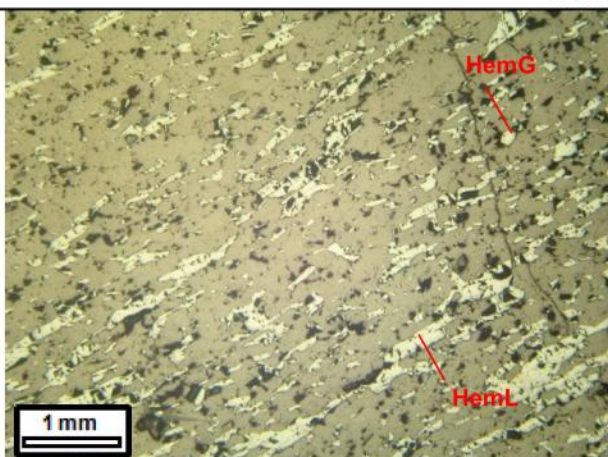
Descrição Microscópica da Lâmina

Rocha com foliação definida pela orientação de cristais poligonais de quartzo, e hematita principalmente de morfologia lamelar, seguida pela granular e hematita em martita. Não é perceptível a presença de bandamento composicional, pois hematita e quartzo ocorrem entremeados, porém localmente há faixas milimétricas de hematita, as quais em geral não persistem ao longo de toda a lâmina. Os cristais de magnetita estão em geral parcialmente oxidados, sendo que este processo evolui da borda para o centro e/ou ao longo da clivagem da magnetita. Cristais de quartzo possuem inclusões de hematita e rara magnetita, muito finos, e alguns cristais de hematita possuem inclusões de quartzo. Goethita ocorre associada a hematita, filossilicatos, em espaços intergranulares dos grãos de quartzo, e em microfaturas na rochas, estas discordantes a foliação. Os filossilicatos (clorita, sericita) e a apatita estão dispersos pela amostra. Localmente os filossilicatos alteram-se para argilominerais.

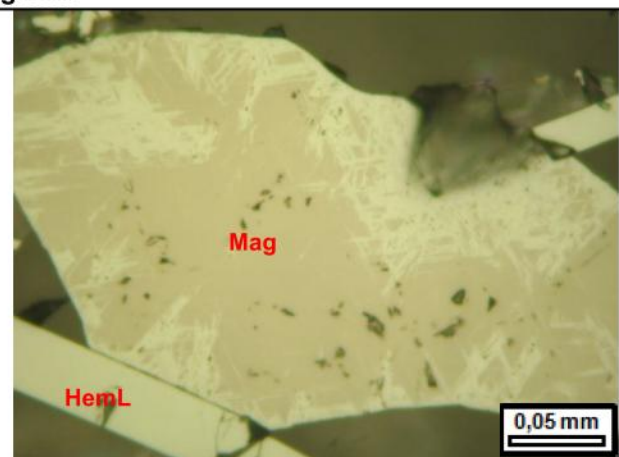
Há vênulas milimétricas de quartzo, paralelas a foliação, com granulação em geral um pouco mais grossa que o geral da rocha. O quartzo presente nestas vênulas possui na maioria das vezes extinção ondulante.

Nome da Rocha: Itabirito hematítico lamelar

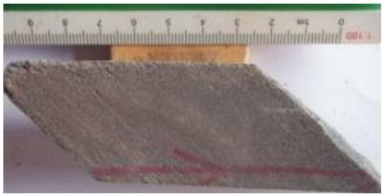
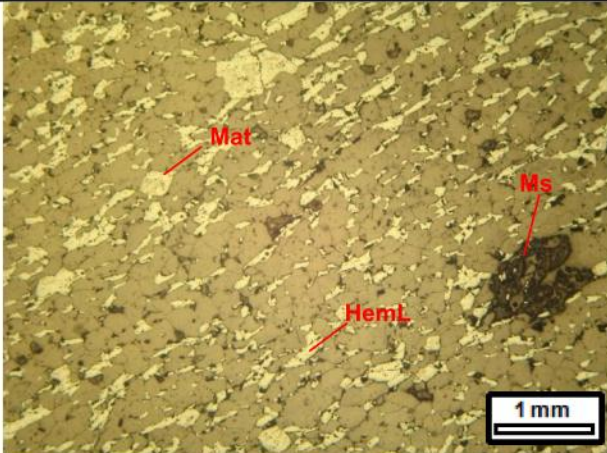
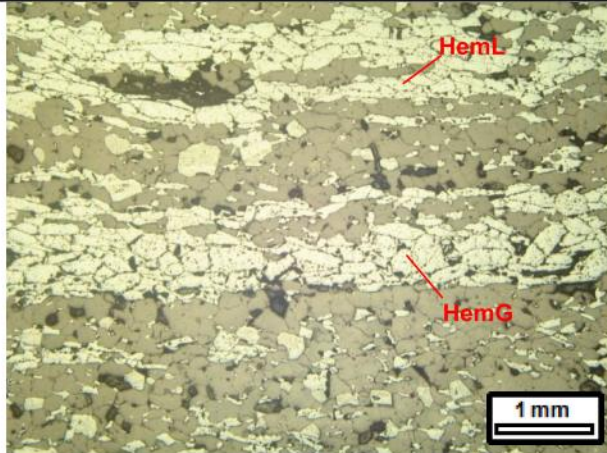
Fotomicrografia

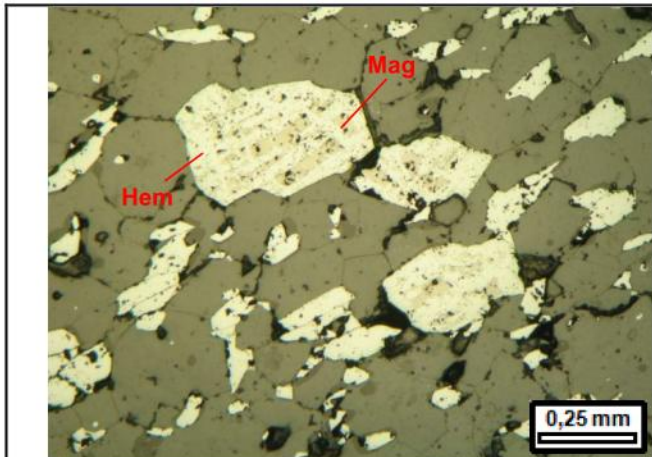


Aspecto textural da rocha. A direita aparece fratura preenchida por goethita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

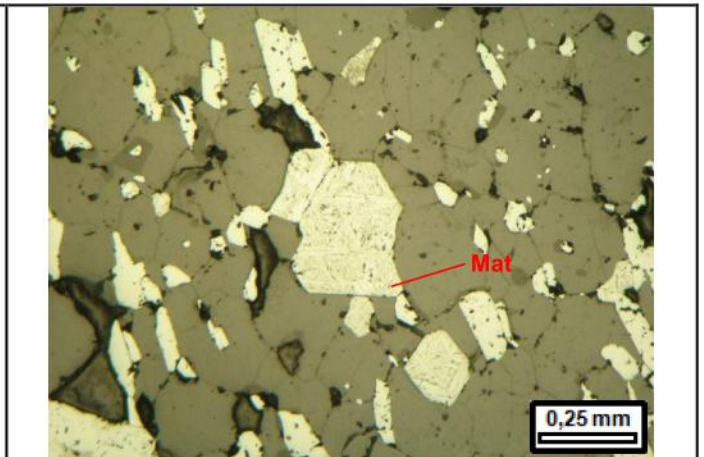


Cristal de magnetita parcialmente oxidado. Notar que a oxidação progride da borda em direção ao centro e ao longo da clivagem da magnetita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-009-501	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7854275,99	UTM-E:	696140,37
Altitude/profundidade:	1036,433 m de altitude; 46,15 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita (predominantemente especularítica), goethita e argilominerais. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. Rocha levemente friável. O bandamento possui espessura ≤ 1 mm e é bastante difuso.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (40%); hematita lamelar (30%); hematita granular (20%); hematita em martita (6%); magnetita (1%)		
Minerais Acessórios:	mica branca/sericita; clorita, hematita lobular (total de 2%)		
Minerais de Alteração:	argilominerais; goethita (total de 1%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação paralela ao bandamento, sendo este incipiente e descontínuo, marcado por bandas de óxidos de ferro com algum quartzo, e bandas de quartzo com algum óxido de ferro. A foliação é marcada pela orientação de cristais poligonais de quartzo e pela orientação de hematita lamelar. As bandas de hematita são descontínuas, mas existem algumas faixas de hematita contínuas. Há diversos cristais de hematita com restos de magnetita, estando estes restos dispostos em geral sob a forma triangular, concordante com a direção de clivagem da magnetita. Os cristais de quartzo são poligonais e possuem inclusões de hematita fina. Raros cristais de hematita possuem inclusões de quartzo. Cristais de clorita e mica branca alteram-se para argilominerais. Goethita ocorre nas bordas da hematita e ao longo do plano de clivagem dos filossilicatos.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico lamelar e granular		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural geral da rocha na porção onde não há bandamento. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>		<p>Aspecto textural da rocha. Destaque para as faixas de hematita. Conforme visto na foto anterior, estas faixas não são contínuas ao longo da amostra. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>	



Cristais de hematita com restos de magnetita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

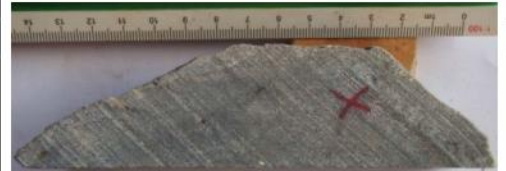


Cristais de hematita em martita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-002-501	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7854154,43	UTM-E:	695961,98
Altitude/profundidade:	1093,032 m de altitude; 77,97 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		

Descrição Macroscópica

Formação ferrífera bandada, cinza claro, granulação média a fina, composta por quartzo, magnetita e hematita. Possui foliação paralela ao bandamento, textura granoblástica. O bandamento possui espessura de até 0,4 cm, e é difuso.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

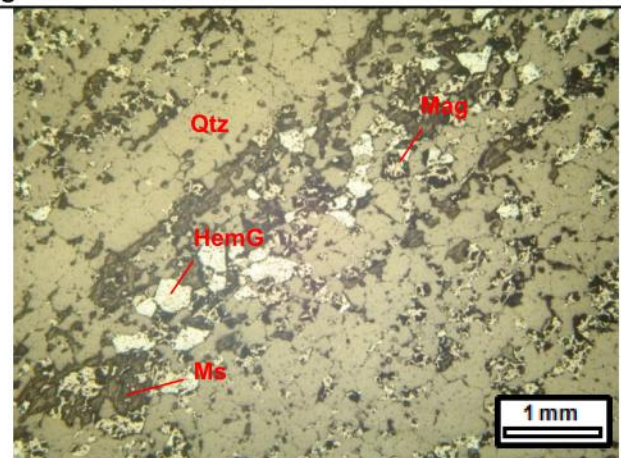
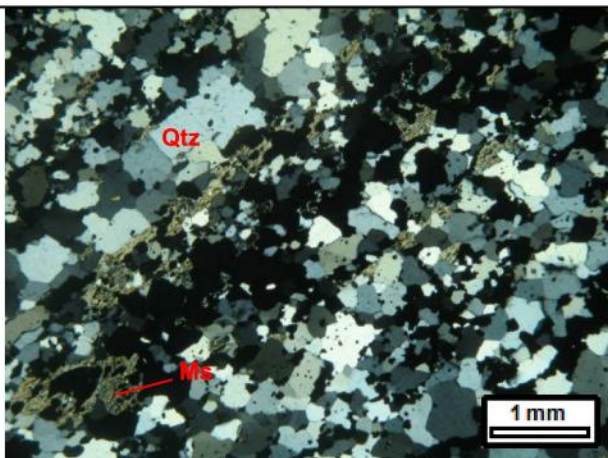
Minerais Essenciais:	quartzo (45%); magnetita (30%); hematita lobular (8%); mica branca/sericita (6%); hematita granular (5%); clorita (3%)
Minerais Acessórios:	apatita ($\leq 1\%$)
Minerais de Alteração:	goethita; argilominerais (total de 2%)
Padrão textural:	granoblástica
Granulação:	fina a média

Descrição Microscópica da Lâmina

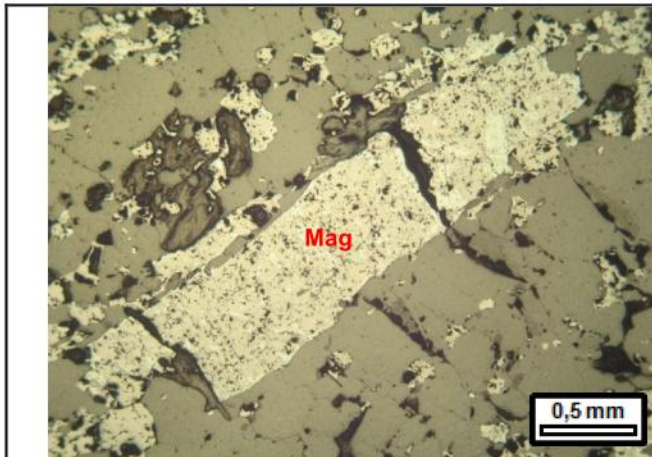
Rocha com foliação paralela ao bandamento. A foliação é definida pela presença de grãos recristalizados e poligonais de quartzo e cristais orientados de minerais opacos (magnetita e hematita). O bandamento da rocha é bastante difuso. Os cristais de magnetita são subédricos a euédricos e em grande parte apresentam-se parcialmente oxidados para hematita. Alguns destes cristais possuem hábito alongado. Esta oxidação progride visualmente da borda para o centro do cristal e/ou a partir de fraturas dos cristais. Raramente observa-se desenvolvimento de hematita ao longo dos planos de clivagem da magnetita, mas que não chegam a formar martita. O contato entre os cristais de magnetita e hematita varia de reto a côncavo-convexo. A magnetita possui raras inclusões de quartzo fino e vice-versa. Clorita e mica branca ocorrem associadas aos óxidos e estão localmente alterados para argilominerais e contêm localmente goethita ao longo dos planos de clivagem. Os filossilicatos estão orientados paralelamente a foliação. Localmente observa-se que os cristais de clorita truncam a magnetita, o que dá a impressão que a primeira cresceu depois da segunda. Existem vênulas de quartzo milimétrico de granulação média, paralelos a foliação.

Nome da Rocha: Itabirito magnetítico

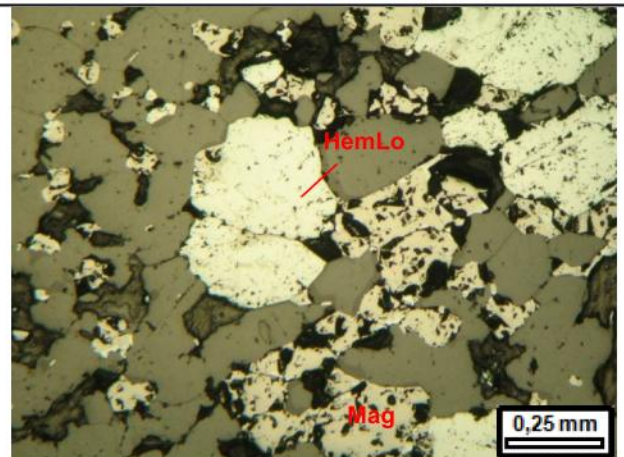
Fotomicrografia



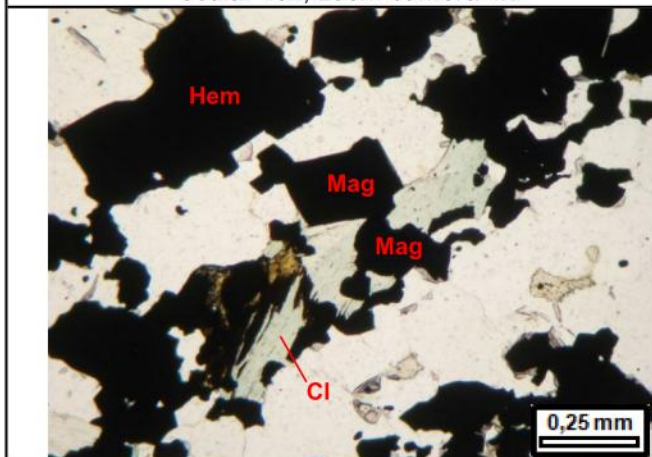
Aspecto textural da rocha. Notar a presença de vênulas de quartzo paralelas a foliação, e os filossilicatos orientados. Luz transmitida e nicóis cruzados a esquerda, luz refletida e nicóis paralelos à direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



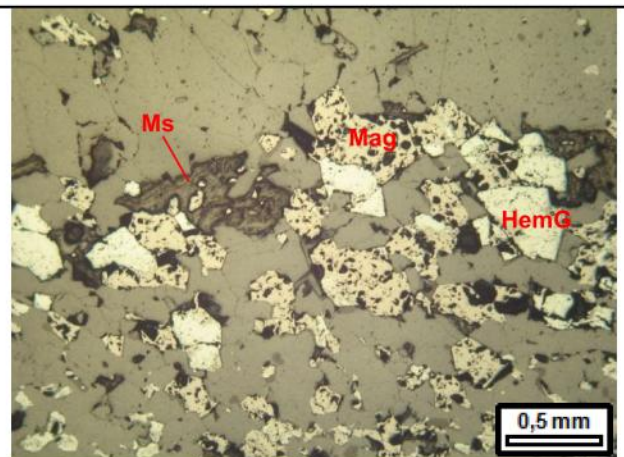
Cristal de magnetita de hábito alongado com porções oxidadas para hematita na borda e ao longo de fraturas do mineral. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



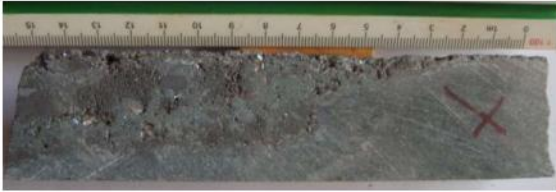
Hematita lobular com restos de magnetita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



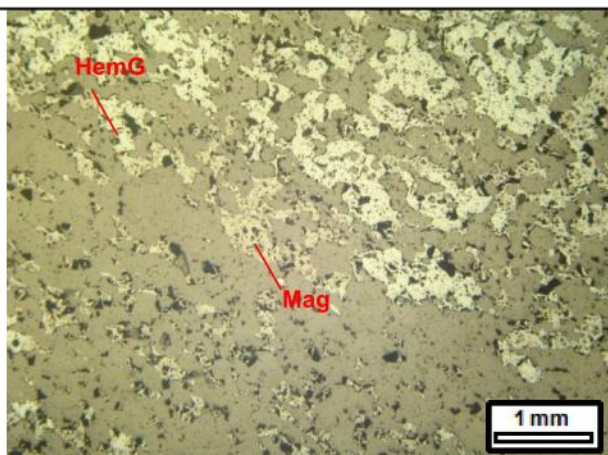
Contato clorita e magnetita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



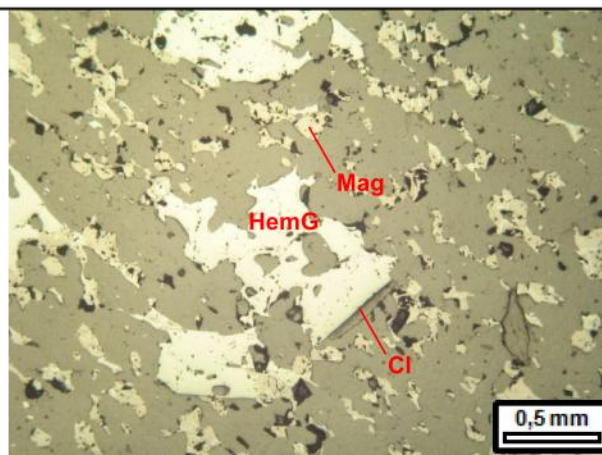
Associação hematita granular, magnetita e filossilicatos. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-003-501	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853920,37	UTM-E:	695644,78
Altitude/profundidade:	1006,53 m de altitude; 59,07 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, cinza médio, granulação média a fina, composta por quartzo, magnetita e hematita. Possui foliação paralela ao bandamento, textura granoblástica. O bandamento possui espessura de até 2 mm, é bastante difuso. A formação ferrífera é cortada por um veio discordante, composto essencialmente por óxidos de ferro com forte magnetismo, com espessura de 5 cm</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	hematita granular (35%); quartzo (30%); hematita lobular (17%); magnetita (8%); hematita lamelar (7%)		
Minerais Acessórios:	clorita; mica branca/sericita; gibsita (total de 2%)		
Minerais de Alteração:	goethita; argilominerais (total de 1%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina a grossa com predomínio de média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>A amostra possui duas porções distintas.</p> <p>Uma porção é composta por formação ferrífera de granulação fina a média, cuja foliação é definida pela orientação de agregados poligonais de quartzo e minerais opacos. Estes minerais opacos são representados por hematita granular, lobular, lamelar e magnetita, são anédricos a subédricos. A proporção de magnetita e hematita nesta porção é aproximadamente semelhante. Nesta porção observa-se que clorita e mica branca/sericita ocorrem associadas aos minerais opacos e possuem alteração pontual para argilominerais, e a presença de goethita ao longo dos planos de clivagem. A magnetita possui em geral granulação mais fina que a hematita e está presente como cristais dispersos pela amostra ou como resíduos dentro dos cristais de hematita, principalmente no núcleo destes, visto que o processo de oxidação na amostra ocorre predominantemente das bordas da magnetita em direção ao centro e raramente ao longo dos planos de clivagem da magnetita.</p> <p>A outra porção da amostra é marcada pela concentração de minerais opacos de granulação grossa, predominantemente hematita de morfologia granular, com alguma hematita lamelar, dispostos de forma discordante com a foliação da outra porção. Nesta porção há localmente cristais de magnetita por vezes parcialmente oxidada, raros cristais dispersos de quartzo, e cavidades preenchidas por gibsita. Observa-se que alguns dos cristais de hematita estão maclados.</p> <p>No contato entre as duas porções há uma banda de espessura milimétrica de grãos de quartzo médio a grosso, com contato serrilhado e extinção bastante ondulante, dispostos de forma que a banda/cristais de quartzo contornam a porção rica em opacos.</p> <p>Goethita ocorre ao longo de toda a amostra associada aos óxidos de ferro, sendo produto da hidratação localizada destes.</p> <p>Cristais de hematita possuem inclusões de quartzo fino a médio, e os cristais de quartzo possuem inclusões de hematita e magnetita fina.</p> <p>A formação ferrífera é cortada por vênulas milimétricas de quartzo, paralelas a foliação. Vale destacar que em algumas destas vênulas a extinção do quartzo é bastante ondulante.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito rico em magnetita com veio de hematita de morfologia predominantemente granular		

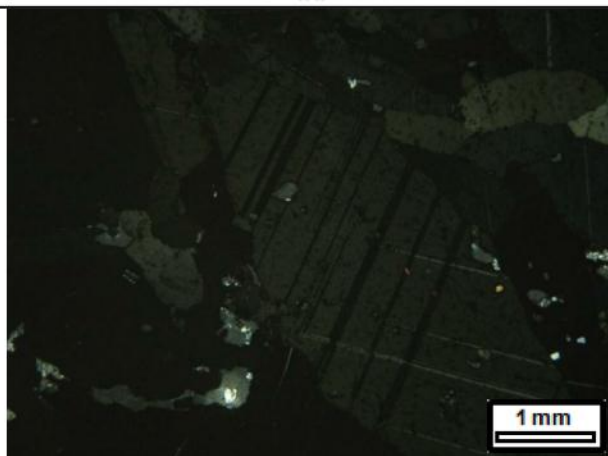
Fotomicrografia



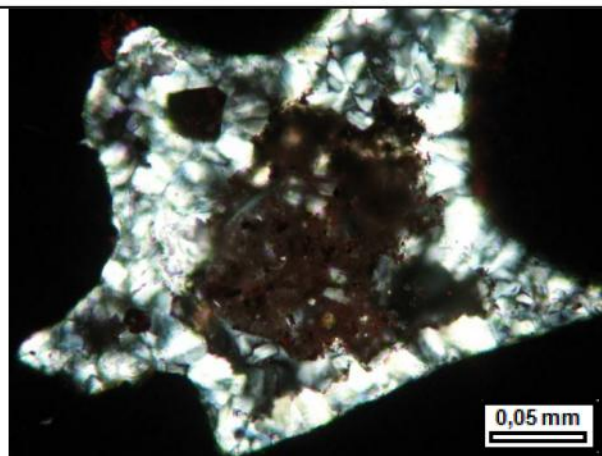
Aspecto textural da formação ferrífera. Notar a presença de bordas oxidadas na magnetita bem como restos de magnetita em alguns cristais de hematita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



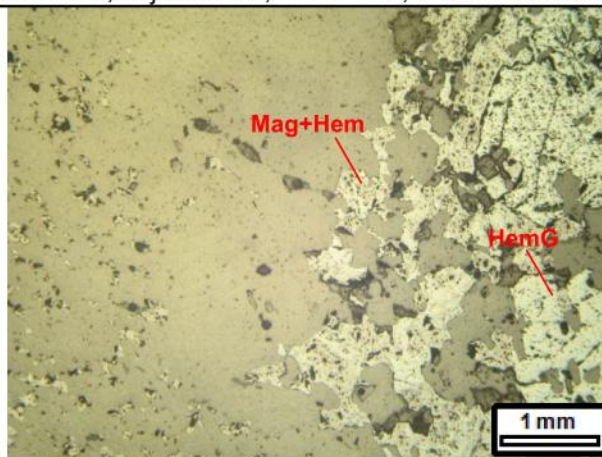
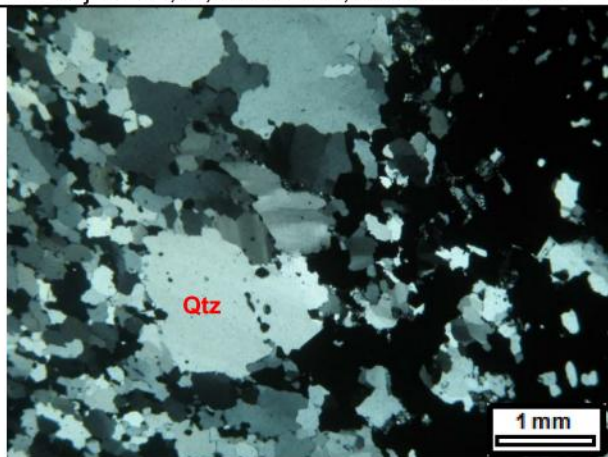
Aspecto textural da amostra. Destaque para a associação da clorita com os óxidos de ferro. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



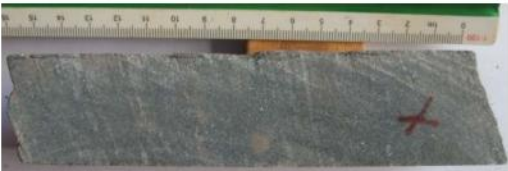
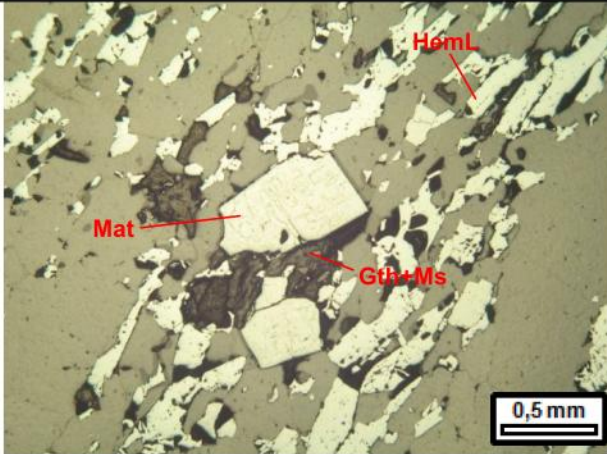
Cristal de hematita granular maclado, presente na porção rica em minerais opacos. Luz refletida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

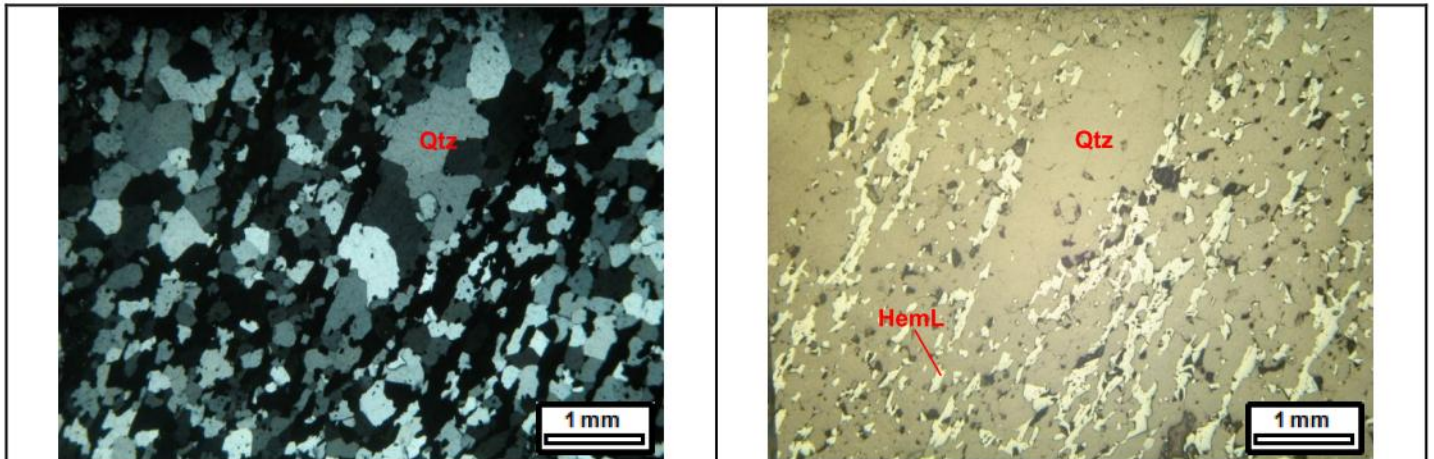


Gibsitita preenchendo cavidade presente na porção da amostra rica em minerais opacos. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera 4x.




