



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Centro de Ciências da Matemática e da Natureza
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia

Trabalho Final de Curso (IGL-UO8)

GEOLOGIA DO GABRO VITORIANO VELOSO E DAS ROCHAS DA SUÍTE FÉLSICA TIRADENTES, REGIÃO ENTRE TIRADENTES, VITORIANO VELOSO, PRADOS E DORES DE CAMPOS, ESTADO DE MINAS GERAIS

JÚLIA CAMPOS GUERRERO
(106058191)

Orientador: Prof. Dr. Ciro Alexandre Ávila
(Departamento de Geologia e Paleontologia – Museu Nacional – UFRJ)

Co-orientador: Prof. Dr. Everton Marques Bongiolo
(Departamento de Geologia – UFRJ)

AGOSTO, 2011
RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Centro de Ciências da Matemática e da Natureza

Instituto de Geociências

Departamento de Geologia

Trabalho Final de Curso (IGL-UO8)

**GEOLOGIA DO GABRO VITORIANO VELOSO E DAS
ROCHAS DA SUÍTE FÉLSICA TIRADENTES, REGIÃO
ENTRE TIRADENTES, VITORIANO VELOSO, PRADOS E
DORES DE CAMPOS, ESTADO DE MINAS GERAIS**

JÚLIA CAMPOS GUERRERO

APROVADA POR:

Dr. Ciro Alexandre Ávila

Dra. Cícera Neysi de Almeida

Dr. Julio Cesar Mendes

**AGOSTO, 2011
RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL**

FICHA CATALOGRÁFICA

GUERRERO, Júlia Campos

GEOLOGIA DO GABRO VITORIANO VELOSO E DAS ROCHAS DA SUÍTE FÉLSICA TIRADENTES, REGIÃO ENTRE TIRADENTES, VITORIANO VELOSO, PRADOS E DORES DE CAMPOS, ESTADO DE MINAS GERAIS.

XXII, 97 p., 29,7 cm (Instituto de Geociências – Departamento de Geologia – UFRJ, Trabalho Final de Curso, 2011)

Trabalho Final de Curso: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia.

- 1- Gabbro Vitoriano Veloso
- 2- Suíte felsica Tiradentes
- 3- Petrografia
- 4- Geoquímica
- 5- Cinturão Mineiro
- 6- Cráton São Francisco

I-IGEO/UFRJ

II- Título (série)

RESUMO

Guerrero, J.C. 2011. *Geologia do gábrico Vitoriano Veloso e das rochas da suíte felsica Tiradentes, região entre Tiradentes, Vitoriano Veloso, Prados e Dores de Campos, estado de Minas Gerais*. Trabalho Final de Curso, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 97p.

Na região entre as cidades de Tiradentes, Vitoriano Veloso, Prados e Dores de Campos (Minas Gerais) foi realizado o mapeamento geológico na escala 1:25.000 de cerca de 85km², envolvendo principalmente o gábrico Vitoriano Veloso e as rochas da suíte felsica Tiradentes. Em termos gerais, o gábrico Vitoriano Veloso possui ampla variação faciológica (desde fácies diabásio até fácies gábrico grosso), que foi caracterizada em escala de mapa (tendendo a aumentar de granulação em direção a sul), em afloramento (intercalações de camadas centimétricas a métricas) e no estudo petrográfico. Este corpo apresenta uma série de feições primárias, dentre as quais: *i*) ampla variação na granulação e na porcentagem entre os minerais maficos e felsicos, caracterizando uma diferença composicional dada por um acamamento ígneo; *ii*) rochas com texturas cumuláticas e intercumuláticas, típicas de corpos acamados; *iii*) minerais acessórios presentes ou ausentes em diferentes rochas, indicando diferenças compostionais nos protólitos; *iv*) presença de clinopiroxênio e ortopiroxênio em proporções variáveis; *v*) orientação dos cristais de plagioclásio por fluxo magmático; *vi*) formação de fases de pegmatitização oriundas da percolação de fluídos restantes do final da cristalização magmática; *vii*) presença de enclaves autolíticos. Desta maneira, foi possível de se caracterizar que o gábrico Vitoriano Veloso corresponde a um corpo ígneo acamado, cujo processo magmático controlador cristalizou inicialmente plagioclásio (\pm ortopiroxênio) + clinopiroxênio. Ao final desse processo formou-se hornblenda magmática com caráter poiquilitico. Este corpo estaria associado a cristalização de um magma basáltico toleítico enriquecido em MgO em um ambiente de arco de ilha intra-oceânico. Posteriormente, sua mineralogia primária foi superposta parcial ou totalmente por minerais neoformados associados a um processo metamórfico regional, caracterizado principalmente pelo crescimento de actinolita e ferro-actinolita em substituição ao ortopiroxênio, clinopiroxênio e hornblenda. Posteriormente todo este conjunto foi modificado por processos metamórficos hidrotermais que ocasionaram a cloritização, sericitização e epidotização dos principais minerais, inclusive, por vezes, obliterando integralmente as feições primárias e metamórficas.

As rochas da suíte félscica Tiradentes variam de tonalitos a dacitos e compreendem dois conjuntos distintos: 1) corpos vulcânicos e subvulcânicos félscicos afaníticos, constituídos predominantemente por andesitos, dacitos e granófiros, com texturas que variam de equigranulares a microporfiríticas, e algumas amostras apresentam textura esferulítica e estrutura acamadada e; 2) corpos subvulcânicos félscicos, faneríticos de finos a médios, com textura variando de equigranular a porfirítica. Estes conjuntos são compostos essencialmente por plagioclásio, quartzo e rara biotita, bem como apresentam agregados contendo clorita, biotita, epidoto e titanita, que foram interpretados como xenólitos máficos parcialmente assimilados de rochas da unidade andesítica Santo Antônio. Estas rochas variam de metaluminosas a peraluminosas, podem ser classificadas como trondjemitos de baixo conteúdo de Al_2O_3 , formados em um ambiente de arco vulcânico intra-oceânico a partir da cristalização de um magma andesítico de baixo potássio ou pela cristalização de um magma gerado pela fusão parcial de um anfibolito ou gabbro. Neste caso, as diferenças texturais observadas estariam associadas à cristalização do magma em diferentes níveis crustais.

Em termos de contexto geotectônico, propõe-se que a evolução da borda meridional do cráton São Francisco na região estudada envolveria a subducção e fusão de uma crosta oceânica, com a geração de intenso magmatismo em um ambiente de arco de ilha. Neste sentido, o ambiente geotectônico da região da área estudada corresponderia a um arco magmático intra-oceânico e não a um *greenstone belt*.

ABSTRACT

In the region between the cities of Tiradentes, Vitoriano Veloso, Prados and Dores de Campos (Minas Gerais) a geologic mapping was made in 1:25.000 scale of about 85 km², mainly comprising the Vitoriano Veloso gabbro and Tiradentes felsic suite.

Rocks from the Vitoriano Veloso gabbro have a wide faciologic range (from diabase facies to coarse-grained gabbro facies) that can be observed in a map scale (grain-size increasing to south), in outcrops (centimetric to metric intercalations of layers), and in thin sections. This rocks have some primary features, including: *i*) wide variation in grain-size and in mafic and felsic mineral percentage, characterizing a compositional difference given from igneous layering; *ii*) rocks with cumulative and intercumulative textures, typical of layered igneous rocks; *iii*) present or absent of accessory minerals, indicating compositional differences in the protoliths; *iv*) clinopyroxene and orthopyroxene in variable proportions; *v*) oriented of plagioclase by magmatic flux; *vi*) stages of pegmatitization by the percolation of fluids from the end of the magmatic crystallization; *vii*) presence of autholites.

This way, it was possible to characterize the Vitoriano Veloso gabbro as a layered igneous body, where magmatic process crystalized initially plagioclase + clinopyroxene (\pm orthopyroxene). In the end of this process magmatic hornblende was formed with poiquilitic texture. These rocks are associated with a crystallization of tholeític magma basalt enriched in MgO in an island arc system. Aftermost, this primary mineralogy was partial or totally superimposed by neoformed minerals associated by a regional metamorphic process, mainly characterized by growing of actinolite and ferro-actinolite, in substitution of orthopyroxene, clinopyroxene and hornblende. Later, this whole rock was modified by intense chloritization, sericitization and epidotization by metamorphic-hydrothermal processes, sometimes obliterating entirely the primary and metamorphic features.

The Tiradentes felsic suite vary from tonalities to dacites and comprising two similar compositional rocks: 1) volcanic and subvolcanic aphanitic felsic bodies composed mainly by andesites, dacites, and granophyres with textures that vary from equigranular to microporphyritic, and some samples with esferulitic texture and layered structures; 2) subvolcanic felsic bodies, fine to medium-grained, phaneritic, with textures varying from equigranular to porphyritic. They are essentially composed by plagioclase and quartz, and rare biotite, as well as aggregates with chlorite, biotite, epidote, and sphene, which were interpreted as remains of partially assimilated mafic xenoliths. These rocks from this set were chemically classified as metaluminous to peraluminous and can be classified as a low potassium trondhjemites associated to intra-oceanic volcanic arcs, products of the differentiation of a low potassium andesitic magma, or product of an amphibolite or gabbro

partial melting. In this case, the textural differences are associated by parental magma crystallization in distinct crustal levels.

In terms of geotectonic context, is proposed that the evolution of southern border of the São Francisco Craton in the studied region involves a subduction and crustal fusion of an oceanic crust, with generation of intense magmatism in an island arc context. In this sense, this area does not correspond to an environment of *greenstone belt*.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Maria Beatriz Campos, por ser antes de tudo minha melhor amiga, por sempre acreditar em mim e por me apoiar incondicionalmente em todos os momentos da minha vida.

Ao meu pai, José Guerrero, pelo entusiasmo de acompanhar a minha formação, mesmo de longe.

Ao meu padrasto, Alfredo Passacantilli, pelo carinho, disponibilidade e atenção; bem como à toda a minha família, por sempre me apoiar e torcer por mim.

Ao Fernando Vasques, por seu amor e carinho, bem como compreensão e ajuda durante as várias etapas da realização desta monografia.

Ao professor, orientador e amigo, Ciro Alexandre Ávila, pelo enorme conhecimento adquirido durante esses anos, bem como atenção, paciência, incentivo e apoio.

Ao co-orientador Everton Bongiolo, pelas discussões e questionamentos que me fizeram refletir.

Aos amigos Isabel Espinola, Jonas Arêas, Lua Barreira e Rayssa Fernandes por estarem sempre presentes nos bons e maus momentos.

Aos professores Atlas Vasconcelos Corrêa Neto, Ciro Alexandre Ávila, Cícera Neysi de Almeida, Claudio Limeira Mello, João Baptista Filho (*Juca in memoriam*), Joel Gomes Valença (*in memoriam*), Júlio Cezar Mendes, Renato Ramos e Rudolph Trouw, por cumprirem com excelência o papel de professor.

Agradeço a todos os meus grandes amigos feitos ao longo da faculdade, em especial, Fabio Belchior, Pablo Varela, Paloma Guimarães e Rodrigo Telles, por tornarem esse, um dos melhores períodos da minha vida.

Ao Filipe Vidal e Rômulo Stohler pela amizade e por sempre me incentivarem na busca incansável pelo conhecimento geológico.

À UFRJ pela oportunidade de realizar o intercâmbio na Universidade de Coimbra, bem como a todos que convivi e conheci durante esta trajetória que mudou a minha vida e o modo de encará-la.

Um agradecimento muito especial à amiga Thayla Vieira pela ajuda nas etapas de campo e laboratoriais e pelas discussões construtivas, bem como à Marize Muniz, Camila Paiva, Mariana Brando e Anselmo Bezerra Filho pela organização do acervo geológico dos quais fiz uso para a pesquisa que resultou no presente trabalho final de curso.

A todos aqueles que colaboraram, ajudaram e incentivaram que não foram citados nesta lista, mas que estão com certeza no meu coração.

SUMÁRIO

PÁG.

| | |
|--|------|
| I – CAPA | I |
| II - CONTRA CAPA | II |
| III – FICHA CATALOGRÁFICA | III |
| IV – RESUMO | IV |
| V - ABSTRACT | VI |
| V – AGRADECIMENTOS | VIII |
| VI – SUMÁRIO | IX |
| VII - ÍNDICE DE TABELAS | XI |
| VIII - ÍNDICE DE FIGURAS | XII |
| | |
| 1 – INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 – OBJETIVO E COMO ALCANÇÁ-LO | 2 |
| 3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO | 3 |
| 4 – MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO | 4 |
| 4.1 – INTRODUÇÃO | 4 |
| 4.2 - ETAPAS DE CAMPO | 7 |
| 4.2.1 – Mapeamento geológico | 7 |
| 4.2.2 – Coleta e preparação de amostras de rochas | 8 |
| 4.3 – ETAPAS DE LABORATÓRIO | 8 |
| 4.2.1 – Petrografia | 8 |
| 4.2.2 – Preparação de amostras de rocha para a geoquímica | 9 |
| 4.2.3 – Análise química | 9 |
| 4.4 – ETAPAS DE ESCRITÓRIO | 11 |
| 5 – NOMECLATURA ADOTADA PARA OS LITÓTIPOS | 12 |
| 6 – GEOLOGIA REGIONAL | 22 |
| 6.1 – PLATAFORMA SUL-AMERICANA | 22 |
| 6.2 – CRÁTON SÃO FRANCISCO | 23 |
| 6.3 – GREENSTONE BELTS | 25 |
| 6.4 – CINTURÃO MINEIRO | 27 |
| 6.5 - COBERTURAS METASSEMENTARES PALEO – MESO – NEOPROTEROZÓICAS | 28 |
| 7 - COMENTÁRIOS DOS TRABALHOS PRÉVIOS | 29 |
| 8 – GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA | 32 |
| 8.1 – INTRODUÇÃO | 32 |
| 8.2 – GABRO VITORIANO VELOSO | 35 |
| 8.2.1 – Aspectos de Campo | 35 |
| 8.2.2 – Aspectos Petrográficos | 38 |
| 8.2.2.1 - Feições Ígneas | 38 |
| 8.2.2.2 - Feições Metamórficas | 44 |
| 8.2.2.3 - Feições Metamórficas - Hidrotermais | 48 |
| 8.2.3 – Análise dos minerais opacos, estudos por MEV-EDS e DRX | 49 |
| 8.2.4 – Dados geoquímicos | 54 |
| 8.3 – ANDESITO MÁFICO SANTO ANTÔNIO | 60 |
| 8.3.1 – Aspectos de Campo | 60 |
| 8.3.2 – Aspectos Petrográficos | 61 |
| 8.4 – SUÍTE FÉLICA TIRADENTES | 63 |
| 8.4.1 – Aspectos de Campo | 63 |
| 8.3.2 – Aspectos Petrográficos | 65 |
| 8.4.3 – Estudos por MEV-EDS | 70 |
| 8.4.4 – Dados Geoquímicos | 72 |

| | |
|---|-----------|
| 8.5 – GNAISSES BANDADOS | 77 |
| 8.6 – CORPOS ULTRAMÁFICOS INDIFERENCIADOS | 78 |
| 8.6.1 – Aspectos de Campo | 78 |
| 8.6.2 – Aspectos Petrográficos | 78 |
| 8.6.3 – Estudos por Difratometria de Raios-X | 81 |
| 9 – DISCUSSÕES | 83 |
| 9.1 – GABRO VITORIANO VELOSO | 83 |
| 9.2 – ANDESITO SANTO ANTÔNIO | 87 |
| 9.3 – SUÍTE FÉLSICA TIRADENTES | 88 |
| 9.4 – ROCHAS ULTRAMÁFICAS | 89 |
| 10 – CONCLUSÕES FINAIS | 90 |
| 11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 91 |
| 12 – ANEXOS | |
| ANEXO I - MAPA GEOLÓGICO | |
| ANEXO II – MAPA DE PONTOS | |
| ANEXO III – MAPA FACIOLÓGICO DO GABRO VITORIANO VELOSO | |
| ANEXO IV – TABELA DE DESCRIÇÃO DE PONTOS | |

ÍNDICE DE TABELAS

| | PÁG. |
|---|------|
| Tabela 1 - Listagem de lâminas delgadas relacionadas ao projeto. | 1 |
| Tabela 2 - Listagem de amostras enviadas para difratometria de raios-X (DRX) e MEV-EDS. | 4 |
| Tabela 3 - Listagem de amostras enviadas para análise geoquímica. Legenda: subv=subvulcânica; vulc./subv.=vulcânica/subvulcânica; * = incluindo análise de elementos terras raras e; ** = corpo subvulcânico tonalítico, situado a sul do Rio das Mortes. | 6 |
| Tabela 4 - Classificação da granulação da rocha fanerítica, baseada no tamanho dos cristais (Williams <i>et al.</i> , 1954). | 15 |
| Tabela 5 - Índice de cor segundo o teor de minerais máficos (Le Maitre <i>et al.</i> , 2002). | 15 |
| Tabela 6 - Resultados geoquímicos para elementos maiores (% peso), menores (% peso) e traços (ppm) do gabbro Vitoriano Veloso, além da Norma CIPW. Legenda: Q = quartzo; Or = ortoclásio; Ab = albita; An = anortita; Di = diopsídio; Hy = hiperstênio; Il = ilmenita; Hm = hematita; Tn = titanita; Ap = apatita e; Pr = pirita. | 55 |
| Tabela 7 - Resultados geoquímicos de elementos maiores (% peso), menores (% peso) e traços (ppm) das rochas vulcânicas-subvulcânicas afaníticas e faneríticas da Suíte felsica Tiradentes e de um tonalito que aflora a sul do Rio das Mortes. Legenda: - = teores abaixo dos níveis de detecção ou não analisados. | 74 |
| Tabela 8 - Resultados geoquímicos de elementos terras raras (ppm) e norma CIPW das rochas vulcânicas-subvulcânicas afaníticas e faneríticas da suíte felsica Tiradentes. Legenda: Q = quartzo; C = círdon; Or = ortoclásio; Ab = albita; An = anortita; Di = diopsídio; Hy = hiperstênio; Il = ilmenita; Hm = hematita; Tn = titanita; Ru = rutilo; Ap = apatita e; Pr = pirita. | 75 |
| Tabela 9 - Tabela correlacionando as hipóteses de formação dos minerais, pressupondo até 3 eventos metamórficos na área estudada. Legenda: seta vermelha = transformação de minerais ígneos para metamórficos; seta azul = transformação mineral dentro de um mesmo pulso metamórfico e; seta verde = transformação mineral dada em pulsos metamórficos diferentes. | 86 |
| Tabela 10 - Tabela de evolução da mineralogia das rochas do gabbro Vitoriano Veloso. A linha contínua indica cronologia da cristalização das fases minerais durante o evento que a formou. Já a linha pontilhada representa incerteza do evento formador dos respectivos minerais. | 87 |
| Tabela 11 - Ordem de cristalização dos minerais magmáticos, metamórficos e metamórficos-hidrotermais das lâminas JU-26, Ju-41A e Ju-41C. A posição da linha contínua indica cronologia da cristalização das fases minerais durante o evento que a formou. | 88 |
| Tabela 12 - Ordem de cristalização dos minerais magmáticos, metamórficos e metamórficos-hidrotermais das lâminas JU-74A e JU-74B. A posição da linha contínua indica cronologia da cristalização das fases minerais durante o evento que a formou. | 88 |
| Tabela 13 - Síntese dos eventos metamórficos Paleoproterozóicos do Cinturão Mineiro Ávila <i>et al.</i> (2010). | 90 |

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁG.