Contato da porção rica em minerais opacos (direita) com a formação ferrífera (esquerda). Notar a presença de cordão de quartzo neste contato, com contato serrilhado e extinção ondulante. Luz transmitida e nicóis cruzados na fotomicrografia da esquerda, luz refletida e nicóis paralelos na fotomicrografia da direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

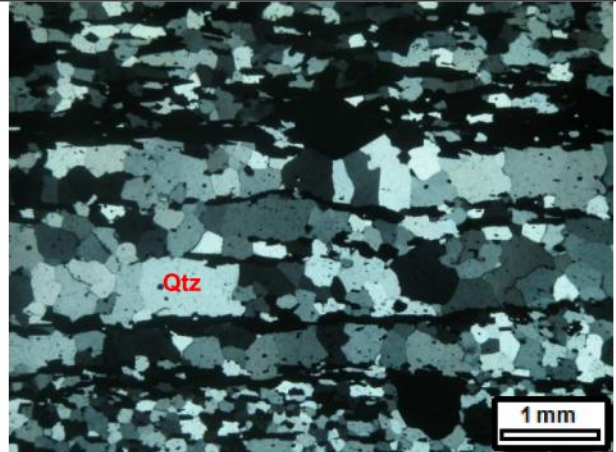
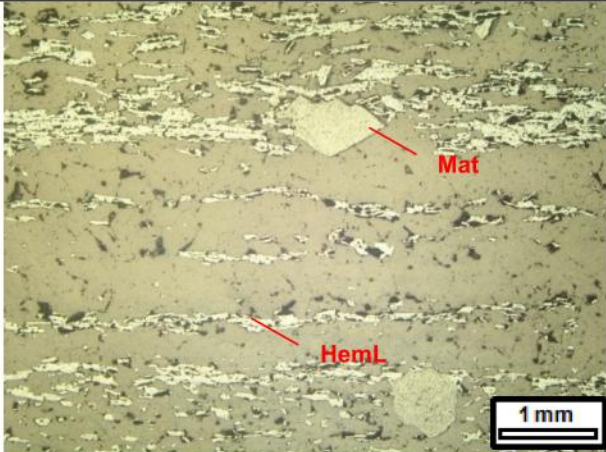
Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-004-501	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852809,61	UTM-E:	695452,69
Altitude/profundidade:	791,657 m de altitude; 27,82 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, cinza médio, granulação média a fina, composta por quartzo, hematita lamelar e granular, rara goethita e argilominerais. A proporção de entre hematita granular e lamelar é semelhante. Possui foliação paralela ao bandamento, textura granoblástica. O bandamento possui espessura de até 2 mm, é difuso. Em algumas porções o bandamento está dobrado (dobra fechada) e nestas porções a foliação da rocha é paralela a foliação plano-axial.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (57%); hematita lamelar (22%); hematita granular (15%); hematita em martita (2%)		
Minerais Acessórios:	mica branca/sericita; hematita lobular; epidoto; clorita (total de 2%)		
Minerais de Alteração:	goethita; argilominerais (total de 2%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina a média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação marcada pela orientação de cristais poligonais de quartzo e de hematita. Apresenta bandamento paralelo a foliação, bastante descontínuo e difuso, marcado por bandas de quartzo com algum óxido de ferro, e bandas de óxido de ferro com algum quartzo. O quartzo possui diversas inclusões de hematita muito fina, e a hematita possui algumas vezes inclusões de quartzo fino. Hematita em martita ocorre como blastos que parecem estar crescidos sobre a foliação. Mica branca/sericita e goethita ocorrem em geral associados aos minerais opacos, estando o primeiro localmente alterado para argilominerais. Epidoto ocorre como cristais subédricos dispersos pela amostra, em geral presente nas bandas quartzosas. A rocha possui por vênulas e lentes de espessura milimétrica, compostas por quartzo de granulação média, dispostos paralelos a foliação. Na terminação das lentes de quartzo há uma leve variação da foliação da rocha, que tende a contornar a vênula.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico lamelar e granular		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>		<p>Blasto de martita, circundado pela associação de goethita+filossilicatos. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>	



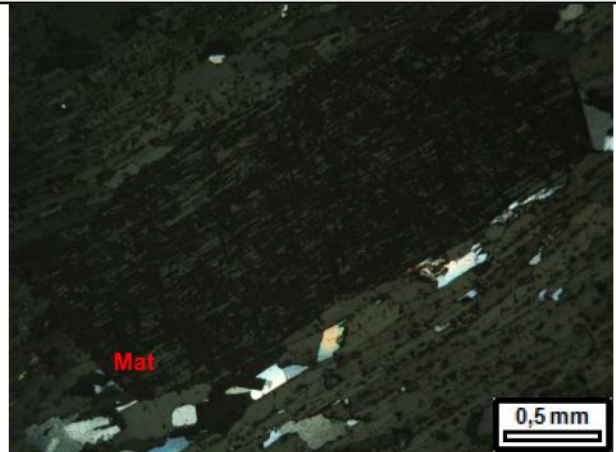
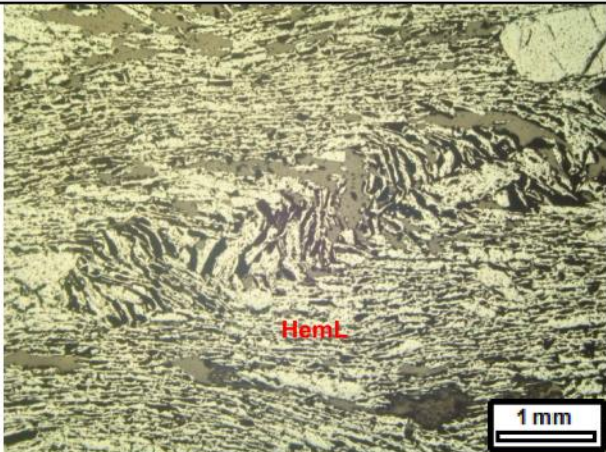
Lente de quartzo, de granulação média, contornada pela foliação da rocha. Luz transmitida e nicóis cruzados a esquerda, luz refletida e nicóis paralelos a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-015-501	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N:	7853042,405	UTM-E: 694748,833
Altitude/profundidade:	1026,186 m de altitude; 178,75 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita (predominantemente especularítica), martita, goethita e argilominerais. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. Os blastos de martita possuem até 2 mm de diâmetro. O bandamento possui espessura ≤ 1 mm, é bastante difuso e está localmente dobrado (dobras milimétricas). Não foi possível observar a relação da foliação com o bandamento nestas dobras. Parte da amostra é constituída essencialmente por especularita e martita, podendo se tratar de um veio concordante a foliação. As dobras citadas estão localizadas próximo a interface veio-encaixante.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (37%); hematita lamelar (32%); hematita em martita (15%); hematita granular (13%)		
Minerais Acessórios:	hematita lobular; mica branca; clorita; apatita (total de 2%)		
Minerais e Processos de Alteração:	argilominerais; goethita (total de 1%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina a média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com bandamento difuso, paralelo a foliação. A foliação é definida pela orientação de cristais de hematita lamelar e quartzo poligonal. O bandamento é definido pela alternância de bandas de quartzo com alguma hematita, e bandas de hematita predominantemente lamelar, com alguns blastos de hematita em martita e um pouco de quartzo. A amostra apresenta uma porção onde predomina os óxidos de ferro, uma faixa cuja espessura é muito maior que a espessura do bandamento da rocha, e cuja orientação dos minerais é paralela a foliação da rocha. A foliação nesta porção apresenta-se localmente cisalhada. É composta essencialmente por hematita lamelar, com alguns blastos de hematita em martita, os quais apresentam hábito alongado. Goethita ocorre principalmente na borda da hematita, e também no plano de clivagem de alguns filossilicatos. Mica branca, clorita e apatita ocorrem dispersos pela amostra. A rocha é cortada por vênulas e lentes milimétricas de quartzo, dispostas paralela a foliação da rocha.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico lamelar e granular		

Fotomicrografia


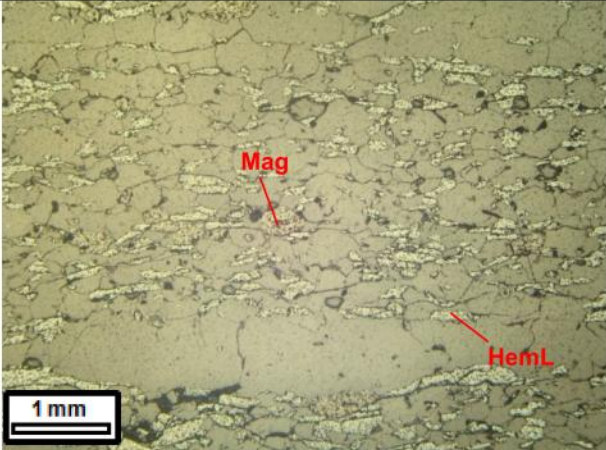
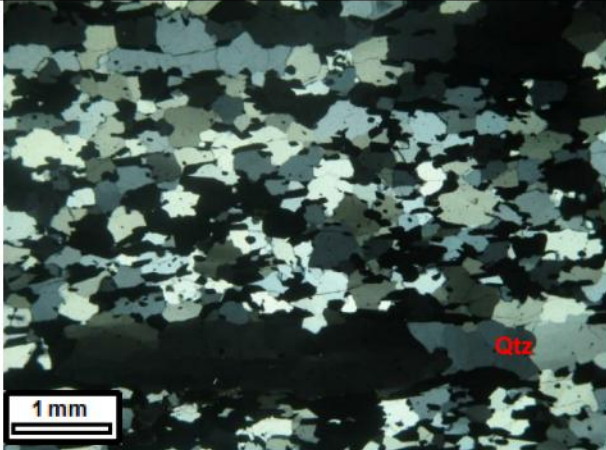


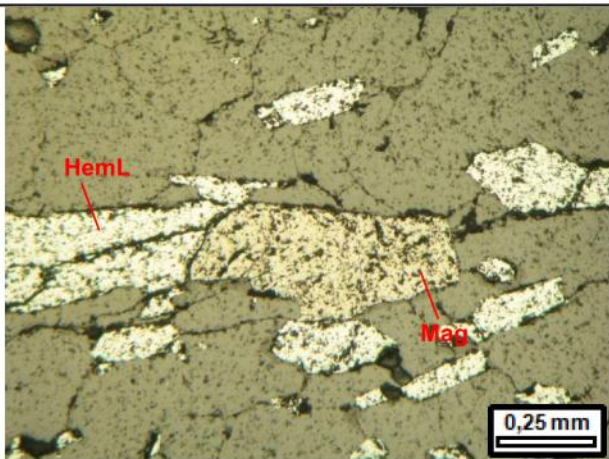
Aspecto textural geral da amostra, mostrando o bandamento difuso e a presença de vênulas de quartzo. Luz refletida e nicóis paralelos à esquerda, refletida e nicóis cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



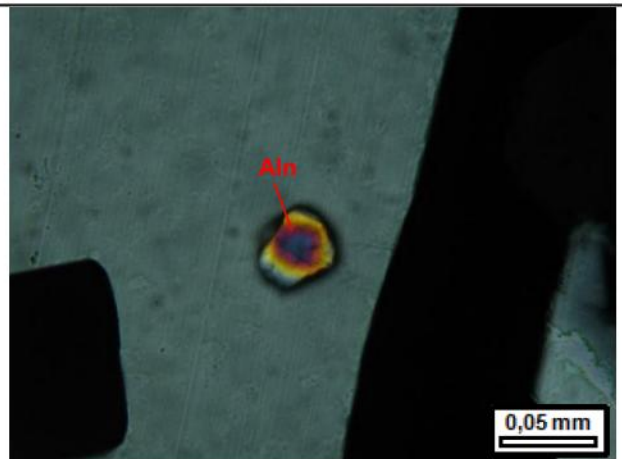
Porção da amostra onde predomina óxido de ferro. Destaque para foliação cisalhada. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Cristais de hematita em martita de hábito alongado, presente na porção da rocha rica em óxidos de ferro. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	PSB-FSD-013-001	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7858120	UTM-E:	700600
Altitude/profundidade:	677 m de altitude; 68,05 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita (predominantemente especularítica) e rara goethita e argilominerais. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento possui espessura ≤ 1 mm e é difuso.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (58%); hematita lamelar (32%); magnetita (7%); hematita granular (2%)		
Minerais Acessórios:	allanita (<0,5%)		
Minerais de Alteração:	goethita; sericita; argilominerais (total de 0,5%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina a média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação definida pela orientação da hematita e de cristais poligonais e recristalizados de quartzo. A hematita ocorre predominantemente com morfologia lamelar, com alguns cristais granulares. É comum o quartzo possuir inclusões de hematita fina e raramente observa-se hematita com inclusões de quartzo. Magnetita ocorre como cristais e blastos subédricos a euédricos, e grande parte possui hábito alongado orientado segundo a foliação da rocha. Alguns dos cristais de magnetita apresentam-se parcialmente oxidados para hematita, onde está oxidação progride da borda para o centro, ao longo da clivagem da magnetita. Somente alguns cristais de magnetita estão crescidos sobre a foliação. Allanita ocorre pontualmente. A rocha possui vênulas de quartzo milimétricas, estando estes cristais com hábito alongado, dispostos paralelamente a foliação. Goethita, sericita e argilominerais ocorrem associados nas bordas dos óxidos de ferro. Sericita ocorre paralela e truncado os óxidos de ferro.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico lamelar		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da amostra, com foliação pela orientação da hematita e de cristais poligonais e recristalizados de quartzo. Notar vênula de quartzo com cristais de hábito alongado e extinção ondulante. Luz refletida a esquerda e transmitida a direita, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			



Relação de contato da magnetita com a hematita. Notar que a magnetita está oorientada segundo a foliação. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.



Cristal de allanita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera da 4x.

Identificação da Lâmina:	PSB-FSD-002-001	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7860409	UTM-E:	701615
Altitude/profundidade:	648 m de altitude; 32,05 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		

Descrição Macroscópica

Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita (granular e especularítica, com predomínio da especularítica), goethita, argilominerais e mica branca. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento possui espessura de até 2 mm e é bastante difuso.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

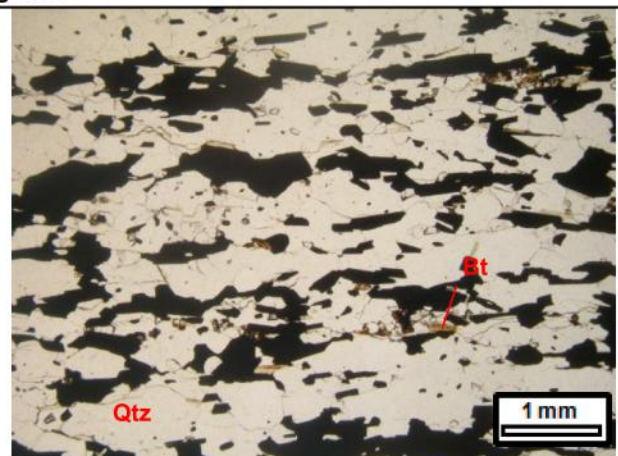
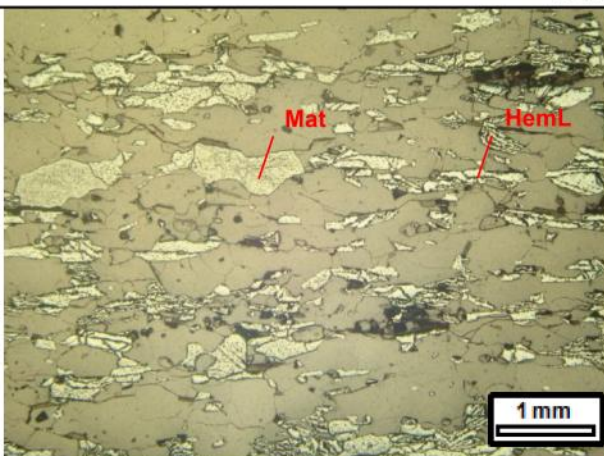
Minerais Essenciais:	quartzo (50%); hematita lamelar (36%); hematita em martita (10%); hematita granular (1%); biotita (1%)
Minerais Acessórios:	apatita (total de 1%)
Minerais de Alteração:	goethita; clorita (total de 1%)
Padrão textural:	granoblástica
Granulação:	fina a média (de $\leq 0,4$ mm até 0,8 mm em média, com alguns cristais de quartzo de comprimento de até 3 mm)

Descrição Microscópica da Lâmina

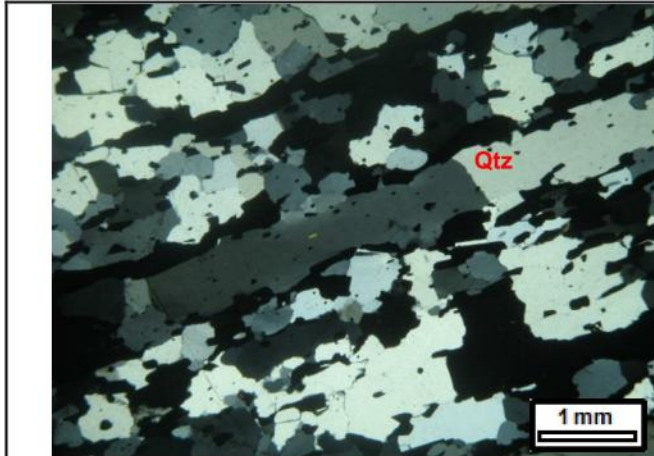
Rocha com foliação definida pela orientação de cristais recristalizados e poligonais de quartzo, e hematita. Possui bandamento incipiente e bastante difuso. Hematita ocorre principalmente com morfologia lamelar, e raramente granular. O quartzo ocorre como cristais subédricos a anédricos, suas relações de contato entre si variam de côncavo-convexo, reto e localmente serrilhado, possuem em geral extinção ondulante, e tamanho de até 3 mm. A hematita em martita aparece como cristais e blastos, subédricos, e a rede triangular é incipiente. Alguns cristais possuem hábito alongado e estão orientados segundo a foliação. Biotita possui cor predominantemente castanha, localmente esverdeada, e está incipientemente alterada para clorita e goethita. A biotita ocorre associada a hematita e orientada paralela a foliação. Localmente a associação biotita+goethita parece ser pseudomorfo de silicato. A goethita ocorre principalmente na borda dos óxidos de ferro e também ao longo da clivagem dos filossilicatos e localmente nos espaços intergranulares do quartzo. Apatita ocorre como cristais subédricos dispersos pela amostra. A amostra possui vênulas de espessura milimétrica, paralelas a foliação, constituídas por quartzo de hábito alongado.

Nome da Rocha: Itabirito hematítico lamelar

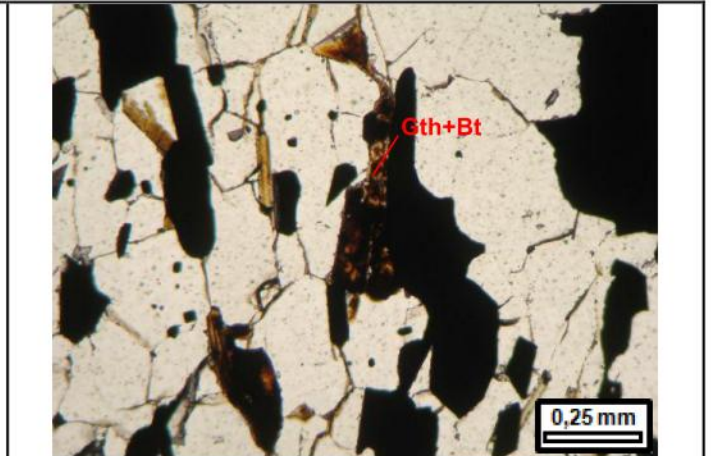
Fotomicrografia




Aspecto textural da rocha, com foliação definida pela orientação de cristais recristalizados e poligonais de quartzo, e hematita lamelar. Luz refletida a esquerda e transmitida a direita, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.

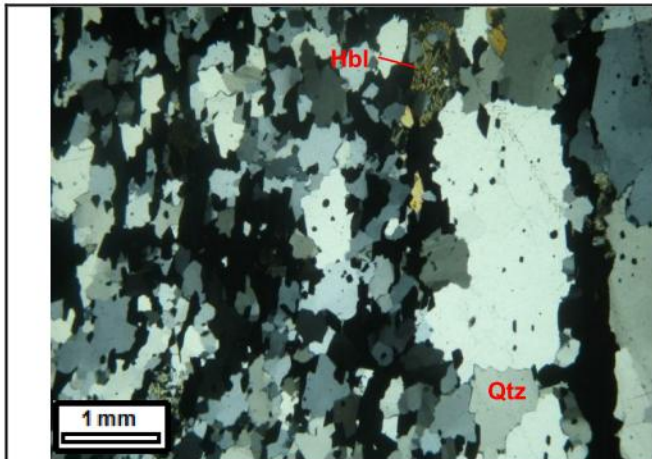


Detalhe na vênula de quartzo de hábito alongado. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.

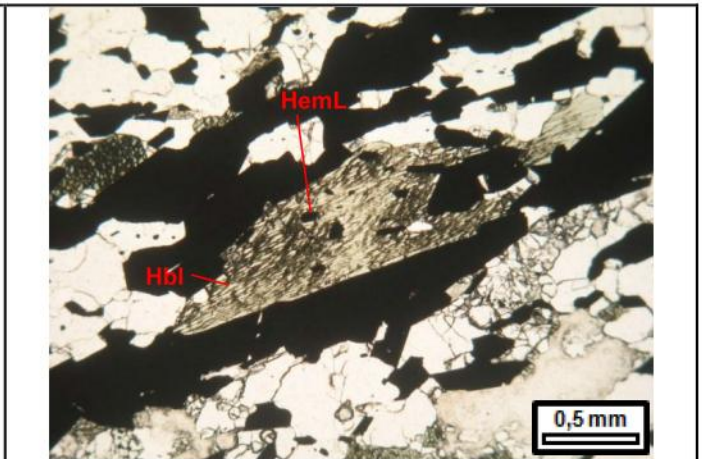


Associação biotita+goethita que localmente parece ser pseudomorfo de algum silicato . Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	PSB-FSD-009-001	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7861070	UTM-E:	701887
Altitude/profundidade:	627 m de altitude; 46,83 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo, hematita, magnetita e goethita. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. O bandamento possui espessura variável de ≤ 1 mm a até 5mm e é difuso.			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (43%); hematita lamelar (30%); magnetita (13%); anfibólio (6%); hematita granular (5%)		
Minerais Acessórios:	apatita; sericita; allanita; biotita verde (total de 2%)		
Minerais de Alteração:	goethita (total de 1%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	fina a média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
Rocha com foliação paralela ao bandamento, sendo o último bastante difuso, e perceptível localmente. A foliação é definida pela orientação dos cristais recristalizados de quartzo e hematita. O quartzo ocorre como cristais subédricos a anédricos, de extinção predominantemente ondulante, e o contato entre os grãos varia de côncavo-convexo, reto e localmente serrilhado. É comum o quartzo possuir inclusões finas de hematita. Hematita ocorre predominantemente com morfologia lamelar, seguida pela granular. Localmente a hematita apresenta-se maclada. A magnetita aparece como cristais e blastos, subédrica a euédrica, em geral aparentemente crescidas sobre a foliação. Porém ocorrem cristais de magnetita de hábito alongado dispostas paralelamente a foliação. O anfibólio é a hornblenda, aparece como cristais subédricos localmente com inclusões de hematita lamelar. Goethita ocorre na borda dos óxidos de ferro, no plano de clivagem do anfibólio, e localmente nos espaços intergranulares do quartzo. Apatita ocorre como cristais subédricos dispersos pela amostra, com até 0,4 mm de diâmetro. Biotita e sericita ocorre como finas palhetas associadas aos óxidos e anfibólio. A allanita possui cor amarelada, ocorre como cristais subédricos, associados a hematita e anfibólio. A rocha possui vênulas de espessura milimétrica de quartzo, estes com hábito alongado, extinção ondulante e contato serrilhado, dispostas paralelas a foliação.			
Nome da Rocha:	Itabirito hematítico lamelar com magnetita e anfibólio		
Fotomicrografia			
			
Aspecto textural da amostra, com foliação definida pela orientação do quartzo e hematita. Luz refletida a esquerda e transmitida a direita, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.			



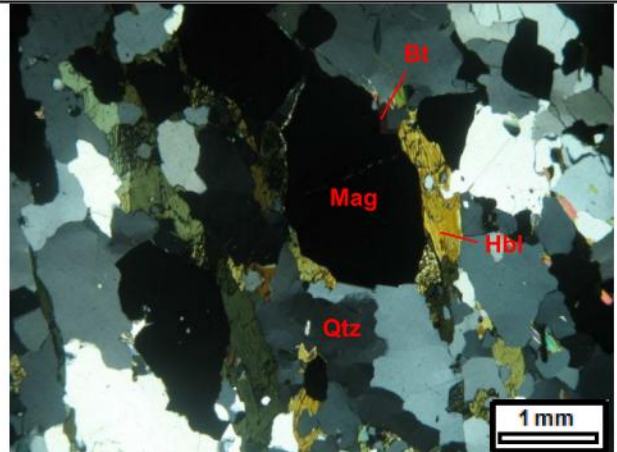
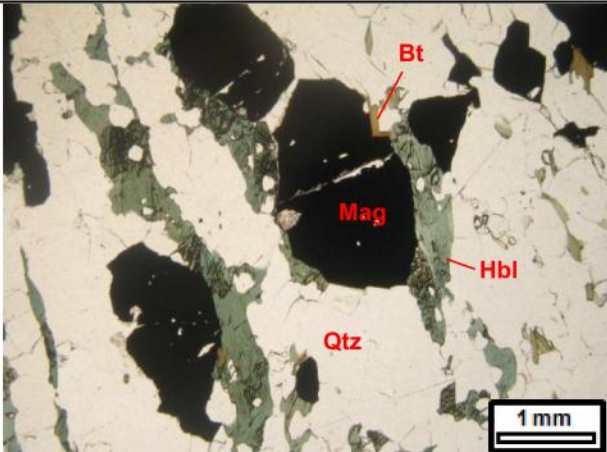
Aspecto textural da rocha, com destaque para vênula de quartzo paralela a foliação. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



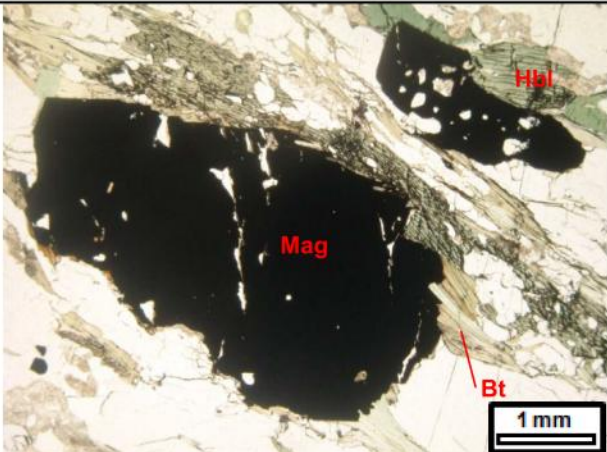
Anfibólio com inclusões de hematita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	PSB-FSD-007-001	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N:	7860580	UTM-E: 701608
Altitude/profundidade:	613 m de altitude; 46,02 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera, foliada, de granulação média a fina, composta por quartzo, magnetita, e mica. A magnetita aparece como blastos de até 3 mm de diâmetro. A mica localmente parece contornar os blastos de magnetita. Alto magnetismo.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (42%); magnetita (25%); anfibólio (16%); biotita (12%); epidoto (2%)		
Minerais Acessórios:	apatita; zircão; allanita; sericita (total de 2,5%)		
Minerais de Alteração:	goethita (0,5%)		
Padrão textural:	granoblástica, lepidoblástica e nematoblástica		
Granulação:	fina a média, localmente grossa		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação definida pela orientação dos cristais recristalizados de quartzo, anfibólio, biotita e magnetita. O quartzo ocorre como cristais subédricos a anédricos, com contato côncavo-convexo, serrilhado e localmente reto, grande parte possui extinção ondulante, granulação em geral média. Magnetita aparece como cristais e blastos, de granulação entre 0,1 mm a 4 mm, são subédricos a anédricos, alguns com hábito alongado orientados paralelamente a foliação. O anfibólio aparentemente é a hornblenda, ocorre como cristais subédricos, comumente alterados para biotita. A cor do anfibólio varia de verde escuro a verde folha, e seu ângulo de extinção na seção longitudinal é de 20°. A biotita possui coloração predominantemente verde, mas também ocorrem cristais de cor marrom a bege. A relação de contato do anfibólio e biotita com a magnetita é variável, pois eles ora truncam ora contornam a magnetita, porém observa-se que a presença de anfibólio+biotita truncando a magnetita é o tipo de relação predominante. Cristais de epidoto subédricos aparecem em uma faixa milimétrica da amostra, orientados segundo a foliação e associados a magnetita. Apatita ocorre como cristais subédricos em geral associada ao quartzo. Zircão ocorre inserido na biotita formando alo pleocróico. Sericita ocorre associada a biotita, e aparece sem orientação preferencial. Goethita aparece nas bordas da magnetita e nos espaços entre os cristais de quartzo. Allanita aparece inserida na biotita formando alo pleocróico. Há um veio de quartzo com cerca de 1 mm de espessura composta por quartzo de granulação grossa, extinção fortemente ondulante, cujo contato entre os grãos é predominantemente serrilhado.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito magnetítico com anfibólio ou quartzito ferruginoso com magnetita e anfibólio		

Fotomicrografia

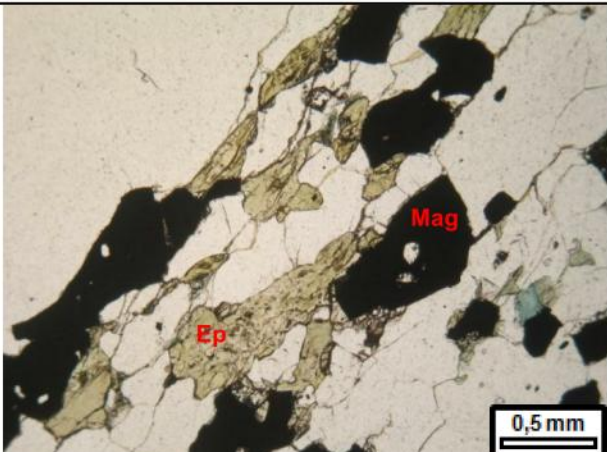


Aspecto textural da amostra cuja foliação é definida pelos cristais recrystalizados de quartzo, anfibólio, biotita e magnetita. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



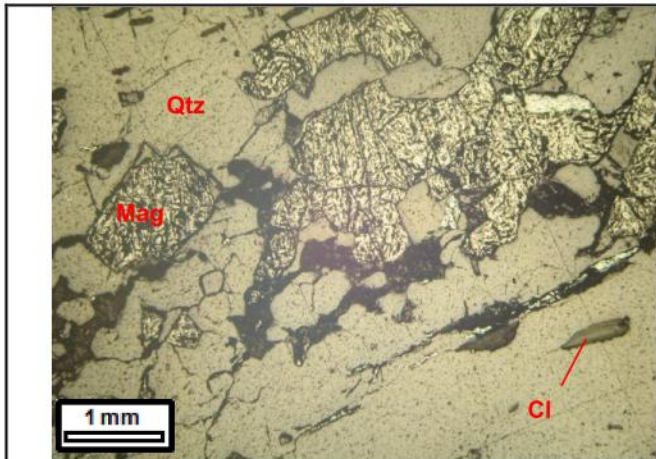
Relação de contato entre biotita e anfibólio com a magnetita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Biotita de coloração verde e castanha, com cristal de allanita inserido no conjunto, formando alo pleocróico. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

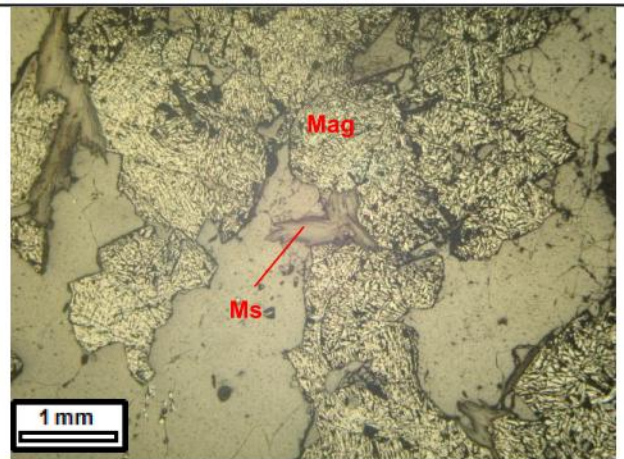


Cristais de epidoto associados a magnetita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.


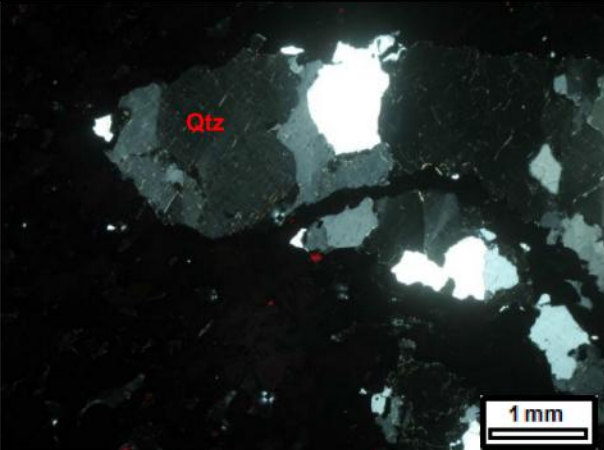
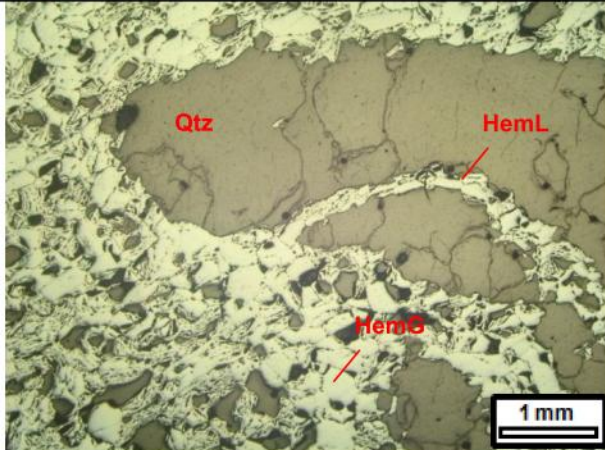
Identificação da Lâmina:	PSB-FSD-005-002	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7860135	UTM-E:	701516
Altitude/profundidade:	709 m de altitude; 77,50 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera, foliada, de granulação média a fina, composta por quartzo, magnetita, hematita, mica e argilominerais. A magnetita aparece como blastos de até 3 mm de diâmetro. Alto magnetismo. Observa-se a alternância de bandas de quartzo com bandas de quartzo+magnetita de 1 mm a 10 mm de espessura.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (75%); magnetita (20%)		
Minerais Acessórios:	hematita lamelar; apatita; mica branca/sericita; clorita (total de 3%)		
Minerais de Alteração:	argilominerais; goethita (total de 2%)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	média a grossa		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação incipiente, definida pela orientação dos agregados poligonais e recristalizados de quartzo, e agregados de magnetita. Os cristais de quartzo são subédricos a anédricos. Magnetita ocorre como cristais euédricos a subédricos, por vezes formando agregados orientados segundo a foliação. Magnetita ocorre como cristais de até 4 mm. Localmente a magnetita está parcialmente oxidada para hematita. Esta oxidação ocorre a partir do plano de clivagem da magnetita. A mica branca/sericita ocorre truncando a magnetita, e observam-se reentrâncias de um mineral no outro, o que indica que um se desenvolveu as custas do outro. É comum os cristais de magnetita possuírem inclusões de quartzo e vice-versa. Hematita lamelar é rara, ocorre associada a vênula de quartzo, orientada paralelamente a foliação. Os argilominerais e a goethita aparecem nas bordas da magnetita. Apatita e clorita ocorrem dispersas pela amostra.</p> <p>A amostra possui veio de quartzo de cerca de 5 mm de espessura com grãos de quartzo grossos, de hábito alongado e extinção bastante ondulante, o que indica que os cristais apresentam processo de subdivisão dos grãos devido a deformação.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito magnetítico ou quartzito ferruginoso magnetítico		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da amostra, com foliação incipiente definida pela orientação dos agregados poligonais e recristalizados de quartzo, e agregados de magnetita. Notar argilominerais presentes nas bordas da magnetita. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.</p>			

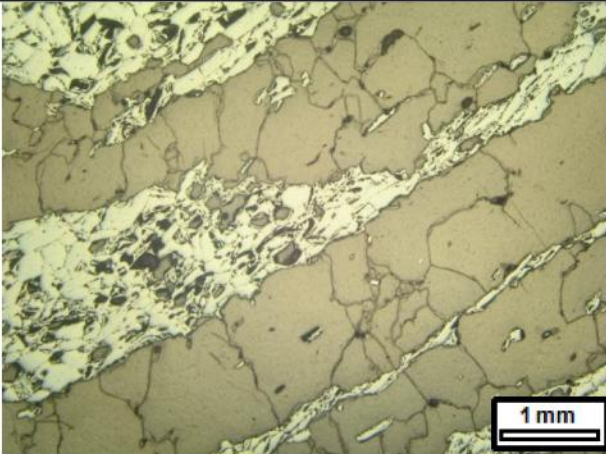


Aspecto textural da amostra. Notar agregados de magnetita orientados. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom da câmera 4x.


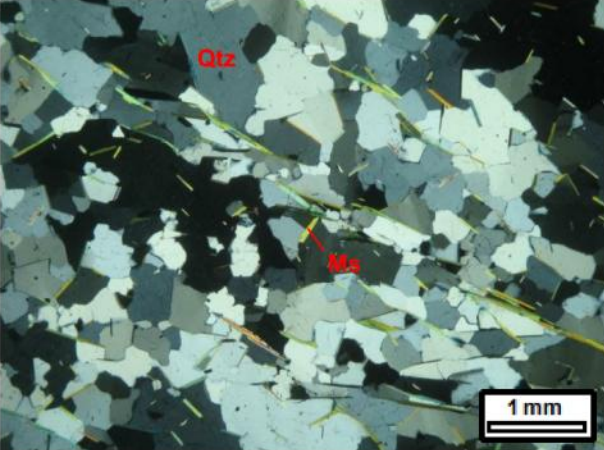
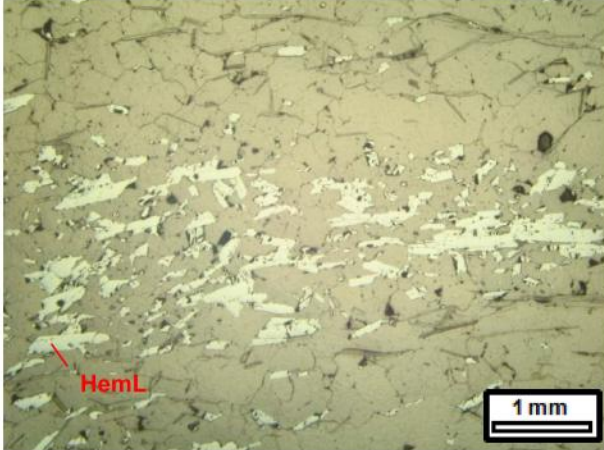


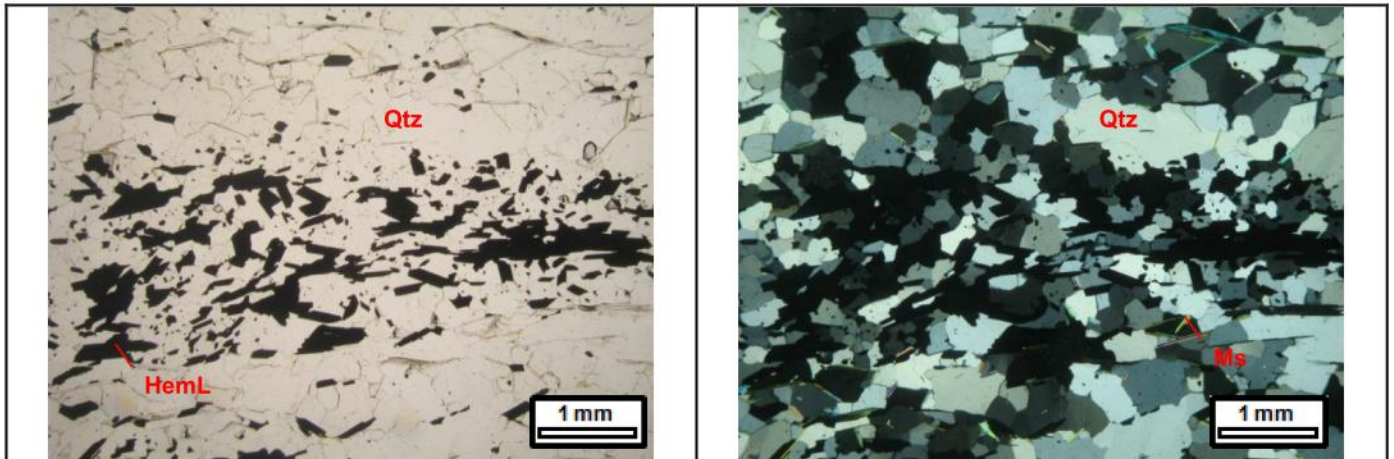
Relação de contato da mica branca com magnetita, formando reentrâncias de um mineral no outro. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-223-002	Origem:	(X)Ponto de campo ()Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852255	UTM-E:	693721
Altitude/profundidade:	912 m		
Unidade Estratigráfica:			
Descrição Macroscópica			
<p>Formação ferrífera bandada, de granulação média a fina, composta por quartzo e hematita lamelar. Possui foliação paralela ao bandamento e textura granoblástica. Parte da amostra é constituída essencialmente por hematita lamelar, e no contato desta porção com a formação ferrífera, esta apresenta bandamento levemente dobrado. Essa porção enriquecida em hematita representa uma zona de cisalhamento.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	hematita lamelar (46%); quartzo (35%); hematita granular (19%)		
Minerais Acessórios:			
Minerais de Alteração:	goethita (total $\leq 1\%$)		
Padrão textural:	granoblástica		
Granulação:	média (~ 1 mm)		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha foliada e bandada, esta marcada pela alternância de bandas de quartzo e de óxido de ferro. A espessura das bandas varia de 0,8 mm a 6 mm. As bandas de quartzo possuem alguma hematita dispersa e vice-versa. A foliação é paralela ao bandamento e definida pela orientação da hematita e de cristais recristalizados de quartzo. O quartzo apresenta-se bastante recristalizado/poligonalizado, com forte extinção ondulante e localmente fraturado. Observa-se em certa porção da lâmina que a foliação/bandamento está localmente dobrada e o bandamento interrompido por aglomerado de óxidos de ferro, os quais apresentam discreta foliação paralela ao do restante da rocha. Uma das bandas de ferro aumenta gradativamente sua espessura até o encontro com o aglomerado de ferro. A hematita ocorre predominantemente com morfologia lamelar, porém também há cristais granulares entremeados a especularita. Raros cristais de hematita possuem inclusões de quartzo e vice-versa. Localmente hematita altera-se para goethita.</p>			
Nome da Rocha:	itabirito hematítico lamelar		
Fotomicrografia			
			
<p>Detalhe do contato do itabirito (direita) com a porção enriquecida em ferro (esquerda). Notar que a inflexão do bandamento do itabirito indica cinemática dextral. Observar fraturamento dos cristais de quartzo. Luz transmitida e nicóis cruzados à esquerda, luz refletida e nicóis paralelos a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			



Detalhe do aumento da espessura da banda de ferro no encontro com a porção enriquecida em hematita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina: MOES-FSB-FSD-012-501		Origem: () Ponto de campo (X) Furo de sondagem	
Datum: SAD69	UTM-N: 7854145	UTM-E: 696714	
Altitude/profundidade: 1661 m de altitude; 108,50 m de profundidade no furo			
Unidade Estratigráfica: Unidade D			
Descrição Macroscópica			
<p>Metaconglomerado cor cinza claro, matriz composta por quartzo e mica branca, com algum óxido de ferro disperso, foliada, e de granulometria areia média. Os clastos apresentam foliação paralela a da matriz, e são compostos por hematita e raro quartzo e mica.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (57%); hematita lamelar (27%); mica branca (15%)		
Minerais Acessórios:	zircão; hematita granular (total ≤1%)		
Minerais de Alteração:			
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	fina a média (~ 1 mm)		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha foliada, definida pela orientação de cristais de mica, hematita e quartzo. Quartzo possui predominantemente textura poligonalizada, com contatos retos entre os cristais. Quartzo possui inclusões de mica branca abundantes, e extinção predominantemente ondulante. Mica branca ocorre como finas palhetas dispersas pela rocha. Hematita encontra-se concentrada em duas faixas na amostra, porém nestas faixas há alternado a hematita, quartzo e mica. Estas faixas, conforme descrição macroscópica, representam clastos do metaconglomerado. Há também alguma hematita dispersa pelo restante da amostra, ou seja na matriz do metaconglomerado. Zircão ocorrem disperso pela amostra. A foliação do clasto é paralela a da matriz.</p>			
Nome da Rocha:	metaconglomerado		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da matriz da rocha, com foliação definida pela orientação de cristais de mica, hematita e quartzo. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>	<p>Detalhe no clasto do metaconglomerado. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>		



Detalhe no clasto do metaconglomerado. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-206-002	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7860760	UTM-E:	701834
Altitude/profundidade:	590 m		
Unidade Estratigráfica:	Unidade D		

Descrição Macroscópica

Rocha de cor cinza médio, granulação média a fina, textura granolepidoblástica, composta por quartzo, mica branca e hematita.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

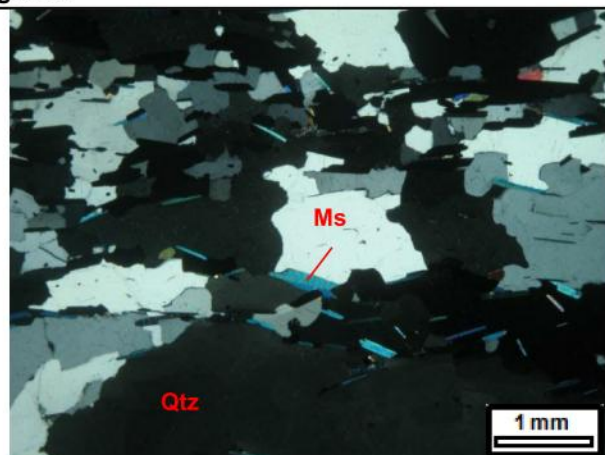
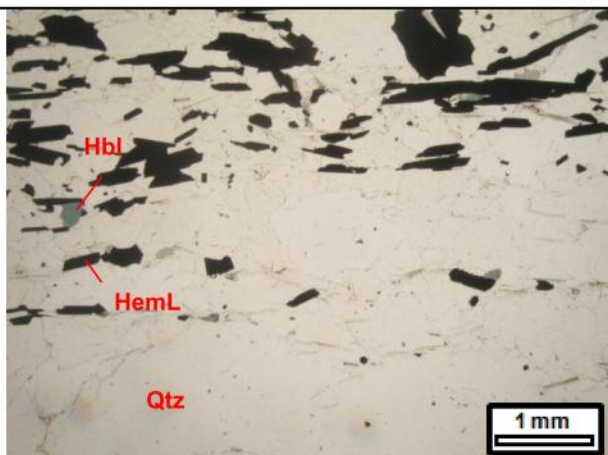
Minerais Essenciais:	quartzo (50%); hematita lamelar (28%); mica branca/sericita (15%); magnetita (3%); hornblenda (1%)
Minerais Acessórios:	apatita; epidoto; hematita granular (total ≤1%)
Minerais de Alteração:	goethita (total ≤2%)
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica
Granulação:	fina a grossa (média de ~ 1 mm, máximo de 5 mm)

Descrição Microscópica da Lâmina

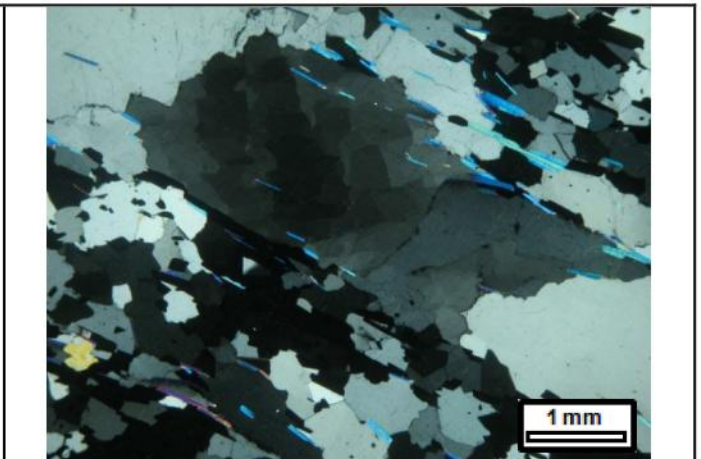
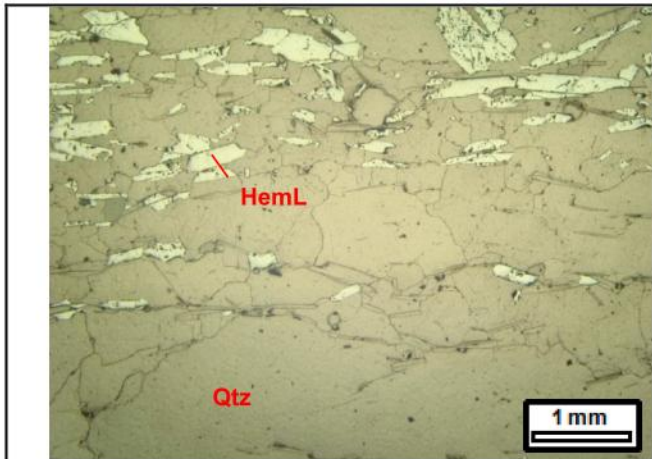
Rocha com foliação definida pela orientação de mica branca e cristais recristalizados de quartzo e hematita lamelar. Os grãos de quartzo estão bastante recristalizados, com extinção predominantemente ondulante, e formação de sub-grãos. Quartzo localmente encontra-se intensamente fraturado, e possui comumente inclusões de hematita e mica branca. Óxidos de ferro ocorrem concentrados em faixas de espessura milimétrica (~ 5 mm). Nestas faixas também há mica e quartzo. Estes óxidos são representados principalmente por hematita lamelar, com alguma magnetita e rara hematita granular. Magnetita é subédrica a euédrica, possui bordas oxidadas para hematita e está orientada paralela a foliação da rocha. Apatita e epidoto são subédricos e ocorrem dispersos pela rocha. Goethita aparece nas bordas e planos de clivagem da mica, entre grãos de quartzo, e na borda dos óxidos de ferro. Localmente agregados de goethita e finas palhetas de mica parecem ser produto de alteração de algum silicato. Hornblenda ocorre predominantemente associado a hematita, e esta orientado paralelo a foliação.