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Principais vias de acesso da área estudada. A=São João Del Rei, B= Prados e C= Vitoriano Veloso (Fonte: <i>Google Maps</i> 28/06/2011). | 3 |
| Figura 2 - Diagrama P-T (Pressão-Temperatura) mostrando os campos das várias fácies metamórficas (em azul) e os campos de estabilidade das correspondentes fases minerais (em vermelho). Abreviações utilizadas: HNFs = hornfels; AE = albita-epidoto; HBL = hornblenda; PX = piroxênio; PREH-PUMP = prehnita-pumpellyita; Olig = oligoclásio; Plag = plagioclásio; Qtz = quartzo (Eskola 1915 <i>in</i> Yardley, 2004). | 13 |
| Figura 3 - Classificação geral e nomenclatura de rochas plutônicas de acordo com o conteúdo mineral (% vol) segundo Strackeisen (1976). 1a- quartzolito (silexito); 1b- granítóide rico em quartzo; 2- álc当地-feldspato granito; 3a- sienogranito; 3b- monzogranito; 4- granodiorito; 5- tonalito; 6*- quartzo álc当地-feldspato sienito; 7*- quartzo sienito; 8*- quartzo monzonito; 9*- quartzo monzodiorito / quartzo monzogabro; 10*- quartzo diorito / quartzo gabro / quartzo anortosito; 6- álc当地-feldspato sienito; 7- sienito; 8- monzonito; 9- monzodiorito / monzogabro; 10- diorito / gabro / anortosito; 6'- álc当地-feldspato sienito com feldspatóide; 7'- sienito com feldspatóide; 8'- monzonito com feldspatóide; 9'- monzodiorito / monzogabro com feldspatóide; 10'- diorito / gabro com feldspatóide; 11- feldspatóide-sienito; 12- feldspatóide-monzosienito; 13- feldspatóide monzodiorito / feldspatóide monzogabro; 14- feldspatóide diorito / feldspatóide gabro; 15- foidito. | 14 |
| Figura 4 - Classificação de rochas vulcânicas e subvulcâncias através de dados geoquímicos segundo Le Bas <i>et al.</i> (1986). | 14 |
| Figura 5 - Esquema representando cinco casos típicos de distribuição de tamanhos de grão em rochas ígneas cristalinas, independente do tamanho dos grãos da rocha (Dorado, 1989). | 16 |
| Figura 6 - Principais texturas cumuláticas em rochas plutônicas. Baseado nas descrições de Bard (1985) e Best (1982) <i>in</i> Dorado, (1989). | 18 |
| Figura 7 - Principais texturas observadas em rochas básicas: (a) diabásica (ou intergranular); (b) ofítica e (c) subofítica (Dorado, 1989). | 18 |
| Figura 8 - Compartimentação geotectônica da Plataforma Sul-Americana segundo Dardenne & Schobbenhaus (2001). Em vermelho, aproximadamente a área estudada. | 22 |
| Figura 9 - Províncias estruturais do Escudo Atlântico sobre o modelo digital do terreno (modificado de Almeida <i>et al.</i> , 1977, 1981 e Smith & Sandwell, 1997 <i>in</i> Bazzi <i>et al.</i> , 2003). | 23 |
| Figura 10 - Limite sul do Cráton São Francisco na região estudada por Nascimento (2009), que compreende o granítóide Ritápolis (em vermelho). Destaque para a Serra de São José (na seta), cujo embasamento corresponde à área estudada na presente monografia. | 24 |
| Figura 11 - Mapa esquemático mostrando os limites do Cráton São Francisco (editado de Macêdo, 2006), onde: 1- Embasamento Arqueano/ Paleoproterozóico (em vermelho); 2- Coberturas Mesoproterozóicas do Supergrupo Espinhaço; 3- Coberturas Neo e Mesoproterozóicas do Supergrupo São Francisco; 4- Coberturas Fanerozóicas; 5- Limites do Cráton São Francisco; 6- Cinturões de dobramentos Brasilianos. | 25 |

Figura 12 - Esboço geológico entre as cidades de Lavras, São João Del Rei e Tiradentes (editado de Teixeira *et al.*, 2008). Em destaque, os *greenstone belts* Rio das Mortes, Nazareno e Dores de Campos e o Gábro Vitoriano Veloso (em marrom claro). Arqueano: I – Gnaisses indiferenciados, granulito, charnockito e complexos máfico-ultramáficos; II – Granitóides. Arqueano/Paleoproterozóico: III – Corpos metaultramáficos; IV – *Greenstone belt* Rio das Mortes; V – *Greenstone belt* Nazareno; VI – *Greenstone belt* Dores de Campos. Paleoproterozóico: VII – Supergupo Minas; VIII – Granitóides indiferenciados; IX – Piroxenito – gábro: 1 – Gábro São Sebastião da Vitória (2220 ± 3 Ma); 2 – Peridotito – Piroxenito Forro. X – Ortognaisses antigos: 3 – Ortognaiss Itumirim (2177 ± 4 Ma); 4 – Ortognaisse Nazareno (2255 ± 6 Ma). XI – Dioritos, quartzo-dioritos e quartzo-monzdioritos: 5 – Diorito Brumado (2131 ± 4 Ma); 6 – Diorito Rio Grande (2155 ± 3 Ma); 7 – Quartzo-monzdiorito Glória (2189 ± 29 Ma); 8 – Quartzo-diorito Dores de Campos (2199 ± 7 Ma); 9 – Quartzo-diorito Brito (2221 ± 2 Ma); 10 – dioritos e anfibolitos indiferenciados. XII – Tonalitos and trondhjemitos: 11 – Tonalito Tabuões; 12 – Tonalito/trondhjemito Cassiterita (2162 ± 10 Ma). XIII – Metafelsitos, metabasitos e rochas metassedimentares. XIV – Granodioritos e granitos: 13 – Granodiorito Brumado de Cima (2239 ± 25 Ma); 14 – Granodiorito Lajedo (2208 ± 26 Ma); 15 – Granitóide Nazareno; 16 – Gnaisse granítico Fé (2191 ± 9 Ma); 17 – Granitóide Ritápolis (2121 ± 7 Ma); 18 – Granito Macuco de Minas (2116 ± 9 Ma); 19 – Granito Itumirim (2101 ± 8 Ma); 20 – Granodiorito Brumado de Baixo (2218 ± 4 Ma); 21 – Granófiro e rochas félscicas vulcânicas (2207 ± 4 Ma); Mesoproterozóicas/Neoproterozóicas: XV – Rochas supracrustais das mega-sequências São João del Rei, Carandaí e Andrelândia. Falhas: Rio das Mortes (RMF); Lenheiro (FL); Zona de Cisalhamento Lenheiro (LSZ).

Figura 13 - Mapa geológico editado de Ebert (1957) referente a região entre as cidades de Tiradentes e Prados. 29

Figura 14 - Mapa geológico editado de Noce *et al.* (1987) referente a região entre as cidades de Tiradentes, Prados e Dores de Campos. 31

Figura 15 - Mapa geológico da região entre Tiradentes, Prados e Dores de Campos. I – Metaperidotito-metagábro Estação de Prados: Ia – Metadunitos, metapiroxenitos e anfibolítitos; Ib – Metagábros; II – *Greenstone Belt* Dores de Campos: IIa – Serpentinitos, talco xistos, tremolita xistos e metakomatiítos intercalados com raros níveis de gonditos, quartzitos e filitos; IIb – Anfibolítitos, granada anfibolítitos, xistos verdes com raros níveis de quartzitos e filitos associados; III – Gábro Vitoriano Veloso; IV – Diorito Dores de Campos; V – Andesitos máficos Santo Antônio; VI – Suíte félscica Tiradentes: VIa – Corpos subvulcânicos félscicos com textura equigranular; VIb – Corpos vulcânicos e subvulcânicos félscicos com textura afanítica (equigranular e porfirítica), granofírica, acamada e de fluxo magmático; VII – Tonalito Padre Gaspar; VIII – Tonalito Brejo Alegre; IX – Granito Gentio: IXa – Fácies equigranular fina a média; IXb – Fácies porfirítica com estruturas de fluxo ígneo; X – Sequência metavulcânica – metassedimentar Estação de Tiradentes; XI – Clorita magnetita filito; XII – Megassequências São João Del Rei e Carandaí; XIII – Sedimentos recentes; XIV – Contatos inferidos; XV – Contatos observados; XVI – Estruturas interpretadas; XVII – Estruturas inferidas; XVIII – Falha transcorrente. 32

Figura 16 - Amostra com contato retilíneo da fácies diabásio com a fácies gábro médio leucocrático. Ponto JU-227A. 35

Figura 17 - Amostra com contato entre rochas das fácies diabásio e gábro fino; à esquerda (A) contato retilíneo e à direita (B) contato de forma gradativa. Ponto JU-73. 35

| | PÁG |
|--|-----|
| Figura 18 - Variação na granulação das rochas das diferentes fácies do gábro Vitoriano Veloso. Na esquerda fácie diabásio e na direita fácie gábro grosso. | 36 |
| Figura 19 - Saprolito das rochas do gábro Vitoriano Veloso, mostrando a grande variação da granulação na forma de camadas centimétricas, sendo: a) diabásio ou gábro fino e b) gábro médio. Ponto JU-84. | 36 |
| Figura 20 - Amostra da fácie grossa do gábro Vitoriano Veloso. Ponto BIA-87. | 36 |
| Figura 21 - Amostra de rocha do gábro Vitoriano Veloso mostrando uma fote foliação ígnea, marcada pela orientação dos cristais de plagioclásio (na direção do lápis). Ponto JU-145. | 37 |
| Figura 22 - Pegmatitização nas rochas do gábro Vitoriano Veloso mostrando o aumento da granulação (A) devido à passagem de fluidos e preservação de áreas com granulação original da rocha (B), demarcadas por pontilhado vermelho. Ponto JU-73E. | 37 |
| Figura 23 - Afloramento da fácie grossa do gábro Vitoriano Veloso contendo cristais de epidoto (cor verde limão) associados a uma fase de epidotização. Ponto JU-11. | |
| Figura 24 - Afloramento da fácie média do gábro Vitoriano Veloso contendo veios retilíneos de anfibólio com diversas orientações. Ponto JU-191. | 37 |
| Figura 25a - Estereograma com os planos e pólos dos planos referentes à foliações ígneas medidas em campo. Em geral estas estão mergulhando para SE. | 38 |
| Figura 25b - Estereograma com os planos e pólos dos planos referentes à prováveis foliações metamórficas medidas em campo. Em geral estas estão mergulhando para NW-N-NE. | 38 |
| Figura 26 - Variações na granulação do gábro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Respectivamente, lâminas JU-25A (fácie diabásio), JU-193 (fácie gábro fino/gábro médio), JU-28 (fácie gábro médio) e JU-11E (fácie gábro grosso). | 39 |
| Figura 27 - Variações na granulação do gábro Vitoriano Veloso de diabásio a gábro médio. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-180B. | 39 |
| Figura 28 - Variações nas porcentagens dos minerais essenciais em lâmina do gábro Vitoriano Veloso, formando níveis mais ricos em minerais máficos e em minerais félscicos. a) Nos níveis mais máficos, há o predomínio de hornblenda e minerais opacos (com formas intercumuláticas). b) Já os níveis mais félscicos são ricos em plagioclásio, contendo hornblenda intercumulática. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-001. | 39 |
| Figura 29 - Microfotografia de gábro Vitoriano Veloso, fácie grossa, contendo grãos pseudomorfos de piroxênio (pontilhado vermelho) e quartzo (círculo e elipse amarelos) com formas xenomórficas típicas de cristalização tardia, preenchendo espaços restantes. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-68A. | 40 |
| Figura 30 - Grãos de plagioclásio, hipidiomórficos, orientados segundo a seta vermelha, formando uma textura de fluxo magmático do gábro Vitoriano Veloso. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-37A. | 40 |
| Figura 31 - Ortopiroxênio (com coloração rosada), com textura denominada “ <i>inclusion structures</i> ”, formada pela cristalização de um mineral magmático e posterior separação de fases. Gábro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-196. | 40 |

Figura 32 - Ortopiroxênio (hiperstênio - OPX) envolvido por clinopiroxênio (CPX). Destaca-se que a hornblenda (HBL) cresce na borda dos grãos dos dois tipos de piroxênio. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-196.

Figura 33 - Hornblenda com coloração marrom escura, contendo diversas inclusões em suas clivagens e fraturas de minerais aciculares castanhos e opacos. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-37A.

Figura 34 - Hornblenda contendo diversas inclusões em suas clivagens (tipicamente com ângulos 60°-120°) de minerais aciculares castanhos e opacos. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-193.

Figura 35 - Hornblenda (HBL) crescendo na borda de hiperstênio (OPX) de forma descontínua, mas com geminação contínua. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-196.

Figura 36 - Diabásio (Db) contendo áreas pegmatitizadas (AP) na forma de veios, onde nota-se o crescimento dos grãos de plagioclásio (branco) e hornblenda (marrom) para aproximadamente 3mm. Polarizadores paralelos. Lâmina 73E.

Figura 37 - Fotografia de lâmina delgada com enclave autolítico de aproximadamente 1cm, facilmente perceptível pela sua cor marrom escura. Lâmina JU-221B.

Figura 38 - Enclave autolítico de aproximadamente 1 cm, facilmente perceptível pela sua cor marrom escura e textura distinta do resto da rocha. As observações apontam que a rocha gabróica foi mais afetada pelos processos metamórficos posteriores que os enclaves autolíticos. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-221B.

Figura 39 - Enclave autolítico (Aut) facilmente perceptível pela sua cor marrom escura (devido a presença de placas de hornblenda) e a presença da textura poiquilítica (com inclusões de plagioclásio com bordas arredondadas) em contraste com o plagioclásio hipidiomórfico do gabbro. Lâmina JU-221B, onde a) polarizadores paralelos; b) polarizadores cruzados.

Figura 40 - Actinolita com cor verde clara, contendo *blebs* de quartzo típica da textura de transformação mineral em que há sobra de sílica. Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-25B.

Figura 41 - Actinolita (Act) verde clara no centro de grão de hornblenda (Hbl) verde escura, que é sobrecrecida por ferro actinolita (Fe-Act) com cor verde azulada. Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-25B.

Figura 42 - Hornblenda (Hbl) marrom, contendo diminutas inclusões de minerais castanhos e opacos aciculares, conferindo um aspecto manchado à mesma. Presença de ferro-actinolita (Fe-Act) de coloração verde azulada na borda da hornblenda e livre das inclusões. Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-73E.

Figura 43 - Hornblenda (Hbl) marrom, contendo diminutas inclusões de minerais castanhos e opacos aciculares, conferindo um aspecto manchado à mesma. Presença de ferro-actinolita (Fe-Act) de coloração verde azulada e livre de inclusões, ocorrendo na forma de veio resultante da percolação de fluidos. Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-174D.

Figura 44 - a) Actinolita (Act) verde clara sobrecrecida no centro de hornblenda (Hbl). b) Actinolita (Act) obliterando a geminação contínua da hornblenda (Hbl) apontando que a mesma seria tardia. Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-25B.

| | PÁG |
|---|-----|
| Figura 45 – Grãos de ferro-actinolita orientados, formandotextura nematoblástica. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-64A. | 46 |
| Figura 46 - Grão de titanita ao redor de minerais opacos (ambos estirados segundo a foliação) orientados paralelamente aos cristais de ferro-actinolita. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-174D. | 46 |
| Figura 47 - Lâmina mostrando a transição de gabro para anfibolito. Gabro Vitoriano Veloso. Lâmina MA-51A. | 46 |
| Figura 48 - Rocha na transição de gabro para anfibolito, contendo porfiroclastos de plagioclásio (PLG). Segundo para nordeste da imagem, pode-se perceber uma texturanematoblástica (típica de rochas anfibólicas), pois tanto o anfibólio como o plagioclásio (na seta) estão recristalizados e orientados. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina MA-51A. | 46 |
| Figura 49 - a) Formação de actinolita de cor verde clara somente onde houve a passagem de fluidos, substituindo tanto o piroxênio, quanto a hornblenda. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-196. b) Formação de actinolita fibrosa somente onde houve a passagem de fluidos (com limites aproximados demarcados pelo tracejado amarelo), transformando o piroxênio e a hornblenda. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-196. | 47 |
| Figura 50 - Solubilização da ferro-actinolita, que ocasiona a geração de veios que cortam a rocha intensamente. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-144B. | 47 |
| Figura 51 - Textura simplectítica formando epidoto (Ep) no contato do anfibólio (Anf) com os grãos de plagioclásio (Plg). Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-28. | 47 |
| Figura 52 - Autólito com textura poiquilítica com inclusões de grãos de plagioclásio (PLG) em grandes placas de hornblenda (HBL). Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-174D. | 48 |
| Figura 53 - Autólito com textura poiquilítica, mantendo a forma de grãos de plagioclásio (PLG), muito alterados e formando um aglomerado de diminutos minerais, contendo plagioclásio, epidoto, zoizita e clinozoizita. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-174A2. | 48 |
| Figura 54 - Autólito com textura poiquilítica, com inclusões de piroxênio (PX) com textura fibosa e de grãos de plagioclásio (PLG) muito alterados. Os pseudomorfos de plagioclásio são representados por um aglomerado contendo plagioclásio, epidoto, zoizita e clinozoizita. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-174A2. | 49 |
| Figura 55 - Grão de epidoto (Ep) envolvido por uma nova geração de epidoto (na seta amarela). Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-64A. | 49 |
| Figura 56 – Mineral cinza de textura lisa envolto por magnetita (Mag). Luz refletida, polarizadores paralelos. Ponto JU-0001Pa. | 49 |
| Figura 57 – Pirlita (Py) sendo envolvida por magnetita (Mag) xenomórfica. Luz refletida, polarizadores paralelos. Ponto JU-0001Pa. | 49 |

| | PÁG |
|---|-----|
| Figura 58 - Mineral cinza de textura lisa com pirita hipidiomórfica (Py) em sua borda, ambos em contato com magnetita (Mag). Luz refletida, polarizadores paralelos. Ponto JU-37A. | 50 |
| Figura 59 - Calcopirita (Cp) xenomórfica associada a pirita (Py) e contendo borda de alteração para covelita (Cv). Luz refletida, polarizadores paralelos. Ponto JU-0001Pa. | 50 |
| Figura 60 - Pirita (Py) hipidiomórfica contendo covelita em sua borda (pseudomorfo de calcopirita). Ambas associadas a mineral cinza com textura rugosa. Luz refletida, polarizadores paralelos. Ponto JU-0001Pb. | 50 |
| Figura 61 - Magnetita (Mag) associada a pirita hipidiomórfica (Py) e por sua vez, esta, com calcopirita em suas bordas. Luz refletida, polarizadores paralelos. Ponto JU-0001Pa. | 50 |
| Figura 62 – Grãos de plagioclásio analisados por MEV-EDS, onde a cruz amarela indica os locais das análises. Gabro Vitoriano Veloso. Imagem de MEV. Lâmina JU-000Pb. | 51 |
| Figura 63 – Diagrama Ab-An-Or de classificação de feldspatos do gabro Vitoriano Veloso (lâmina JU-000Pb), realizado através da composição química obtida por MEV-EDS. | 52 |
| Figura 64 – Greenockita (setas vermelhas) inclusa em plagioclásio. Gabro Vitoriano Veloso. Imagem de MEV. Lâmina JU-000Pb. | 52 |
| Figura 65 – Dois tipos de anfibólio: Anf ¹ , contendo inclusões de titanita (minerais com coloração mais clara e forma acicular – Tit) e; Anf ² , sem nenhuma inclusão. Gabro Vitoriano Veloso. Imagem de MEV. Lâmina JU-000Pb. | 52 |
| Figura 66 – Calcopirita (Cp) associada à magnetita (Mag) e alterada para covelita (Cv). Gabro Vitoriano Veloso. Imagem de MEV. Lâmina JU-000Pb. | 52 |
| Figura 67 – Calcopirita (Cp) intercrescida com covelita (Cv). Gabro Vitoriano Veloso. Imagem de MEV. Lâmina JU-000Pb. | 52 |
| Figura 68 – Difratograma da amostra JU-45A, caracterizada como turmalina. | 53 |
| Figura 69 – Difratograma da amostra JU-45B, caracterizada como ilmenita. | 53 |
| Figura 70 – Difratograma da amostra JU-56, caracterizando a presença de gohetita, hematita e quartzo. | 53 |
| Figura 71 - Diagramas binários de elementos maiores x Fe ₂ O ₃ , mostrando a variação da composição de diabásios (círculos verdes) e gabros (triângulos azuis) da unidade gabro Vitoriano Veloso. | 56 |
| Figura 72 - Diagramas binários de elementos traços x Fe ₂ O ₃ , mostrando a variação da composição de diabásios (círculos verdes) e gabros (triângulos azuis) da unidade gabro Vitoriano Veloso. | 57 |
| Figuras 73 e 74 - Diagramas discriminantes para diabásios (círculo verde) e gabros (triângulos azuis) da unidade Gabro Vitoriano Veloso. <u>Fig.73</u> : Na ₂ O + K ₂ O x SiO ₂ (TAS = Total Álcali x Sílica) (Cox <i>et al.</i> , 1979). <u>Fig. 74</u> : A/NK x A/CNK, onde A/NK = Al ₂ O ₃ / (Na ₂ O + K ₂ O) MOL; A/CNK = Al ₂ O ₃ / (CaO + Na ₂ O + K ₂ O) MOL (Maniar & Piccoli, 1989). | 57 |

| | |
|---|-----------|
| Figuras 75 a 77 - Diagramas discriminantes para diabásios (círculo verde) e gabros (triângulos azuis) da unidade Gabro Vitoriano Veloso. <u>Fig. 75</u> : $K_2O \times SiO_2$ (Peccerillo & Taylor, 1976); <u>Fig. 76</u> : AFM, onde $A = Na_2O + K_2O$; $F = FeO + 0,9Fe_2O_3$; $M = MgO$ (Irvine & Baragar, 1971); <u>Fig. 77</u> : $Fe^T + Ti \times Al \times Mg$ (Jensen, 1976). | PÁG 58 |
| Figuras 78 e 79 - Diagramas discriminantes para diabásios (círculos verdes) e gabros (triângulos azuis) da unidade Gabro Vitoriano Veloso. <u>Fig. 78</u> : $TiO_2 \times (10xMnO) \times (10xP_2O_5)$ (Mullen, 1983); <u>Fig. 79</u> : $V \times (Ti/1000)$ (Shervais, 1982). Legenda: OIT = toleíto de arco de ilha, OIA = basalto alcalino de arco de ilha, IAT = toleíto de arco de ilha, CAB = basalto de arco continental. | 58 |
| Figuras 80 e 81 - Diagramas discriminantes para diabásios (círculos verdes) e gabros (triângulos azuis) da unidade Gabro Vitoriano Veloso. <u>Fig 80</u> : $Zr \times (3xY) \times Ti/100$ (Pearce & Cann, 1973); <u>Fig 81</u> : $Zr \times Sr/2 \times Ti/100$ (Pearce & Cann, 1973). Legenda: IAT = toleíto de arco de ilha, CAB = basalto de arco continental, WPB = basalto intra-placa. | 59 |
| Figura 82 - Afloramento do andesito máfico Santo Antônio (AM) em contato com rochas vulcânicas - subvulcânicas da suíte félssica Tiradentes (VF). As rochas félssicas cortam as máficas sob a forma de diques e apresentam xenólitos das mesmas. | 60 |
| Figura 83 - Amostra com interações complexas entre dioritos/gabros (DI), andesitos máficos (AM) interpretados como pertencentes a sequência andesítica máfica Santo Antônio e rochas vulcânicas - subvulcânicas da suíte félssica Tiradentes (VF). Ponto BIA-73. | 60 |
| Figura 84 - Amostra de rocha vulcânica/subvulcânica da suíte félssica Tiradentes (VF) contendo xenólito de rocha máfica (XM) correlacionado à unidade máfica Santo Antônio. Ponto JU-87. | 61 |
| Figura 85 – Rocha do andesito máfico Santo Antônio (AM) sendo cortada por dique da suíte félssica Tiradentes (VF). Ponto JU-87. | 61 |
| Figura 86 - Amostra de rocha da unidade andesítica máfica Santo Antônio, contendo pequenos fenocristais de anfibólito. | 61 |
| Figura 87 - Textura lepidoblástica das rochas da unidade andesítica máfica Santo Antônio, dada pela orientação de grãos de biotita. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-87B. | 62 |
| Figura 88 – Fenocristais de hornblenda (HBL) e biotita (BIO ¹). Destaca-se que as bordas do fenocristal de hornblenda estão sendo transformada para biotita ² (na elipse vermelha). Andesito máfico Santo Antônio. Polarizadores paralelos. | 62 |
| Figura 89 - Hornblenda marrom (HBL), com borda de actinolita (ACT), livre de inclusões de minerais opacos e castanhos aciculares. Andesito máfico Santo Antônio. a) polarizadores paralelos, b) polarizadores cruzados. Lâmina BIA-33B. | 62 |
| Figura 90 - Variação faciológica das rochas da suíte félssica Tiradentes, desde fanerítica média (esquerda) a afanítica (direita) | 63 |
| Figura 91 - Diamictito com clastos deformados de rochas vulcânicas e subvulcânicas félssicas, correlacionados à suíte félssica Tiradentes. Ponto JU-88. | 64 |

Figura 92 – Contato irregular entre rocha subvulcânica félssica afanítica da suíte félssica Tiradentes e rocha da unidade andesítica máfica Santo Antônio. A forma do contato é evidenciada pelo tracejado amarelo. Ponto JU-87.