Nome da Rocha: quartzito ferruginoso

Fotomicrografia

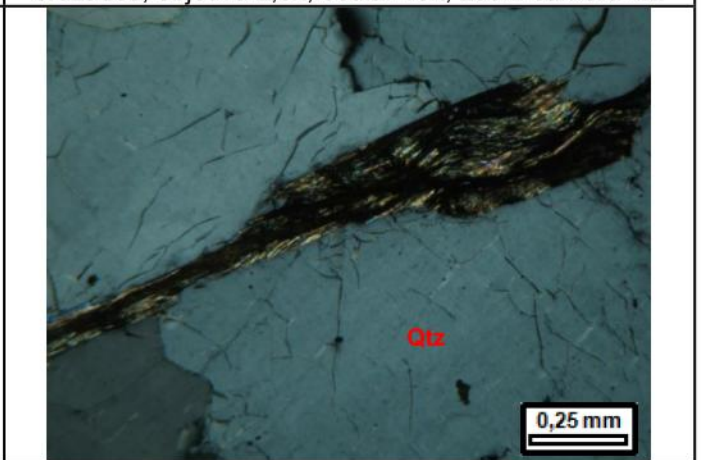
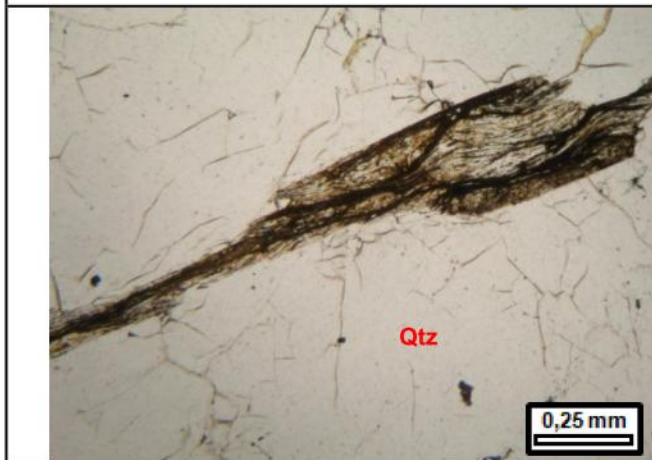


Aspecto textural da rocha, com foliação definida pela orientação de mica branca e cristais recristalizados de quartzo e hematita lamelar. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

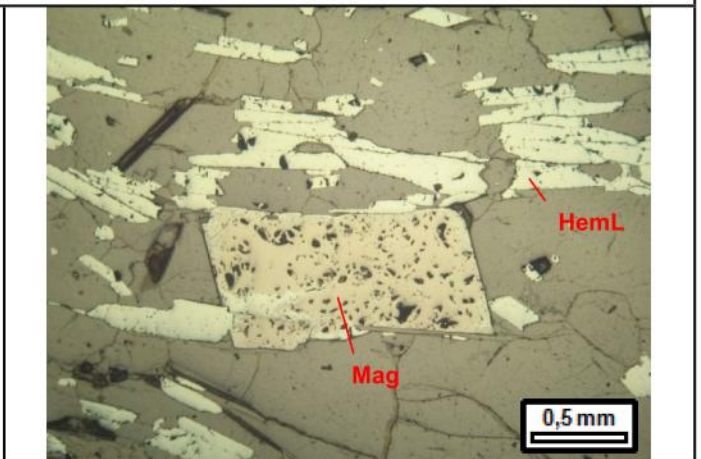
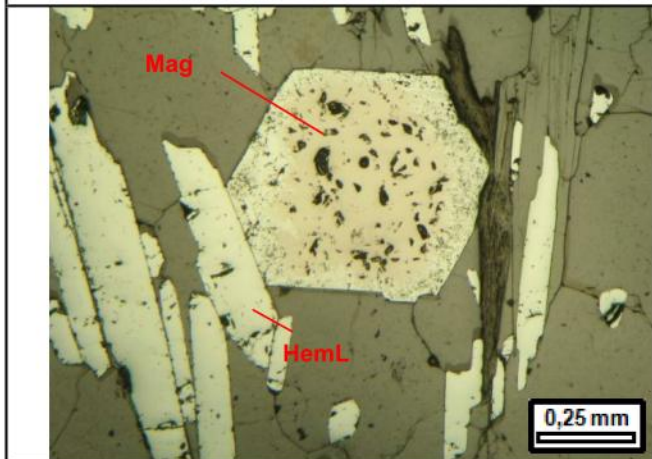


Aspecto textural da rocha. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Detalhe no cristal de quartzo com extinção ondulante e formação de sub-grãos. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Detalhe em provável silicato alterado para goethita+mica branca/sericita. Notar cristais de quartzo fraturados. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Detalhe em cristais de magnetita, parcialmente oxidados para hematita, orientados segundo a foliação. Luz refletida e nicóis paralelos, objetiva 10x a esquerda e 5x a direita, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-091-002	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7854805	UTM-E: 697684	
Altitude/profundidade:	954 m		
Unidade Estratigráfica:	Unidade D		

Descrição Macroscópica

Rocha de cor cinza médio, granulação média a fina, textura granolepidoblástica, composta por quartzo, mica branca, cianita e hematita.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

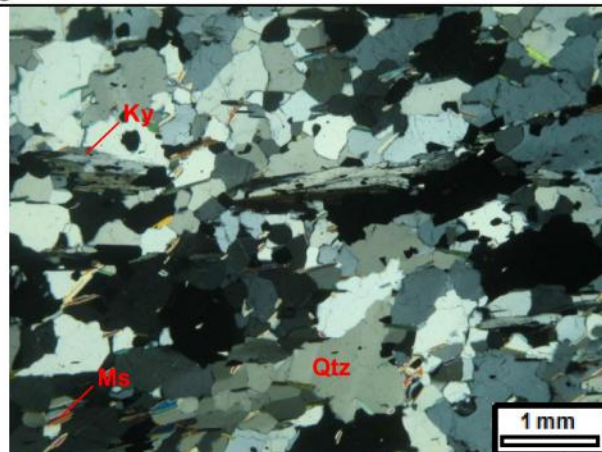
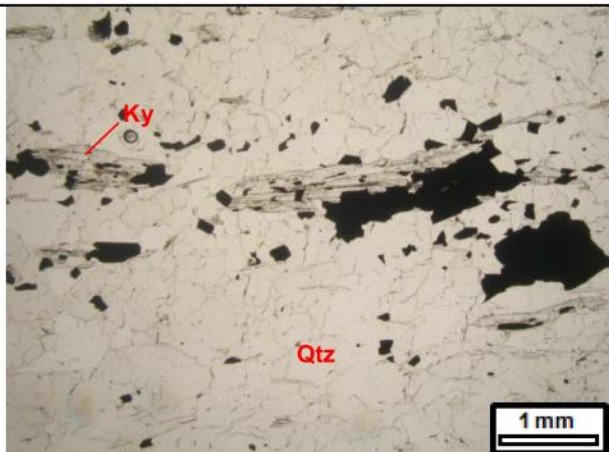
Minerais Essenciais:	quartzo (38%); mica branca (18%); cianita (10%); hematita lamelar (27%); hematita granular (2%); hematita lobular (2%); hornblenda (1%)
Minerais Acessórios:	zircão (total $\leq 1\%$)
Minerais de Alteração:	goethita; sericita (total $\leq 1\%$)
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica
Granulação:	fina a média (média de $\sim 0,8$ mm)

Descrição Microscópica da Lâmina

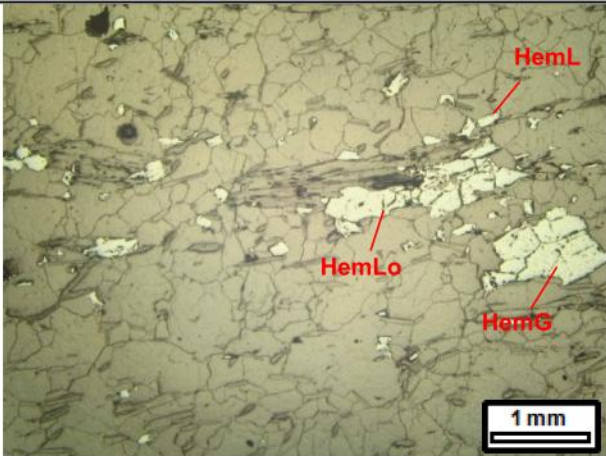
Rocha com foliação conferida pela orientação de cristais recristalizados de mica, cianita, óxidos de ferro e quartzo. O quartzo ocorre com hábito subédrico a anédricos, com extinção ondulante, comumente fraturados. O contato entre os cristais varia de reto a côncavo-convexo. Possui inclusões de mica branca e hematita. Cianita aparece como finos cristais, comumente com inclusões de hematita, sericita e goethita. Hornblenda ocorre associado a hematita, é subédrico a anédrico, e altera-se para goethita e sericita. Hematita ocorre principalmente com morfologia lamelar, porém também ocorrem cristais granulares e lobulares. Estes aparecem por toda a amostra, porém concentram-se numa faixa de cerca de 5 mm, paralela a foliação. Zircão ocorre disperso pela amostra.

Nome da Rocha: quartzito ferruginoso

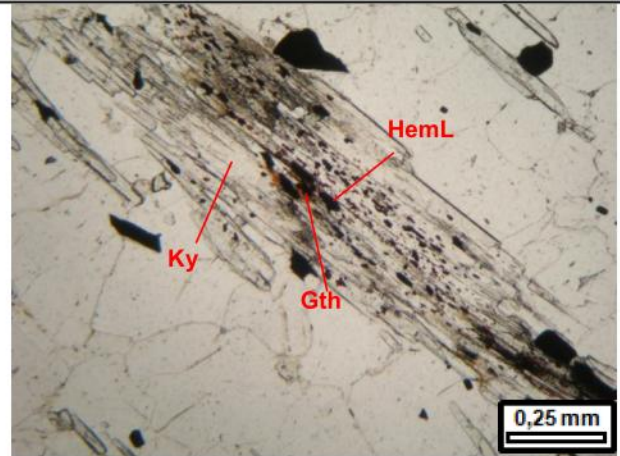
Fotomicrografia



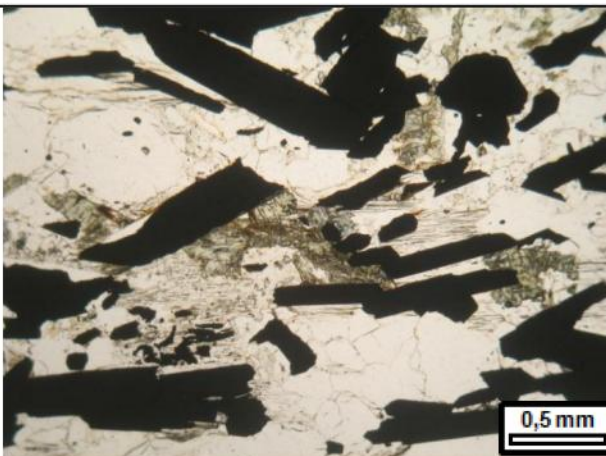
Aspecto textural da rocha, com foliação conferida pela orientação de cristais recristalizados de mica, cianita, óxidos de ferro e quartzo. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Aspecto textural da rocha. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Detalhe na cianita com inclusões de hematita, goethita e sericita. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Detalhe no mineral verde associado à hematita. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	FSD-014-P-189,40	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852924,18	UTM-E:	694593,44
Altitude/profundidade:	1018,103 m de altitude; 189,40 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade E		

Descrição Macroscópica

Rocha verde escuro, foliada, textura lepigranonematoblástica, granulação fina a média, composta por quartzo, anfibólio, biotita e óxidos de ferro.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

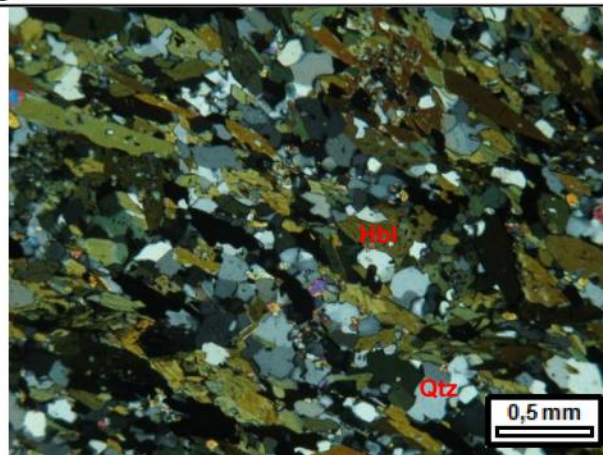
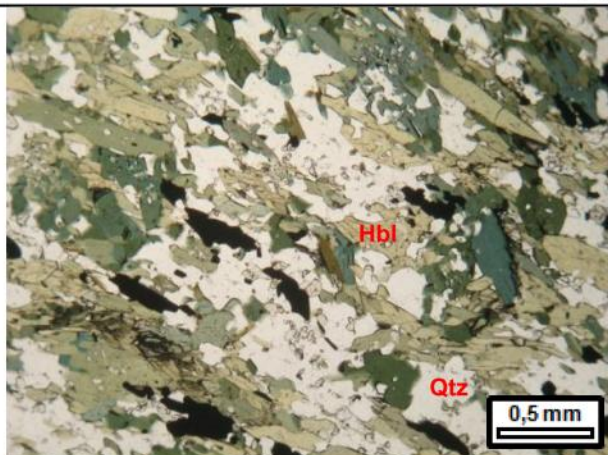
Minerais Essenciais:	hornblenda (45%); plagioclásio (25%); quartzo (10%); ilmenita (8%); epidoto (3%); hematita (3%); biotita (2%);
Minerais Acessórios:	pirita; calcopirita; arsenopirita; pirrotita; magnetita; esfalerita; apatita; zircão; (total de 1%)
Minerais de Alteração:	sericita; clorita; argilomineral; goethita (total de 1%)
Padrão textural:	granoblástica e nematoblástica
Granulação:	fina a média

Descrição Microscópica da Lâmina

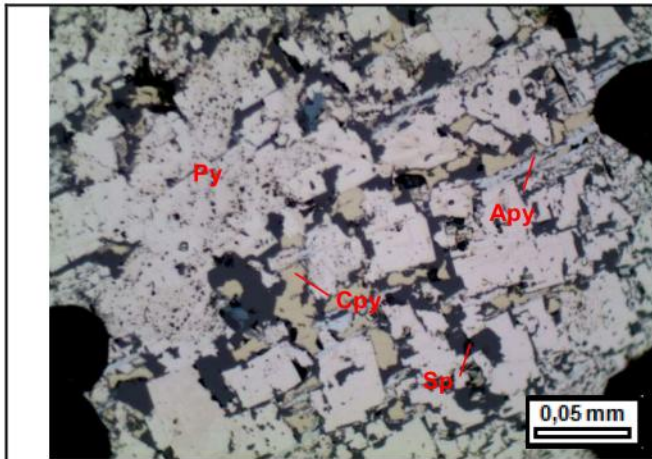
Rocha com foliação ondulada, conferida principalmente pela orientação dos cristais de anfibólio e quartzo. Os grãos de quartzo apresentam-se poligonais, em geral com hábito alongado, paralelamente a foliação, e com extinção ondulante. O plagioclásio varia de subédrico a euédrico, ocorre maclado ou não, quando não maclado é identificado por seu zonamento composicional, e localmente alterados para sericita e argilomineral. A hornblenda altera-se para epidoto, clorita e biotita. Os minerais opacos (sulfetos e óxidos) apresentam-se orientados paralelamente a foliação, são euédricos a subédricos, localmente poiquiloblásticos, e ocorrem disseminados pela rocha e associados entre si. A quantidade de óxidos predomina sobre os sulfetos. Dentre os sulfetos foram identificados pirita, calcopirita, pirrotita, arsenopirita, esfalerita. Goethita ocorre como produto de alteração incipiente de sulfetos e óxidos ou cresce nos planos de clivagem e fraturas da hornblenda. Apatita e zircão ocorrem dispersos pela amostra. A rocha é cortada por lente submilimétricas de quartzo, paralelas a foliação.

Nome da Rocha: Anfibolito

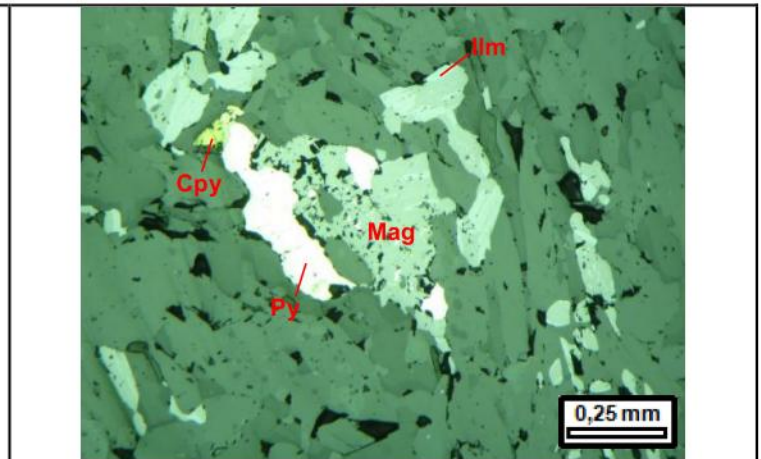
Fotomicrografia



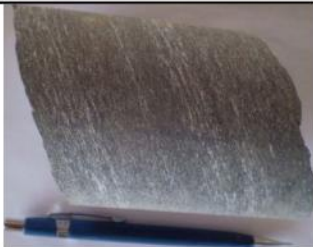
Aspecto geral da foliação da rocha, com foliação conferida principalmente pela orientação do anfibólio e quartzo. Luz transmitida, nicóis paralelos a esquerda e cruzados a direita, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



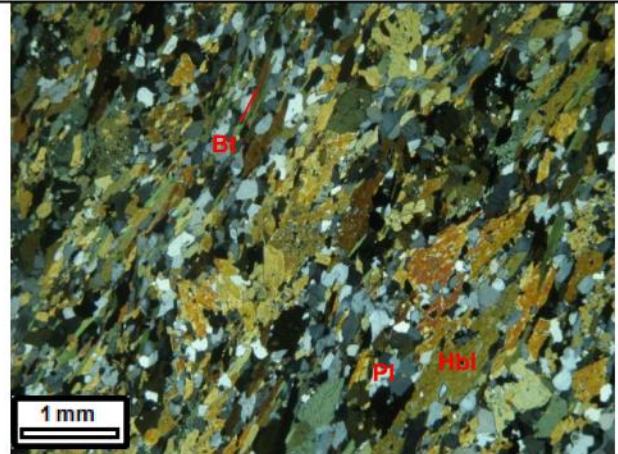
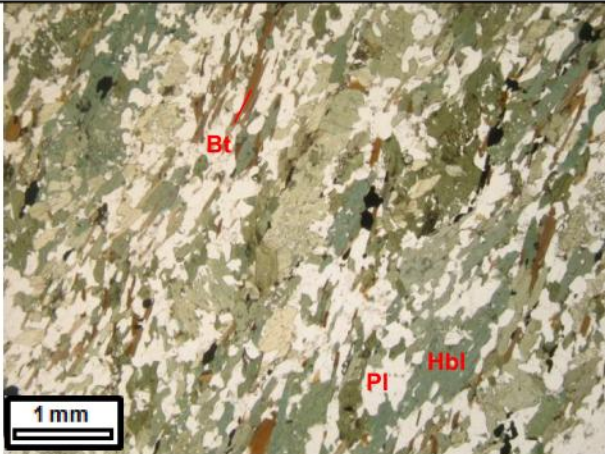
Detalhe para a associação pirita, calcopirita, arsenopirita e esfalerita. Luz refletida, nicóis paralelos objetiva 50x, ocular 10x.



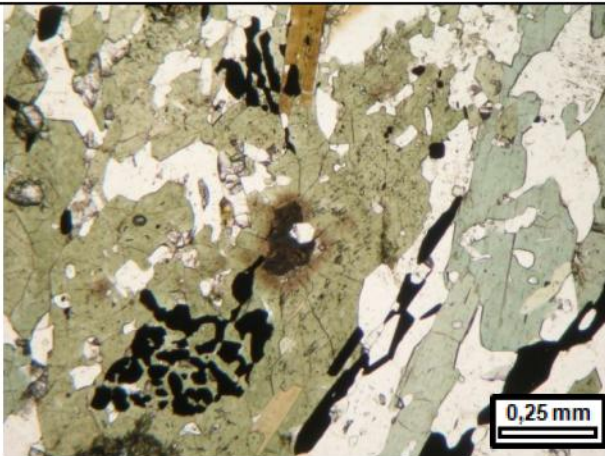
Detalhe para a associação ilmenita, magnetita, pirita, calcopirita. Luz refletida, nicóis paralelos objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-FSD-011-505	Origem:	<input type="checkbox"/> Ponto de campo <input checked="" type="checkbox"/> Furo de sondagem	
Datum: SAD69	UTM-N:	7852961,61	UTM-E:	696062,16
Altitude/profundidade:	906,994 m de altitude; 104,30 m de profundidade no furo			
Unidade Estratigráfica:	Unidade E			
Descrição Macroscópica				
<p>Rocha cor verde escuro, granulação fina a média, foliada, textura lepidogranoblástica. Composta por anfibólio, feldspato, quartzo, biotita e óxidos de ferro.</p>				
Descrição Microscópica				
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)				
Minerais Essenciais:	hornblenda (50%); plagioclásio (30%); ilmenita (7%); quartzo (5%); biotita (5%)			
Minerais Acessórios:	apatita; calcopirita; titanita; allanita; pirrotita; pirita; arsenopirita; pentlandita; zircão; rutilo (total de 2%)			
Minerais de Alteração:	clorita; sericita; argilominerais; goethita (total de 1%)			
Padrão textural:	nematoblástica e granoblástica			
Granulação:	fina a média			
Descrição Microscópica da Lâmina				
<p>Rocha com foliação anastomosada marcada pela orientação de cristais e blastos de anfibólio e plagioclásio. O anfibólio é a hornblenda ocorre como cristais e blastos, anédricos a euédricos. Ocorre também localmente como poiquiloblastos, neste caso com inclusões de quartzo e plagioclásio. Localmente o anfibólio possui inclusão de plagioclásio, quartzo e allanita e altera-se para biotita e clorita. Associado ao anfibólio há cristais subédricos a euédricos de titanita, apatita, allanita e opacos. Allanita quando associada ao anfibólio, é comum formar alo pleocróico. O plagioclásio varia de subédrico a euédrico, ocorre maclado ou não, quando não maclado é identificado por seu zonamento composicional. Apresenta-se incipientemente alterado para sericita+argilominerais. Os minerais opacos estão em geral orientados segundo a foliação, ocorrem agregados, são subédricos a euédricos, localmente como blastos, e são representados por óxidos e sulfetos. Os óxidos são representados por cristais de ilmenita isolados ou associados aos sulfetos. Os sulfetos aparecem associados e são representados principalmente por pirita associada ou não a calcopirita, pirrotita (com filetes de pentlandita) e arsenopirita. Zircão aparece na biotita, formando alo pleocróico. Goethita ocorre nas bordas dos sulfetos e no plano de clivagem dos filossilicatos.</p>				
Nome da Rocha:	Anfibolito			

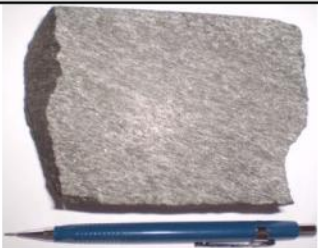
Fotomicrografia



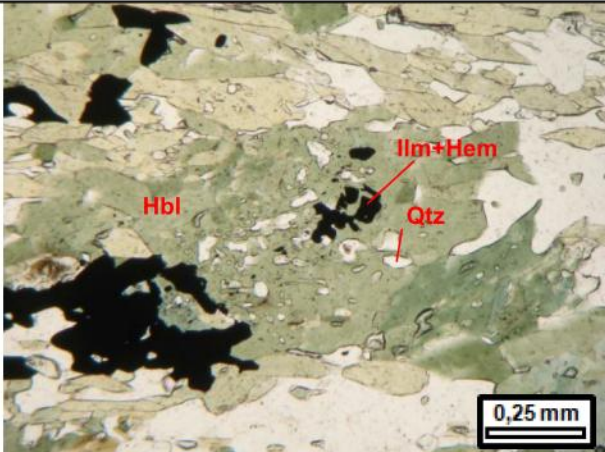
Aspecto textural da rocha, com foliação definida pelo anfibólio e plagioclásio. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



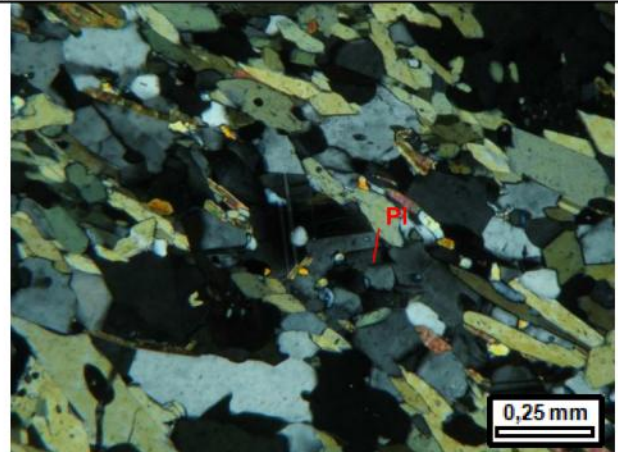
Detalhe da allanita associada ao anfibólio, formando alo pleocroíco. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES- FSB -FSD-005-513	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853707,77	UTM-E:	695341,47
Altitude/profundidade:	968,6 m de altitude; 95,02 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade E		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cor verde escuro, granulação fina a média, foliada, textura lepidogranoblástica. Composta por anfibólio, feldspato, quartzo, biotita e óxidos de ferro.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	anfibólio (50%); plagioclásio (30%); quartzo (5%); ilmenita (3%); hematita (3%); biotita (2%); clinozoisita (1%); epidoto (1%)		
Minerais Acessórios:	pirita; calcopirita; arsenopirita; pirrotita; allanita; apatita (total de 1,5%)		
Minerais de Alteração:	argilominerais; sericita; clorita; goethita (total de 0,5%)		
Padrão textural:	nematoblástica e granoblástica		
Granulação:	fina a média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação marcada pela orientação de cristais e blastos de anfibólio e plagioclásio. Localmente a foliação apresenta-se anastomosada. O anfibólio é a hornblenda, e ocorre como cristais e blastos, anédricos a euédricos. Ocorre também localmente como poiquiloblastos, neste caso com inclusões de quartzo e plagioclásio. Localmente o anfibólio possui inclusão de minerais opacos, mesmo os cristais que não são poiquiloblásticos. O plagioclásio varia de subédrico a euédrico, raramente ocorre maclado, sendo portando identificado por seu zonamento composicional. Apresenta-se incipientemente alterado para sericita+argilominerais. Biotita e clorita, ocorrem associados a hornblenda, sendo produtos de alteração desta. Observa-se localmente desenvolvimento de biotita ao longo do plano de clivagem do anfibólio. Cristais de epidoto e clinozoisita são subédricos a anédricos, ocorrem associados ao anfibólio e orientados segundo a foliação. Allanita possui pleocroísmo de marrom escuro a claro e apresenta clinozoisita nas bordas de alguns cristais. Os minerais opacos estão em geral orientados segundo a foliação, ocorrem agregados, são subédricos a euédricos, localmente como blastos, e são representados por óxidos e sulfetos. Os óxidos são representados pela associação de ilmenita+hematita. Os sulfetos aparecem associados e são representados calcopirita, pirita, arsenopirita e pirrotita. Goethita ocorre nas bordas dos sulfetos e no plano de clivagem dos filossilicatos. Há vênulas de quartzo de granulação média, de espessura milimétrica, dispostas paralelamente a foliação.</p>			
Nome da Rocha:	Anfibolito		

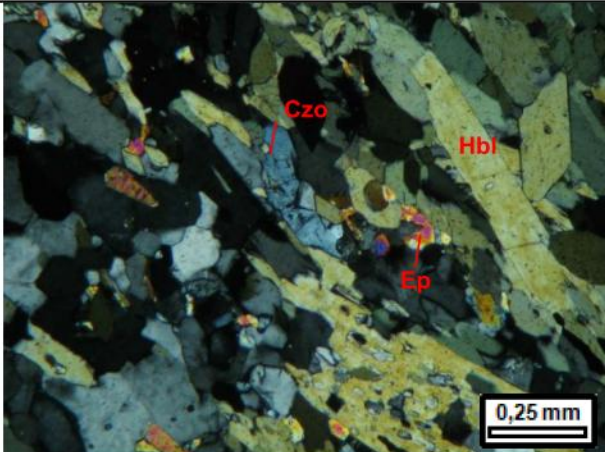
Fotomicrografia



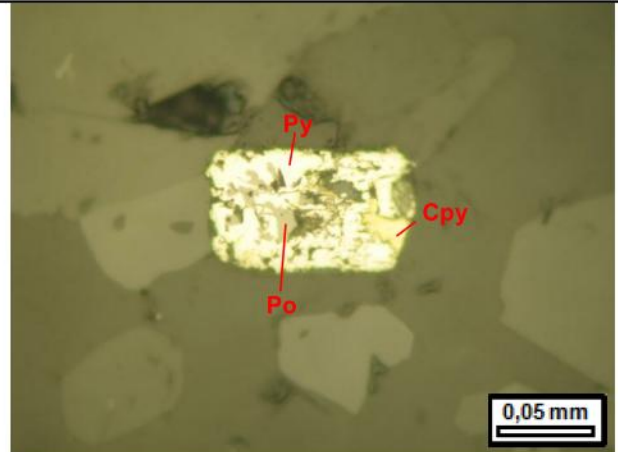
Cristal de anfíbólio poiquiloblástico com inclusões de quartzo, plagioclásio e ilmenita+hematita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.