Figura 93 - Diques tabulares de rocha subvulcânica félssica afanítica da suíte félssica Tiradentes (vermelho em b), cortando as rochas andesíticas máficas Santo Antônio (verde em b). Ponto JU-87.

Figura 94 – Rocha félssica subvulcânica fanetítica da suíte félssica Tiradentes, contendo xenólito máfico (dentro da elipse vermelha). Ponto JU-74.

Figura 95 – Rocha félssica subvulcânica fanetítica da suíte félssica Tiradentes (A) em comparação com rocha tonalítica que ocorre a sul do Rio das Mortes (mais máfica e foliada).

Figura 96 - Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félssica Tiradentes, com textura porfirítica representada por fenocristal de plagioclásio. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-87C1.

Figura 97 - Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félssica Tiradentes com textura glomeroporfirítica dada por fenocristais de plagioclásio. Polarizadores cruzados. Lâmina BIA-31E.

Figura 98 - Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félssica Tiradentes com textura granofírica, representada pelo intercrescimento de feldspato e quartzo. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-87C1.

Figura 99 - Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félssica Tiradentes com uma antiga vesícula (hoje amigdala) preenchida por quartzo (textura vacuolar).

Figura 100 - Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félssica Tiradentes, com textura esferulítica (círculo amarelo), resultado da desvitrificação do magma. Polarizadores cruzados. Lâmina BIA-87F1.

Figura 101 - Classificação geral e nomenclatura de rochas plutônicas de acordo com o conteúdo mineral (% vol) segundo Strackeisen (1976). Tonalitos faneríticos equigranulares representados com X vermelho. 1a- quartzolito (silexito); 1b- granítóide rico em quartzo; 2- álcali-feldspato granito; 3a- sienogranito; 3b- monzogranito; 4- granodiorito; 5- tonalito; 6*- quartzo álcali-feldspato sienito; 7*- quartzo sienito; 8*- quartzo monzonito; 9*- quartzo monzodiorito / quartzo monzogabro; 10*- quartzo diorito / quartzo gabro / quartzo anortosito; 6- álcali-feldspato sienito; 7- sienito; 8- monzonito; 9- monzodiorito / monzogabro; 10- diorito / gabro / anortosito; 6'- álcali-feldspato sienito com feldspatóide; 7'- sienito com feldspatóide; 8'- monzonito com feldspatóide; 9'- monzodiorito / monzogabro com feldspatóide; 10'- diorito / gabro com feldspatóide; 11- feldspatóide-sienito; 12- feldspatóide-monzosienito; 13- feldspatóide monzodiorito / feldspatóide monzogabro; 14- feldspatóide diorito / feldspatóide gabro; 15- foidito.

Figura 102 – Grão de zircão zonado em tonalito subvulcânico fanerítico da suíte félssica Tiradentes. Nicóis paralelos. Lâmina JU-41C.

Figura 103 - Crescimento de álcali-feldspato obliterando a geminação polissintética do plagioclásio, destacando-se, ainda, a ausência de diminutos cristais secundários (sericita, zoizita, clinozoizita, epidoto) que somente alteram o plagioclásio. Sugere-se que esta feição esteja relacionada a passagem de fluidos potássicos tardí a pós magmáticos. Nicóis cruzados. Lâmina JU-41C.

Figura 104 - Enclave félscico com feição de corrosão e com granulação mais fina do que a rocha encaixante tonalítica da suíte félscica Tiradentes. Nicóis paralelos. Lâmina JU-26. **a)** retângulo amarelo indicando área aproximada da figura 15b; **b)** borda com crescimento de titanita (TIT), definindo o contorno do enclave com clareza.

Figura 105 - Enclave félscico tonalítico com textura inequigranular (direita), diferente da granulação equigranular da rocha encaixante, que corresponde a um tonalito subvulcânico fanerítico da suíte félscica Tiradentes. Nicóis cruzados. Lâmina JU- 74B e C.

Figura 106 - Agregados de biotita, clorita, zoizita e clinozoizita, interpretados como xenólitos máficos em tonalito subvulcânico da suíte félscica Tiradentes. Polarizadores paralelos. Lâmina JU- 41C. **a)** quarado preto indicando área aproximada da figura 17b; **b)** biotita sendo transformada para clorita, juntamente com clorita e clinozoizita.

Figura 107 - Agregados minerais contendo allanita, minerais opacos, titanita e zoizita em tonalito subvulcânico fanerítico da suíte félscica Tiradentes. Nicóis paralelos. Lâmina JU- 74C.

Figura 108 - Cristais xenoblásticos de biotita formando textura lepidoblástica em amostra do tonalito a sul do Rio das Mortes. Nicóis paralelos. Lâmina AN-1D.

Figura 109 – Pírita euédrica com inclusões de pirrotita, titanita e quartzo associada à rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscica Tiradentes. Imagem de MEV. Amostra JU-109E1.

Figura 110 – Pírita com inclusões de telureto de bismuto e epidoto associada à rocha vulcânica - vulcânica afanítica da suíte félscica Tiradentes. Imagem de MEV. Amostra JU-109E1.

Figura 111 – Pírita com inclusões de galena e alterada intempericamente para goethita a partir da percolação de água nas fraturas. Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscica Tiradentes. Imagem de MEV. Amostra JU-97B.

Figura 112 – Grãos de calcopírita inclusos em pírita. Esta por sua vez encontra-se alterada nas bordas para goethita. Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscica Tiradentes. Imagem de MEV. Amostra JU-97B.

Figura 113 – Calcopírita inclusa em pírita, que está por sua vez alterada nas fraturas para goethita. No quadrado vermelho, o zoom correspondente a figura 114. Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscica Tiradentes. Imagem de MEV. Amostra JU-97B.

Figura 114 – Pírita com inclusão de calcopírita, esta por sua vez esta intercrescida com covelita ou bornita. Destaca-se a presença de goethita ao redor deste conjunto de minerais, assim como nas fraturas da pírita. Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscica Tiradentes. Imagem de MEV. Amostra JU-97B.

Figuras 115 a 120 - Diagramas discriminantes para as rochas vulcânicas à subvulcânicas afaníticas da suíte félscia Tiradentes (círculo preto), para rochas subvulcânicas faneríticas da suíte félscia Tiradentes (triângulo rosa), e para tonalitos dos pontos AN (quadrado verde com cruz no meio). Fig.115: $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \times \text{SiO}_2$ (TAS = Total Álcalis x Sílica), conforme Le Bas (1986). Fig.116: An-Ab-Or (O' Connor, 1965); Fig.117: A/NK x A/CNK, onde A/NK = $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})\text{MOL}$; A/CNK = $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})\text{MOL}$ (Maniar & Piccoli, 1989); Fig. 118 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \times \text{SiO}_2$ (Irvine & Baragar, 1971); Fig.119: AFM, onde A= $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$; F = $\text{FeO} + 0,9\text{Fe}_2\text{O}_3$; M = MgO (Irvine & Baragar, 1971). Fig. 120: $\text{K}_2\text{O} \times \text{Na}_2\text{O} \times \text{CaO}$ (Barker & Arth, 1976).

Figuras 121 a 123 - Diagramas discriminantes para rochas vulcânicas a subvulcânicas afaníticas da Suíte félscia Tiradentes (círculo preto), rochas subvulcânicas faneríticas da Suíte félscia Tiradentes (triângulo rosa), e tonalitos dos pontos AN (quadrado verde com cruz no meio). Fig.32: $\text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{SiO}_2$ (Barker, 1979); Fig.33: $\text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{Yb}$ (Arth, 1979); Fig.34: $\text{Rb} \times (\text{Y} + \text{Nb})$ (Pearce *et al.*, 1984), onde WPG = granitos intraplaca, VAG = granitos de arco vulcânico, ORG = granitos de cordilheira oceânica.

Figura 124 - Diagrama dos elementos terras raras normalizado pelo condrito de Boynton (1984).

Figura 125 - Gnaisse bandado contendo foliação anastomosada e lentes máficas ricas em biotita *boudinadas*. Ponto JU-158.

Figura 126 - Gnaisse bandado com nível máfico boudinado. Ponto JU-158.

Figura 127 - Saprolito de rocha ultramáfica com coloração variando de arroxeados a amarronzados mostrando feições de dobramento (de acordo com o pontilhado preto). Ponto JU-192.

Figura 128 - Rocha ultramáfica rica em grãos de tremolita (acículas amarronzadas), contendo cristais de magnetita (nos círculos vermelhos). Ponto JU-95.

Figura 129 - Rocha ultramáfica rica em anfibólio e clorita, contendo cristal de pirita limonitizada (no círculo amarelo). Ponto JU-10.

Figura 130 - Rocha ultramáfica foliada e rica em grãos de tremolita onde observa-se nas regiões mais alteradas intempericamente o sobrecrecimento de grãos aciculares marrons. Pontos JU-135.

Figura 131 – Hornblenda marrom (HBL) substituída por um anfibólio incolor (ANF) e talco (TC). **a**) Polarizadores paralelos. **b**) Polarizadores cruzados. Corpos ultramáficos indiferenciados. Ponto JU-10.

Figura 132 – Hornblenda marrom (HBL) substituída por um anfibólio incolor (ANF) e ambos sendo alterados para clorita (CLO). **a**) Polarizadores paralelos. **b**) Polarizadores cruzados. Corpos ultramáficos. Ponto JU-10.

Figura 133 – Hornblenda marrom (HBL) substituída por um anfibólio incolor (ANF) e ambos sendo alterados para clorita (CLO) e aglomerados de clorita com zoisita/clinozoisita (Z/CLZ), epidoto (EP) e talco (TC). **a**) Polarizadores paralelos. **b**) Polarizadores cruzados. Corpos ultramáficos. Ponto JU-10.

| | PÁG. |
|--|------|
| Figura 134 – Rocha contendo zonas de cisalhamento evidenciadas por um aglomerado de cristais fortemente orientados de clorita. Polarizadores cruzados. Corpo ultramáfico. Ponto JU-140B. | 82 |
| Figura 135 – Microzonas de cisalhamento evidenciadas por um aglomerado de cristais de clorita e pela deformação de um porfiroclasto de hornblenda. Polarizadores cruzados. Corpos ultramáficos. Ponto JU-140B. | 82 |
| Figura 136 – Grãos de clinopiroxênio (CPX) que ao ser substituído por anfibólio ocasionam a formação de diminutas inclusões de cristais castanhos aciculares neste último. Corpos ultramáficos indiferenciados. a) Polarizadores paralelos. b) Polarizadores cruzados. Ponto JU-140B. | 82 |
| Figura 137 – Transformação completa de um grão de clinopiroxênio para anfibólio de alta birrefringência (ANF). Polarizadores cruzados. Corpos ultramáficos indiferenciados. Ponto JU-140B. | 82 |
| Figura 138 – Grão de clinopiroxênio (PX) substituído por um anfibólio (ANF) de elevada birrefringência e este por clorita (CLO). Polarizadores cruzados. Corpos ultramáficos indiferenciados. Ponto JU-140B. | 82 |
| Figura 139 – Difratograma de grãos verdes selecionados por estereomicroscópio da amostra JU-10, caracterizando cristais de actinolita, clinocloro e talco. | 83 |
| Figura 140 - Ortopiroxênio (OPX) envolto por clinopiroxênio (CPX) e este último, substituído pela hornblenda (HBL). O conjunto todo passa por transformações metamórficas, formando inicialmente actinolita (ACT) e por fim, ferro-actinolita (Fe-ACT), onde a) Polarizadores paralelos e; b) Fotomicrofotografia editada em Corel Draw X a fim de ressaltar as diferentes fases minerais. Gabbro Vitoriano Veloso Lâmina JU-196. | 84 |
| Figura 141 - Ortopiroxênio (OPX) envolto por clinopiroxênio (CPX) e este último, substituído pela hornblenda (HBL). O conjunto todo passa por transformações metamórficas, formando inicialmente actinolita (ACT) e por fim, ferro-actinolita (Fe-ACT), onde a) Polarizadores paralelos e; b) Fotomicrofotografia editada em Corel Draw X a fim de ressaltar as diferentes fases minerais . Gabbro Vitoriano Veloso Lâmina JU-196. | 84 |
| Figura 142 - Ortopiroxênio (OPX) sendo substituído pela hornblenda (HBL), ambos sendo transformados metamórficamente para actinolita (ACT). Polarizadores cruzados. Gabbro Vitoriano Veloso Lâmina JU-196. | 85 |
| Figura 143 - Hornblenda (HBL), sendo substituída por actinolita (ACT) no centro do grão e ferro-actinolita (Fe-ACT) em sua borda. Polarizadores cruzados. Gabbro Vitoriano Veloso Lâmina JU-196. | 85 |
| Figura 144 - Diagrama P-T (Pressão-Temperatura) editado de Eskola (1915 <i>in</i> Yardley, 2004). Em verde, o campo de estabilidade mineral correspondente à formação de actinolita e a seta roxa representa uma das possibilidades de formação deste mineral, através de retrometamorfismo. Em azul, as fácies metamórficas e em vermelho, os campos de estabilidade das correspondentes fases minerais. Abreviações utilizadas: HNFs = hornfels; AE = albite-epidoto; HBL = hornblenda; PX = piroxênio; PREH-PUMP = prehnita-pumpellyita; Olig = oligoclásio; Plag = plagioclásio; Qtz = quartzo. | 86 |

1- INTRODUÇÃO

O presente Trabalho Final de Curso objetiva contribuir na compreensão da evolução dos eventos geológicos da borda meridional do Cráton São Francisco, mais especificamente, sobre os pulsos metamórficos do Cinturão Mineiro. Segundo Teixeira *et al.* (2000), o Cinturão Mineiro compreende um conjunto de rochas originadas em arcos magmáticos Paleoproterozóicos posteriormente retrabalhados em dois eventos: o primeiro, relacionado à própria amalgamação dos terrenos do Cinturão Mineiro e posteriormente, o segundo, ao Evento Brasiliano.

A geologia da borda sul do Cráton São Francisco começou a ser estudada, através de mapeamentos geológicos nas décadas de 40 e 50, resultando em trabalhos que separavam conjuntos litológicos distintos e relacionando os mesmos com os modelos existentes. Entretanto, nas últimas décadas, o avanço do conhecimento dos processos geológicos como um todo, bem como a crescente melhoria nas metodologias científicas e equipamentos de análise, permitiu novas descrições e interpretações acerca destas mesmas rochas. Neste contexto, a presente monografia destinou-se a caracterizar de forma mais detalhada as rochas que afloram na região entre as cidades de Tiradentes, Vitoriano Veloso, Dores de Campos e Prados, principalmente o gábrico Vitoriano Veloso, o andesito máfico Santo Antônio e as rochas vulcânicas e subvulcânicas da suíte felsica Tiradentes. Como parte desta estratégia, o mapeamento geológico foi complementado por estudo petrográfico detalhado, bem como geoquímico preliminar.

Essa investigação se insere numa linha de pesquisa do grupo PETRO-MIN (Grupo de Estudos em Petrologia e Mineralogia) do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional da UFRJ, coordenado pelo professor Ciro Alexandre Ávila.

2 - OBJETIVO E COMO ALCANÇÁ-LO

A pesquisa desenvolvida tem como objetivo o estudo do gábrico de Vitoriano Veloso e das rochas que ocorrem ao redor do mesmo. Para alcançar este objetivo foram realizadas diversas etapas, que correspondem a:

- Mapeamento geológico de semi-detalhe, na escala de 1:25.000, de uma área de cerca de 85km² e definição das principais unidades geológicas da região;
- Estabelecimento da cronologia relativa entre o referido gábrico e as rochas tonalíticas que ocorrem na mesma área, bem como com as rochas vulcânicas adjacentes;
- Estudo da compartimentação interna do gábrico Vitoriano Veloso a partir da caracterização textural e mineralógica de suas rochas;
- Caracterização da evolução mineralógica do gábrico Vitoriano Veloso, incluindo feições primárias e o crescimento de minerais metamórficos e/ou hidrotermais;
- Estudo preliminar dos principais parâmetros geoquímicos, incluindo a caracterização do magma primário e de suas tendências evolutivas, processos petrogenéticos e ambiente tectônico;
- Correlacionar regionalmente os litótipos mapeados com as grandes unidades presentes na borda meridional do cráton São Francisco.

A partir da exposição do que foi realizado, pode-se indicar que o presente trabalho tem como finalidade contribuir para o conhecimento das várias fases evolutivas paleoproterozóicas do cinturão Mineiro e em um sentido mais amplo, da borda meridional do cráton São Francisco.

3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área estudada localiza-se na porção sudeste do estado de Minas Gerais e compreende a região entre as cidades de Tiradentes, Vitoriano Veloso, Prados e Dores de Campos. Esta abrange cerca de 85km², está inserida na folha topográfica Tiradentes (IBGE, escala 1:50.000) e é limitada pelas coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) 592000 a 596000 (N) e 7672000 a 7662000 (E) segundo o *Datum Córrego Alegre*.

O principal acesso à região pode ser realizado através da rodovia BR-040, ligando o Rio de Janeiro à Belo Horizonte, entrando logo após a cidade de Barbacena na BR-285, antiga MG-265. Segue-se nesta até a entrada para as cidades de Dores de Campos e Tiradentes. A partir de Dores de Campos utiliza-se a estrada não pavimentada que liga a mesma as cidades de Prados e Vitoriano Veloso (vulgarmente denominada de Bichinho). Um segundo acesso a área estudada pode ser realizado a partir da BR-383 (a partir de São João del Rei), onde ao passar pela cidade de Prados, segue-se na estrada que liga esta a Dores de Campos e posteriormente prosseguindo em estrada vicinal até a cidade de Vitoriano Veloso (Figura 1). Outro modo de percorrer a área de estudo é a partir de Tiradentes, onde utiliza-se a estrada de não pavimentada para Vitoriano Veloso e Prados.

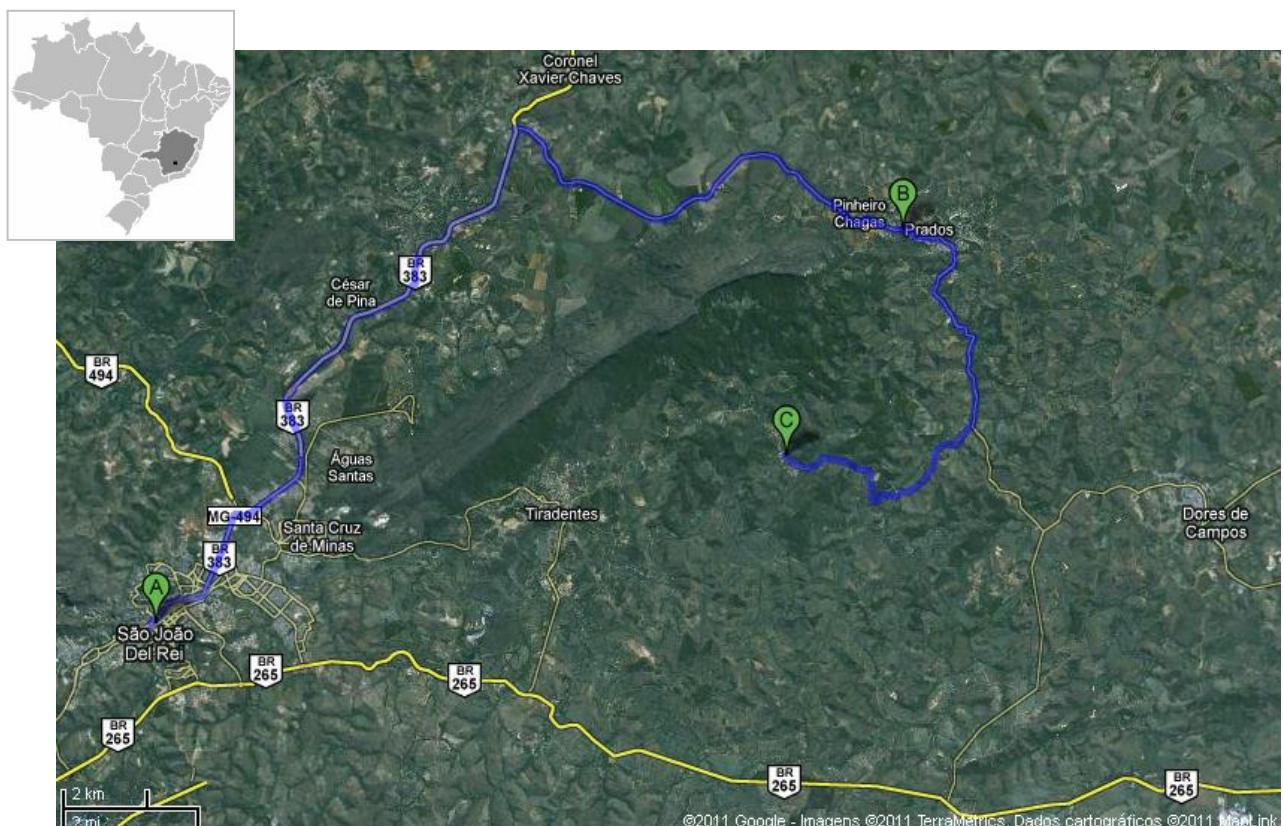


Figura 1 - Principais vias de acesso da área estudada. A=São João Del Rei, B= Prados e C= Vitoriano Veloso (Fonte: *Google Maps* 28/06/2011).

4 – MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO

4.1 – INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordadas as diferentes etapas (campo, laboratório e escritório) envolvidas na elaboração da presente monografia, bem como os principais métodos de trabalho. Essas atividades foram realizadas após uma fase que envolveu um levantamento minucioso do material existente, tanto de campo (cadernetas com descrições de afloramentos, mapas e amostras recolhidas), quanto de escritório (lâminas delgadas e algumas descrições das mesmas). Esse material está associado às pesquisas realizadas anteriormente na área por estagiários e estudantes orientados pelo prof. Ciro Alexandre Ávila.

No presente trabalho, assim como em levantamentos anteriores, foram preparadas 242 lâminas petrográficas (Tabela 1), sendo que materiais de interesse mineralógico e petrográfico também foram estudados por outras técnicas instrumentais. Neste conjunto, estão incluídas lâminas de amostras recolhidas durante a presente monografia (pontos iniciados por JU), de campanhas realizadas por outros estudantes (pontos iniciados por BIA, AN e FG), quatro análises de amostras por difratometria de raios-X (DRX) para a identificação de minerais de interesse econômico e petrográfico, bem como seis amostras (1 lâmina e 5 conjuntos de minerais) foram estudadas por MEV-EDS (Tabela 2). Vinte e cinco amostras de rochas foram selecionadas para análise química para elementos maiores e traços, sendo que duas foram ainda analisadas para elementos terras raras (Tabela 3). Destas vinte e cinco amostras iniciais, uma apresenta sigla FG, relacionada à tese de doutorado em desenvolvimento de Fernando de Souza Gonçalves Vasques. Neste mesmo contexto, duas apresentam sigla AN e estão relacionadas ao Trabalho Final de Curso de Geologia do estudante Anselmo Bezerra Filho, defendida em 2006, sendo que as mesmas foram utilizadas na presente monografia para comparação com as rochas tonalíticas que ocorrem na área estudada.

Tabela 1 - Listagem de lâminas delgadas relacionadas ao projeto.

| | | | | | |
|----------------|-------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------------|
| JU-10 | rocha ultramáfica | JU-29A | gabro médio | JU-64C | gabro fino |
| JU-11A | gabro grosso | JU-29B | gabro médio | JU-64D | gabro médio |
| JU-11B | gabro grosso | JU-30A | gabro médio e fino | JU-64E* | gabro fino e médio |
| JU-11C | gabro grosso | JU-30B | gabro médio e fino | JU-66A | gabro fino |
| JU-11D | gabro grosso | JU-30C* | gabro fino | JU-66B | gabro médio |
| JU-11E | gabro grosso | JU-31A | gabro médio e fino | JU-67 | gabro fino |
| JU-11F | gabro grosso | JU-31B | gabro médio e fino | JU-68A | rocha ultramáfica |
| JU-11G | gabro grosso | JU-31C | gabro fino | JU-68B | rocha ultramáfica |
| JU-17 | gabro grosso | JU-37A | gabro médio | JU-69A | granítóide médio |
| JU-19 | brecha tonalítica | JU-37B | gabro médio | JU-69B | diabásio |
| JU-25A* | diabásio | JU-41A | tonalito subv. | JU-69C | tonalito + diabásio |
| JU-25B* | gabro médio | JU-41B | rocha verde | JU-72A | gabro médio pra fino |
| JU-26 | tonalito subv. | JU-41C | tonalito subv. | JU-72B | gabro médio |
| JU-27A | gabro médio | JU-50 | diabásio | JU-73D* | gabro fino |
| JU-27B | gabro médio | JU-64A | gabro fino | JU-73E | gabro fino |
| JU-28* | gabro médio | JU-64B | gabro fino | JU-73F | gabro fino |

Tabela 1 (continuação) - Listagem de lâminas delgadas relacionadas ao projeto.

| | | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
| JU-72C | gabro médio a grosso | JU-000 | diabásio | JU-213 | gabro/anfibolito |
| JU-87A | vulc./subv. félscica | JU-001 | gabro médio | JU-219A | rocha com mto qtz |
| JU-87B | xenólito máfico | JU-001X | gabro médio | JU-221A | diabásio |
| JU-87C1 | vulc./subv. félscica | JU-001Y | gabro médio | JU-221B | diabásio |
| JU-87C2 | vulc./subv. félscica | JU-001Z | gabro médio | JU-225 | diabásio |
| JU-72D | gabro médio pra grosso | JU-001M** | gabro médio | JU-227A | diabásio e diorito |
| JU-73A | gabro fino | JU-001N** | gabro médio | JU-227B | diabásio |
| JU-73B | gabro fino | JU-001Pa** | gabro médio | JU-230 | diabásio |
| JU-73C* | gabro fino | JU-001Pb** | gabro médio | AM-1B | diorito |
| JU-73G | gabro médio | JU-132 | tonalito subv. | Máfica 33A | subv. máfica |
| JU-73H | gabro médio | JU-139A | diabásio | Máfica 33B | subv. máfica |
| JU-73I | gabro médio | JU-139B | gabro médio | BIA-1 | subv. máfica |
| JU-74A* | tonalito com xenólito | JU-140A | diabásio | BIA-5 | vulc./subv. félscica |
| JU-74B | tonalito subv. | JU-140B | rocha ultramáfica | BIA-5A | vulc./subv. félscica |
| JU-74C | tonalito subv. | JU-140C | rocha ultramáfica | BIA-5B | vulc./subv. félscica |
| JU-74 B1* | tonalito subv. | JU-141A | diabásio | BIA-9 | vulc./subv. félscica |
| JU-74 B2 | tonalito subv. | JU-141B | diabásio | BIA-12 | subv. máfica |
| JU-74 C1 | tonalito subv. | JU-144A | gabro médio | BIA-14 | vulc./subv. félscica |
| JU-74 C2 | tonalito subv. | JU-144B | gabro médio | BIA-14 | vulc./subv. félscica |
| JU-75A | diorito | JU-145A | gabro médio | BIA-16 | subv. máfica |
| JU-75B | diorito | JU-146A | gabro/anfibolito | AM-1A | diorito |
| JU-87F (1) | vulc./subv. félscica | JU-146B | gabro/anfibolito | BIA-20A | vulc./subv. félscica |
| JU-87D | vulc./subv. félscica | JU-147 | diabásio | BIA-20B | vulc./subv. félscica |
| JU-87E | vulc./subv. félscica | JU-150 | diabásio | BIA-20C | vulc./subv. félscica |
| JU-87F (2) | vulc./subv. félscica | JU-152 | diabásio | BIA-22a | vulc./subv. félscica |
| JU-87G (1) | subv. máfica | JU-153 | gabro médio | BIA-22B | vulc./subv. félscica |
| JU-87G (2) | subv. máfica | JU-157A | diabásio/anfibolito | BIA-25 | subv. máfica |
| JU-87G (3) | subv. máfica | JU-157B | diabásio/anfibolito | BIA-28A | vulc./subv. félscica |
| JU-87H | vulc./subv. félscica | JU-158 | gnaisse bandado | BIA-28B | vulc./subv. félscica |
| JU-87I | vulc./subv. félscica e subv. máfica | JU-159A | tonalito subv. | BIA-31A | tonalito subv. |
| JU-87Ia | vulc./subv. félscica | JU-159B | tonalito subv. | BIA-31B | subv. máfica /diorito |
| JU-87Ib | subv. máfica | JU-166 | epidosito | BIA-31C | subv. máfica /diorito |
| JU-87J | vulc./subv. félscica | JU-172 | diabásio | BIA31-D | tonalito subvulc. |
| JU-87K | veio máfico | JU-174A1 | diabásio | BIA-31E | vulc./subv. félscica |
| JU-93A | vulc./subv. félscica | JU-174A2 | gabro/anfibolito | BIA33 | subv. máfica /diorito |
| JU-93B | rocha esverdeada | JU-174B | diabásio | BIA-33A | subv. máfica /diorito |
| JU-93C | rocha verde e (?) | JU-174C | diabásio | BIA-33B | subv. máfica /diorito |
| JU-94 | rocha verde afanítica | JU-174D | diabásio | BIA-33L | subv. máfica /diorito |
| JU-95A | rocha ultramáfica | JU-176 | diabásio | BIA-33X | subv. máfica /diorito |
| JU-95B | rocha ultramáfica | JU-177 | diabásio | BIA-33Z | subv. máfica /diorito |
| JU-96 | subv. máfica | JU-179A | gabro médio | BIA-33W | subv. máfica /diorito |
| JU-98 | subv. máfica | JU-179B | gabro médio | BIA-33Y | subv. máfica /diorito |
| JU-102A | subv. máfica | JU-179C | gabro médio | BIA-37 | vulc./subv. félscica |
| JU-102B | vulc./subv. félscica | JU-179D | gabro médio | BIA-40(2) | subv. máfica |
| JU-102C | vulc./subv. félscica | JU-180A | diabásio | BIA-40 (3) | subv. máfica |
| JU-103 | subv. máfica | JU-180B | diabásio | BIA-40B | subv. máfica |
| JU-105 | vulc./subv. félscica | JU-183 | diabásio | BIA-40E | subv. máfica |
| JU-109A | subv. máfica | JU-188 | gabro médio | BIA-54A | tonalito subv. |
| JU-109B | subv. máfica | JU-191A | diabásio | BIA-54B | tonalito subv. |
| JU-109C | vulc./subv. félscica | JU-191B | gabro médio | BIA-54C | tonalito subv. |
| JU-109E | vulc./subv. félscica | JU-193 | gabro médio | BIA-60 | vulc./subv. félscica |
| JU-109G | vulc./subv. félscica | JU-196 | diabásio | BIA-60B | vulc./subv. félscica |
| JU-110B | tonalito subv. | JU-197 | diabásio | BIA-66A | tonalito subv. |
| JU-110C | tonalito subv. | JU-201A | diabásio | BIA-66Y | tonalito subv. |
| JU-114 | tonalito subv. | JU-201B | diabásio e gabro | BIA-69C | vulc./subv. félscica |
| JU-116D | subv. máfica | JU-205 | diabásio | BIA-69D | vulc./subv. félscica |
| JU-129 | tonalito subv. | JU-206A | diabásio | BIA-69E | vulc./subv. félscica |

Tabela 1 (continuação) - Listagem de lâminas delgadas relacionadas ao projeto.

| | | | | | |
|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------------------|
| BIA-70 | vulc./subv. félsica | BIA-73I | vulc./subv. félsica | BIA-101C | tonalito subv. |
| BIA-71A | vulc./subv. félsica | BIA-73J | vulc./subv. félsica | BIA-101D | tonalito subv. |
| BIA-71B | vulc./subv. félsica | BIA-77 | diorito | BIA-101E | tonalito subv. |
| BIA-73 | vulc./subv. félsica | BIA-87A | rocha ultramáfica | AN-1D | qtz-diorito Dores de Campos |
| BIA-73C | vulc./subv. félsica | BIA-87B | rocha ultramáfica | MA-51A | gabro/anfibolito |
| BIA-73F | vulc./subv. félsica | BIA-101B | tonalito subv. | FG-18 | gabro médio |
| BIA-73H | vulc./subv. félsica | | | | |

Legenda: subv=subvulcânica; vulc./subv.=vulcânica/subvulcânica; qtz=quartzo; * =incluindo a confecção de lâmina polida e **=somente realização de lâmina polida.

Tabela 2 - Listagem de amostras enviadas para difratometria de raios-X (DRX) e MEV-EDS.

| | |
|-----------------|--|
| JU-10 | DRX de grãos do anfibólio de rocha ultramáfica |
| JU-45A | DRX (minerais no chão): a- fosco; b- brilhoso |
| JU-45B | |
| JU-56 | DRX de fase oxidada e/ou sulfetada |
| JU-97A | MEV de veio sulfetado |
| JU-97B | MEV de veio sulfetado (amostras: JU-97B e JU-97B1) |
| JU-109E | MEV de veio sulfetado (amostras: JU-109E1 e JU-109-E2) |
| JU-001Pb | MEV da lâmina polida de gabro médio |

Tabela 3 - Listagem de amostras enviadas para análise geoquímica. Legenda: subv=subvulcânica; vulc./subv.=vulcânica/subvulcânica; * = incluindo análise de elementos terras raras e; ** = corpo subvulcânico tonalítico, situado a sul do Rio das Mortes.

| | | | |
|--------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|
| JU-25A | diabásio | JU-87J | vulc./subv. félsica afanítica |
| JU-25B | gabro médio | JU-109E | vulc./subv. félsica afanítica |
| JU-28 | gabro médio | JU-110B | tonalito subv. |
| JU-37A | gabro médio | JU-110C | tonalito subv. |
| JU-64E | diabásio | JU-129 | tonalito subv. |
| JU-73A | gabro fino | JU-74A | tonalito subv. |
| FG-18 | gabro médio | BIA-40A | vulc./subv. félsica afanítica |
| JU-74 B1 | tonalito subv. | BIA-60B | vulc./subv. félsica afanítica |
| JU-87C1 | tonalito subv. | BIA-31D | vulc./subv. félsica afanítica |
| JU-87F (1)* | vulc./subv. félsica afanítica | AN-01D** | tonalito subv. |
| JU-87F (2) | vulc./subv. félsica afanítica | AN-115A** | tonalito subv. |
| JU-87H | vulc./subv. félsica afanítica | AN-116A** | tonalito subv. |
| JU-87Ia* | vulc./subv. félsica afanítica | | |

O acervo de amostras e lâminas petrográficas montado a partir desta monografia poderá ser utilizado em estudos futuros da área em questão, onde uma parte do mesmo está sendo usado na elaboração da monografia da estudante Thayla Almeida Teixeira Vieira, que está relacionada às rochas vulcânicas e subvulcânicas maficas e félsicas da região de Tiradentes, uma vez que grande parte das atividades de campo foram desenvolvidas em conjunto.

4.2 – ETAPAS DE CAMPO

4.2.1 – Mapeamento geológico

A metodologia utilizada para a realização do presente trabalho baseou-se no mapeamento geológico na escala 1:25.000, que culminou na elaboração do mapa geológico na referida escala ([Anexo I – Mapa geológico](#)). Para tal, foram realizadas 2 campanhas, que totalizaram 17 dias de campo. A primeira foi realizada entre os dias 05 e 16 de fevereiro de 2009, enquanto a segunda entre os dias 11 e 17 de fevereiro de 2011. No total foram mapeados cerca de 85km² e descritos 230 pontos geológicos ([Anexo II – Mapa de pontos](#)), que foram plotados na folha topográfica Tiradentes, a partir do uso de um GPS Garmin Etrex, utilizando o *Datum* Córrego Alegre, sendo a localização conferida e confirmada a partir das feições topográficas. A descrição sumarizada dos pontos de campo com sigla JU ([Anexo III](#)) foi acrescentada na presente monografia visando facilitar o arquivamento futuro do material. Segue também um mapa geológico de detalhe da subdivisão faciológica e textural do gábrico Vitoriano Veloso ([Anexo IV](#)).

Para a delimitação dos litótipos foi usado o método de caminhamento ao longo dos contatos ou próximo aos mesmos, em virtude da natureza intrusiva de grande parte dos corpos mapeados, com contatos irregulares e sinuosos. Porém a presença de florestas e espessos mantos de intemperismo dificultaram essa fase. Em termos gerais, as rochas estudadas raramente possuem estruturas primárias (fluxo magmático) ou secundárias (foliação, xistosidade) impressa ou visíveis em amostras de mão. Nos raros casos que as mesmas foram observadas, realizou-se a medição em notação *dip-dip* a partir do uso de bússola Eclipse Pro 8099 da Brunton® com declinação de 21° W.

A descrição dos pontos foi realizada em campo, a partir da observação do tipo de afloramento (lajedo, piso, corte de estrada, blocos), do grau de intemperismo da rocha (rocha fresca, alterada ou saprolito), presença de xenólitos, veios e pegmatitos, assim como mineralogia, textura, estruturas primárias e secundárias.

As principais dificuldades identificadas durante a fase de mapeamento geológico estiveram diretamente relacionadas à:

- 1) Ampla distribuição de vegetação, colúvio e talus, impossibilitando a identificação das unidades, que estavam encobertas;
- 2) Grande variação na granulação das rochas em intervalos, por vezes, centimétricos;
- 3) Elevado grau de alteração intempérica das rochas estudadas, dificultando a identificação mineralógica e consequentemente, a sua classificação em campo.

4.2.2 – Coleta e preparação de amostras de rochas

Como já foi mencionado anteriormente, a ampla distribuição de cobertura vegetal, colúvio e talus, assim como o elevado grau de alteração intempérica, refletem na escassez de afloramentos na área estudada e dentro deste contexto, a dificuldade de se obter rochas sem alteração. Neste caso o processo de seleção de amostras para serem estudadas em laboratório (petrografia) não foi muito criterioso, excluindo-se apenas, as rochas excessivamente intemperizadas, pois qualquer informação seria bastante relevante. A amostragem levou em consideração a representatividade do fragmento coletado e alguns aspectos de interesse, como no caso dos granitóides, a presença de xenólitos e no caso das rochas gabróicas a variação na granulação. Cabe destacar que os melhores afloramentos do gabbro Vitoriano Veloso estão situados na porção leste da área estudada.

Foram, ainda, selecionadas amostras de minerais não identificados macroscopicamente para análise por difratometria de raios-X e de sulfetos para a confecção de briquetes polidos objetivando o estudo por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com equipamento de microanálise pontual (EDS).

4.3 – ETAPAS DE LABORATÓRIO

4.3.1 - Petrografia

As amostras coletadas em campo foram identificadas e enviadas diretamente para o Laboratório de Laminação do Museu Nacional (LLMN), visando à confecção de lâminas delgadas. Em algumas amostras foram selecionadas áreas para corte, principalmente aquelas relacionadas à orientação dos minerais (feições primárias ou secundárias) ou áreas de contato entre corpos ígneos e xenólitos, onde buscava-se feições petrográficas de interesse, como assimilação e transformações mineralógicas. Após o corte para lamination, algumas amostras apresentaram feições de grande interesse, que foram documentadas através de fotografias.

As descrições das lâminas foram realizadas no microscópio petrográfico Carl Zeiss® Axioskop 40, identificando-se a mineralogia essencial, acessória e secundária, bem como texturas e estruturas de interesse. Durante a caracterização petrográfica, buscou-se ainda a classificação das rochas, a caracterização de seus protólitos e a organização de um acervo digital incluindo fotomicrografias das principais feições identificadas.

É importante ressaltar que as rochas da área sofreram transformações minerais, como por exemplo, epidotização, sericitização e cloritização, onde o crescimento de paragêneses secundárias mascara os minerais e as texturas primárias, dificultando, e muito, a descrição das lâminas petrográficas. Soma-se a este fato o crescimento de pelo menos três gerações distintas de anfibólio e o sobrecrecimento nestes de vários outros minerais, tais como biotita e clorita.

4.3.2 – Preparação de amostras de rochas para geoquímica

A seleção das amostras a serem analisadas quimicamente (Tabela 3) envolveu os critérios de campo em relação ao grau intempérico da amostra, bem como em lâmina petrográfica, onde foram evitadas amostras com alteração intempérica e hidrotermal. Após a escolha das amostras pela petrografia, definiu-se nestas a área de corte (foram evitados veios, contatos, xenólitos), priorizando-se nas mesmas as áreas centrais dos fragmentos. Essas áreas foram então cortadas em briquetes límpidos e frescos (*slabs* de cerca de 7 x 5cm) no Laboratório de Laminação do Museu Nacional (LLMN) e em seguida o briquete foi quebrado com martelo até alcançar fragmentos entre 5 e 20 mm. Por fim, o material foi processado em um moinho de panela de tungstênio por cerca de 3 minutos até atingir uma granulometria inferior a 200 *mesh*, considerada como adequada para a análise química.