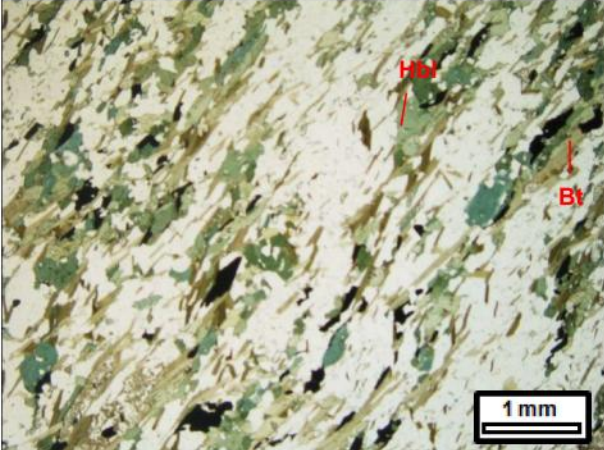
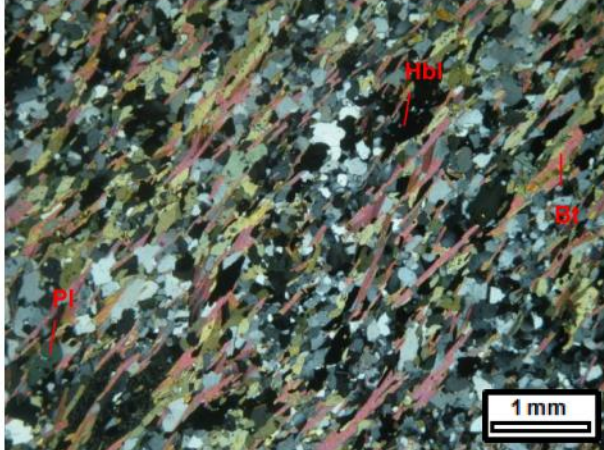
Detalhe para cristais de plagioclásio maclado e com zonamento composicional. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

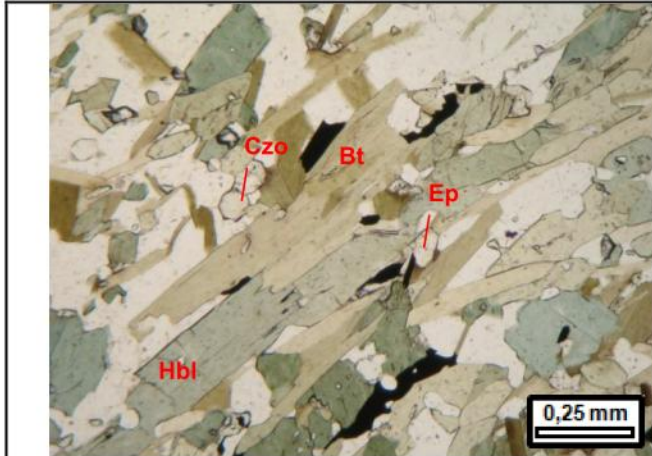


Associação anfíbólio, epidoto e clinozoisita. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

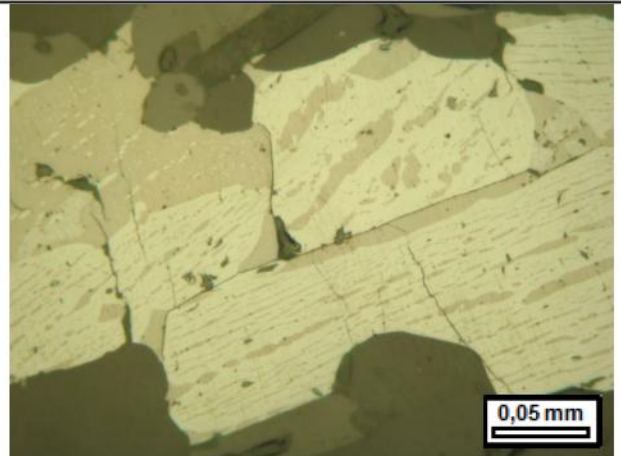


Associação pirita, calcopirita e pirrotita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES- FSB -FSD-004-503	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7852809,61	UTM-E:	695452,69
Altitude/profundidade:	791,657 m de altitude; 63,70 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade E		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cor verde escuro, granulação fina a média, foliada, textura lepidogranoblástica. Composta por feldspato, anfibólio, biotita e quartzo.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	biotita (25%); plagioclásio (34%); anfibólio (22%); ilmenita (5%); epidoto (4%); quartzo (4%); hematita (2%); allanita (1%); clinozoisita (1%)		
Minerais Acessórios:	apatita; calcopirita; carbonato (total de 1%)		
Minerais de Alteração:	argilominerais; sericita; clorita (total de 1%)		
Padrão textural:	nematoblástica e granoblástica		
Granulação:	fina a média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação definida pela orientação dos cristais de biotita, plagioclásio e anfibólio. Biotita e anfibólio ocorrem majoritariamente associados, somente localmente observam-se estes minerais dispersos entre os cristais de plagioclásio. A biotita aparentemente é produto de alteração do anfibólio. O anfibólio presente na lâmina é a hornblenda. Clorita aparece associada ao anfibólio, e representa produto do metamorfismo retrógrado. O plagioclásio ocorre como cristais subédricos a anédricos, maclados ou não. Quando não maclados são identificados pelo zonamento composicional. Raríssimos cristais de plagioclásio apresentam alteração para sericita+argilominerais. Os minerais opacos estão orientados paralelamente a foliação, ocorrem como cristais e blastos euédricos a subédricos e são representados principalmente por ilmenita com ex-solução de hematita. Estas lamelas de ex-solução estão frequentemente paralelas a foliação. Outro mineral opaco presente é a calcopirita, que é rara e ocorre em geral associada a ilmenita. Epidoto, clinozoisita, allanita e apatita são subédricos a euédricos e ocorrem em geral associados ao anfibólio e biotita. Epidoto ocorre localmente maclado. Quartzo é subédrico e em geral possui extinção ondulante. Em alguns locais da lâmina os minerais foram arrancados e associado a estes buracos observa-se resquícios de carbonato</p>			
Nome da Rocha:	Biotita-anfibólio xisto		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha, com foliação definida pela orientação de cristais de biotita, plagioclásio e anfibólio. Luz transmitida, nicóis paralelos a esquerda e cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			



Detalhe da associação anfíbólio+ biotita+ epidoto+ clinozoisita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Ilmenita com lamelas de hematita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES- FSB -FSD-002-502	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7854154,43	UTM-E:	695961,98
Altitude/profundidade:	1093,032 m de altitude; 83,30 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade E		

Descrição Macroscópica

Rocha cor verde escuro, granulação fina a média, foliada, textura lepidogranoblástica. Composta por quartzo, anfibólio, feldspato e biotita.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

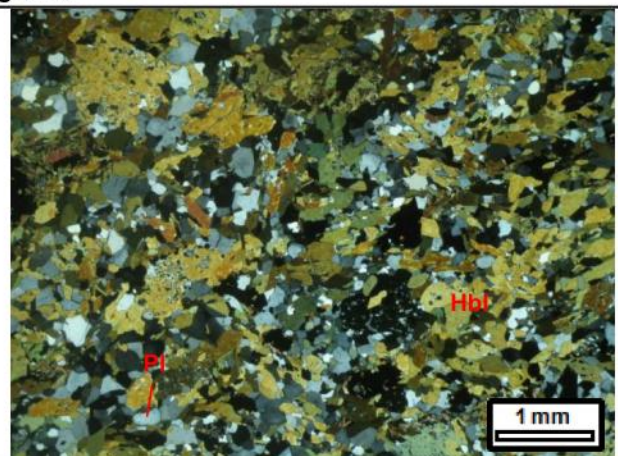
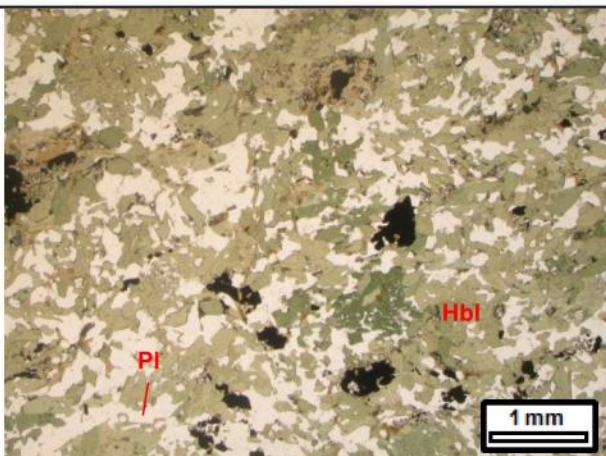
Minerais Essenciais:	anfibólio (52%); plagioclásio (25%); biotita (6%); quartzo (5%); ilmenita (5%); titanita (4%)
Minerais Acessórios:	apatita; allanita; pirita; calcopirita; esfalerita; arsenopirita; pirrotita; pentlandita; zircão (total de 2%)
Minerais de Alteração:	sericita; argilominerais; clorita; goethita (total de 1%)
Padrão textural:	nematoblástica e granoblástica
Granulação:	fina a localmente média

Descrição Microscópica da Lâmina

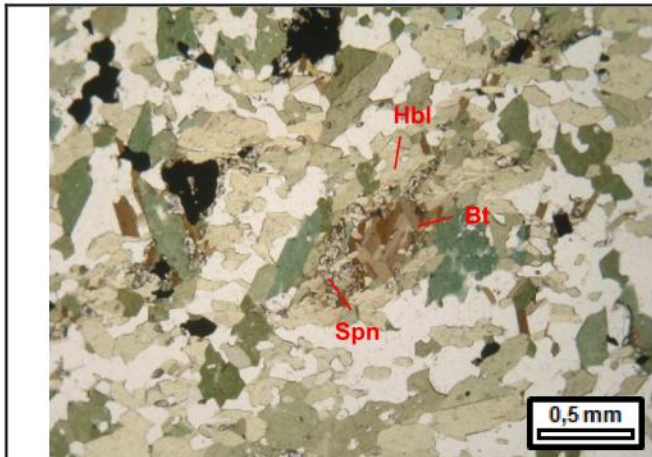
Rocha com foliação incipiente definida pela orientação principalmente dos cristais de anfibólio e plagioclásio. O anfibólio é hornblenda, é o mineral predominante na amostra, aparece como cristais anédricos a euédricos, localmente como blastos. Comumente o anfibólio possui inclusões de plagioclásio e ilmenita. Biotita e clorita ocorrem associadas ao anfibólio, e representam seus produtos de alteração. Os cristais de plagioclásio são subédricos a anédricos, ocorrem maclados ou não, neste caso é diferenciado do quartzo pelo seu bandamento composicional. Raros cristais estão incipientemente alterados para sericita e argilominerais. Titanita, apatita e allanita aparecem como cristais subédricos a anédricos, associados ao anfibólio. Os minerais opacos estão em geral orientados segundo a foliação, ocorrem associados ou não, são subédricos a euédricos, localmente como blastos, e são representados por óxidos e sulfetos. Os óxidos são representados por cristais de ilmenita isolados ou associados aos sulfetos. Os sulfetos aparecem associados e são representados principalmente por pirita e calcopirita e localmente por pirrotita (com filetes de pentlandita) arsenopirita e esfalerita. Zircão ocorre disperso pela amostra e inserido na biotita. Goethita ocorre nas bordas dos sulfetos e no plano de clivagem dos filossilicatos.

Nome da Rocha: Anfibolito

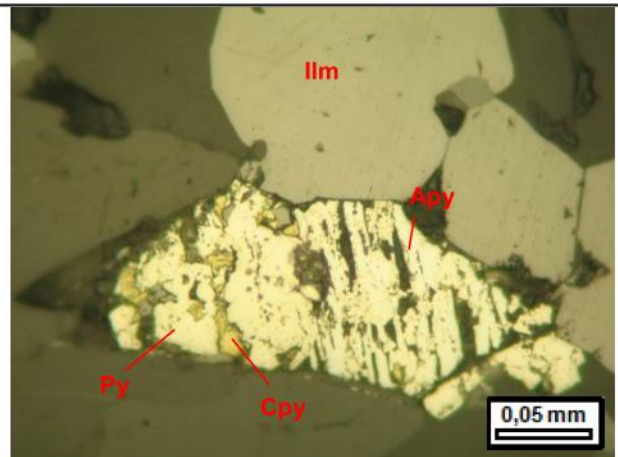
Fotomicrografia



Aspecto textural da rocha com foliação incipiente definida por anfibólio e plagioclásio. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



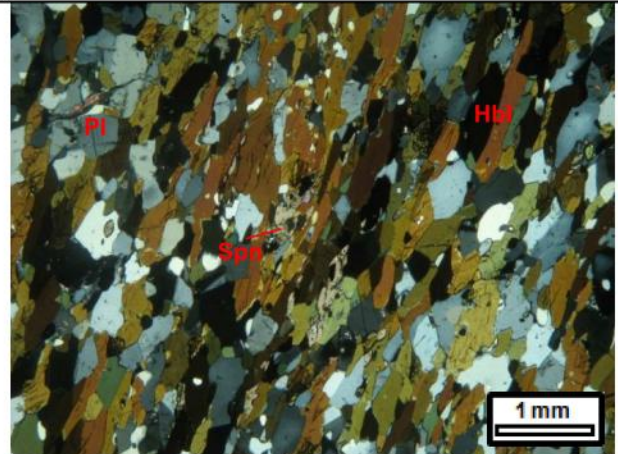
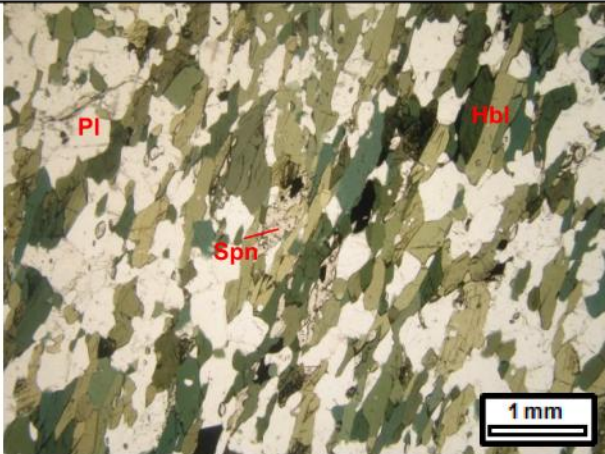
Detalhe na associação hornblenda, titanita, biotita e opacos. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



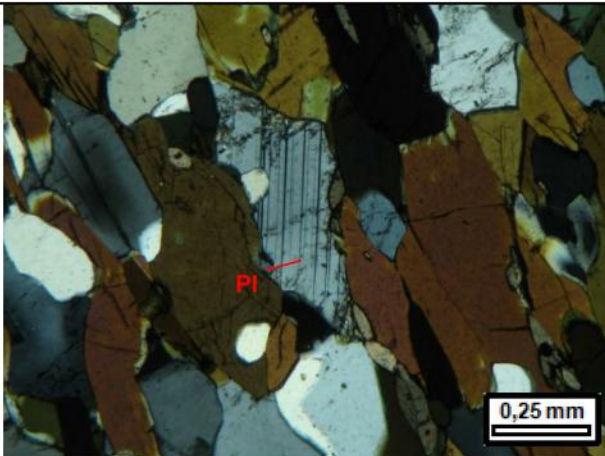
Associação pirita, calcopirita, arsenopirita e ilmenita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	PSB-FSD-007-002	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7860580	UTM-E:	701608
Altitude/profundidade:	613 m de altitude; 63,01 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade E		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cor verde escuro, granulação fina a média, foliada, textura lepidogranoblástica. Composta por anfibólio, feldspato, quartzo e biotita. Possui uma vênula com espessura de 1mm composta de anfibólio, discordante com a foliação.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	anfibólio (42%); plagioclásio (37%); titanita (5%); quartzo (4%); ilmenita (3%); biotita (2%); clorita (2%); hematita (1%); magnetita (1%)		
Minerais Acessórios:	pirita; calcopirita; pirrotita; allanita; apatita; esfalerita; epidoto (total de 2%)		
Minerais de Alteração:	sericita; argilominerais (total de 1%)		
Padrão textural:	nematoblástica e granoblástica		
Granulação:	média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha possui foliação definida pela orientação dos cristais de anfibólio e plagioclásio. O anfibólio é a hornblenda, ocorre como cristais euédricos a subédricos. Os cristais de plagioclásio são subédricos a anédricos, ocorrem maclados ou não, quando não maclados são identificados pelo zonamento composicional. As maclas observadas foram polissintética em uma direção e do tipo Carlsbad. Ocorre localmente alterado para sericita e argilominerais, e raramente para carbonato. Os cristais de titanita são subédricos a euédricos, ocorrem em geral associados a hornblenda, possuem inclusões de ilmenita+hematita e estão orientados segundo a foliação.</p> <p>A rocha possui uma vênula discordante a foliação, de espessura milimétrica, composta por carbonato, mineral micáceo e alguma allanita e epidoto. Este mineral micáceo possui pleocroísmo variando de bege a verde claro, extinção paralela e cor de interferência da primeira ordem, e raras com cor azul anômalo. De acordo com estas características, acredita-se que o mineral micáceo em questão seja clorita rica em Mg e Fe. A provável clorita está disposta de forma radial dentro da vênula. Biotita castanha ocorre associada a hornblenda. Os minerais opacos estão em geral orientados segundo a foliação, ocorrem associados ou não, são subédricos, localmente como blastos, e são representados por óxidos e sulfetos. Os óxidos são representados por cristais de ilmenita com filetes de ex-solução de hematita, e por cristais euédricos a subédricos de magnetita, sendo que estes ocorrem próximos e sobre a vênula discordante. Os sulfetos aparecem associados e são representados por pirita e calcopirita, pirrotita e esfalerita. A amostra possui vênulas de quartzo milimétricas dispostas paralelamente a foliação. Nestas vênulas o quartzo possui hábito alongado e extinção fortemente ondulante.</p>			
Nome da Rocha:	Anfibolito		

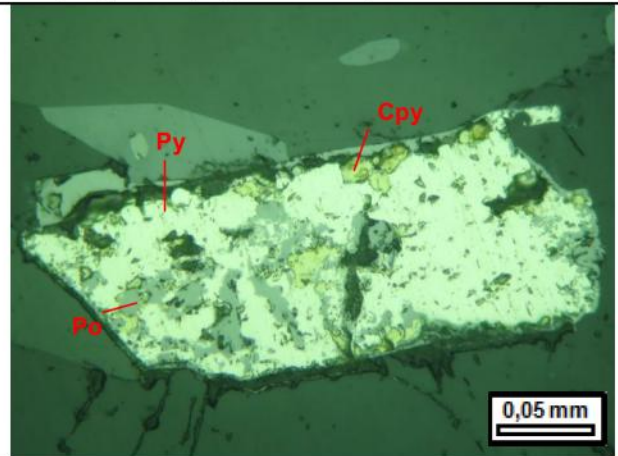
Fotomicrografia



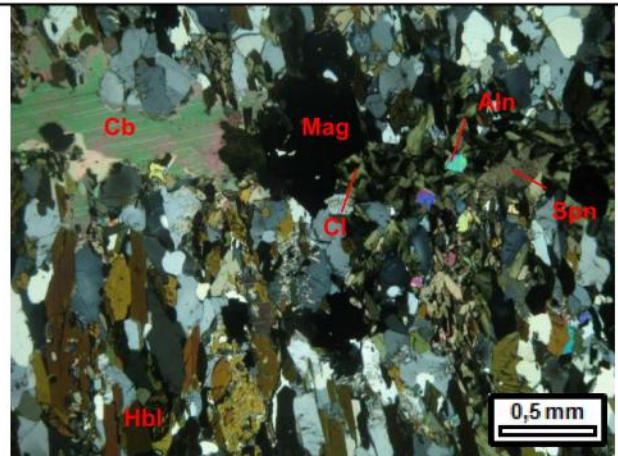
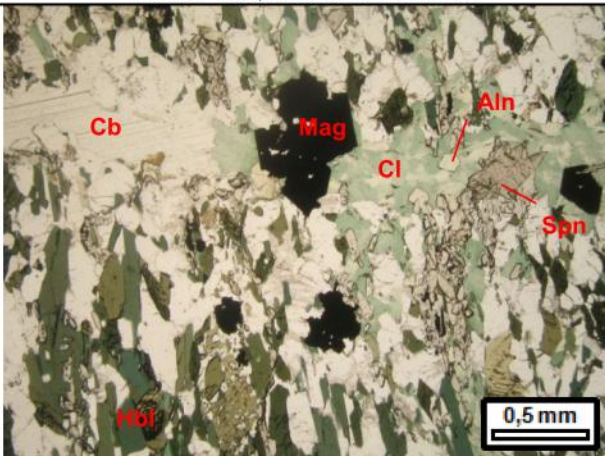
Aspecto textural da rocha, com foliação definida principalmente pela orientação de anfibólio e plagioclásio. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Detalhe no plagioclásio localmente alterado para sericita. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



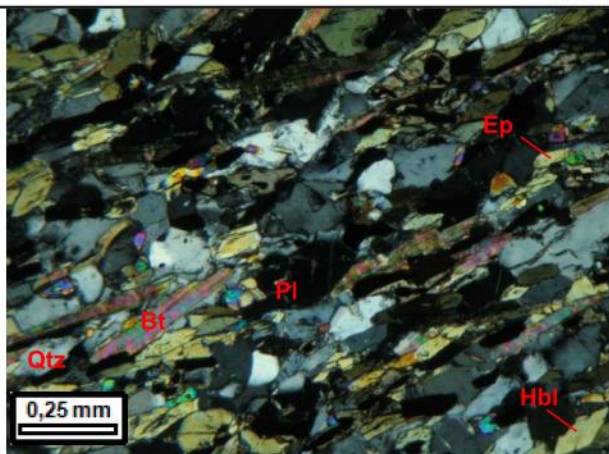
Associação de pirita, calcopirita e pirrotita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



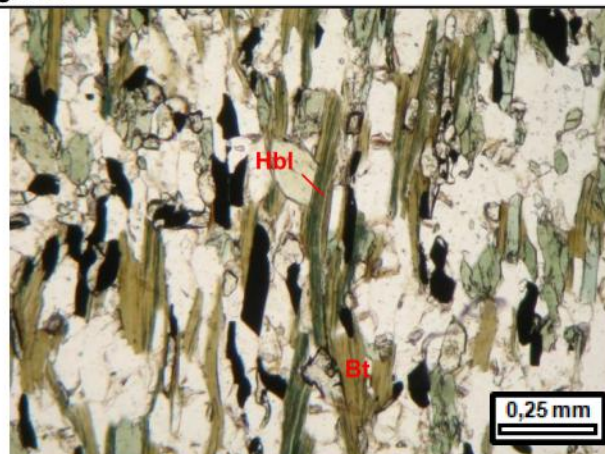
Detalhe na vênula discordante composta por carbonato, clorita e allanita. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-001-501	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7853813,933	UTM-E:	695467,228
Altitude/profundidade:	987,765 m de altitude; 70,20 m de profundidade no furo		
Unidade Estratigráfica:	Unidade E e Unidade C		
Descrição Macroscópica			
<p>A amostra possui dois litotipos com contato brusco, formação ferrífera e anfibolito. O contato é paralelo a foliação das rochas. A formação ferrífera possui granulação fina a média, composta por quartzo, magnetita e hematita. É foliada, discretamente e difusamente bandada, textura granoblástica. O anfibolito possui cor verde escuro, é foliado, textura lepigranonematoblástica, granulação fina a média, composta por quartzo, anfibólio, biotita, feldspato e óxidos de ferro.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
	Anfibolito	Formação ferrífera	
Minerais Essenciais:	plagioclásio (25%); hornblenda (20%); quartzo (20%); biotita (16%); epidoto (6%); hematita lamelar (6%); hematita granular (3%)	quartzo (55%); magnetita (38%); hematita granular (3%)	
Minerais Acessórios:	apatita; ilmenita (total de 1%)	epidoto; apatita; clorita (total de 2%)	
Minerais de Alteração:	sericita; argilominerais; clorita; goethita (total de 3%)	goethita, limonita (total de 3%)	
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica	granoblástica	
Granulação:	fina a localmente média	fina a média	
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>A amostra possui dois litotipos, formação ferrífera magnetítica e anfibolito, com contato brusco. No contato há uma vênula de quartzo, de granulação média, disposta paralelamente ao contato.</p> <p>O anfibolito é foliado, sendo esta definida principalmente pela orientação de cristais de hornblenda, biotita, plagioclásio e quartzo. Os cristais de plagioclásio aparecem algumas vezes maclados, e alguns estão sericitizados e saussuritizados, principalmente próximo ao contato. A hornblenda altera-se para biotita, clorita e sericita. A clorita está presente predominantemente próximo ao contato. Os cristais de epidoto estão em geral orientados segundo a foliação e associados com anfibólio e biotita, podendo portanto se tratar de produto de alteração do anfibólio. Apatita ocorre como cristais euédricos dispersos pela amostra. Os minerais opacos estão orientados paralelamente a foliação, e são representados por hematita lamelar e granular. Alguns cristais de hematita apresentam ex-solução de ilmenita. Há inclusões de hematita no epidoto, clorita e biotita. Goethita ocorre nos espaços intergranulares.</p> <p>A formação ferrífera possui foliação definida pela orientação de cristais poligonais de quartzo e orientação dos minerais opacos, representados predominantemente por magnetita, com alguma hematita granular. O quartzo possui inclusões de hematita e magnetita muito fina. Epidoto e apatita ocorrem como cristais subédricos a euédricos dispersos pela amostra. Clorita ocorre dispersa pela amostra. A goethita ora possui cor avermelhada ora amarelada (quando associada com limonita) ocorre associada aos opacos e a clorita, ou nos espaços intergranulares. Observa-se pseudomorfos de goethita que assumiram o hábito da magnetita. A rocha possui vênulas milimétricas de quartzo, paralelas a foliação.</p>			
Nome da Rocha:	Itabirito magnetítica e anfibolito		

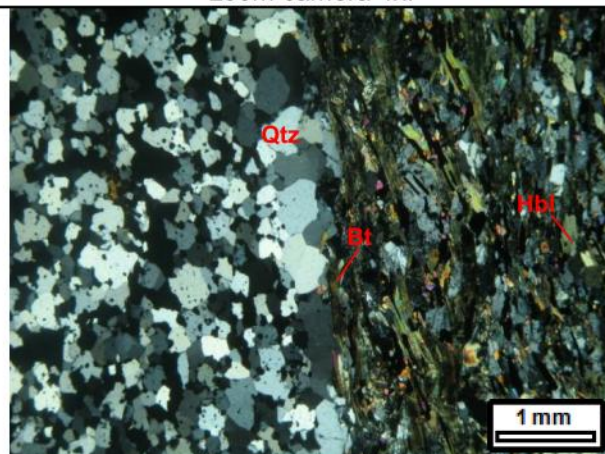
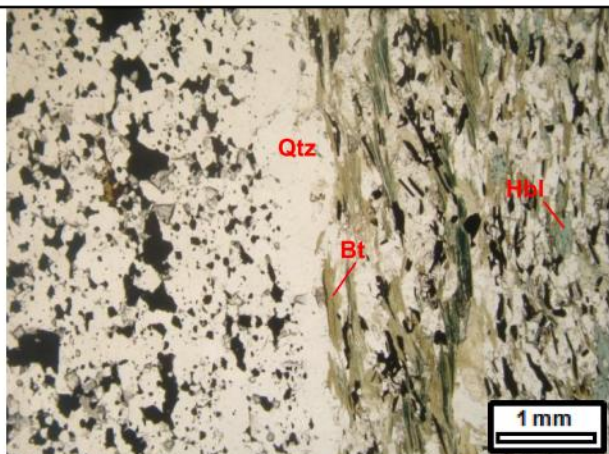
Fotomicrografia



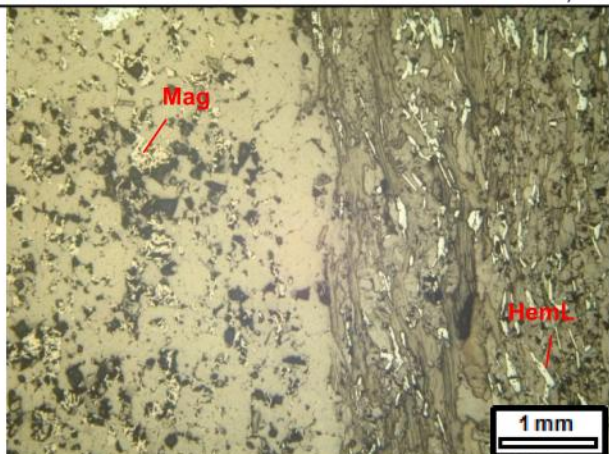
Aspecto textural do anfibolito. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



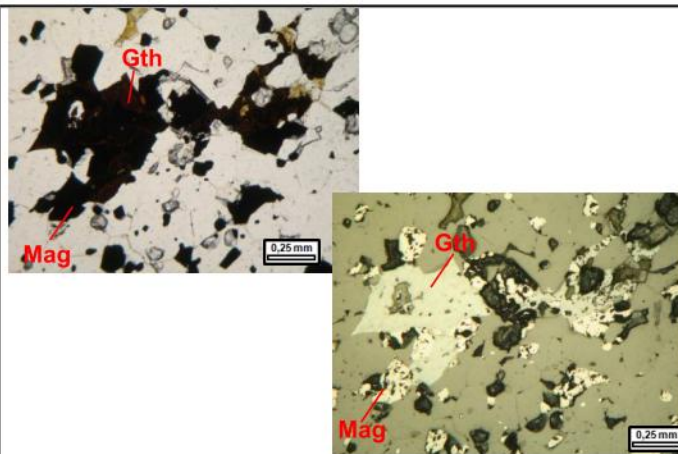
Biotita castanha com restos de anfibólio. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Contato do anfibolito (a direita) com a formação ferrífera (a esquerda). Notar a vênula de quartzo disposta paralelamente ao contato. Luz transmitida, nicóis paralelos a esquerda e cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