4.3.3 – Análise química

Foram selecionadas dezenove amostras para análise química no Laboratório de Fluorescência de Raios-X da Universidade de São Paulo (USP), a partir do uso de um espectrômetro de fluorescência de raios-X Phillips modelo PW 2400 com tubo de Rh, sendo sete amostras do gábrio Vitoriano Veloso (amostras JU e FG) e doze de rochas vulcânicas e subvulcânicas da suíte félisica Tiradentes. Além destas, foram utilizadas seis análises químicas (amostras AN e BIA) realizadas no Laboratório de Fluorescência de raios-X do Departamento de Geologia da UFRJ.

No Laboratório de Fluorescência de Raios-X da USP, a perda ao fogo foi determinada através da comparação do peso da amostra antes e depois da mesma ser aquecida por 30 minutos a 950 °C. A preparação das amostras para análise dos elementos maiores envolveu a fusão de 1g de material pulverizado (< 200 *mesh*) com 5g de tetraborato de lítio para formar uma pastilha de vidro. Os elementos traços foram analisados e determinados por espectroscopia de fluorescência de raios-X em pastilha prensada a partir de 7g do pó da amostra juntamente com 1g de aglutinante *wax*. Os elementos leves foram aferidos com as seguintes condições: detector de fluxo e cristal analisador PET/Ge. O erro analítico relativo estimado foi: Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K e P foi de cerca de 2% e elementos traços entre 5 a 10%. Maiores detalhes sobre o procedimento analítico e as condições instrumentais podem ser encontrados em Mori *et al.* (1999).

Já no Laboratório de Fluorescência de Raios-X da UFRJ, a perda ao fogo foi obtida através da obtenção do peso da amostra antes e depois da mesma ser levada a 950 °C por meia hora. Os elementos maiores foram detectados a partir da fusão de 1,2 g de pó do material com tetraborato de lítio. Os elementos traços foram determinados em 7g do pó da amostra,

prensada com 1g de aglutinante wax. Os elementos leves foram dosados com as seguintes condições: detector de fluxo, cristal analisador PET/Ge e potência do tubo 40 kV - 70mA. Os elementos pesados foram detectados com detector selado, cristais analisadores LIF200/LIF220 e potência do tubo 50 kV - 50mA. Com base em análises de padrões, o erro analítico relativo estimado é: Si, Al (< 1%), Fe, Mg, Ca (1-2%), Ti, Na, K (3-5%), P e outros elementos traços (\leq 6%). As curvas de calibração foram obtidas a partir da análise dos seguintes padrões internacionais: NIM-P, 521-84n, GBW07112, GIT-IWG, ANRT, BE-N GIT, PM-S GIT, CRPG BR, AN-G GIT, GBW07104, GBW07110, GBW07111, AC-E, GS-N, MA-N, CRPG GH.

Os elementos terras raras de duas amostras foram analisados por ICP-MS, no *Acme Analytical Laboratories Ltd.* Neste utiliza-se $0,1000 \pm 0,001$ g da amostra reduzida a pó com granulometria inferior a 200 mesh e $0,3000 \pm 0,003$ g de mistura 1:4 de tetraborato de lítio (grau espectroscópico). Funde-se o material em forno mufla por 20 minutos, a 1000 °C. Verte-se a pérola fundida em bêquer de polietileno contendo 20ml de HCl 2N. Após a solubilização do material fundido com agitador magnético, filtra-se a solução e executa-se a separação cromatográfica utilizando gradientes de concentração de ácidos clorídrico e nítrico em colunas contendo resina de troca catiônica, tendo como base o trabalho de Watkins & Nolan (1992).

O difratograma de raios-X das amostras, obtido pelo método do pó, foi coletado em um equipamento Bruker-D4 Endeavor, nas seguintes condições de operação: radiação Co K α , $\lambda = 0,179021$ nm, gerador operado a 40kV e 40 mA; velocidade do goniômetro de $0,02^\circ$ 2 θ por passo com tempo de contagem de 0,5 segundos por passo e coletados de 4° a 80° 2 θ , com detector sensível à posição LynxEye. As interpretações qualitativas de espectro foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF-02 (ICDD, 2006) em software Bruker Diffrac^{Plus}.

Para o estudo de alguns minerais de interesse econômico e petrográfico, os briquetes de amostras, bem como uma lâmina polida, foram recobertos com carbono e analisados por microscopia eletrônica de varredura (MEV), com microanálise pontual por dispersão de energia (EDS). O equipamento utilizado (FEI Quanta 400) possui acoplado um sistema de microanálise Bruker Quantax 800, detector SDD (silicone drift) XFlash 4030, com janela de 30mm^2 e resolução de 128eV a 5,9keV. A quantificação dos elementos foi realizada pela rotina PB-ZAF, por parâmetros fundamentais, com determinação automática de Bremsstrahlung e convolução envolvendo todas as energias dos elementos inclusive do C do recobrimento. O espectrômetro passou por calibração espectral antes de cada sessão de análise. A tensão de aceleração de elétrons de todas as análises foi 20kV, e o tempo de

aquisição de espectro foi variável, mas configurado para a melhor estatística de contagens. O limite de detecção varia entre 0,1 e 0,5%. Já as imagens MEV foram geradas por detector de elétrons retro-espalhados (*backscatter electrons detector - BSD*), no qual os níveis de cinza são proporcionais ao peso atômico médio dos elementos excitados pelo feixe de elétrons durante a varredura. Nas imagens compostionais os tons mais claros e escuros representam, respectivamente, as fases de pesos atômicos médios mais e menos elevados. A resolução da análise por EDS é da ordem de 1,0 μm de raio em superfície e 1,5 a 5,0 μm em profundidade, dependendo da densidade do material no ponto analisado. Todas as análises em MEV/EDS apresentam-se em porcentagem em peso.

4.4 – ETAPAS DE ESCRITÓRIO

Foram realizadas quatro etapas de gabinete, sendo a fase inicial, desenvolvida anteriormente a realização dos trabalhos de campo e consistiu na ampliação do mapa topográfico do IBGE, Folha Tiradentes, de 1:50.000 para 1:25.000, visando a preparação do mapa a ser utilizado nas atividades de campo e de escritório. A segunda etapa está relacionada ao tratamento dos dados obtidos a partir das análises geoquímicas de rocha total, através dos programas MINPET v.2.02 e GCDkit 2.3 e a terceira etapa consistiu na edição das figuras utilizadas na presente monografia, bem como elaboração final do mapa geológico e do mapa de pontos através do *software* Corel Draw X4.

A última etapa consistiu na confecção da presente monografia, onde as referências bibliográficas foram realizadas segundo as normas da Revista Brasileira de Geociências, volume 40, número 1, de março de 2010.

5 - NOMENCLATURA ADOTADA PARA OS LITÓTIPOS

Durante a descrição das rochas estudadas e na redação do texto da presente monografia, foram utilizadas algumas terminologias que nem sempre se enquadram em um consenso geral. Desta forma, o presente capítulo tem como objetivo expor o método e o proponente das classificações utilizadas visando facilitar o leitor no entendimento do texto.

Os nomes atribuídos às unidades mapeadas foram escolhidos com base no Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Petri *et al.*, 1986), onde normalmente o primeiro nome se refere ao tipo de rocha classificada em lâmina petrográfica e o segundo a uma localidade tipo ou ponto geográfico de referência presente nas redondezas do corpo. Também utilizou-se denominações já consagradas na literatura regional, dentre elas, gábro Vitoriano Veloso (Ebert, 1957). O termo meta foi suprimido de todas as denominações dos corpos estudados pois as rochas da região em questão, embora afetada por pelo menos três pulsos metamórficos, ainda mantêm parcialmente preservadas as suas feições primárias.

Primeiramente é importante definir alguns dos conceitos utilizados, como a classificação dos minerais em primários e secundários. Neste caso, os minerais primários seriam aqueles formados durante a solidificação do magma e os secundários, derivariam de regimes posteriores à cristalização dos primeiros, como o metamorfismo, hidrotermalismo e o intemperismo. Os minerais primários ainda podem ser divididos em essenciais (cuja ocorrência é, em geral, fundamental para dar nome a rocha ou simplesmente, quando seu volume é maior que 5%) e acessórios (volumes inferiores a 5%); conforme Dorado (1989). Nas rochas da área estudada, entendemos como minerais metamórficos aqueles formados exclusivamente por processos de metamorfismo regional, relacionados a um conjunto de processos pelos quais uma determinada rocha é transformada (no estado sólido) em outra rocha com características distintas das originais, resultantes de um aumento de temperatura e pressão. Já a alteração hidrotermal inclui processos complexos de mudanças texturais, mineralógicas e/ou químicas a partir da interação de rochas pré-existentes com soluções mais quentes ($> 5^{\circ}\text{C}$) que as do meio que passam (Inoue, 1985 *in* Bongiolo, 2005). Além disso, as origens das soluções hidrotermais são variadas e foram descritas por Pirajno (1992 *in* Bongiolo, 2005) como provenientes de: águas meteóricas (incluindo águas de chuva, rios, lagos e subterrânea); oceânicas (podendo penetrar alguns quilômetros); conatas (aprisionadas em rochas sedimentares e produzidas por reações diagenéticas); metamórficas (a partir da desidratação de minerais hidratados); juvenis (originadas diretamente do manto) e; magmáticas (separadas de uma fase fundida em resfriamente e que geram sistemas magmáticos-hidrotermais. Alguns destes processos recebem nomes específicos como epidotização, cloritização, sericitização e caulinização. Por fim, o intemperismo é resultado

das transformações que as rochas da crosta sofrem na interação com a atmosfera, a hidrosfera e a biosfera (Teixeira *et al.*, 2000).

No que diz respeito ao metamorfismo, Eskola (1915 *in* Yardley, 2004) formulou um esquema de fácies metamórficas, que representa amplas subdivisões de P-T em que se enquadram a maioria das rochas metamórficas, independentemente do protólito. Tais subdivisões e os campos das respectivas fácies metamórficas podem ser observadas no diagrama abaixo (Figura 2), na cor azul. Neste mesmo sentido, no que diz respeito ao metamorfismo de rochas maficas, observa-se, na mesma figura, em vermelho, os campos de estabilidade das correspondentes fases minerais.

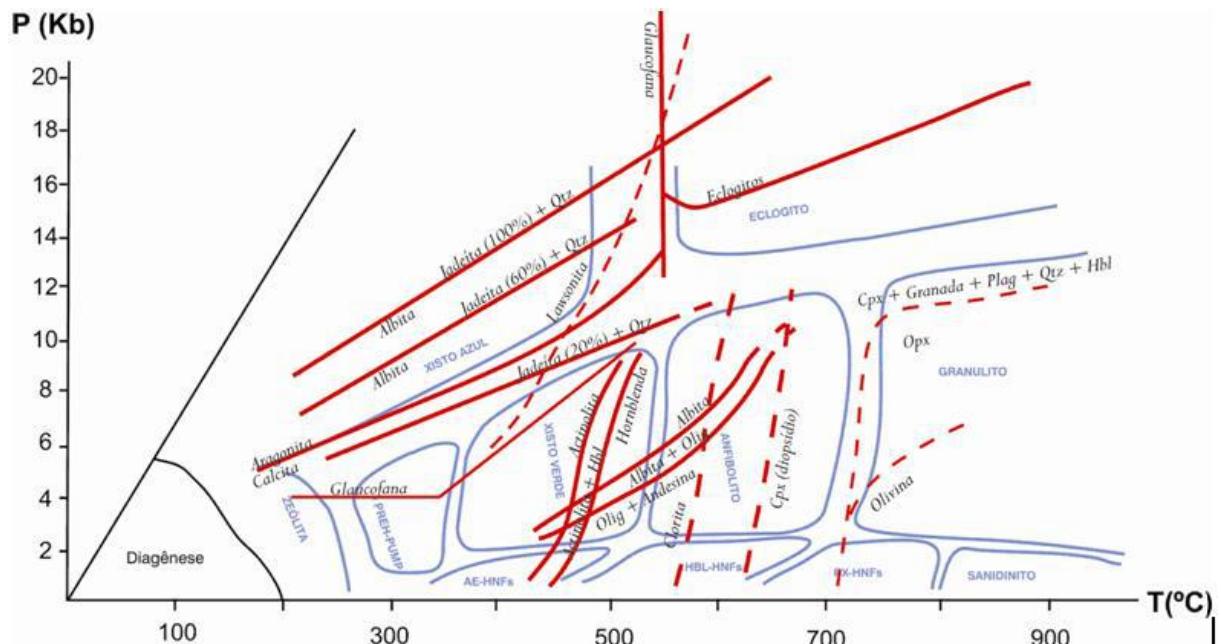


Figura 2 - Diagrama P-T (Pressão-Temperatura) mostrando os campos das várias fácies metamórficas (em azul) e os campos de estabilidade das correspondentes fases minerais (em vermelho). Abreviações utilizadas: HNFs = hornfels; AE = albita-epidoto; HBL = hornblendita; PX = piroxênio; PREH-PUMP = prehnita-pumpellyita; Olig = oligoclásio; Plag = plagioclásio; Qtz = quartzo (Eskola 1915 *in* Yardley, 2004).

A nomenclatura petrográfica para as rochas ígneas plutônicas félscicas (granitóides) e maficas (dioritos e gabros) baseou-se no diagrama QAPF (Figura 3) de Streckeisen (1976), enquanto que para as rochas porfiríticas vulcânicas e subvulcânicas a classificação foi baseada no tipo de fenocristais (Best, 1982), onde:

- Riolito: fenocristais de sanidina e quartzo; qualquer tipo de fenocristal mafico pode estar presente, mas costuma ser esparsos a ausente;
- Riodacito: fenocristais de plagioclásio, sanidina e quartzo; qualquer tipo de fenocristal mafico pode estar presente, mas costuma ser esparsos a ausente;
- Dacito: fenocristais de plagioclásio e quartzo; qualquer tipo de fenocristal mafico pode estar presente.

- d) Andesito: Fenocristais de plagioclásio; com ou sem piroxênio, hornblenda ou às vezes biotita e raramente olivina.

A nomenclatura geoquímica das rochas vulcânicas e subvulcânicas (Figura 4) foi baseada no diagrama TAS de Le Bas *et al.* (1986), enquanto das rochas plutônicas no diagrama de Cox *et al.* (1979).

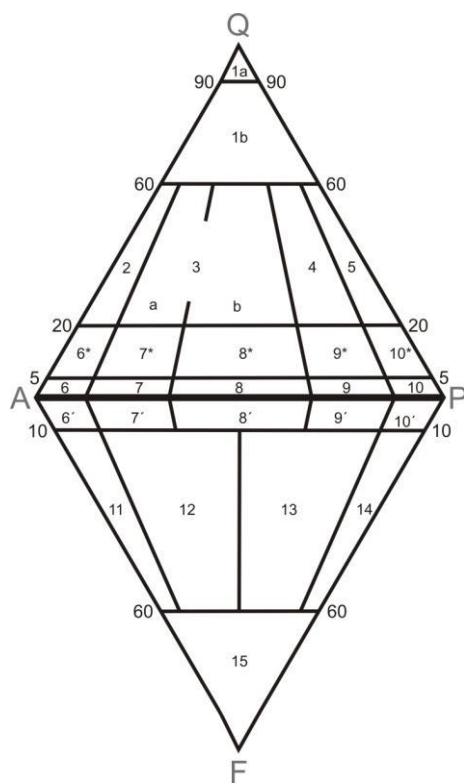
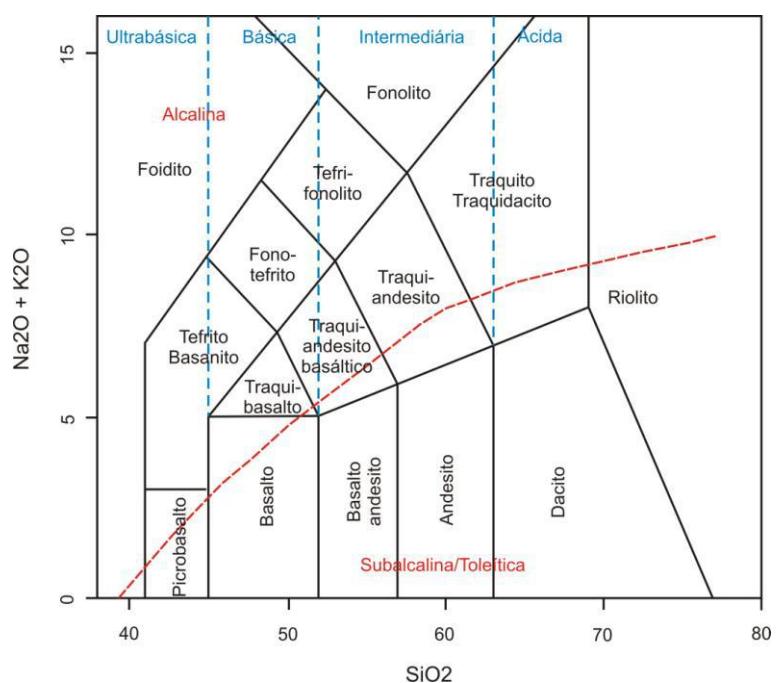


Figura 3 - Classificação geral e nomenclatura de rochas plutônicas de acordo com o conteúdo mineral (% vol) segundo Strackeisen (1976). 1a- quartzolito (silexito); 1b- granitóide rico em quartzo; 2- álcali-feldspato granito; 3a- sienogranito; 3b- monzogranito; 4- granodiorito; 5- tonalito; 6*- quartzo álcali-feldspato sienito; 7*- quartzo sienito; 8*- quartzo monzonito; 9*- quartzo monzodiorito / quartzo monzogabro; 10*- quartzo diorito / quartzo gabro / quartzo anortosito; 6- álcali-feldspato sienito; 7- sienito; 8- monzonito; 9- monzodiorito / monzogabro; 10- diorito / gabro / anortosito; 6'- álcali-feldspato sienito com feldspatóide; 7'- sienito com feldspatóide; 8'- monzonito com feldspatóide; 9'- monzodiorito / monzogabro com feldspatóide; 10'- diorito / gabro com feldspatóide; 11- feldspatóide-sienito; 12- feldspatóide-monzosienito; 13- feldspatóide monzodiorito / feldspatóide monzogabro; 14- feldspatóide diorito / feldspatóide gabro; 15- foidito.

Figura 4 - Classificação de rochas vulcânicas e subvulcânicas através de dados geoquímicos segundo Le Bas *et al.* (1986).



Para o grau de cristalização, foi utilizada a proposta de Williams *et al.* (1954), que subdivide as rochas em: holocrystalinas, quando estas são inteiramente composta por cristais; holoalinas, quando consistem inteiramente em vidro e; hipocrystalinas, aquelas que contém tanto vidro como cristais. Considerando ainda a granulação (tamanho dos cristais), empregou-se a classificação deste mesmo autor: rochas faneríticas, quando os cristais são reconhecíveis a olho nú ou com ajuda de uma lupa de mão (10 x) e; rochas afaníticas, quando os cristais não são reconhecíveis nem com ajuda de uma lupa de mão e é preciso recorrer ao microscópio. Por fim, este ainda define para as rochas faneríticas intervalos de seriação que podem ser observados na tabela abaixo (**Tabela 4**).

Tabela 4 - Classificação da granulação da rocha fanerítica, baseada no tamanho dos cristais (Williams *et al.*, 1954)

| Terminologia | Tamanho do grão |
|--------------|-----------------|
| Muito grossa | > 30mm |
| Grossa | 5 a 30mm |
| Média | 1 a 5mm |
| Fina | < 1mm |

Quanto ao índice de cor das rochas ígneas, segue-se a proposição de Le Maitre *et al.* (2002), que definiu este parâmetro como sendo a soma dos minerais máficos (micas, anfibólios, piroxênios e olivinas), opacos e alguns acessórios (zircão, apatita, titanita, epidoto, allanita, granadas, carbonatos primários, dentre outros), não incluindo, portanto, os minerais secundários. Neste sentido, para classificar as rochas ígneas de acordo com tal índice, utilizou-se a proposta do mesmo autor, descritas na tabela a seguir (**Tabela 5**).

Tabela 5 - Índice de cor segundo o teor de minerais máficos (Le Maitre *et al.*, 2002).

| Índice de cor | Teor de minerais máficos |
|-------------------|--------------------------|
| Hololeucocrática | 0-10% |
| Leucocrática | 10-35% |
| Mesocrática | 35-65% |
| Melanocrática | 65-90% |
| Holomelanocrática | 90-100% |

Há ainda uma outra classificação (Hess, 1937 in Le Maitre *et al.*, 2002) relacionada à cor das rochas, de forma mais abrangente: félsicas, máficas e ultramáficas. A primeira pode ser definida quando a rocha possui quartzo, assim como feldspatos e/ou feldspatóides modais e de forma abundante, garantindo à rocha uma coloração clara. No caso das rochas máficas, tipicamente escuras, enquadram-se aquelas com abundantes minerais modais máficos (definidos no parágrafo acima). E por fim, as rochas ultramáficas são características por

consistirem essencialmente de minerais máficos (>90%), tornando-as muito escuras. Assim, no caso de rochas metamórficas, para a caracterização do seu índice de cor, é conveniente utilizar esta classificação já que muitos dos minerais secundários podem acabar obliterando a mineralogia primária.

Em relação ao grau de desenvolvimento das faces dos cristais, optou-se por utilizar a nomenclatura: grãos idiomórficos (apresentam todas as faces cristalinas bem desenvolvidas); grãos hipidiomórficos (com faces parcialmente desenvolvidas) e; grãos xenomórficos (sem faces cristalinas bem formadas), descritas por Williams *et al.* (1954).

Além disso, o arranjo de determinados cristais, assim como as suas distribuições, geram texturas específicas. Neste caso, para a distribuição de tamanhos de grãos numa rocha, foi utilizada a divisão em equigranular e inequigranular (e esta, por sua vez, subdividida em unimodal, seriada, bimodal e porfirítica) que Dorado (1989) explicita de forma clara no esquema abaixo (**Figura 5**).

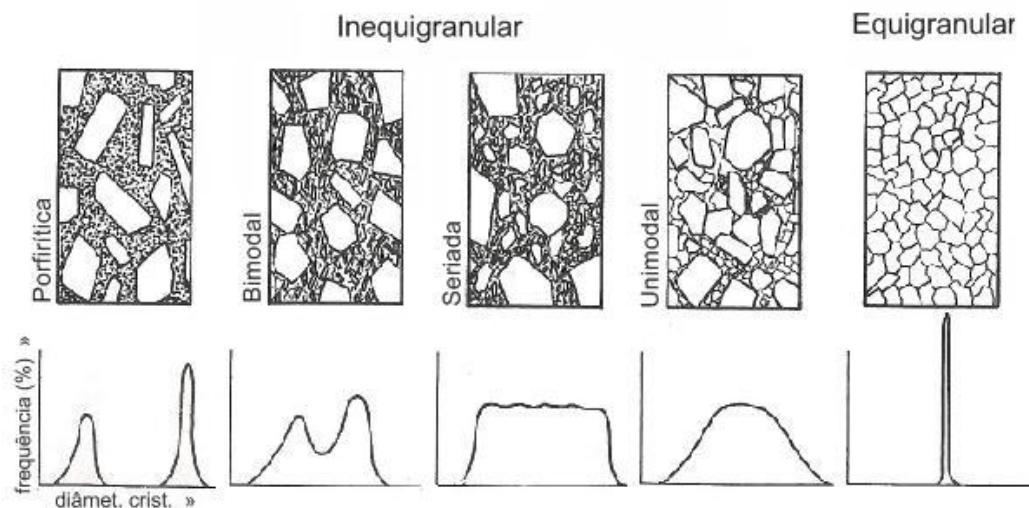


Figura 5 - Esquema representando cinco casos típicos de distribuição de tamanhos de grão em rochas ígneas cristalinas, independente do tamanho dos grãos da rocha (Dorado, 1989).

Ainda nesta mesmo sentido de caracterização de texturas, foram utilizados para quase todos os casos, diversos conceitos de Williams *et al.* (1954) sendo complementados por alguns esquemas gráficos de fácil compreensão de Dorado (1989), como:

- a) Textura poiquilítica – definida por cristais de tamanho grande quando apresentam numerosas inclusões de outros cristais da matriz;
- b) Corona – textura de substituição mineral, com a formação de uma auréola de reação sempre no contato entre dois ou mais minerais (Passchier & Trow, 1996). As coronas monominerálicas também são conhecidas como *moats*; já as poliminerálicas, como coronas simplectíticas (intercrescimento entre dois minerais sem distinções morfológicas entre eles);

c) Textura micrográfica ou granofírica – rocha com intercrescimento de quartzo vermiforme e álcali-feldspato, seja através da cristalização simultânea a partir da mistura eutética, seja através da substituição de um mineral pelo outro. Se a textura é visível a olho nú, é chamada de gráfica. No caso do feldspato em questão ser plagioclásio sódico, a textura recebe o nome de mirmequítica e ambas são tipos especiais de texturas simplectíticas;

d) Textura esferulítica – agregados radiados de minerais aciculares e fibrosos, em geral feldspatos, oriundos da desvitrificação do magma e característicos de rochas ácidas;

e) Textura glomeroporfírica – ocorre em rochas afaníticas porfiríticas, onde os fenocristais ocorrem aglomerados em grupos distintos;

f) Textura vesicular – formam-se quando os gases exolvidos nas lavas formam vesículas e quando o material resfria, cavidades. Estas podem ser preenchidas subsequentemente com minerais deutéricos ou secundários, formando amídalas e;

g) Texturas cumuláticas – ocorrem em rochas plutônicas com evidências texturais de diferenciação por gravidade ou por fluxo ígneo. A situação de partida é a que existe um líquido intersticial entre os cristais acumulados no fundo da câmara magmática ([Figura 6a](#)), a partir do qual podem ocorrer:

i) o líquido intersticial cristaliza em um agregado xenomorfo com granulação menor ([Figura 6b](#)). Neste caso a textura é chamada de ortocumulática e os minerais acumulados são chamados de *cumulus* e os que formam o agregado, *intercumulus*.

ii) cristalizam grandes cristais, englobando os minerais *cumulus*. Tal textura é denominada de heteroadcumulática ([Figura 6c](#)).

iii) os cristais *cumulus* continuam crescendo, aparecem zonados, com um núcleo idiomórfico e as bordas xenomórficas ([Figura 6d](#)). Se a continuidade desta cristalização é tal que preenche todos os espaços vazios, a textura resultante é chamada de adcumulática ([Figura 6e](#)). Se ainda sobra um espaço em que se cristalizam agregados minerais xenomórficos, a textura final é a mesoadcumulática ([Figura 6f](#)). E em caso especial, quando uma fase *cumulus* deixa de ser estável e é parcial ou totalmente dissolvida no líquido intersticial, pode cristalizar, ainda, uma fase *cumulus* posterior ([Figura 6g](#)).

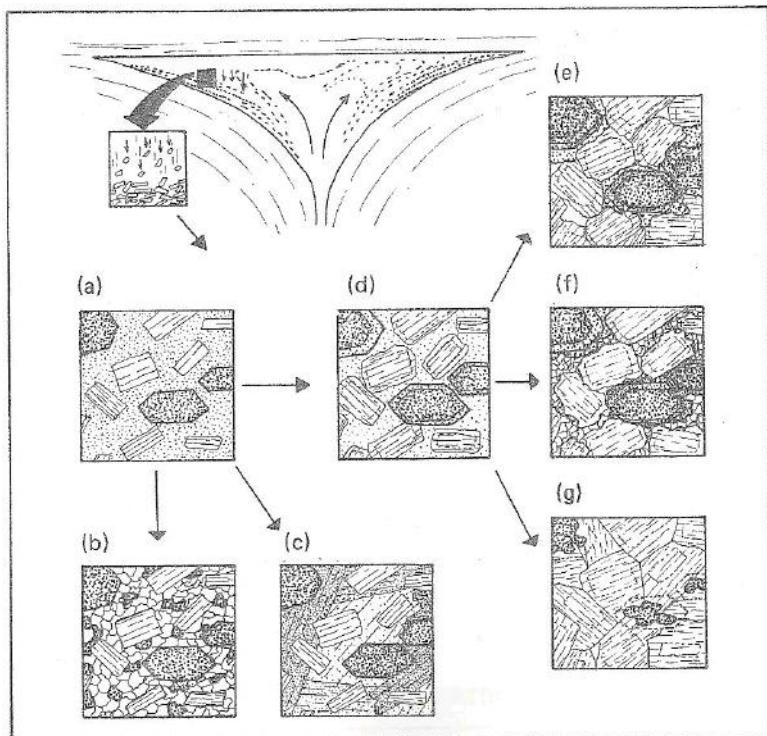


Figura 6 - Principais texturas cumuláticas em rochas plutônicas. Baseado nas descrições de Bard (1985) e Best (1982) *in* Dorado, (1989).

h) Texturas comuns de rochas básicas:

- i) Textura intergranular (Figura 7a) – disposição entrecruzada dos grãos de plagioclásio, deixando entre eles, espaços, ocupados por minerais ferromagnesianos.
- ii) Textura ofítica (Figura 7b) – definida por cristais poiquilíticos de piroxênio, que formam a estrutura da rocha, incluindo cristais de plagioclásio. A diferença desta para a intergranular é que, neste caso, os cristais de piroxênio estão em continuidade óptica.
- iii) Textura subofítica (Figura 7c) – Textura intermediária entre as duas anteriormente descritas. Os grãos de piroxênio são poiquilíticos, incluem cristais menores de plagioclásio que estão em contato e formam um entrelaçado similar a primeira, com continuidade óptica entre os cristais.

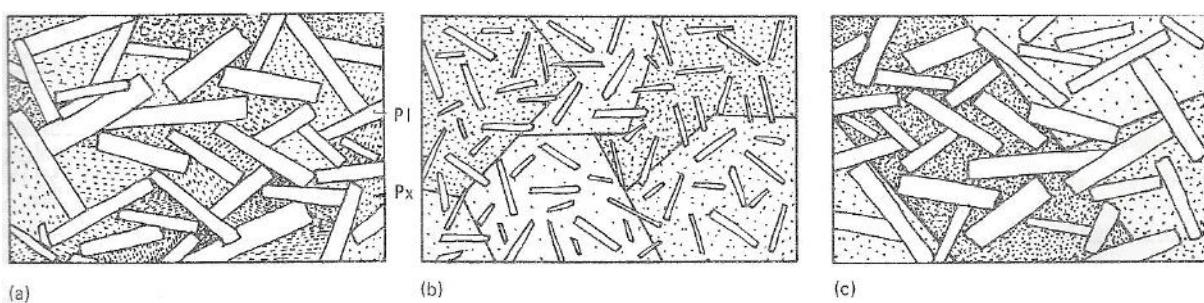


Figura 7 - Principais texturas observadas em rochas básicas: (a) diabásica (ou intergranular); (b) ofítica e (c) subofítica (Dorado, 1989).

i) Textura lepidoblástica – definida por minerais laminares (filossilicatos), intercrescidos homogêneamente e orientados segundo os planos basais (001) mais ou menos paralelos entre si;

j) Textura nematoblástica – definida por minerais aciculares (inossilicatos), entrecrescidos homogêneamente com seus eixos maiores paralelos entre si;

Também foram identificados em campo, algumas rochas ígneas e metamórficas cuja classificação textural segue a proposição de Yardley (2004):

a) Anfibolito – corresponde a rochas ultramáficas ígneas formadas quase que exclusivamente por anfibólios (hornblenda ou tremolita-actinolita);

b) Gnaisse – rocha metamórfica grossa, com estrutura planar, tal como xistosidade ou bandamento composicional;

c) Filito – rocha metamórfica com clivagem pronunciada e composta principalmente por filossilicatos, às vezes discerníveis na amostra de mão e que dão uma aparência sedosa às superfícies de clivagem;

d) Anfibolito – rocha metamórfica essencialmente biminerálica, constituída de hornblenda e plagioclásio, onde os prismas de hornblenda alojam-se ao longo dos planos de orientação da rocha.

É importante ressaltar ainda que o uso do termo pegmatito, segundo Williams *et al.* (1954) se refere à rochas ígneas, em geral, extremamente grossas (entretanto, sua granulação pode variar bastante), resultante de estágios finais de consolidação de magmas (líquidos residuais consideravelmente enriquecidos em voláteis)

Em geral, o termo foliação é usado de forma genérica para descrever feições planares que se reproduzem de forma penetrativa no meio rochoso. Desta forma, a foliação metamórfica pode ser definida pela fábrica planar definida exclusivamente pela orientação preferencial de minerais metamórficos. Já no caso da foliação ígnea, esta é dada pela orientação de minerais primários, como é o caso da orientação de grãos de plagioclásio por fluxo magmático.

O termo enclave, é utilizado no presente trabalho para descrever diversos tipos de fragmentos litológicos encontrados dentro de outras rochas ígneas. Neste sentido, Didier & Barbarin (1991) sugeriram uma subdivisão dos enclaves de acordo com a sua natureza e características petrográficas, onde alguns destes termos independem da natureza

composicional do magma. Desta forma foram utilizados no presente trabalho para a descrição de rochas tanto básicas, como ácidas as seguintes propostas:

- *xenolith* ou xenólito: enclave de rochas distintas, introduzidas no magma.

Usualmente evidenciado pela diferença brusca de mineralogia e texturas, com contatos que podem ser retilíneos ou arredondados, com parcial assimilação e/ou bordas de reação.

- *xenocryst* ou xenocristal: cristal isolado, arrancado de rochas encaixantes na passagem do magma ou no desmembramento de um xenólito. Normalmente possui feições de corrosão e auréola de reação.

- *autholith* ou autólito: enclave cognato com as rochas circundantes.

Por fim, é de suma importância ressaltar a distinção entre gabros e dioritos, pois esta traduz uma problemática bastante antiga, principalmente quando ambos possuem cristais de anfibólio de origem metamórfica. Os trabalhos referentes à classificação petrográfica de rochas ígneas (Williams *et al.*, 1954; Streckeisen, 1976a) recomendam para tal distinção, a utilização de vários critérios em conjunto, que abrangem (**Tabela 6**).

Tabela 6 - Distinção entre gabros e dioritos. Abreviações utilizadas: An = anortita; IC = índice de cor. Baseado em Williams *et al.* (1954) e Streckeisen (1976).

| Critérios | GABRO | DIORITO |
|----------------------------|---|--|
| Composição do plagioclásio | An>50 (bytownita-anortita) | An < 50 (oligoclásio-andesina) |
| Natureza do mineral máfico | piroxênio + olivina (+hornblenda) | hornblenda + biotita (+piroxênio) |
| Índice de cor | IC > 40% | IC < 40% |
| Composição química | SiO ₂ < 52%; maiores teores de MgO + FeOt (óxidos) | SiO ₂ = 48,14% a 53,74% |
| Relações com outras rochas | Associado a piroxenitos e anortositos | Associado a hornblenditos, granodioritos e tonalitos |
| Tamanho do corpo | Corpos de pequenos a grandes | Corpos menores |

6 - GEOLOGIA REGIONAL

6.1 – PLATAFORMA SUL-AMERICANA

O conceito de Plataforma Sul-Americana corresponde à fração continental da placa homônima que permaneceu estável, funcionando como antepaís durante a evolução das faixas móveis do Caribe (a norte) e Andina (a oeste), da mesma forma em que se processava a abertura e o desenvolvimento do Atlântico Sul, no Meso-Cenozóico (Bazzi *et al.*, 2003). Sendo assim, no continente sul-americano, excetuam-se desta definição, o cinturão dos Andes e a microplaca da Patagônia, ali acrescida (**Figura 8**).

Em termos gerais, pode-se dividir a Plataforma Sul-Americana em três escudos: Guianas, Brasil Central e Atlântico. Almeida *et al.* (1977, 1981) subdividiram estes escudos em províncias estruturais, identificando dez grandes províncias, sendo que o embasamento do Escudo Atlântico é caracterizado por quatro províncias estruturais: São Francisco, Mantiqueira, Tocantins e Borborema (**Figura 9**), das quais as três últimas, são em sua maioria, resultado de retrabalhamento crustal da primeira durante o Neoproterozóico, assim como as granitogêneses relacionadas a este evento, resultado de acresções e colisões.



Figura 8 - Compartimentação geotectônica da Plataforma Sul-Americana segundo Dardenne & Schobbenhaus (2001). Em vermelho, aproximadamente a área estudada.

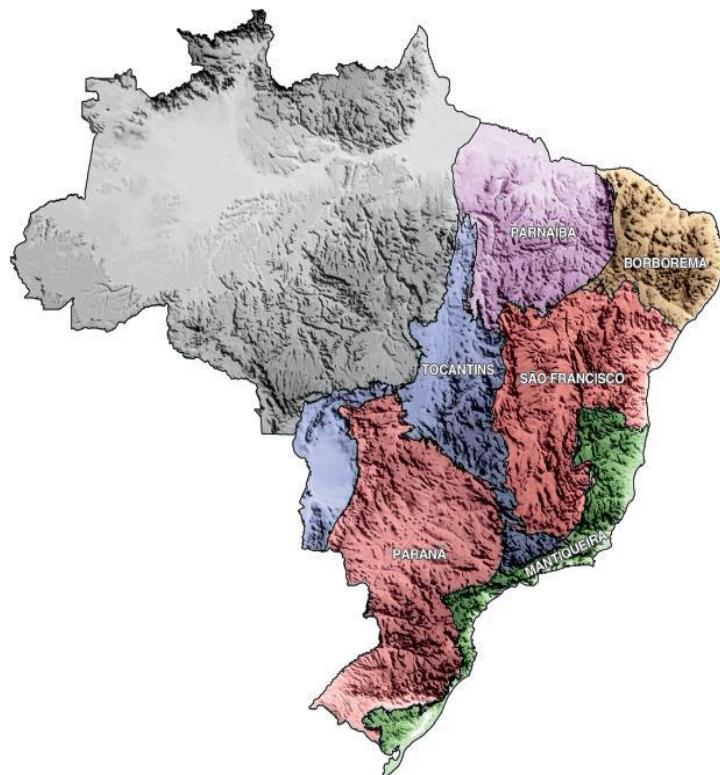


Figura 9 - Províncias estruturais do Escudo Atlântico sobre o modelo digital do terreno (modificado de Almeida *et al.*, 1977, 1981 e Smith & Sandwell, 1997 *in* Buzzi *et al.*, 2003).

Pode-se dizer que a Plataforma Sul-Americana possui gênese e evolução bastante complexa, retratando uma história policíclica relacionada à fusão/aglutinação de supercontinentes. De forma bastante simplificada, segundo Barbosa *et al.* (2003), primeiramente, parte da crosta continental exposta nestes escudos consolidou-se como núcleos estáveis, formando o supercontinente Atlântica, ao final do ciclo orogenético Transamazônico (2,1-1,8 Ga). Posteriormente, a estruturação final destes escudos pré-cambrianos ocorreu através da amalgamação de unidades supracrustais adjacentes aos blocos litosféricos durante a orogênese Panafricana - Brasiliana (0,75-0,53 Ga), formando o supercontinente Gondwana. Do Ordoviciano aos nossos dias, foram desenvolvidos os estágios das coberturas intrinsecamente fanerozóicas, enquanto esta plataforma protagonizava parte de uma história supercontinental, já relacionada à Gondwana e Pangea – com seu posterior rifteamento, até a sua configuração atual (Buzzi, *et al.*, 2003).

6.2 - CRÁTON SÃO FRANCISCO

Primeiramente, é importante ressaltar que como *cráton* entende-se uma plataforma não envolvida numa determinada tectogênese, embora os conceitos de grau de retrabalhamento e deformação sejam bastante arbitrários e motivo de extensos debates. Ou seja, o Cráton São Francisco atuou como bloco estável do último evento tectônico colisional do Neoproterozóico

e pode ser descrito como um mosaico de unidades estruturais, gerado por sucessivas acresções crustais e colisões continentais, em tempos anteriores ao evento Brasiliano (Barbosa *et al.*, 2003).

Almeida (1977) ressalta que a delimitação das faixas móveis com a massa cratônica é uma enorme problemática, com limites, sobretudo gradativos, sujeitos a subjetividade. Este mesmo autor ressalta ainda que as exposições do Grupo São João Del Rei (que compõe parte da Serra de São José, região da presente monografia) representam a continuação da faixa de dobramentos Brasília. Esta descreve um arco com concavidade voltada para o antepaís cratônico a norte e por isso, sugere que o traçado do limite seja a norte desta área (Figura 10).

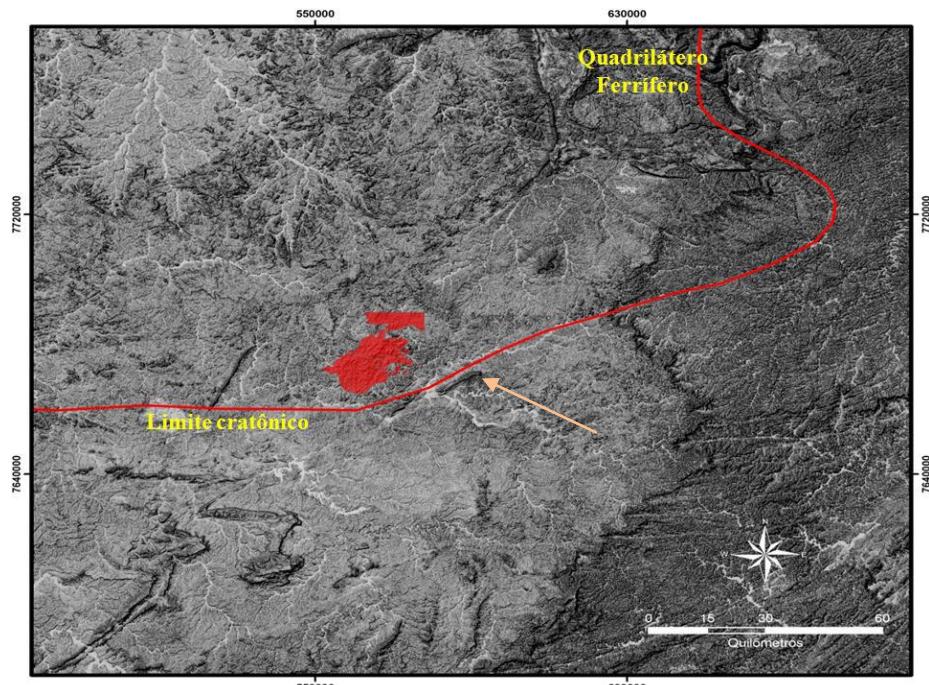


Figura 10 - Limite sul do Cráton São Francisco na região estudada por Sousa (2009), que compreende o granitóide Ritápolis (em vermelho). Destaque para a Serra de São José (na seta), cujo embasamento corresponde à área estudada na presente monografia.