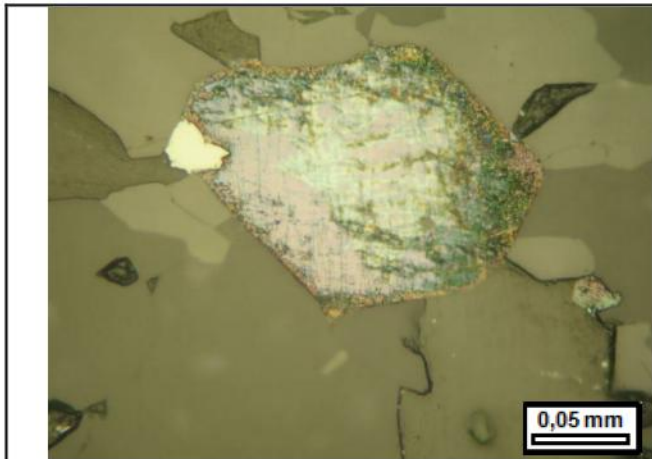


Contato do anfibolito (a direita) com a formação ferrífera (a esquerda). Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

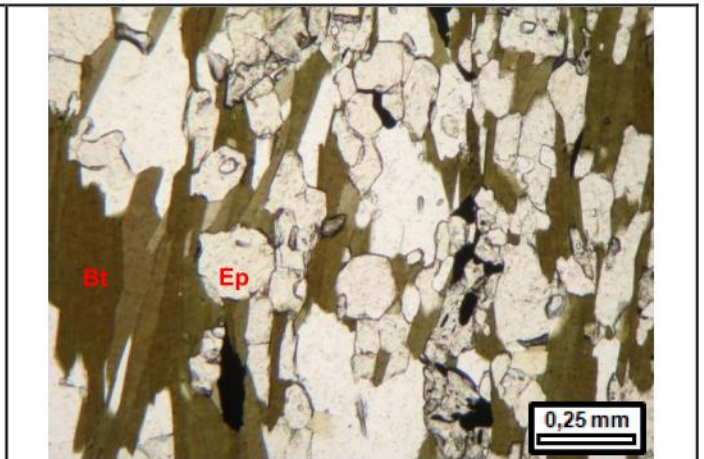


Pseudomorfos de goethita associados a magnetita na formação ferrífera. Luz transmitida na fotomicrografia superior e refletida na inferior, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-RPC-FSD-006-502	Origem:	() Ponto de campo (X) Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7854383,84	UTM-E:	696589,9
Altitude/profundidade:	1078,107 m de altitude; 136,10 m de profundidade		
Unidade Estratigráfica:	Unidade E		
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cor verde escuro, granulação fina a média, textura lepidogranoblástica. Composta por quartzo, biotita, anfibólio e óxidos de ferro.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	quartzo (37%); biotita (30%); epidoto (16%); hematita (7%); clinzoisita (4%); ilmenita (2%); titanita (1%)		
Minerais Acessórios:	anfibólio; bornita; apatita; allanita; magnetita; calcopirita; pirita (total de 2%)		
Minerais de Alteração:	rutilo; carbonato; clorita (total de 1%)		
Padrão textural:	granoblástica e lepidoblástica		
Granulação:	fina a média		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação conferida pela orientação de agregados poligonais de quartzo, e cristais orientados de biotita e epidoto. Epidoto e carbonato, ocorrem ocasionalmente associados, e podem representar produto de alteração de plagioclásio, que não persistiu no sistema, ou produto de alteração do anfibólio. Localmente observa-se epidoto geminado. A biotita possui coloração predominantemente verde claro a amarronzado, mas também ocorre a variação de tonalidade verde médio a bege. Biotita e clorita são produtos da alteração do anfibólio, este raro no sistema. Isto demonstra que a amostra apresenta alto grau de alteração, pois anfibólio é raro e feldspato pode não ter resistido ao sistema. Os minerais opacos ocorrem como cristais subédricos a euédricos, em agregados ou blastos disseminados, grande parte das vezes dispostos paralelamente a foliação, alguns dispostos na clivagem da biotita. Dentre estes opacos destaca-se a presença de cristais de hematita com filetes de ex-solução de ilmenita, esta incipientemente alterada para rutilo. Ocorrem também cristais dispersos de magnetita, calcopirita, pirita e bornita. Titanita e apatita ocorrem dispersos na amostra. Allanita ocorre em geral associada a biotita.</p>			
Nome da Rocha:	Epidoto-biotita-quartzo xisto		
Fotomicrografia			
			
<p>Aspecto textural da rocha, com foliação definida pela orientação de agregados poligonais de quartzo, e cristais orientados de biotita e epidoto. Luz transmitida, nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			



Detalhe em cristal de bornita. Luz refletida, nicóis paralelos, objetiva 50x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

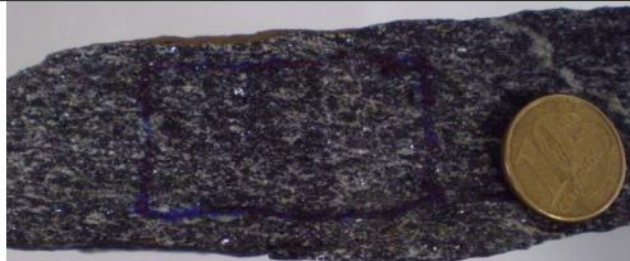


Associação de allanita e biotita. Luz transmitida, nicóis paralelos, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-036-004	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 697414	UTM-E: 7856910	
Altitude/profundidade:	812 m		
Unidade Estratigráfica:			

Descrição Macroscópica

Rocha cor verde escuro, granulação fina a média, foliada, textura nematogranoblástica. Composta por anfibólio, feldspato e quartzo.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

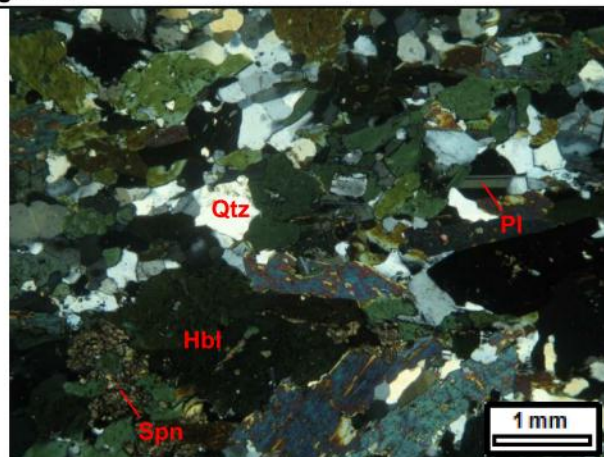
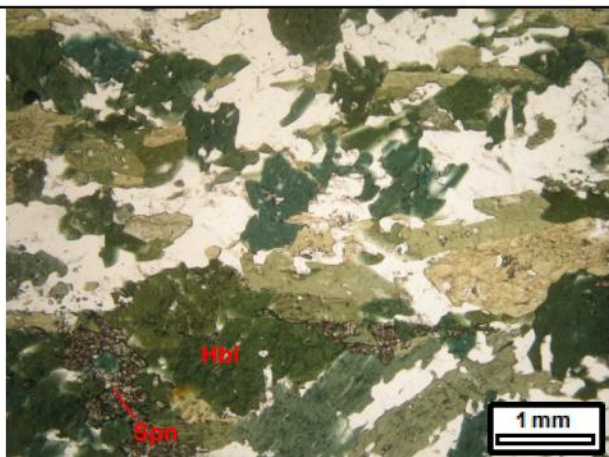
Minerais Essenciais:	hornblenda (50%); plagioclásio (27%); quartzo (14%); titanita (3%); epidoto (2%)
Minerais Acessórios:	minerais opacos; clinzoisita; apatita (total de 3%)
Minerais de Alteração:	goethita; biotita (total de 1%)
Padrão textural:	nematoblástica e granoblástica
Granulação:	fina a grossa, predominando média (cristais de até 2 mm)

Descrição Microscópica da Lâmina

Rocha com foliação definida pela orientação da hornblenda e dos cristais recristalizados de plagioclásio e quartzo. Hornblenda ocorre como cristais subédricos a euédricos, com granulação média a grossa, comumente com inclusões de quartzo, titanita, epidoto e minerais opacos. Plagioclásio ocorre como cristais subédricos, com geminação polissintética em uma direção e/ou zonamento composicional. Quartzo ocorre como cristais subédricos. Titanita ocorre como agregados de cristais finos (0,05 mm) associados a hornblenda, e dispostos paralelamente a foliação. Epidoto também ocorre como agregados de cristais finos, mas também aparecem cristais dispersos pela amostra e inseridos no anfibólio. Minerais opacos são subédricos a anédricos e ocorrem inseridos na hornblenda, e comumente apresentam goethita nas bordas dos cristais, produto de sua oxidação. Clinzoisita ocorre associada aos agregados de titanita e epidoto. Apatita ocorre como cristais subédricos dispersos pela amostra. Biotita é raríssima e representa alteração do anfibólio.

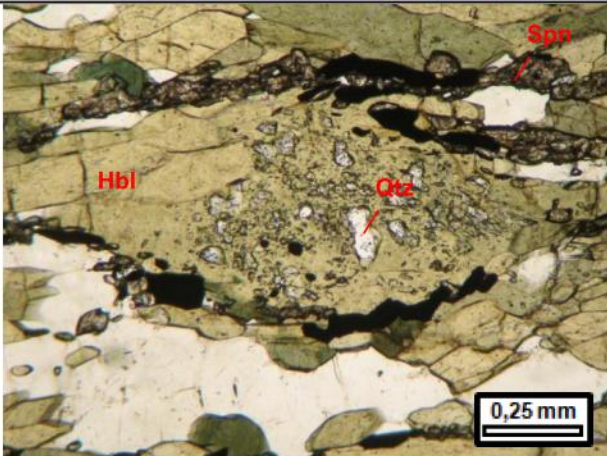
Nome da Rocha: Anfibolito

Fotomicrografia



Textura da rocha, onde destaca-se a presença de cristais grossos de hornblenda. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-133	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 697160	UTM-E: 7853453	
Altitude/profundidade:	785 m		
Unidade Estratigráfica:			
Descrição Macroscópica			
<p>Rocha cor verde escuro, granulação fina a média, foliada, textura nematogranoblástica. Composta por anfibólio, feldspato e quartzo.</p>			
Descrição Microscópica			
Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)			
Minerais Essenciais:	hornblenda (48%); plagioclásio (28%); quartzo (12%); titanita (6%); minerais opacos (4%); epidoto (1%)		
Minerais Acessórios:	apatita ($\leq 0,5\%$)		
Minerais de Alteração:	goethita ($\leq 0,5\%$)		
Padrão textural:	nematoblástica e granoblástica		
Granulação:	fina a média (cristais de até 1,2 mm)		
Descrição Microscópica da Lâmina			
<p>Rocha com foliação conferida pela orientação da hornblenda e de cristais recristalizados de plagioclásio e quartzo. Hornblenda ocorre como cristais subédricos a euédricos, localmente com inclusões de quartzo, minerais opacos, titanita e epidoto. Plagioclásio ocorre como cristais subédricos, apresenta geminação polissintética em uma direção e/ou zonamento composicional. Quartzo ocorre como cristais subédricos. Titanita ocorre frequentemente em agregados de cristais finos, subédricos a anédricos, associados a hornblenda. Estes agregados estão dispostos paralelos a foliação. Minerais opacos são subédricos a anédricos, orientados em geral segunda a foliação da rocha. Epidoto também ocorre como agregados de cristais finos, subédricos. Cristais de apatita são subédricos, dispersos pela amostra, e apresentam até 0,3 mm de diâmetro. Goethita aparece nas bordas dos minerais opacos, e ao longo do plano de clivagem da hornblenda.</p>			
Nome da Rocha:	Anfibolito		
Fotomicrografia			
			
<p>Textura da amostra, com foliação conferida pela orientação da hornblenda, plagioclásio e quartzo. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.</p>			



Hornblenda com inclusões de quartzo e minerais opacos, envolta por titanita. Luz transmitida, nicóis descruzados, objetiva 10x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

Identificação da Lâmina:	MOES-FSB-PTG-050	Origem:	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de campo <input type="checkbox"/> Furo de sondagem
Datum: SAD69	UTM-N: 7855185	UTM-E: 693196	
Altitude/profundidade:	780 m		
Unidade Estratigráfica:	Unidade G		

Descrição Macroscópica

Rocha isotrópica, fanerítica média a fina, equigranular, cor cinza escuro esverdeado, composta por plagioclásio, piroxênio e olivina.



Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

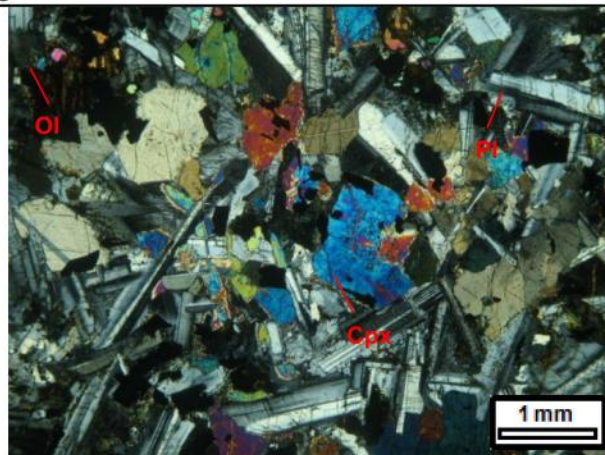
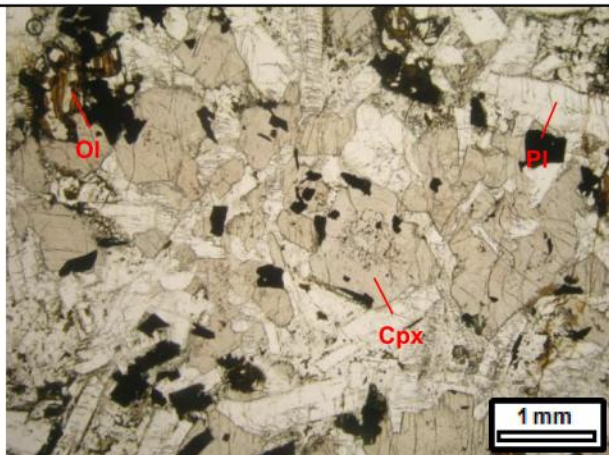
Minerais Essenciais:	plagioclásio (43%); piroxênio (38%); minerais máficos (10%); olivina (7%)
Minerais Acessórios:	
Minerais de Alteração:	serpentina; iddingsita; goethita (total 2%)
Padrão textural:	fanerítica equigranular
Granulação:	fina a média

Descrição Microscópica da Lâmina

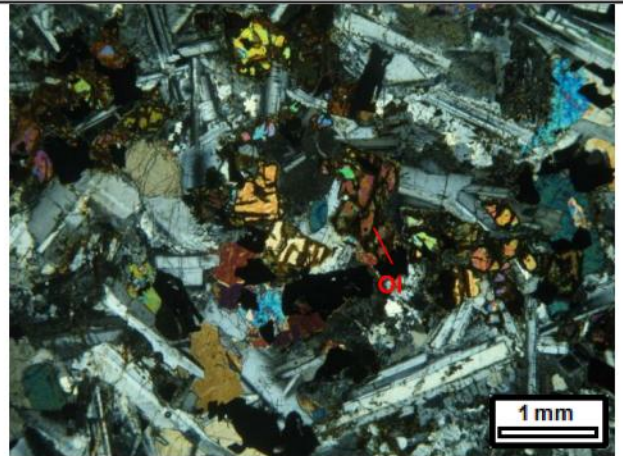
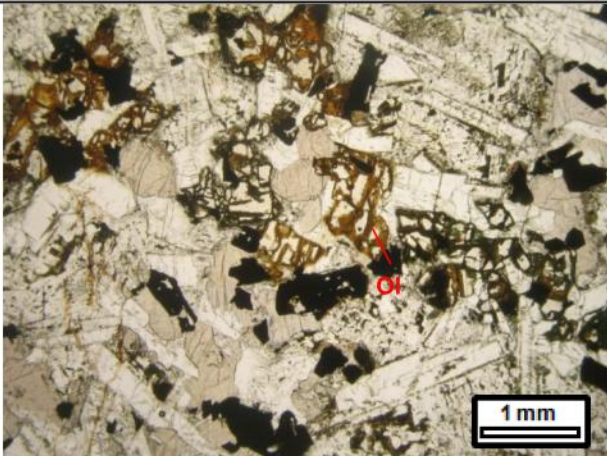
Rocha isotrópica, fanerítica, equigranular, com textura subofítica, com ripas de plagioclásio englobando piroxênio. Plagioclásio é subédrico a euédrico e ocorre com geminação polissintética em uma direção e/ou com zonamento composicional. Piroxênio possui tonalidade bege-rosada, cor de interferência de segunda ordem, é subédrico e localmente ocorre geminado. Provavelmente trata-se de augita. Olivina é subédrica e esta parcialmente a totalmente alterada para serpentina, iddingsita e goethita. Minerais opacos são subédricos a euédricos e ocorrem dispersos pela rocha.

Nome da Rocha: Olivina gabro

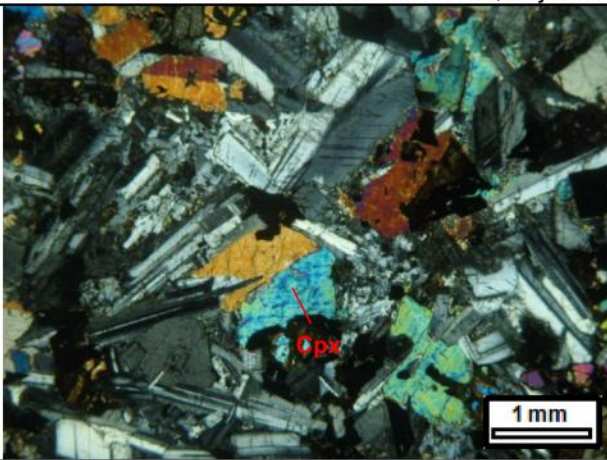
Fotomicrografia



Aspecto textural da amostra, com textura, fanerítica, equigranular, subofítica. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Detalhe da olivina alterada para serpentina, idingsita e goethita. Luz transmitida e nicóis paralelos à esquerda, cruzados a direita, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.



Clinopiroxênio maclado. Luz transmitida, nicóis cruzados, objetiva 2,5x, ocular 10x, zoom câmera 4x.

ANEXO IV – Resultados de análise química mineral

Resultados de análise química mineral em grãos de granada presentes em amostras de xistos aluminosos da Unidade A.

Amostra	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15
Grão	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Posição	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda	Borda	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda
SiO ₂	37,69	38,41	38,42	38,53	38,79	38,46	37,85	38,15	37,64	38,22	38,46	37,58	37,87	37,92	37,57	37,83
Al ₂ O ₃	21,66	20,96	21,31	20,98	21,26	21,66	21,96	21,70	21,90	21,74	21,72	22,07	21,76	21,54	21,49	21,73
MgO	1,74	1,54	1,55	1,95	2,45	4,92	4,93	4,91	4,95	4,95	5,09	4,75	3,73	3,62	3,86	4,09
CaO	7,13	6,79	7,11	7,39	6,79	0,32	0,31	0,33	0,32	0,27	0,31	0,27	0,28	0,32	0,33	0,36
MnO	2,09	3,29	2,24	1,45	1,04	0,12	0,13	0,00	0,00	0,03	0,04	0,00	0,04	0,14	0,04	0,03
FeO	30,83	28,99	29,24	29,22	30,40	35,26	35,60	34,97	35,52	35,25	35,77	36,19	37,18	36,82	36,39	36,74
Total	101,14	99,99	99,87	99,52	100,73	100,75	100,78	100,05	100,34	100,46	101,39	100,85	100,86	100,37	99,67	100,77
Si	2,99	3,06	3,06	3,07	3,05	3,03	2,99	3,02	2,98	3,02	3,01	2,97	3,00	3,02	3,01	3,00
Al _{IV}	0,01	-0,06	-0,06	-0,07	-0,05	-0,03	0,01	-0,02	0,02	-0,02	-0,01	0,03	0,00	-0,02	-0,01	0,00
Al _{VI}	2,01	2,03	2,06	2,04	2,03	2,04	2,03	2,04	2,03	2,04	2,02	2,03	2,04	2,04	2,04	2,03
Fe ⁺²	2,04	1,93	1,95	1,95	2,00	2,32	2,35	2,32	2,36	2,33	2,34	2,39	2,47	2,46	2,44	2,44
Mg	0,21	0,18	0,18	0,23	0,29	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,59	0,56	0,44	0,43	0,46	0,48
Mn	0,14	0,22	0,15	0,10	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Ca	0,60	0,58	0,61	0,63	0,57	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Py	6,87	6,28	6,35	7,96	9,79	19,67	19,54	19,81	19,71	19,81	20,02	18,79	15,00	14,72	15,71	16,36
Al	68,24	66,24	67,43	66,97	68,30	79,12	79,28	79,24	79,37	79,33	79,01	80,44	84,07	84,02	83,25	82,55
Sp	4,69	7,61	5,22	3,37	2,37	0,28	0,29	0,00	0,00	0,07	0,09	0,00	0,10	0,32	0,09	0,06
Gr	20,20	19,87	21,00	21,70	19,54	0,93	0,90	0,94	0,92	0,78	0,88	0,77	0,82	0,93	0,96	1,04

Resultados de análise química mineral em grãos de granada presentes em amostras de xistos aluminosos da Unidade A (continuação).

Amostra	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501
Grão	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Posição	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Interm.	Borda	Borda	Borda
SiO₂	38,55	37,87	38,01	38,18	38,45	38,72	39,05	38,75	38,65	38,91	39,27	38,82	38,97
Al₂O₃	22,30	22,16	21,62	21,88	22,28	22,14	22,00	21,79	22,02	21,94	22,04	22,08	22,23
MgO	6,26	5,08	3,63	3,74	5,17	5,16	3,75	2,91	3,38	4,94	6,01	4,34	3,68
CaO	2,62	3,67	4,94	4,37	3,61	3,66	4,08	6,18	5,01	3,52	3,06	3,82	4,41
MnO	0,18	0,57	3,62	2,95	0,97	0,14	0,66	1,20	0,77	0,25	0,21	0,27	1,03
FeO	30,82	31,03	28,66	29,12	30,75	31,20	32,70	30,69	31,18	31,73	30,75	32,61	31,91
Total	100,73	100,38	100,47	100,23	101,21	101,01	102,24	101,51	101,01	101,30	101,34	101,93	102,23
Si	2,99	2,97	3,00	3,01	2,99	3,01	3,03	3,03	3,02	3,02	3,03	3,01	3,02
Al_{IV}	0,01	0,03	0,00	-0,01	0,01	0,00	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02	-0,03	-0,01	-0,02
Al_{VI}	2,03	2,02	2,01	2,04	2,03	2,03	2,03	2,03	2,05	2,03	2,03	2,03	2,04
Fe⁺²	2,00	2,04	1,89	1,92	2,00	2,03	2,12	2,01	2,04	2,06	1,98	2,12	2,07
Mg	0,72	0,59	0,43	0,44	0,60	0,60	0,43	0,34	0,39	0,57	0,69	0,50	0,42
Mn	0,01	0,04	0,24	0,20	0,06	0,01	0,04	0,08	0,05	0,02	0,01	0,02	0,07
Ca	0,22	0,31	0,42	0,37	0,30	0,30	0,34	0,52	0,42	0,29	0,25	0,32	0,37
Py	24,51	19,95	14,32	15,02	20,20	20,31	14,74	11,53	13,54	19,44	23,50	16,97	14,50
Al	67,73	68,42	63,54	65,63	67,52	69,02	72,24	68,21	70,25	70,06	67,46	71,69	70,69
Sp	0,40	1,27	8,12	6,73	2,14	0,31	1,47	2,69	1,77	0,56	0,46	0,59	2,31
Gr	7,36	10,37	14,02	12,62	10,14	10,35	11,55	17,58	14,44	9,94	8,59	10,74	12,50

Resultados de análise química mineral em grãos de plagioclásio presentes em amostras de xistos aluminosos da Unidade A.

Amostra	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501
Posição	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1
Grão	Borda	Núcleo	Borda	Borda	Núcleo	Borda	Borda	Núcleo	Núcleo	Borda	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda
SiO ₂	43,08	43,33	42,88	43,40	43,90	43,59	43,39	43,37	43,86	43,77	59,41	59,72	58,81	58,15	58,73
Al ₂ O ₃	36,31	36,66	36,54	36,26	36,36	36,01	36,29	35,92	36,28	36,50	25,52	25,73	25,47	25,49	25,59
FeO	0,10	0,11	0,14	0,11	0,02	0,06	0,09	0,30	0,23	0,15	0,00	0,02	0,00	0,07	0,07
CaO	19,19	19,71	19,66	19,83	19,52	19,41	19,64	19,62	19,59	19,60	7,23	7,04	7,11	7,31	7,04
Na ₂ O	0,33	0,25	0,23	0,25	0,24	0,36	0,33	0,56	0,33	0,35	6,73	6,76	6,82	6,47	6,63
K ₂ O	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,04	0,06	0,03
Total	99,00	100,08	99,45	99,86	100,04	99,45	99,77	99,84	100,35	100,43	98,96	99,33	98,24	97,55	98,08
Si	8,05	8,02	7,99	8,05	8,11	8,11	8,05	8,06	8,09	8,07	10,66	10,67	10,64	10,60	10,63
Al	7,99	8,00	8,03	7,93	7,92	7,89	7,94	7,87	7,89	7,93	5,40	5,42	5,43	5,48	5,46
Fe	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,05	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Ca	3,84	3,91	3,92	3,94	3,86	3,87	3,91	3,91	3,87	3,87	1,39	1,35	1,38	1,43	1,37
Na	0,12	0,09	0,08	0,09	0,08	0,13	0,12	0,20	0,12	0,13	2,34	2,34	2,39	2,29	2,33
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Ano	97,03	97,66	97,95	97,76	97,84	96,63	96,88	94,75	96,69	96,49	37,07	36,40	36,45	38,31	36,93
Ab	2,97	2,24	2,05	2,19	2,14	3,26	2,92	4,85	2,96	3,15	62,42	63,21	63,29	61,33	62,89
Or	0,00	0,10	0,00	0,05	0,02	0,11	0,20	0,40	0,35	0,36	0,51	0,39	0,26	0,36	0,18

Resultados de análise química mineral em grãos de plagioclásio presentes em amostras de xistos aluminosos da Unidade A (continuação).

Amostra	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501
Posição	2	2	2	2	2	3	3	3	3
Grão	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda	Borda	Interm.	Interm.	Borda
SiO₂	59,27	59,43	59,50	60,01	60,56	59,59	59,61	59,16	59,30
Al₂O₃	25,64	26,13	25,62	25,58	25,50	25,61	25,98	25,89	25,98
FeO	0,12	0,10	0,17	0,00	0,15	0,02	0,12	0,04	0,06
CaO	7,16	7,32	7,20	7,16	7,14	7,13	7,73	7,78	7,68
Na₂O	6,83	6,52	6,58	6,60	6,71	6,30	6,11	6,19	6,28
K₂O	0,07	0,05	0,02	0,02	0,06	0,03	0,02	0,06	0,02
Total	99,09	99,55	99,09	99,36	100,12	98,68	99,56	99,12	99,31
Si	10,64	10,60	10,66	10,71	10,73	10,70	10,63	10,60	10,61
Al	5,42	5,50	5,41	5,38	5,33	5,42	5,46	5,47	5,48
Fe	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01
Ca	1,38	1,40	1,38	1,37	1,36	1,37	1,48	1,49	1,47
Na	2,38	2,26	2,29	2,28	2,30	2,19	2,11	2,15	2,18
K	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Ano	36,49	38,16	37,63	37,46	36,91	38,40	41,09	40,84	40,26
Ab	63,07	61,53	62,27	0,90	62,70	61,42	58,77	58,77	59,60
Or	0,43	0,31	0,11	0,09	0,39	0,18	0,13	0,39	0,14

Resultados de análise química mineral em grãos de biotita presentes em amostras de xistos aluminosos da Unidade A.