Quanto à evolução geológica regional, pode-se dizer que no Neoarqueano, durante o ciclo Jequié, formou-se o *greenstone belt* Rio das Velhas, desenvolvido em um ciclo completo de Wilson, com estágio de tafrogênese seguido de orogênese, vulcanismo félscio cálcio-alcalino, com intrusões tonalíticas, metamorfismo e deformação, configurando o que se denominou de Orogênese Rio das Velhas (Carneiro, 1992). Já no Paleoproterozóico, um período de relativa estabilidade (Sideriano) propiciou o desenvolvimento de uma margem passiva representada pelo Supergrupo Minas. Esta evolução foi sucedida por um novo episódio orogênico (Riaciano) com magmatismo, metamorfismo e deformação, tendo como resultado o denominado Cinturão Mineiro (Teixeira *et al.*, 2000). Posteriormente, a tafrogênese Estateriana é tida como o evento de fragmentação crustal que atingiu parte do paleocontinente do São Francisco através de uma rede de *riftes* ensiálicos (Brito Neves *et al.* 1996). Segundo

Dardenne & Schobbenhaus (2001), nestes *riffs* depositaram-se os sedimentos continentais intercalados com lavas ácidas e capeados por depósitos marinhos do Supergrupo Espinhaço (Figura 11). Correlacionável temporalmente a estes depósitos, formou-se a Bacia São João del Rei (Ribeiro *et al.*, 1995). No Neoproterozóico, formou-se o Supergrupo São Francisco (Figura 11) e por fim, o Continente São Francisco - Congo é envolvido numa sucessão de colisões que terminam com a consolidação do Gondwana ao final desta mesma era, onde as margens passivas e ativas são convertidas nos cinturões orogênicos que definem o contorno atual do Cráton São Francisco.

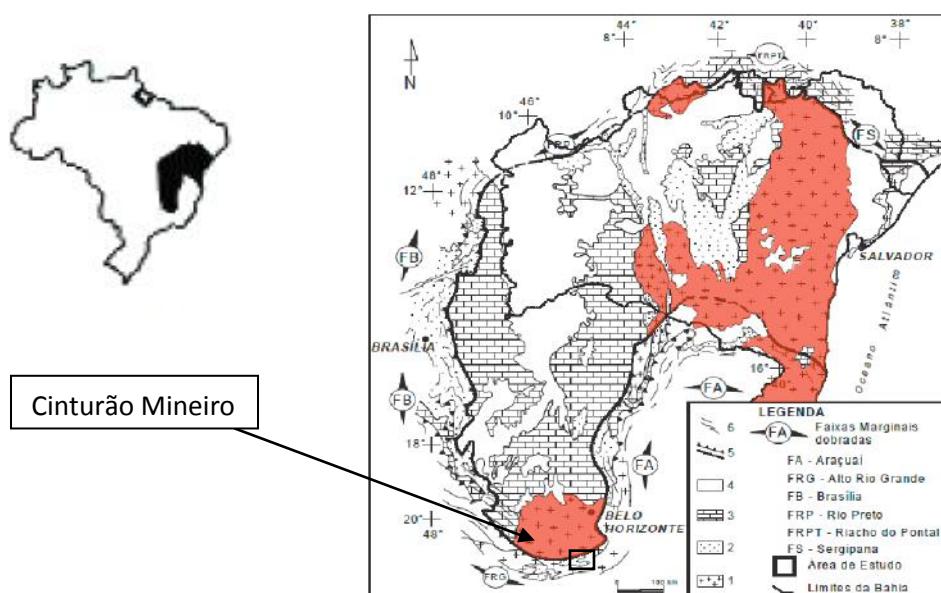


Figura 11 - Mapa esquemático mostrando os limites do Cráton São Francisco (editado de Macedo, 2006), onde: 1- Embasamento Arqueano/ Paleoproterozóico (em vermelho); 2- Coberturas Mesoproterozóicas do Supergrupo Espinhaço; 3- Coberturas Neo e Mesoproterozóicas do Supergrupo São Francisco; 4- Coberturas Fanerozóicas; 5- Limites do Cráton São Francisco; 6- Cinturões de dobramentos Brasilianos.

6.3 – GREENSTONE BELTS

Durante os anos 50 e 60, o conjunto de xistos verdes que afloravam na região próxima a cidade de São João del Rei (conjuntamente com outros litótipos) foram designados de “Série Barbacena” (Barbosa, 1954 *in* Ávila, 1992) e Formação Barbacena (Ebert, 1956). Posteriormente, Pires (1978) reuniu os mesmos xistos verdes com diversos plútuns granodioríticos e graníticos em uma sequência tipo *greenstone belt*, denominando-a de Grupo Barbacena ou *greenstone belt* Barbacena. Desde então, essa designação foi amplamente utilizada por alguns pesquisadores (Pedrosa Soares *et al.*, 1994; Teixeira *et al.*, 2000; Alkmin, 2004) que estudaram a borda meridional do cráton São Francisco, porém um outro grupo de pesquisadores (Trouw, *et al.*, 1986; Noce *et al.*, 1987; Toledo, 2002) correlacionavam essas rochas ao *greenstone belt* Rio das Velhas, de idade Arqueana.

Quéméneur & Baraud (1982) subdividiram as rochas anfibolíticas do *greenstone belt* Barbacena em dois conjuntos distintos (anfibolitos Rio das Mortes e meridionais). Ávila (1992) separa as rochas desse *greenstone* em três faixas distintas posteriormente reunidas em somente dois conjuntos pelo mesmo autor (Ávila, 2000). Toledo (2002) designou as rochas metaultramáficas komatiíticas próximas à cidade de Nazareno e os metassedimentos associados de *greenstone belt* Nazareno, assim como as rochas anfibolíticas, xistos, metapelitos e gonditos, que ocorrem próximos ao Rio das Mortes, de *greenstone belt* Rio das Mortes (Figura 12). Por fim, Ávila *et al.* (2008) caracterizaram entre as cidades de Tiradentes de Dores de Campos uma terceira faixa vulcanossedimentar, designada de *greenstone belt* Dores de Campos (Figura 12).

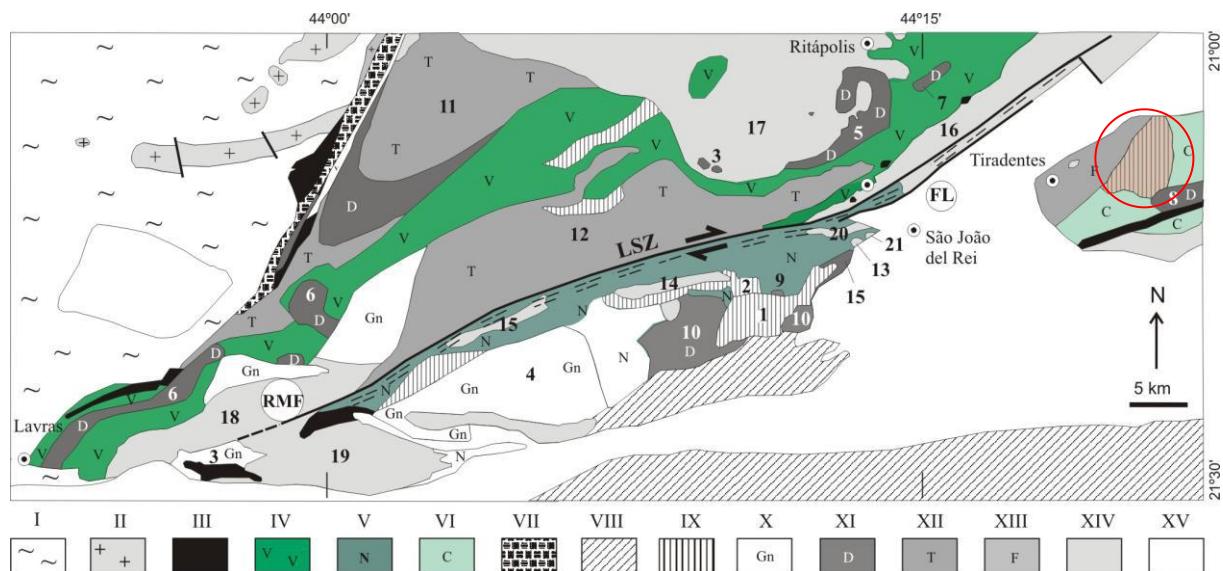


Figura 12 - Esboço geológico entre as cidades de Lavras, São João Del Rei e Tiradentes (editado de Teixeira *et al.*, 2008). Em destaque, os *greenstone belts* Rio das Mortes, Nazareno e Dores de Campos e o gábrico Vitoriano Veloso (em marrom claro). **Arqueano:** I – Gnaisses indiferenciados, granulito, charnockito e complexos máfico - ultramáficos; II – Granitóides. **Arqueano/Paleoproterozóico:** III – Corpos metaultramáficos; IV – *Greenstone belt* Rio das Mortes; V – *Greenstone belt* Nazareno; VI – *Greenstone belt* Dores de Campos. **Paleoproterozóico:** VII – Supergrupo Minas; VIII – Granitóides indiferenciados; IX – Piroxenito – gábrico: 1 – Gábrico São Sebastião da Vitoria (2220 ± 3 Ma); 2 – Peridotito – Piroxenito Forro. X – Ortognaisse antigas: 3 - Ortognaisse Itumirim (2177 ± 4 Ma); 4 – Ortognaisse Nazareno (2255 ± 6 Ma). XI - Dioritos, quartzo-dioritos e quartzo-monzdioritos: 5 – Diorito Brumado (2131 ± 4 Ma); 6 – Diorito Rio Grande (2155 ± 3 Ma); 7 - Quartzo-monzdiorito Glória (2189 ± 29 Ma); 8 – Quartzo-diorito Dores de Campos (2199 ± 7 Ma); 9 – Quartzo-diorito Brito (2221 ± 2 Ma); 10 – dioritos e anfibolitos indiferenciados. XII – Tonalitos and trondhjemitos: 11 – Tonalito Tabuões; 12 – Tonalito/trondhjemito Cassiterita (2162 ± 10 Ma). XIII – Metafelsitos, metabasitos e rochas metassedimentares. XIV – Granodioritos e granitos: 13 – Granodiorito Brumado de Cima (2239 ± 25 Ma); 14 – Granodiorito Lajedo (2208 ± 26 Ma); 15 – Granito Nazareno; 16 - Gnaisse granítico Fé (2191 ± 9 Ma); 17 – Granito Ritápolis (2121 ± 7 Ma); 18 – Gábrico Macuco de Minas (2116 ± 9 Ma); 19 – Gábrico Itumirim (2101 ± 8 Ma); 20 – Granodiorito Brumado de Baixo (2218 ± 4 Ma); 21 – Granófiro e rochas félscicas vulcânicas (2207 ± 4 Ma); **Mesoproterozóicas/Neoproterozóicas:** XV – Rochas supracrustais das megassequências São João del Rei, Carandaí e Andrelândia. Falhas: Rio das Mortes (RMF); Lenheiro (FL); Zona de Cisalhamento Lenheiro (LSZ).

Segundo Toledo (2002) e Ávila *et al.* (2004, 2006), o *greenstone belt* Nazareno é representado por abundante vulcanismo ultramáfico de composição komatiítica com subordinado vulcanismo basáltico komatiítico e toleiítico (anfibolitos) e escassas rochas metassedimentares (filitos, gonditos, quartzitos), enquanto o *greenstone belt* Rio das Mortes é caracterizado por abundante vulcanismo máfico e espessos pacotes de rochas metassedimentares, incluindo filitos, grafita filitos, quartzitos e depósitos de gondito (Ávila, 2000; Vasques, 2009; Vasques *et al.*, 2010b). Neste último *greenstone* o magmatismo ultramáfico é reduzido ou está ausente. Segundo Bezerra Filho (2006) e Vasques *et al.* (2010a) o *greenstone belt* Dores de Campos é representado por rochas metaultramáficas (serpentinitos, clorita-tremolita-talco xistos) e metamáficas toleiíticas (anfibolitos), bem como espessos pacotes metassedimentares, representados por filitos, filitos grafitosos, quartzitos e diamictitos.

6.4. CINTURÃO MINEIRO

Na borda meridional do Cráton São Francisco, afloram diversos corpos plutônicos paleoproterozóicos (Ávila, 2000; Teixeira *et al.*, 2000; Noce *et al.*, 2000; Ávila *et al.*, 2003), destacando-se plutons de composição gabróica, (quartzo) diorítica e (quartzo) monzodiorítica, assim como granitóides (Ávila *et al.* 2004), os quais são intrusivos nas rochas dos *greenstone belt* Nazareno, Rio das Mortes e Dores de Campos.

Noce *et al.* (2000) descreve o Cinturão Mineiro como uma faixa marginal à plataforma arqueana que inclui uma extensa área do embasamento Arqueano retrabalhado. Além disso, segundo este mesmo autor, sua estruturação ocorreria em três estágios: 1) margem continental passiva (2,42 Ga); 2) margem convergente do tipo andina (2,2 a 2,1 Ga); 3) colisão continental (2,1 a 2,0 Ga). Tal zona convergente, por fim, sofreu dois grandes retrabalhamentos: um relacionado à própria amalgamação dos terrenos do Cinturão Mineiro (Evento Tranzamazônico) e posteriormente, outro, ao Evento Brasiliano.

A origem dos corpos plutônicos ainda é polêmica. Teixeira & Figueiredo (1991) postulam que a Orogenia Transamazônica seria predominantemente ensiálica, envolvendo o retrabalhamento de material crustal. Já Ávila (2000) sugere que o processo de formação de corpos tonalítico - trondjemíticos envolveria a fusão parcial de material mantélico, representado por uma crosta oceânica paleoproterozóica.

Dentro do contexto evolutivo da borda meridional do Cráton São Francisco, o Cinturão Mineiro é interpretado como formado a partir da aglutinação de diversos arcos magmáticos paleoproterozóicos (Noce *et al.*, 2007; Ávila *et al.*, 2010; Heilbron *et al.*, 2010), que englobam rochas do embasamento Arqueano (parcialmente retrabalhadas no

Paleoproterozóico), bem como corpos plutônicos e subvulcânicos, em geral de natureza cálcio-alcalina, além de intrusões alcalinas e diques maficos.

6.5 - COBERTURAS METASSEMENTARES PALEO - MESO - NEOPROTEROZOÍCAS

Sobre um embasamento com idade superior a 1,8 Ga, na parte sul do Cráton São Francisco, se desenvolveram duas bacias sedimentares intracontinentais mesoproterozóicas (Bacias São João Del Rei e Carandaí) e uma bacia de margem passiva neoproterozóica (Bacia Andrelândia); conforme Ribeiro *et al.* (1995). Eventos tectônicos extensionais foram responsáveis pela inversão e o consequente fechamento das duas bacias mais antigas, enquanto o evento termo-tectônico multi-episódico Brasiliano, além de fechar a bacia mais nova, atingiu em grau variado as sucessões das bacias mais velhas e o próprio embasamento.

Segundo Ribeiro *et al.* (1995), a história deposicional da Bacia São João Del Rei começa com a invasão de um mar plataforma raso sobre o embasamento desnudado e saprolitizado, depois de um longo período de quiescência. O processo transgressivo deu origem a sucessões quartzíticas depositadas em extensas rampas, abrangendo os Ciclos Deposicionais Tiradentes e Lenheiro. Posteriormente, um processo de rifteamento foi responsável pela progradação cada vez mais intensa do sistema fluvial, conduzindo ao posterior fechamento da Bacia São João Del Rei. Após esta etapa, um novo processo distensivo (acompanhado pelo basculamento das antigas sucessões e da intrusão de diques básicos de tendência alcalina) formou uma depressão alongada na direção NE-SW, favorecendo uma nova e rápida invasão marinha. Essa inversão foi acompanhada da parcial redeposição dos detritos produzidos pelos processos de erosão subaérea prévios, formando uma sucessão correspondente ao Ciclo Deposicional Carandaí (pouco deformados e com baixo grau de metamorfismo). Este possui abundância de fácies pelíticas, sugerindo condições climáticas quentes e úmidas, que provocaram a degradação quase total do relevo do embasamento. Além disso, a sedimentação tranqüila e ausência de atividade ígnea associada sugerem que a evolução da Bacia Carandaí aconteceu durante um período de estabilidade tectônica.

Após a litificação das sucessões da Bacia Carandaí, a reativação das falhas, que antes deram origem aos sistemas fluviais do Lenheiro e ao gráben Carandaí provocaram novo soerguimento do embasamento a sul das antigas bacias, gerando a primeira deposição clástica na Bacia Andrelândia. Quanto às idades Ribeiro *et al.* (1995) estimaram os seguintes períodos para a deposição das referidas bacias: Bacia São João del Rei (1,8 a 1,3 Ga); Bacia Carandaí (1,3 a 1,0 Ga); e Bacia Andrelândia (1,0 a 0,6 Ga).

7 - COMENTÁRIOS DOS TRABALHOS PRÉVIOS

Os trabalhos regionais mais importantes que envolvem a área estudada na presente monografia correspondem a Ebert (1957), Noce *et al.* (1987) e Ribeiro *et al.* (2003), enquanto Mello (2003), Bezerra Filho (2006) e Abreu (2007) desenvolveram estudos, respectivamente, a oeste e sul da região estudada.

Ebert (1957) caracteriza a lapa dos sedimentos pouco metamórficos de Carandaí como sendo constituída por gnaisses de elevada cristalinidade e com enorme variedade litológica, não permitindo outra designação do que a de migmatitos. Admite que o protólito deste conjunto corresponderia a um pacote de rochas metassedimentares com alternação rítmica de camadas xistosas e de camadas clásticas, intercaladas com bancos de diabásio na forma de soleiras. Ebert (1957) estende as rochas migmatíticas até a área de estudo, identifica rochas de uma sequência *greenstone belt* e define em mapa forma lenticular e orientação E-W para o gábrico Vitoriano Veloso (Figura 13), inferindo-o como a parte central de maciços metabásíticos maiores, bem como correlacionando-o a Formação Barbacena. Já as rochas graníticas - migmatíticas foram consideradas mais jovens que a Formação Barbacena e teriam sido formadas a partir destas por um processo de migmatitização e granitização.

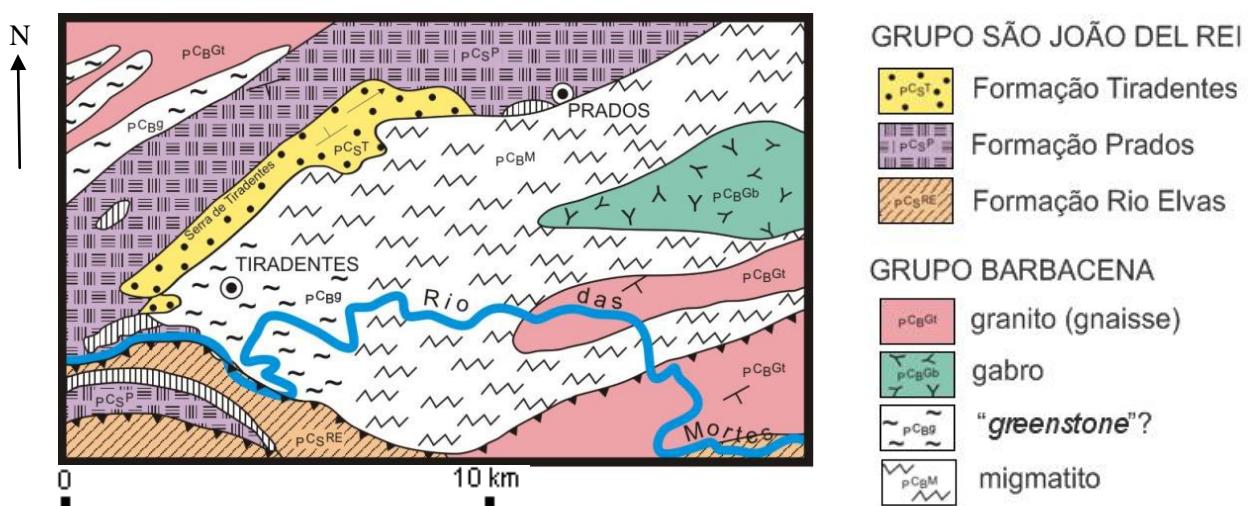


Figura 13 – Mapa geológico de Ebert (1957) editado, focando a área de estudo, referente à região entre as cidades de Tiradentes e Prados.

Na presente monografia foram definidos pontos que seguem em direção conflitante com aqueles propostos por Ebert (1957). Estes correspondem a:

- 1) Parte do que Ebert (1957) designou de unidade migmatítica (aflorando ao norte e a sul do gábrico Vitoriano Veloso) corresponde na realidade a rochas da fácie metabásitica e gabróide do referido gábrico. Neste contexto a área de exposição do gábrico Vitoriano Veloso é muito maior do que aquela proposta por Ebert (1957).