Amostra	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501	010-501
Grão	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4
Posição	Borda	Núcleo	Borda	Borda	Núcleo	Borda	Borda	Núcleo	Núcleo	Borda	Borda	Borda	Núcleo	Borda
SiO ₂	38,18	38,99	38,77	38,57	38,74	37,98	38,07	37,86	38,13	37,15	38,58	38,36	38,12	37,96
TiO ₂	1,33	1,44	1,44	1,48	1,39	1,28	1,35	1,37	1,41	1,42	1,34	1,48	1,42	1,36
Al ₂ O ₃	17,57	18,54	18,09	18,21	18,41	18,34	17,95	17,69	18,06	17,59	18,21	18,05	18,02	17,66
FeO	13,12	12,52	13,64	13,37	13,28	13,13	13,25	12,99	13,39	13,88	12,92	13,82	13,58	12,91
MgO	14,70	15,23	15,08	15,57	15,36	15,90	15,10	14,99	15,59	15,22	15,46	15,32	15,27	14,83
MnO	0,00	0,03	0,06	0,00	0,04	0,03	0,00	0,00	0,05	0,07	0,00	0,00	0,02	0,00
Na ₂ O	0,55	0,58	0,47	0,42	0,46	0,41	0,49	0,48	0,45	0,49	0,51	0,48	0,50	0,42
K ₂ O	7,96	8,14	8,41	8,12	8,25	7,48	8,49	8,17	8,51	8,08	8,53	8,52	8,45	8,28
H ₂ O ⁺	2,00	2,84	2,83	2,83	2,05	3,15	3,14	3,11	2,25	2,76	2,26	2,82	2,81	2,77
Total	95,56	98,48	98,84	98,72	98,11	97,95	97,87	96,75	97,92	96,75	97,91	98,94	98,27	96,35
Si	5,72	5,56	5,55	5,51	5,67	5,41	5,46	5,47	5,58	5,44	5,63	5,50	5,49	5,55
Al _{iv}	2,28	2,44	2,45	2,49	2,33	2,59	2,54	2,53	2,42	2,56	2,37	2,50	2,51	2,45
Al _{vi}	0,83	0,68	0,60	0,58	0,84	0,49	0,49	0,49	0,70	0,48	0,76	0,55	0,55	0,59
Ti	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,15	0,16	0,15	0,15
Fe ⁺²	1,65	1,49	1,63	1,60	1,63	1,56	1,59	1,57	1,64	1,70	1,58	1,66	1,64	1,58
Mn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	3,28	3,24	3,22	3,32	3,35	3,38	3,22	3,23	3,40	3,32	3,36	3,27	3,28	3,23
Na	0,16	0,16	0,13	0,12	0,13	0,11	0,14	0,13	0,13	0,14	0,15	0,13	0,14	0,12
K	1,52	1,48	1,53	1,48	1,54	1,36	1,55	1,51	1,59	1,51	1,59	1,56	1,55	1,54
H ₂ O	2,00	2,70	2,70	2,70	2,00	3,00	3,00	3,00	2,20	2,70	2,20	2,70	2,70	2,70
%H ₂ O	2,00	2,84	2,83	2,83	2,05	3,15	3,14	3,11	2,25	2,76	2,26	2,82	2,81	2,77

Resultados de análise química mineral em grãos de biotita presentes em amostras de xistos aluminosos da Unidade A (continuação).

Amostra	010- P133,35	010- P133,35	010- P133,35	010- P133,35	010- P133,35	010- P133,35	010- P133,35	010- P133,35	010- P133,35
Grão	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Posição	Borda	Interm.	Interm.	Borda	Borda	Borda	Borda	Núcleo	Borda
SiO₂	36,60	37,20	36,49	37,44	36,74	36,19	37,49	36,85	36,90
TiO₂	1,98	1,70	2,20	1,91	2,24	1,96	1,66	2,30	2,48
Al₂O₃	16,65	16,62	16,35	16,77	16,42	16,68	16,82	16,27	16,42
FeO	16,90	16,26	17,10	17,28	16,78	17,20	17,12	17,24	17,33
MgO	13,23	13,59	13,16	13,38	13,13	13,10	13,32	13,09	12,91
MnO	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,09	0,08	0,05	0,12
Na₂O	0,15	0,19	0,22	0,21	0,11	0,18	0,15	0,15	0,22
K₂O	9,20	9,53	9,16	9,24	9,35	9,06	9,59	9,39	9,36
H₂O⁺	2,73	2,74	2,72	2,77	2,73	2,71	2,76	2,73	2,74
Total	97,49	97,89	97,49	99,09	97,51	97,25	99,04	98,08	98,51
Si	5,43	5,49	5,42	5,47	5,45	5,39	5,49	5,45	5,44
Al_{iv}	2,57	2,51	2,58	2,53	2,55	2,61	2,51	2,55	2,56
Al_{vi}	0,34	0,37	0,29	0,36	0,32	0,32	0,39	0,29	0,29
Ti	0,22	0,19	0,25	0,21	0,25	0,22	0,18	0,26	0,27
Fe⁺²	2,10	2,01	2,13	2,11	2,08	2,14	2,10	2,13	2,14
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	2,92	2,99	2,91	2,91	2,90	2,91	2,90	2,88	2,83
Na	0,04	0,05	0,06	0,06	0,03	0,05	0,04	0,04	0,06
K	1,74	1,79	1,74	1,72	1,77	1,72	1,79	1,77	1,76
H₂O	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
%H₂O	2,73	2,74	2,72	2,77	2,73	2,71	2,76	2,73	2,74

Resultados de análise química mineral em grãos de biotita presentes em amostras de xistos aluminosos da Unidade A (continuação).

Amostra	001- P106,15	001- P106,15	001- P106,15	001- P106,15	001- P106,15	001- P106,15	001- P106,15	001- P106,15	001- P106,15
Grão	1	1	2	2	2	3	3	4	4
Posição	Núcleo	Borda	Núcleo	Borda	Borda	Borda	Borda	Borda	Borda
SiO₂	33,66	32,45	36,78	36,68	35,78	36,86	37,10	37,60	37,23
TiO₂	0,95	1,03	1,86	1,86	1,96	1,00	0,96	1,00	0,96
Al₂O₃	20,19	20,35	18,49	18,45	17,60	19,30	19,13	18,92	18,87
FeO	16,49	20,62	15,39	14,86	14,85	14,26	14,34	14,68	13,60
MgO	15,65	12,43	13,40	13,53	12,65	13,89	13,72	13,90	13,75
MnO	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00
Na₂O	0,07	0,09	0,19	0,20	0,22	0,19	0,17	0,18	0,18
K₂O	6,00	4,52	9,47	9,10	9,47	9,04	9,45	9,77	9,31
H₂O⁺	2,72	2,65	2,77	2,76	2,69	2,77	2,77	2,79	2,76
Total	95,74	94,16	98,35	97,45	95,24	97,31	97,68	98,85	96,68
Si	5,00	4,95	5,37	5,38	5,39	5,39	5,42	5,44	5,46
Al_{iv}	3,00	3,05	2,63	2,62	2,61	2,61	2,58	2,56	2,54
Al_{vi}	0,53	0,60	0,55	0,57	0,51	0,71	0,71	0,67	0,73
Ti	0,11	0,12	0,20	0,21	0,22	0,11	0,11	0,11	0,11
Fe⁺²	2,05	2,63	1,88	1,82	1,87	1,75	1,75	1,78	1,67
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	3,46	2,82	2,92	2,96	2,84	3,03	2,99	3,00	3,01
Na	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05
K	1,14	0,88	1,76	1,70	1,82	1,69	1,76	1,80	1,74
H₂O	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
%H₂O	2,72	2,65	2,77	2,76	2,69	2,77	2,77	2,79	2,76

Resultados de análise química mineral em grãos de anfíbólio presentes em amostras de xistos aluminosos da Unidade A.

Amostra	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35	010-133,35
Grão	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Posição	Borda	Núcleo	Borda	Borda	Borda	Borda	Núcleo	Interm.	Borda	Borda
SiO ₂	52,35	53,96	52,84	52,39	52,32	46,84	47,35	51,78	46,43	45,63
TiO ₂	0,20	0,19	0,19	0,25	0,22	0,39	0,30	0,12	0,36	0,47
Al ₂ O ₃	5,81	4,00	4,85	5,50	5,51	11,46	9,90	4,85	11,09	13,53
FeO	11,73	11,39	11,27	11,08	10,61	12,31	12,83	11,12	13,03	13,51
MgO	15,57	16,37	16,04	15,72	15,39	12,52	13,58	16,24	12,56	11,29
MnO	0,19	0,09	0,14	0,17	0,15	0,14	0,26	0,21	0,08	0,16
CaO	11,72	12,03	11,90	12,34	11,85	11,74	11,49	11,43	11,75	11,64
Na ₂ O	0,28	0,24	0,27	0,29	0,32	0,57	0,48	0,91	0,59	0,68
K ₂ O	0,12	0,08	0,11	0,15	0,15	0,41	0,31	0,40	0,36	0,48
H ₂ O ⁺	2,16	2,18	2,16	2,16	2,14	2,11	2,11	2,14	2,10	2,12
Total	100,12	100,53	99,78	100,06	98,67	98,49	98,59	99,20	98,34	99,50
Si	7,25	7,42	7,33	7,25	7,31	6,65	6,73	7,25	6,63	6,46
Al	0,95	0,65	0,79	0,90	0,91	1,92	1,66	0,80	1,87	2,26
Ti	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,01	0,04	0,05
Fe ⁺²	1,36	1,31	1,31	1,28	1,24	1,46	1,53	1,30	1,56	1,60
Mg	3,21	3,36	3,31	3,24	3,21	2,65	2,88	3,39	2,67	2,38
Mn	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02
Ca	1,74	1,77	1,77	1,83	1,77	1,79	1,75	1,71	1,80	1,76
Na	0,07	0,06	0,07	0,08	0,09	0,16	0,13	0,25	0,16	0,19
K	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,07	0,06	0,07	0,07	0,09
OH	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
%H ₂ O	2,16	2,18	2,16	2,16	2,14	2,11	2,11	2,14	2,10	2,12

Resultados de análise química mineral em grãos de estauroлита presentes em amostras de xistos aluminosos da Unidade A.

Amostra	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15	001-106,15
Grão	1	1	1	1	2	2	2	2
Posição	Borda	Interm.	Interm.	Borda	Borda	Interm.	Interm.	Borda
SiO₂	27,46	28,19	28,32	28,42	28,11	28,08	27,91	28,27
TiO₂	0,33	0,52	0,52	0,47	0,53	0,40	0,42	0,47
Al₂O₃	54,64	53,80	53,94	53,63	53,97	53,79	53,60	53,83
FeO	13,28	13,36	13,06	12,92	13,54	13,77	13,42	12,60
MnO	0,00	0,04	0,04	0,07	0,00	0,00	0,00	0,03
MgO	2,38	2,44	2,53	2,57	2,43	2,50	2,55	2,74
CaO	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,02
H₂O⁺	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,11	1,12
Total	99,24	99,46	99,53	99,20	99,72	99,66	99,01	99,07
Si	7,37	7,55	7,57	7,61	7,52	7,52	7,52	7,58
Al	17,30	16,99	17,00	16,94	17,02	16,99	17,01	17,01
Ti	0,07	0,10	0,10	0,10	0,11	0,08	0,08	0,09
Fe⁺²	2,99	2,99	2,92	2,90	3,03	3,09	3,02	2,83
Mg	0,95	0,97	1,01	1,03	0,97	1,00	1,02	1,09
Mn	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
Ca	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂O	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
%H₂O	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,11	1,12
XMg	0,24	0,25	0,26	0,26	0,24	0,24	0,25	0,28

Resultados de análise química mineral em grãos de anfíbólio presentes em amostras de itabirito da Unidade C.

Amostra	009-001	009-001	009-001	009-001	009-001	009-001	009-001	009-001	009-001
Grão	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Posição	Borda	Interm.	Interm.	Interm.	Borda	Interm.	Interm.	Borda	Interm.
SiO ₂	45,18	47,64	48,70	48,93	47,32	47,37	46,09	47,05	48,12
TiO ₂	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	7,78	8,81	8,10	8,10	8,66	8,07	7,98	8,96	8,31
FeO	9,21	10,48	10,34	10,50	10,78	10,30	9,66	10,68	9,43
MgO	15,52	16,69	17,13	17,10	16,80	16,47	15,74	16,59	16,91
MnO	0,79	0,65	0,52	0,58	0,53	0,57	0,76	0,69	0,64
CaO	11,07	11,17	11,40	11,37	11,34	11,29	10,93	11,31	11,35
Na ₂ O	1,11	1,42	1,37	1,39	1,49	1,40	1,27	1,45	1,41
K ₂ O	0,44	0,53	0,46	0,48	0,59	0,42	0,45	0,53	0,44
H ₂ O ⁺	2,01	2,13	2,15	2,16	2,13	2,10	2,04	2,12	2,13
Total	93,13	99,52	100,17	100,63	99,63	97,99	94,94	99,39	98,74
Si	6,74	6,70	6,79	6,79	6,66	6,75	6,75	6,64	6,78
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	1,37	1,46	1,33	1,33	1,44	1,36	1,38	1,49	1,38
Fe ⁺²	1,15	1,23	1,21	1,22	1,27	1,23	1,18	1,26	1,11
Mg	3,45	3,49	3,56	3,54	3,52	3,50	3,44	3,49	3,55
Mn	0,10	0,08	0,06	0,07	0,06	0,07	0,09	0,08	0,08
Ca	1,77	1,68	1,70	1,69	1,71	1,72	1,72	1,71	1,71
Na	0,32	0,39	0,37	0,37	0,41	0,39	0,36	0,40	0,39
K	0,08	0,10	0,08	0,08	0,11	0,08	0,08	0,10	0,08
OH	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
%H ₂ O	2,01	2,13	2,15	2,16	2,13	2,10	2,04	2,12	2,13

Resultados de análise química mineral em grãos de anfibólio presentes em amostras de itabirito da Unidade C (continuação).

Amostra	008-79,25	008-79,25	008-79,25	008-79,25	008-79,25	008-79,25	008-79,25	008-79,25	008-79,25
Grão	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Posição	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Interm.	Borda	Borda	Núcleo	Borda
SiO₂	45,02	45,56	46,37	45,55	45,85	46,34	45,95	45,98	46,67
TiO₂	0,02	0,00	0,03	0,05	0,05	0,00	0,01	0,03	0,00
Al₂O₃	10,60	10,62	10,05	10,76	10,42	10,12	10,47	10,48	9,62
FeO	11,52	11,82	11,31	11,92	11,87	11,40	11,45	11,92	11,11
MgO	14,35	14,36	14,60	14,30	14,53	14,36	14,31	14,60	14,94
MnO	1,38	1,44	1,44	1,51	1,57	1,43	1,36	1,53	1,33
CaO	11,39	11,43	11,53	11,47	11,67	11,44	11,47	11,38	11,41
Na₂O	1,32	1,30	1,26	1,27	1,33	1,27	1,27	1,19	1,18
K₂O	0,46	0,59	0,40	0,57	0,57	0,48	0,44	0,47	0,39
H₂O⁺	2,08	2,10	2,11	2,11	2,11	2,10	2,10	2,11	2,11
Total	98,14	99,22	99,09	99,51	99,99	98,93	98,84	99,68	98,77
Si	6,48	6,50	6,59	6,48	6,50	6,60	6,55	6,52	6,64
Al	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	1,80	1,79	1,68	1,80	1,74	1,70	1,76	1,75	1,61
Fe⁺²	1,39	1,41	1,35	1,42	1,41	1,36	1,37	1,41	1,32
Mg	3,08	3,05	3,09	3,03	3,07	3,05	3,04	3,09	3,17
Mn	0,17	0,17	0,17	0,18	0,19	0,17	0,16	0,18	0,16
Ca	1,76	1,75	1,76	1,75	1,77	1,75	1,75	1,73	1,74
Na	0,37	0,36	0,35	0,35	0,37	0,35	0,35	0,33	0,33
K	0,08	0,11	0,07	0,10	0,10	0,09	0,08	0,09	0,07
OH	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
%H₂O	2,08	2,10	2,11	2,11	2,11	2,10	2,10	2,11	2,11

Anexo V – Resultados de análises litoquímicas

Resultado de análises química de rocha total de itabiritos.

Amostra	001-701	002-701	003-701	004-701	005-701	006-701	007-701	008-701	010-701	011-701	013-701	014-701	015-701	002-001	009-001	013-001
wt%																
SiO ₂	48,13	50,7	51,38	52,93	50,43	60,25	59,28	67,83	47,9	61,06	52,71	50,04	52,46	53,62	52,43	59,07
Al ₂ O ₃	0,08	0,1	0,07	0,16	0,08	0,17	0,26	1,53	0,09	0,22	0,17	0,09	0,07	0,31	0,36	0,22
Fe ₂ O ₃	51,39	48,51	48,32	45,47	48,99	37,97	39,17	28,52	51,47	38,17	46,63	49,78	47,09	44,37	44,29	40,13
MgO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,74	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,25	<0,01
CaO	0,02	<0,01	0,09	0,34	0,1	0,02	0,1	0,38	0,09	<0,01	0,13	0,06	0,03	0,99	0,82	0,04
Na ₂ O	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,06	<0,01
K ₂ O	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,04
TiO ₂	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,06	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,03	0,02
P ₂ O ₅	0,06	0,05	0,04	0,27	0,09	0,03	0,11	0,14	0,07	0,04	0,12	0,07	0,04	0,71	0,49	0,04
MnO	0,06	0,03	0,07	0,03	<0,01	0,03	0,01	0,18	0,08	0,03	0,02	0,04	0,01	0,07	0,06	0,04
Cr ₂ O ₃	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,003	<0,002	<0,002	0,002
LOI	0,2	0,6	0	0,8	0,3	1,5	1,1	0	0,3	0,5	0,2	-0,1	0,3	-0,2	1,2	0,4
Sum	99,94	99,99	99,99	100,01	100,01	100,01	100,01	99,99	100	100,01	100	100	100	100	99,97	100,01
ppm																
Be	1	<1	1	<1	<1	<1	<1	3	2	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1
Sc	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	2	<1	1	<1	<1	<1	1	2	<1
V	20	16	48	23	16	14	17	38	25	15	15	57	32	19	61	15
Co	0,6	1	2	0,8	0,6	0,9	0,7	2,5	0,7	4,3	0,8	1,1	0,7	2,1	2,1	1,5
Ni	2,5	2,2	5	3,6	2,5	3,3	2,3	9,5	3,1	3,3	3,2	5,3	2,3	6,2	7,4	4,3

Resultado de análises química de rocha total de itabiritos (continuação).

Amostra	001-701	002-701	003-701	004-701	005-701	006-701	007-701	008-701	010-701	011-701	013-701	014-701	015-701	002-001	009-001	013-001
Cu	1,4	2,6	2,5	2,1	1,3	6,4	2,5	1,7	2	2,9	1,7	1,6	2	4,6	5,2	5
Zn	2	2	4	2	1	5	2	28	8	2	3	4	3	6	6	3
Ga	0,7	0,5	1,5	0,6	<0.5	0,7	0,5	3,8	0,7	0,5	0,7	1	0,6	1	1,3	0,7
As	4	4,3	1,9	2,2	1,5	1,1	2	2,8	4,7	0,8	1,9	2,8	0,8	12,5	4	1,6
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0,6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Rb	0,5	0,6	0,3	0,3	0,2	0,8	0,7	18,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	1	0,4	0,6
Sr	13,4	8,2	4,1	9,6	3	1,2	1,9	20	2,7	8,8	3,6	1,3	1	14,6	21,2	4,7
Zr	3,6	3,6	5,6	5,3	4,5	3	10,5	27,4	5	6,1	5,3	10,8	3,5	8,9	14,8	7,9
Nb	0,1	0,2	<0.1	0,2	0,2	0,2	0,3	1,4	0,1	0,4	0,2	0,1	0,2	2	1,5	1,6
Mo	0,6	0,5	1,1	0,4	0,3	0,6	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	1	0,7	0,6	0,7	0,9
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sn	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	3
Sb	1	0,4	0,6	1,4	0,3	2,8	0,7	1,3	1,4	1,4	0,8	0,6	0,7	1,5	1,2	1,4
Cs	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1,5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ba	616	147	39	25	11	48	8	64	22	31	11	5	<1	40	35	39
Hf	0,1	<0.1	<0.1	0,1	0,1	<0.1	0,1	0,8	<0.1	0,2	<0.1	<0.1	<0.1	0,2	0,3	0,2
Ta	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
W	2,6	2	4,4	3,4	3,4	5,1	1,5	2,8	4,2	1,9	2,4	2,9	3,1	2,6	5,3	3,1
Au	<0.5	0,5	2,4	0,5	0,8	1,4	1,1	4,6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0,7	0,8	<0.5
Hg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tl	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Pb	0,5	1	0,4	0,5	0,2	1,4	0,6	1,7	1	0,6	0,5	0,2	0,2	0,8	1,9	0,7
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Th	<0.2	<0.2	<0.2	0,3	<0.2	<0.2	2,9	1,6	<0.2	0,3	<0.2	<0.2	<0.2	0,6	13,7	0,7
U	0,6	0,6	2,2	0,5	0,8	5,9	0,8	1,9	1	0,7	0,7	1,6	1,3	1,5	3,1	0,7

Resultado de análises química de rocha total de itabiritos (continuação).

Amostra	001-701	002-701	003-701	004-701	005-701	006-701	007-701	008-701	010-701	011-701	013-701	014-701	015-701	002-001	009-001	013-001
Y	2,9	4,2	2,6	12,1	4,1	2,8	4,4	12,3	3,7	13,9	9,4	2,9	1,4	8,3	29,6	6,2
La	0,8	1,9	0,8	2	1,9	1,9	3,3	6,4	0,8	3	2	0,6	0,4	3,3	5,8	3,6
Ce	1,2	4,5	1	3,9	2,9	3	19,5	15,7	1,3	5,4	3	0,8	0,7	7,3	69,5	6,8
Pr	0,17	0,69	0,15	0,53	0,4	0,38	0,62	1,65	0,17	0,61	0,41	0,11	0,08	0,79	1,29	0,74
Nd	0,6	3,7	0,7	2,3	1,9	1,4	2,3	6,3	0,6	2,3	1,7	0,5	<0,3	3,1	4,7	2,7
Sm	0,17	1,01	0,14	0,55	0,27	0,27	0,48	1,34	0,19	0,47	0,4	0,16	0,08	0,61	1	0,51
Eu	0,07	0,2	0,06	0,22	0,1	0,11	0,15	0,51	0,08	0,2	0,19	0,07	0,04	0,2	0,34	0,18
Gd	0,22	1,31	0,18	0,84	0,33	0,33	0,44	1,46	0,28	0,71	0,59	0,23	0,11	0,63	1,26	0,57
Tb	0,04	0,2	0,03	0,15	0,06	0,05	0,07	0,24	0,05	0,14	0,11	0,04	0,03	0,1	0,3	0,1
Dy	0,28	0,99	0,21	1,08	0,33	0,34	0,42	1,53	0,31	1,02	0,71	0,26	0,19	0,66	3,03	0,61
Ho	0,08	0,16	0,06	0,28	0,09	0,08	0,13	0,36	0,08	0,33	0,2	0,07	0,04	0,2	0,97	0,16
Er	0,25	0,39	0,2	0,88	0,31	0,26	0,46	1,12	0,28	1,14	0,67	0,25	0,16	0,64	3,42	0,5
Tm	0,04	0,05	0,04	0,14	0,04	0,04	0,07	0,18	0,05	0,18	0,1	0,04	0,02	0,11	0,59	0,09
Yb	0,27	0,31	0,23	0,86	0,3	0,28	0,52	1,23	0,3	1,11	0,65	0,3	0,14	0,8	4,1	0,53
Lu	0,05	0,05	0,05	0,14	0,06	0,04	0,09	0,21	0,06	0,18	0,11	0,06	0,03	0,13	0,63	0,09
ΣETR	4,24	15,46	3,85	13,87	8,99	8,48	28,55	38,23	4,55	16,79	10,84	3,49	2,02	26,87	126,53	23,38
^a Pr/Yb _(SN)	0,20	0,71	0,21	0,20	0,43	0,43	0,38	0,43	0,18	0,18	0,20	0,12	0,18	0,32	0,10	0,45
^b Eu/Eu* _(SN)	1,74	0,90	1,89	1,57	1,61	1,91	1,60	1,80	1,69	1,60	1,86	1,80	1,66	1,61	1,28	1,61
^c Ce/Ce* _(SN)	0,75	0,88	0,66	0,87	0,77	0,81	3,13	1,11	0,81	0,92	0,76	0,71	0,90	1,04	5,86	0,96
Y/Ho	36,25	26,25	43,33	43,21	45,56	35,00	33,85	34,17	46,25	42,12	47,00	41,43	35,00	41,50	30,52	38,75
^d Pr/Yb _(CN)	1,14	4,03	1,18	1,12	2,41	2,46	2,16	2,43	1,03	0,99	1,14	0,66	1,03	1,79	0,57	2,53
^e Eu/Eu* _(CN)	0,55	0,27	0,58	0,49	0,51	0,56	0,49	0,55	0,53	0,53	0,60	0,56	0,65	0,49	0,46	0,51
^f Ce/Ce* _(CN)	0,37	0,46	0,32	0,44	0,37	0,39	1,51	0,56	0,40	0,45	0,37	0,34	0,44	0,52	2,88	0,47

^{a b c} valores de normalização com base no folhelho segundo McLennan (1989); ^{d e f} valores de normalização com base no condrito segundo Taylor & McLennan (1985)

^bEu/Eu*_(SN) = Eu_(SN)/(0,66Sm_(SN)+0,33Tb_(SN)); ^cCe/Ce*_(SN) = Ce_(SN)/0,5La_(SN)+0,5Pr_(SN); ^eEu/Eu*_(CN) = Eu_(CN)/Sm_(CN)+Gd_(CN); ^fCe/Ce*_(CN) = Ce_(CN)/La_(CN)+Pr_(CN)

Resultado de análises química de rocha total de metagranitóides e gnaisses.

Amostra	FSD-006-501	PTG-018-003	PTG-172-001	PTG-048-004	PTG-179-001	PTG-060	FSD-011-001	FSD-007-501	PTG-036-003	PTG-177-002
wt%										
SiO ₂	74,87	87,03	75,61	72,15	74,48	74,44	72,75	71,82	71,58	72,06
Al ₂ O ₃	11,93	7,12	13,13	14,77	13	13,67	14,47	14,98	13,4	14,48
Fe ₂ O ₃	2,2	1,09	2,31	1,83	2,29	1,34	1,35	2,02	3,26	2,12
MgO	0,54	0,24	0,19	0,5	0,34	0,27	0,3	0,88	0,42	0,57
CaO	0,71	0,04	2,32	1,74	0,96	0,92	1,1	0,94	2,06	2,18
Na ₂ O	1,84	0,28	3,84	4,47	2,98	3,59	4,44	3,24	2,27	4,48
K ₂ O	6,57	3,15	1,86	3,39	4,77	5,12	3,94	4,76	5,6	2,18
TiO ₂	0,22	0,1	0,24	0,25	0,24	0,15	0,19	0,23	0,38	0,24
P ₂ O ₅	0,02	0,04	0,05	0,07	0,06	0,06	0,05	0,07	0,1	0,08
MnO	0,04	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02
Cr ₂ O ₃	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
LOI	0,9	0,8	0,2	0,6	0,7	0,3	1,2	0,9	0,5	1,5
Sum	99,84	99,93	99,77	99,77	99,8	99,86	99,77	99,85	99,6	99,86
ppm										
Be	3	2	2	<1	<1	2	2	2	2	2
Sc	1	2	4	2	2	2	2	2	9	2
V	<8	14	<8	13	17	9	8	16	25	18
Co	0,6	1,7	2,4	3	3,2	1,8	1,7	3,8	3,4	4,7
Ni	1,9	1,4	1,5	2,6	1,6	3,7	1,4	8,7	1,9	2,9
Cu	2,3	4,8	45	3,5	14,4	56,9	3	3,9	1,8	74
Zn	61	7	35	43	38	34	41	44	62	33
Ga	23,5	11,7	20,4	17,9	14,7	17,4	17,8	18,4	19,9	15,9
As	2,1	1,3	1	0,8	1	0,8	0,9	1,3	1,3	1,1
Se	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Rb	287,4	161,5	43,9	78,5	164,8	231,6	116,7	125,2	192,3	70,5
Sr	28,3	14,2	187,8	401,6	189,6	129,6	437,4	220	172,8	360,1
Zr	435,4	65,6	402,2	187,4	179,2	126,5	130,5	98,2	605,3	137,5
Nb	35,5	9,7	26,9	3,3	6,4	10,5	7	5	31,1	3,3
Mo	0,7	0,8	0,6	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	3,2
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sn	9	2	2	1	1	4	3	1	3	1
Sb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cs	2,1	1,5	0,5	0,8	1,8	4,6	1,8	5,7	1,2	2
Ba	299	447	880	1236	1291	870	1351	986	1502	656
Hf	13,7	2,3	12	4,6	4,7	3,9	3,7	2,9	16,6	3,3

Resultado de análises química de rocha total de metagranitóides e gnaisses (continuação).

Amostra	FSD-006-501	PTG-018-003	PTG-172-001	PTG-048-004	PTG-179-001	PTG-060	FSD-011-001	FSD-007-501	PTG-036-003	PTG-177-002
Ta	2,6	2,2	1,2	0,1	0,5	1,4	0,8	0,5	1,9	0,2
W	0,6	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,4	<0,5	0,5
Au	2,1	0,7	3	1,4	1,7	<0,5	1,4	<0,5	<0,5	0,8
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tl	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,2	0,4	0,7	0,3
Pb	5,3	2,1	5,6	8,1	4,5	3,1	14,9	2,4	8,2	10,2
Bi	0,1	0,4	<0,1	<0,1	0,2	1	0,2	<0,1	<0,1	0,1
Th	42,8	17,3	17,2	30,7	22,9	23	25,6	5,7	24,6	10,3
U	8,6	4,7	2,3	1,1	2,2	6,1	6,9	1,8	3,7	1,2
Y	84	102	95,2	5,4	13,3	27,1	9,7	8,3	139	5
La	110,9	59	82,3	75,9	78,9	36,8	49,3	11,8	227,1	27,4
Ce	233,7	50,8	234,8	141,5	133,1	73,9	96,2	22,1	470,8	50,5
Pr	23,7	20,43	19,42	12,75	14,16	7,66	9,28	2,29	49,4	4,9
Nd	85,5	79,2	70,9	39,1	45,4	24,5	29,3	8	176,9	15,9
Sm	16,01	17,99	13,97	4,73	6,4	4,55	4,23	1,54	31,35	2,29
Eu	0,68	2,82	2,22	0,89	1,13	0,48	0,87	0,36	2,89	0,65
Gd	15,18	18,02	13,78	2,62	4,18	4,23	2,62	1,37	28,28	1,6
Tb	2,54	3,31	2,65	0,29	0,53	0,75	0,36	0,24	4,6	0,22
Dy	14,46	18,89	16	1,11	2,44	4,29	1,84	1,25	26,08	1,02
Ho	2,98	3,58	3,47	0,18	0,44	0,89	0,3	0,24	5,2	0,17
Er	8,38	9,71	10,15	0,44	1,16	2,63	0,77	0,75	13,44	0,43
Tm	1,22	1,41	1,44	0,07	0,18	0,4	0,12	0,13	1,85	0,06
Yb	7,7	8,89	8,69	0,34	1,15	2,55	0,69	0,76	10,77	0,38
Lu	1,15	1,2	1,29	0,07	0,2	0,4	0,1	0,13	1,45	0,06
ΣETR	524,10	295,25	481,08	279,99	289,37	164,03	195,98	50,96	1050,11	105,58
^a La/Yb _(CN)	9,73	4,48	6,40	150,85	46,36	9,75	48,28	10,49	14,25	48,73
^b Eu/Eu* _(CN)	0,07	0,24	0,24	0,35	0,31	0,16	0,37	0,37	0,15	0,49

^{a,b} valores de normalização com base no condrito segundo Evensen *et al.* (1978)

$${}^b\text{Eu}/\text{Eu}^*_{(\text{CN})} = \text{Eu}_{(\text{CN})}/\text{Sm}_{(\text{CN})} + \text{Gd}_{(\text{CN})}$$

Resultado de análises química de rocha total de anfíbolitos.

Amostra	011-505	005-513	007-002	014-189,40	036-004
wt%					
SiO₂	48,46	47,45	47,18	49,48	48,9
Al₂O₃	12,6	12,33	14,91	12,94	13,33
Fe₂O₃	17,47	18,4	14,54	17,4	14,64
MgO	4,56	5,62	5,09	4,86	6,59
CaO	8,52	8,96	10,15	8,88	10,08
Na₂O	2,4	1,66	2,66	1,82	2,37
K₂O	0,7	0,63	0,7	0,58	1,42
TiO₂	3,6	3,12	3,08	2,69	1,28
P₂O₅	0,58	0,33	0,37	0,32	0,11
MnO	0,29	0,27	0,21	0,25	0,24
Cr₂O₃	0,003	0,014	0,011	0,004	0,021
LOI	0,5	0,9	0,8	0,5	0,8
Sum	99,69	99,7	99,68	99,72	99,79
ppm					
Be	2	1	<1	1	1
Sc	31	39	33	36	47
V	326	490	491	419	280
Co	43,3	46,6	38,8	44,3	43,6
Ni	45	65	67	50	70
Cu	124,2	134,8	94,4	178,4	53,1
Zn	66	82	41	52	50
Ga	21,6	22	20,4	21,7	16,7
As	0,9	1	1,1	0,9	<0,5
Se	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Rb	11,2	10,5	9	6,9	21,4
Sr	404	179,2	617	302	144
Zr	282,4	195,6	124,8	194,4	75,3
Nb	40,8	20,3	13,9	19	4,6
Mo	1,4	1,6	0,4	1,1	0,5
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cd	<0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1
Sn	2	4	1	2	1
Sb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cs	0,7	0,2	0,2	0,2	0,1
Ba	262	305	355	219	172
Hf	7,4	5,7	3,5	5,4	2,4
Ta	2,5	1,1	0,9	1,1	0,3

Resultado de análises química de rocha total de anfibolitos (continuação).

Amostra	011-505	005-513	007-002	014-189,40	036-004
W	<0,5	0,9	0,6	0,5	<0,5
Au	<0,5	<0,5	<0,5	1,4	4,2
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pb	2,7	2,1	1,6	1,3	4,7
Bi	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Th	4,3	2,7	1,8	2,4	1,2
U	1,2	0,5	0,4	0,5	0,4
Y	37,8	43,5	22,9	36,6	24,8
La	43,5	21	17,9	21,9	6,1
Ce	97,1	50,6	40,9	49,1	14,9
Pr	12,26	6,65	5,33	6,34	2,06
Nd	55,2	31	25,5	29,7	10,5
Sm	10,44	7,44	5,46	6,73	2,94
Eu	3,06	2,36	2,18	2,11	1,02
Gd	9,55	8,05	5,58	7,33	3,83
Tb	1,42	1,38	0,84	1,24	0,72
Dy	7,23	7,62	4,48	6,82	4,22
Ho	1,37	1,54	0,86	1,38	0,92
Er	3,83	4,5	2,38	3,86	2,75
Tm	0,52	0,61	0,34	0,57	0,42
Yb	3,09	3,78	2	3,46	2,62
Lu	0,46	0,57	0,3	0,51	0,4
Σ ETR	249,03	147,10	114,05	141,05	53,40
^a La/Yb _(CN)	9,51	3,75	6,05	4,28	1,57
^b Eu/Eu* _(CN)	0,94	0,93	1,21	0,92	0,93

^a ^b valores de normalização com base no condrito segundo Evensen *et al.* (1978)

$${}^b\text{Eu}/\text{Eu}^*_{(\text{CN})} = \text{Eu}_{(\text{CN})} / \sqrt{(\text{Sm}_{(\text{CN})} + \text{Gd}_{(\text{CN})})}$$

Anexo VI – Resultados de análises geocronológicas U-Pb SHRIMP

Resultado de análises geocronológica da amostra de metaconglomerado do ponto PTG-106.

Nome spot	U ppm	Th ppm	$^{232}\text{Th} / ^{238}\text{U}$	^{206}Pb ppm	4f ^{206}Pb %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \pm$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} \pm$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} \pm$	Erro de correlação	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th} \pm$	Idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} \pm$	Idade $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \pm$	Disc. %
D.1-1	262	214	0,84	71,1	0,00	0,10667 0,65	4,6463 1,53	0,3159 1,39	0,907	0,0913 1,57	1770 22	1743 12	-2
D.1-2	294	154	0,54	102,8	0,22	0,17350 0,53	9,7109 1,38	0,4059 1,28	0,925	0,1036 1,77	2196 24	2592 9	15
D.1-3	194	135	0,72	65,4	0,00	0,13824 0,81	7,4771 1,58	0,3923 1,36	0,860	0,1075 1,72	2133 25	2205 14	3
D.1-4	109	65	0,62	29,9	0,00	0,10692 0,97	4,7228 1,79	0,3204 1,50	0,839	0,0895 1,95	1791 24	1748 18	-3
D.2-1	101	42	0,44	30,5	0,50	0,13282 1,55	6,4144 2,18	0,3503 1,53	0,702	0,1084 3,87	1936 26	2136 27	9
D.2-4	400	50	0,13	165,9	0,03	0,19986 0,35	13,3016 1,29	0,4827 1,24	0,962	0,1289 2,46	2539 26	2825 6	10
D.3-1	208	84	0,42	90,0	0,12	0,19636 0,66	13,6141 1,49	0,5029 1,33	0,895	0,1285 1,92	2626 29	2796 11	6
D.3-2	301	228	0,78	155,4	0,03	0,26162 0,32	21,6967 1,32	0,6015 1,28	0,971	0,1522 1,40	3036 31	3257 5	7
D.3-3	122	62	0,52	58,5	0,20	0,22055 0,64	17,0043 1,60	0,5592 1,47	0,916	0,1408 2,43	2863 34	2985 10	4
D.5-1	119	60	0,52	54,1	0,06	0,19991 0,60	14,6355 1,59	0,5310 1,48	0,927	0,1420 1,86	2746 33	2825 10	3
D.5-2	111	118	1,10	34,2	0,00	0,12553 0,85	6,2057 1,74	0,3586 1,51	0,872	0,0974 1,78	1975 26	2036 15	3
D.5-3	224	118	0,54	97,5	0,02	0,18515 0,45	12,9330 1,40	0,5066 1,32	0,946	0,1346 2,27	2642 29	2700 7	2
D.5-5	74	34	0,47	35,8	-0,14	0,20712 0,90	16,1018 1,92	0,5638 1,70	0,883	0,1505 2,93	2882 39	2883 15	0
D.6-1	134	95	0,73	34,4	0,12	0,10657 0,95	4,3834 1,75	0,2983 1,47	0,842	0,0842 1,86	1683 22	1742 17	3
D.6-4	121	110	0,93	55,0	0,08	0,19941 0,62	14,5081 1,59	0,5277 1,47	0,922	0,1405 1,73	2732 33	2821 10	3
D.6-3	159	153	0,99	38,1	0,27	0,10239 1,26	3,9253 1,91	0,2781 1,44	0,751	0,0786 1,90	1582 20	1668 23	5
D.6-2	40	33	0,85	10,4	0,06	0,10690 2,33	4,4365 3,11	0,3010 2,05	0,660	0,0824 3,55	1696 31	1747 43	3
D.7-1	255	77	0,31	109,9	0,06	0,19860 0,40	13,7201 1,54	0,5010 1,48	0,965	0,1264 2,12	2618 32	2815 7	7
D.7-2	108	59	0,57	39,5	0,02	0,14303 0,73	8,4108 1,82	0,4265 1,66	0,916	0,1177 2,01	2290 32	2264 13	-1
D.7-3	270	26	0,10	76,0	0,02	0,12781 0,56	5,7634 1,65	0,3271 1,55	0,941	0,1014 3,19	1824 25	2068 10	12
D.8-1	275	229	0,86	114,6	0,13	0,18335 0,54	12,2479 2,59	0,4845 2,54	0,978	0,1214 2,67	2547 53	2683 9	5
D.8-2	202	258	1,32	106,7	0,02	0,26831 0,48	22,7538 1,52	0,6150 1,44	0,948	0,1570 1,58	3090 35	3296 8	6

Resultado de análises geocronológica da amostra de metaconglomerado do ponto PTG-106 (continuação).

Nome spot	U ppm	Th ppm	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	^{206}Pb ppm	$4f^{206}$ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ±	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ±	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ±	Erro de correlação	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ ±	Idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ±	Idade $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ±	Disc. %
D.8-3	315	287	0,94	79,4	0,14	0,12017 0,82	4,8525 1,52	0,2929 1,28	0,840	0,0834 1,58	1656 19	1959 15	15
D.8-4	264	242	0,95	79,0	0,06	0,12455 0,74	5,9707 1,57	0,3477 1,38	0,882	0,0934 1,63	1924 23	2022 13	5
D.9-1	656	126	0,20	105,4	0,36	0,09993 1,03	2,5690 1,59	0,1865 1,21	0,760	0,0533 4,06	1102 12	1741 19	32
D.9-2	236	141	0,62	60,9	0,04	0,10630 1,03	4,4089 1,69	0,3008 1,34	0,792	0,0830 1,96	1695 20	1737 19	2
D.9-3	89	75	0,88	24,2	0,45	0,10740 1,86	4,6584 2,54	0,3146 1,73	0,681	0,0842 2,73	1763 27	1756 34	0
D.10-1	152	164	1,12	39,7	0,14	0,10539 1,13	4,4228 1,86	0,3044 1,48	0,795	0,0841 1,85	1713 22	1721 21	0
D.10-2	65	26	0,41	32,8	0,12	0,22360 0,91	18,0096 2,03	0,5842 1,81	0,894	0,1492 2,74	2966 43	3007 15	1
D.12-2	73	43	0,61	20,2	0,15	0,10714 1,43	4,7641 2,23	0,3225 1,72	0,768	0,0894 2,55	1802 27	1751 26	-3
^a D.5-4	3919	6425	1,69	3,0	1,13	0,06361 3,99	0,8204 4,24	0,0935 1,44	0,339	0,0353 3,14	576 8	729 85	22
^a D.12-1	1588	612	0,40	9,9	1,14	0,05211 19,70	0,6156 19,70	0,0857 1,26	0,064	0,0254 22,84	530 6	290 450	-86

^a Datação realizada em xenotima. Os demais spots são em zircão.

Notas: erros das razões isotópicas em %

Todo Pb nas razões são componentes radiogênicos, todos corrigidos para ^{204}Pb

Disc. = discordância, como $100 - 100 \{t[^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}/^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}]\}$

$4f^{206} = (^{206}\text{Pb} \text{ comum}) / (^{206}\text{Pb} \text{ total medido})$ baseado no ^{204}Pb medido

Incertezas são 1σ

Resultado de análises geocronológica da amostra de metaconglomerado do ponto PTG-093.

Nome spot	U ppm	Th ppm	²³² Th / ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb ppm	4f ²⁰⁶ %	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ±	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U ±	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ±	Erro de correlação	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th ±	Idade ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ±	Idade ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb ±	Disc. %
E.1-1	311	98	0,33	92,6	-0,01	0,12559 0,53	6,00 1,39	0,3466 1,28	0,924	0,0972 1,63	1918 21	2037 9	6
E.1-2	39	26	0,696	10,2	0,00	0,10721 1,73	4,5694 2,72	0,3091 2,10	0,772	0,0889 2,97	1736 32	1753 32	1
E.1-3	117	37	0,323	31,9	0,91	0,18179 1,62	7,8879 2,24	0,3147 1,55	0,690	0,1216 5,91	1764 24	2669 27	34
E.2-1	362	158	0,452	131,5	0,04	0,16960 0,51	9,8920 1,37	0,4230 1,27	0,928	0,1102 1,59	2274 24	2554 9	11
E.2-2	194	145	0,772	83,8	0,09	0,21483 0,49	14,8491 1,42	0,5013 1,34	0,939	0,1405 1,58	2619 29	2942 8	11
E.2-4	294	147	0,517	123,6	0,00	0,18287 0,45	12,3209 1,35	0,4887 1,28	0,942	0,1323 1,45	2565 27	2679 7	4
E.3-1	278	128	0,477	130,6	0,02	0,20086 0,38	15,1436 1,40	0,5468 1,35	0,962	0,1437 1,56	2812 31	2833 6	1
E.3-2	196	178	0,940	62,4	0,05	0,12918 0,90	6,6152 1,63	0,3714 1,35	0,832	0,1050 1,57	2036 24	2087 16	2
E.3-3	244	101	0,428	67,0	0,00	0,12344 0,61	5,4396 1,52	0,3196 1,39	0,915	0,1150 1,64	1788 22	2007 11	11
E.4-1	1208	6	0,005	84,6	-0,04	0,05726 1,03	0,6440 1,58	0,0816 1,20	0,760	0,0422 42,32	506 6	502 23	-1
E.4-2	114	95	0,864	40,2	0,15	0,13834 0,96	7,8163 1,76	0,4098 1,47	0,838	0,1140 1,95	2214 28	2207 17	0
E.4-3	101	83	0,842	43,9	0,08	0,19787 0,72	13,7271 1,65	0,5031 1,48	0,900	0,0848 8,40	2627 32	2809 12	6
E.5-1	144	124	0,885	44,6	0,00	0,12579 0,76	6,2288 1,62	0,3591 1,44	0,885	0,0990 1,69	1978 24	2040 13	3
E.5-2	49	40	0,856	16,5	0,30	0,13025 1,81	7,0573 2,60	0,3930 1,87	0,719	0,1112 3,00	2137 34	2101 32	-2
E.5-3	77	52	0,705	27,4	0,29	0,13350 1,67	7,6021 2,33	0,4130 1,63	0,699	0,1134 3,20	2229 31	2144 29	-4
E.6-1	127	103	0,839	34,2	0,08	0,10772 1,26	4,6621 1,94	0,3139 1,48	0,761	0,0890 2,06	1760 23	1761 23	0
E.6-2	143	61	0,440	61,7	0,04	0,18461 0,64	12,8018 1,56	0,5029 1,42	0,911	0,1352 3,25	2626 31	2695 11	3
E.6-3	157	126	0,832	40,0	0,10	0,10776 1,30	4,4101 1,94	0,2968 1,44	0,740	0,0881 2,47	1675 21	1762 24	5
E.6-4	102	70	0,708	28,2	0,11	0,10863 1,38	4,8156 2,07	0,3215 1,54	0,744	0,0908 2,37	1797 24	1777 25	-1
E.7-1	125	195	1,61	39,6	0,77	0,12699 3,16	6,41 3,57	,3661 1,67	0,468	0,1037 2,84	2011 29	2057 56	2
E.7-2	80	17	0,223	26,8	0,33	0,13328 1,30	7,1350 2,20	0,3883 1,78	0,807	0,1029 6,12	2115 32	2142 23	1
E.7-3	313	162	0,536	126,4	0,03	0,17640 0,40	11,4273 1,51	0,4698 1,46	0,965	0,1283 1,63	2483 30	2619 7	5

Resultado de análises geocronológica da amostra de metaconglomerado do ponto PTG-093 (continuação).

Nome spot	U ppm	Th ppm	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	^{206}Pb ppm	4f ²⁰⁶ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \pm$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} \pm$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} \pm$	Erro de correlação	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th} \pm$	Idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} \pm$	Idade $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \pm$	Disc. %
E.8-1	87	71	0,842	45,0	0,02	0,23919 0,60	19,7697 1,80	0,5995 1,70	0,942	0,1639 1,90	3028 41	3115 10	3
E.8-2	83	45	0,557	42,4	0,26	0,26882 0,66	22,0542 1,93	0,5950 1,82	0,940	0,1553 2,67	3010 44	3299 10	9
E.8-3	70	38	0,565	25,3	0,36	0,14654 1,36	8,4990 2,30	0,4206 1,85	0,805	0,1096 3,56	2263 35	2306 23	2
E.8-4	102	80	0,811	35,6	0,21	0,14232 0,92	7,9195 1,95	0,4036 1,71	0,880	0,1092 2,16	2185 32	2256 16	3
E.9-1	101	41	0,417	33,3	0,19	0,13135 1,15	6,9519 2,06	0,3838 1,70	0,828	0,1092 3,18	2094 30	2116 20	1
E.9-2	70	74	1,091	37,1	0,07	0,23736 0,68	20,1939 1,92	0,6170 1,79	0,934	0,1627 2,08	3098 44	3102 11	0
E.9-3	380	111	0,303	128,8	0,05	0,20350 0,36	11,0705 1,53	0,3945 1,48	0,972	0,1014 1,79	2144 27	2854 6	25
E.9-4	81	35	0,448	39,4	0,08	0,21746 0,69	16,9792 1,88	0,5663 1,75	0,931	0,1505 2,55	2893 41	2962 11	2
E.9-5	242	232	0,990	73,9	0,02	0,13348 0,56	6,5372 1,68	0,3552 1,58	0,943	0,0895 4,39	1959 27	2144 10	9

Notas: erros das razões isotópicas em %

Todo Pb nas razões são componentes radiogênicos, todos corrigidos para ^{204}Pb

Disc. = discordância, como $100 - 100 \{t[^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}/^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}]\}$

$4f^{206} = (^{206}\text{Pb} \text{ comum}) / (^{206}\text{Pb} \text{ total medido})$ baseado no ^{204}Pb medido

Incertezas são 1σ

Resultado de análises geocronológica da amostra de quartzito do ponto PTG-226.

Nome spot	U ppm	Th ppm	²³² Th / ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb ppm	4f ²⁰⁶ %	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ±	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U ±	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ±	Erro de correlação	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th ±	Idade ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ±	Idade ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb ±	Disc. %
C.1-1	169	77	0,47	81,7	0,11	0,20991 0,53	16,3015 1,52	0,5632 1,42	0,938	0,1383 2,01	2880 33	2905 9	1
C.1-2	220	227	1,07	101,0	0,06	0,20335 0,44	14,9962 1,44	0,5349 1,37	0,952	0,0739 1,63	2762 31	2853 7	3
C.1-3	226	15	0,07	105,5	0,08	0,19831 0,43	14,8660 1,43	0,5437 1,36	0,954	0,0907 5,46	2799 31	2812 7	0
C.1-4	44	18	0,42	15,0	0,14	0,13289 1,58	7,2243 2,53	0,3943 1,98	0,782	0,1087 3,99	2143 36	2136 28	0
C.1-5	269	104	0,40	120,4	0,04	0,20349 0,42	14,6081 1,41	0,5206 1,34	0,955	0,1092 1,89	2702 30	2854 7	5
C.2-1	152	53	0,36	71,9	-0,04	0,21055 0,56	16,0259 1,66	0,5520 1,57	0,942	0,1438 2,09	2834 36	2910 9	3
C.2-2	172	86	0,52	80,9	0,08	0,20849 0,55	15,7529 1,64	0,5480 1,54	0,941	0,1418 1,99	2817 35	2894 9	3
C.2-3	212	141	0,69	94,6	-0,01	0,18558 0,50	13,3223 1,63	0,5206 1,55	0,952	0,1382 1,73	2702 34	2703 8	0
C.2-4	253	224	0,92	85,0	0,00	0,13344 0,59	7,1984 1,60	0,3912 1,48	0,929	0,1067 1,65	2129 27	2144 10	1
C.2-5	85	58	0,71	48,5	-0,02	0,26320 0,66	24,1981 1,83	0,6668 1,71	0,933	0,1751 2,04	3293 44	3266 10	-1
C.2-6	188	87	0,48	52,7	0,11	0,11039 0,89	4,9742 1,76	0,3268 1,52	0,863	0,0905 2,11	1823 24	1806 16	-1
C.2-7	154	60	0,40	69,8	0,05	0,20291 0,78	14,7563 1,73	0,5274 1,54	0,892	0,1351 2,09	2731 34	2850 13	4
C.2-8	192	89	0,48	89,7	0,06	0,21145 0,49	15,8564 1,66	0,5439 1,58	0,956	0,1363 1,90	2800 36	2917 8	4
C.2-9	165	284	1,78	50,5	0,18	0,17468 0,76	8,5627 1,75	0,3555 1,57	0,900	0,0825 1,80	1961 27	2603 13	25
C.2-10	178	223	1,29	56,8	0,09	0,19055 0,63	9,7244 2,05	0,3701 1,95	0,952	0,0448 2,91	2030 34	2747 10	26
C.2-11	136	84	0,64	69,6	0,22	0,21472 0,60	17,5761 1,74	0,5937 1,63	0,939	0,1526 2,09	3004 39	2942 10	-2
C.3-1	267	188	0,73	65,4	-0,06	0,10579 0,89	4,1626 1,63	0,2854 1,37	0,840	0,0798 1,77	1618 20	1728 16	6
C.3-2	237	64	0,28	79,7	0,03	0,13292 0,64	7,1552 1,51	0,3904 1,37	0,906	0,1062 2,15	2125 25	2137 11	1
C.3-3	135	82	0,63	62,4	0,03	0,19610 0,65	14,5802 1,68	0,5392 1,54	0,922	0,1419 2,02	2780 35	2794 11	0
C.3-4	185	55	0,31	61,5	0,05	0,13241 0,76	7,0793 1,59	0,3878 1,40	0,879	0,1091 2,32	2112 25	2130 13	1
C.3-5	90	44	0,50	39,5	0,04	0,17887 0,82	12,5456 1,77	0,5087 1,57	0,886	0,1357 2,22	2651 34	2642 14	0
C.4-1	87	50	0,59	39,5	-0,05	0,20573 0,78	14,9321 1,79	0,5264 1,61	0,901	0,1372 2,18	2726 36	2872 13	5

Notas: erros das razões isotópicas em %

Todo Pb nas razões são componentes radiogênicos, todos corrigidos para ²⁰⁴Pb

Disc. = discordância, como $100 - 100 \{t[^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}/^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}]\}$

$4f^{206} = (^{206}\text{Pb comum}) / (^{206}\text{Pb total medido})$ baseado no ²⁰⁴Pb medido

Incertezas são 1σ

Resultado de análises geocronológica da amostra de quartzito do ponto PTG-226 (continuação).

Nome spot	U ppm	Th ppm	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	^{206}Pb ppm	$4f^{206}$ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \pm$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} \pm$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} \pm$	Erro de correlação	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th} \pm$	Idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} \pm$	Idade $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \pm$	Disc. %
C.4-2	404	71	0,18	104,1	0,08	0,12076 0,80	4,9966 1,54	0,3001 1,32	0,856	0,0552 5,75	1692 20	1967 14	14
C.4-3	254	125	0,51	117,2	0,08	0,20033 0,57	14,8316 1,52	0,5370 1,41	0,928	0,1299 1,89	2771 32	2829 9	2
C.4-4	289	199	0,71	88,7	0,29	0,13311 0,91	6,5390 1,59	0,3563 1,31	0,821	0,1017 2,13	1965 22	2139 16	8
C.4-5	119	57	0,49	55,7	-0,05	0,20991 1,58	15,7216 2,23	0,5432 1,58	0,707	0,1434 2,68	2797 36	2905 26	4
C.4-6	258	84	0,34	115,0	0,01	0,19598 0,58	14,0441 1,50	0,5197 1,39	0,924	0,1362 2,06	2698 31	2793 9	3
C.4-7	192	124	0,67	87,0	0,11	0,20324 0,52	14,7589 1,50	0,5267 1,40	0,937	0,1329 1,71	2727 31	2852 9	4
C.4-8	193	226	1,21	81,0	0,16	0,19640 0,60	13,2197 1,58	0,4882 1,47	0,926	0,1170 1,69	2563 31	2797 10	8
C.5-1	77	47	0,64	35,3	0,12	0,22630 0,72	16,7187 1,94	0,5358 1,81	0,928	0,1463 2,38	2766 41	3026 12	9
C.5-2	186	66	0,37	56,5	0,20	0,12896 0,92	6,2799 1,81	0,3532 1,56	0,861	0,0724 3,58	1950 26	2084 16	6
C.5-3	379	94	0,26	123,1	0,16	0,17144 0,45	8,9267 1,57	0,3776 1,50	0,957	0,0355 7,27	2065 27	2572 8	20
C.5-4	196	35	0,18	81,1	0,08	0,17064 0,55	11,3460 1,62	0,4822 1,53	0,942	0,1213 3,30	2537 32	2564 9	1

Notas: erros das razões isotópicas em %

Todo Pb nas razões são componentes radiogênicos, todos corrigidos para ^{204}Pb

Disc. = discordância, como $100 - 100 \{t[^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}/^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}]\}$

$4f^{206} = (^{206}\text{Pb} \text{ comum}) / (^{206}\text{Pb} \text{ total medido})$ baseado no ^{204}Pb medido

Incertezas são 1σ