- 2) Parte do que Ebert (1957) designou de unidade migmatítica (aflorando entre a cidade de Tiradentes e a serra de São José) foram mapeadas como uma unidade vulcânica - subvulcânica félscica.
- 3) Grande parte das rochas que Ebert (1957) definiu como *greenstone* correspondem na realidade a uma sequência metassedimentar composta com filitos, filitos grafitosos e diamictitos com fragmentos das rochas vulcânicas – subvulcânicas félscicas. Segundo Ávila *et al.* (2011) esta unidade está relacionada ao desenvolvimento de um arco magmático intra-oceânico na região.

Já Noce *et al.* (1987) publicaram um mapa com ênfase na geologia estrutural das unidades supracrustais do “Grupo” São João del Rei, mas que também abrangeu as rochas do embasamento. O mesmo autor reuniu xistos verdes e o gabro Vitoriano Veloso no Grupo Barbacena (Figura 14), bem como aumentou a área de extensão do referido gabro. Identificou ainda gnaisses bandados e migmatitos ao sul do corpo gabróico.

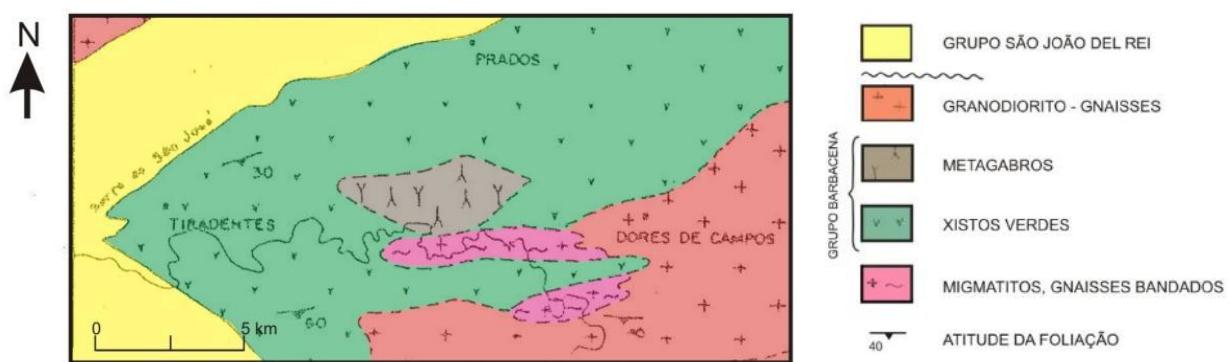


Figura 14 - Mapa geológico de Noce *et al.* (1987) editado, focando a área de estudo, referente a região entre as cidades de Tiradentes, Prados e Dores de Campos.

De forma semelhante, na presente monografia foram definidos pontos que seguem em direção conflitante com aqueles propostos por Noce *et al.* (1987), correspondentes a:

- 1) Noce *et al.* (1987) designaram de xistos verdes as rochas que afloram a norte do gabro Vitoriano Veloso e as correlacionaram com o Grupo Barbacena. Na presente monografia estas foram interpretadas como rochas das fácies metabásitica e gabróide do gabro Vitoriano Veloso.
- 2) Parte do que Noce *et al.* (1987) correlacionaram aos xistos verdes do grupo Barbacena (aflorando entre a cidade de Tiradentes e a serra de São José) foram mapeadas na presente monografia como uma sequência vulcânica - subvulcânica félscica.

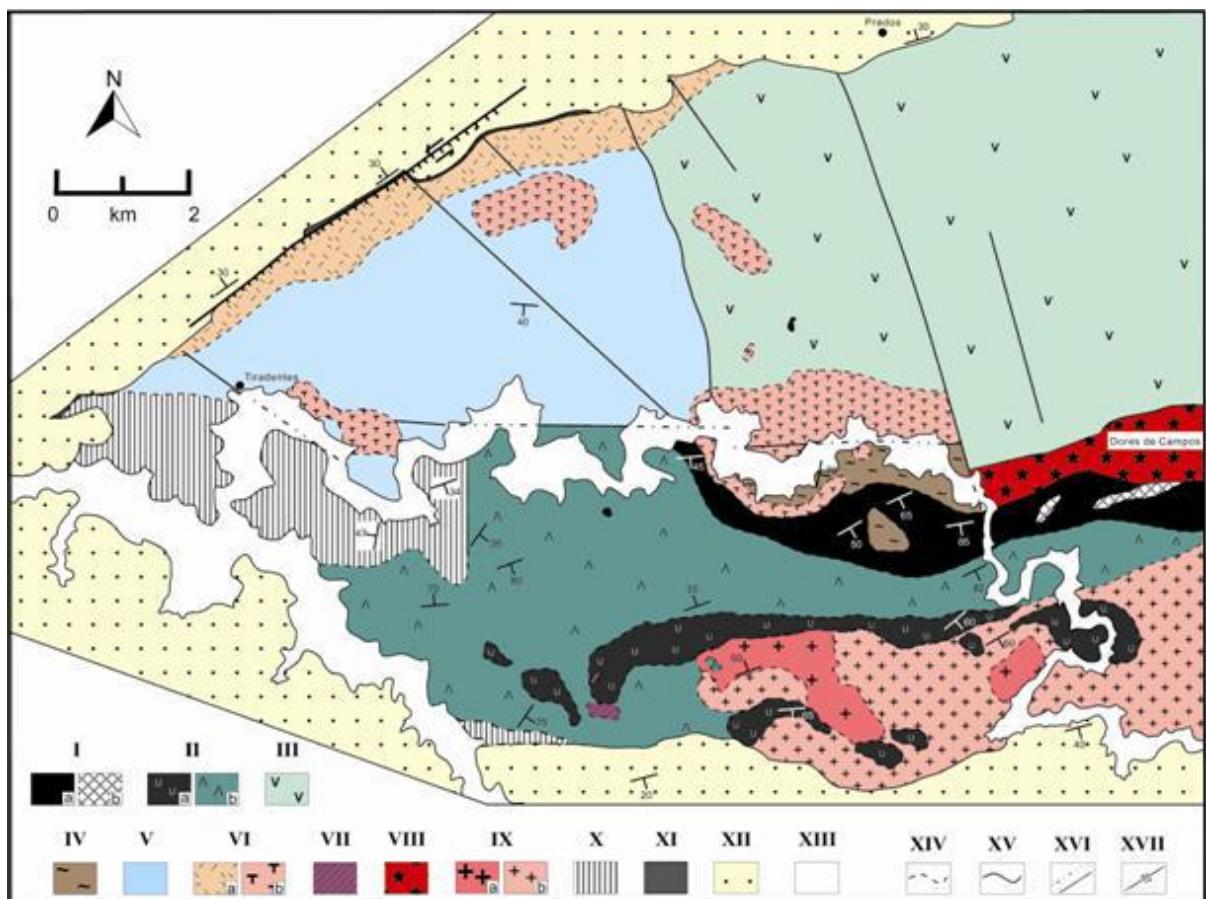
Em relação ao trabalho de Ribeiro *et al.* (2003), as principais contribuições apresentadas na presente monografia correspondem a modificação da forma do gábro Vitoriano Veloso e a subdivisão da unidade designadas por estes de metafelsitos, metabasitos e metassedimentos.

Por fim, a área de mapeamento da presente monografia possui, no seu extremo leste, uma área coincidente (cerca de 8km²) com o mapa geológico de Mello (2003), que reconheceu e descreveu as rochas do gábro Vitoriano Veloso, embora, segundo o autor, estas não ocorrem na sua área de mapeamento. Cabe ressaltar que na presente monografia, as rochas consideradas por ele como metavulcânicas e meta subvulcânicas máficas da faixa *greenstone* (anfibolitos) foram aqui interpretadas como rochas da fácie diabásica e gabróica do gábro Vitoriano Veloso.

8 – GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA

8.1 – INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão descritas as feições gerais das unidades litológicas que ocorrem na área estudada e que compõem o mapa regional (Figura 15).



- 1 - Metaperidotito - metagabro Estação de Prados: corpo cumulático, fanerítico, equigranular, de granulação média a grossa composto por dunitos, piroxenitos, anfibolítitos, metagabros, serpentinitos e tremolita xistos;
- 2 - *Greenstone belt* Dores de Campos: representado por rochas vulcânicas metaultramáficas (serpentinitos, talco xistos, tremolita xistos) e metamáficas (anfibolitos, granada anfibolitos e clorita-actinolita xistos) intercaladas com delgados níveis metassedimentares (filitos, quartzitos e gonditos). As rochas metamáficas e metaultramáficas são faneríticas finas e apresentam marcante foliação metamórfica;
- 3 - Gábro Vitoriano Veloso: representados por rochas básicas, equigranulares, envolvendo fácies distintas (diabásios e gabros) com granulações que variam de fina a grossa, possuem acamadamento primário, orientação de fluxo magmático e autólitos. Constituídos essencialmente por hornblenda, actinolita, provável ferro-actinolita, plagioclásio e quantidades bastante variáveis de minerais opacos. Orto e clinopiroxênio são raros e em geral, encontram-se pseudotransformados para anfibólio.
- 4 - Quartzodiorito Dores de Campos: envolve dioritos, quartzodioritos e tonalitos, faneríticos, inequigranulares médios a grossos, leucocráticos a mesocráticos, constituídos de plagioclásio, hornblenda e quartzo. Apresentam textura “pseudo” ofítica e xenólitos de rochas anfibolíticas e idade de cristalização U/Pb de 2199 ± 7 Ma (Ávila *et al.*, 2006);
- 5 - Andesito máfico Santo Antônio: rochas andesíticas finas a médias, equigranulares, localmente porfiríticas (fenocristais de anfibólio) compostas por anfibólio, plagioclásio, biotita e raro quartzo. Reúne também diques dioríticos de granulação média;
- 6 - Suíte félscica Tiradentes: correspondente a corpos vulcânicos e subvulcânicos félscicos, hololeucocráticos a leucocráticos, constituídos por andesitos, dacitos e tonalitos, com texturas equigranular a porfirítica; granofírica; acamada e fluxo magmático. São intrusivos nos andesitos máficos Santo Antônio, no gábro Vitoriano Veloso e no quartzodiorito Dores de Campos;
- 7 - Tonalitos Padre Gaspar e Brejo Alegre: rochas leucocráticas, faneríticas, equigranulares médias a grossas, foliadas e compostas por quartzo, plagioclásio e biotita. Cortam as rochas anfibolíticas e metaultramáficas do *greenstone belt* Dores de Campos e possuem xenólitos de anfibolitos;
- 8 - Granito Gentio: rochas leucocráticas, faneríticas finas a muito grossas, compostas por plagioclásio, microclina (pertítica), quartzo, biotita e muscovita. Subdividido em fácies equigranular fina a grossa e fácies porfirítica com fenocristais de feldspato de até 11cm. Possui idade de cristalização U/Pb de 2124 ± 73 Ma (Ávila *et al.*, 2007), xenólitos de

rochas anfibolíticas e metaultramáficas finas do *greenstone belt* Dores de Campos, assim como corta o metaperidotito - metagabro Estação de Prados;

9 - Sequência metavulcânica - metassedimentar Estação de Tiradentes: intercalação de filitos, filitos carbonosos, quartzitos ferruginosos e metadiamictitos com vulcânicas maficas (metabasitos) e félsicas.

10 - Clorita magnetita filito: unidade representada por um corpo de distribuição muito restrita (base da Serra de São José) que possui granulação fina e é composto por clorita, quartzo e grãos octaédricos de magnetita.

11 - Megassequências São João Del Rei e Carandaí; contendo quartzitos e metapelitos de ambiente marinho costeiro, contendo estruturas sedimentares que indicam exposição subaérea como gretas de ressecamento.

Neste contexto, as unidades que foram reconhecidas durante o levantamento geológico realizado entre as cidades de Tiradentes, Vitoriano Veloso, Prados e Dores de Campos, compreendem o gábrico Vitoriano Veloso, o andesito mafico Santo Antônio, as rochas da suíte félsica Tiradentes, além de gnaisse bandado e de corpos ultramáficos indiferenciados. Cabe ressaltar que o gnaisse foi observado durante o mapeamento geológico em somente um ponto. Já os corpos ultramáficos são hornblenditos e rochas ricas em tremolita - actinolita, com granulação variada e ocorrem de forma bastante restrita e descontínua, não sendo possível definir a sua posição estratigráfica.

8.2 – GABRO VITORIANO VELOSO

8.2.1 – Aspectos de Campo

O gабro Vitoriano Veloso est谩 localizado na por莽茫o leste do mapa confeccionado na presente monografia ([Anexo I - Mapa geol贸gico](#)) e compreende um conjunto faciol贸gicamente diversificado de rochas m谩ficas (diab谩sio, gабro fino, gабro m茅dio e gабro grosso). Em rela莽茫o 脿 rochas que envolvem o gабro Vitoriano Veloso, podemos dizer que este possui seu limite oeste controlado por uma falha inferida que coloca suas rochas em contato com o andesito m谩fico Santo Antônio, enquanto a norte o contato 茅 com as rochas das Megasequ锚ncias S茫o Jo茫o Del Rei e Caranda铆 a partir da Serra de S茫o Jos茅. A sul seu contato 茅 mais complexo e delimitado por tr猫s diferentes corpos i芒neos plut贸nico (quartzodiorito Dores de Campos, tonalito Brejo Alegre e um tonalito subvulc谩nico faner铆tico da suite f茅lsica Tiradentes), enquanto a leste, a 茆ea do mapeamento desenvolvido n茫o foi suficiente para atingir seus limites ([Anexo I - Mapa geol贸gico](#)).

De uma forma mais geral, as rochas desta unidade, em mapa, tendem a aumentar de granula莽茫o em dire莽茫o ao sul, iniciando pr贸ximo a cidade de Prados com rochas da f谩cie diab谩sio (ocorrem intercaladas com gабros finos), seguida por rochas da f谩cie gабro m茅dio. Essas varia莽茫es podem ser dadas de maneira brusca ([Figura 16](#)) ou gradativa ([Figura 17](#)), o que por vezes dificulta a individualiza莽茫o da f谩cie predominante. Neste contexto, o contato em campo das rochas da f谩cie diab谩sio com as rochas das diferentes f谩cies gabr铆icas foi muito d铆fice de ser estabelecido devido a uma grande variabilidade na espessura das camadas ([Figuras 18 e 19](#)), que s茫o desde centim茅tricas 脿 m茅tricas. Por茅m em termos gerais, este contato foi postulado com base na predominância de cada faciologia no afloramento. Tamb茅m foram observadas duas ocorr锚ncia localizadas de rochas gabr铆oides de granula莽茫o grossa (f谩cie gabr铆ode grossa) na por莽茫o oeste do mapa ([Figura 20](#)).



Figura 16 - Amostra com contato retil铆neo da f谩cie diab谩sio com a f谩cie gабro m茅dio leucocr谩tico. Ponto JU-227A.

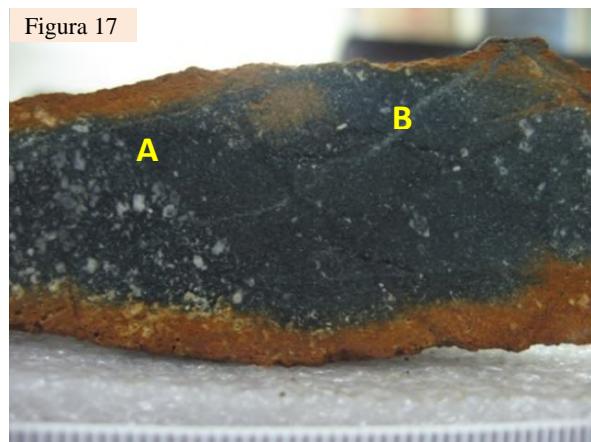


Figura 17 - Amostra com contato entre rochas das f谩cies diab谩sio e gабro fino; 脿 esquerda (A) contato retil铆neo e 脿 direita (B) contato de forma gradativa. Ponto JU-73.



Figura 18 - Variação na granulação das rochas das diferentes fácies do gabbro Vitoriano Veloso. Na esquerda fácie diabásio e na direita fácie gabro grosso.

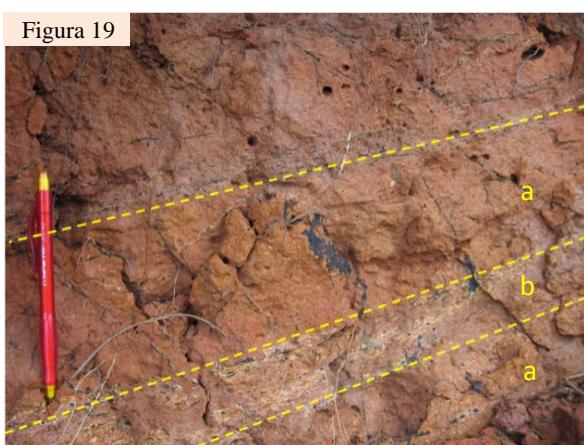


Figura 19 - Saprólito das rochas do gabbro Vitoriano Veloso, mostrando a grande variação da granulação na forma de camadas centimétricas, sendo: **a**) diabásio ou gabro fino e **b**) gabro médio. Ponto JU-84.

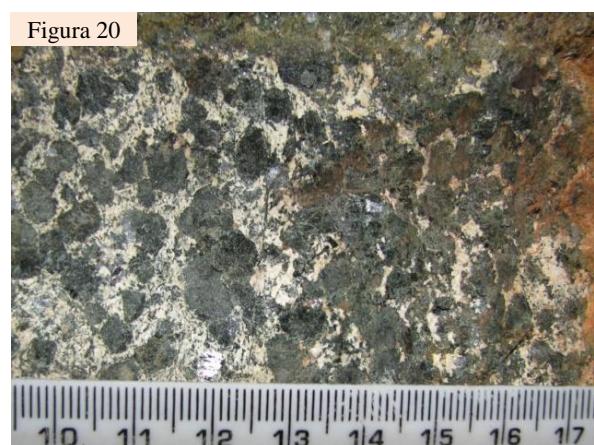


Figura 20 - Amostra da fácie grossa do gabbro Vitoriano Veloso. Ponto BIA-87.

A conjugação do padrão retangular das drenagens (apontando para um forte controle estrutural) conjuntamente com o mapeamento faciológico possibilitou de se estabelecer em mapa o deslocamento por falhas do contato entre as rochas da fácie diabásio e as da fácie gabbro médio do corpo em questão (**Anexo III**). Além disso, caracterizou-se que na parte oeste do complexo as exposições são raras e, em geral presentes como saprólitos, enquanto na porção leste ocorre uma grande predominância de blocos de variados tamanhos com excelente estado de preservação, podendo inclusive formar lajados e paredões.

As rochas das fácies diabásio e das diferentes fácies gabróicas são faneríticas, equigranulares ou inequigranulares unimodais, variam de mesocráticas a melanocráticas (com exceção de uma amostra leucocrática) e sua mineralogia essencial é composta por plagioclásio, hornblenda e minerais opacos, incluindo óxidos (magnéticos ou não) e sulfetos, como pirita e calcopirita. Os saprólitos e os solos de coloração vermelho - amarronzada são típicos das rochas do gabbro Vitoriano Veloso, enquanto o solo das rochas subvulcânicas félasicas tendem a serem rosados a amarronzados. Entretanto, o grande problema é em relação

ao solo do andesito máfico Santo Antônio que também é vermelho-amarronzado e pouco quartzoso.

É importante ressaltar que as rochas do gábrico Vitoriano Veloso apesar de terem sido metamorfizadas, ainda preservam feições ígneas primárias, como a variação na granulação e a orientação dos cristais tabulares de plagioclásio por fluxo magmático (Figura 21). Também foi observada a presença de fases de pegmatitização (Figura 22), geralmente com formas venulares, que ocasionam a formação de uma rocha com a mesma mineralogia do gábrico, entretanto com granulação maior (até 2cm) e contornos desde irregulares até retilíneos em relação a rocha original.



Figura 21

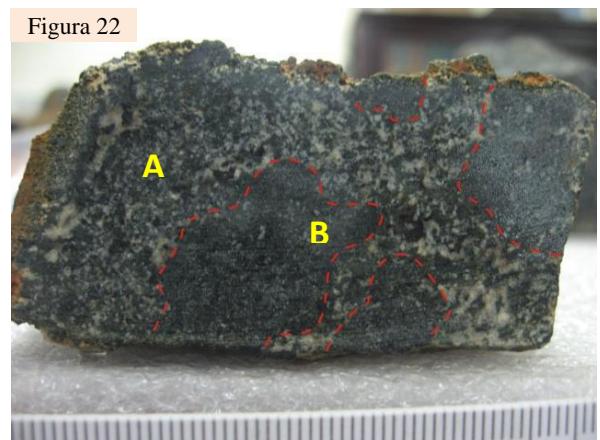


Figura 22

Figura 21 - Amostra de rocha do gábrico Vitoriano Veloso mostrando uma forte foliação ígnea, marcada pela orientação dos cristais de plagioclásio (na direção do lápis). Ponto JU-145.
Figura 22 - Pegmatitização nas rochas do gábrico Vitoriano Veloso mostrando o aumento da granulação (A) devido à passagem de fluidos e preservação de áreas com granulação original da rocha (B), demarcadas por pontilhado vermelho. Ponto JU-73E.

Quanto às feições metamórficas - hidrotermais, foi possível de se caracterizar evidências de um processo de epidotização (Figura 23), assim como a presença de veios de epidoto e veios compostos somente por anfíbolio (Figura 24). Estes cortam as rochas do gábrico Vitoriano Veloso em várias direções.



Figura 23

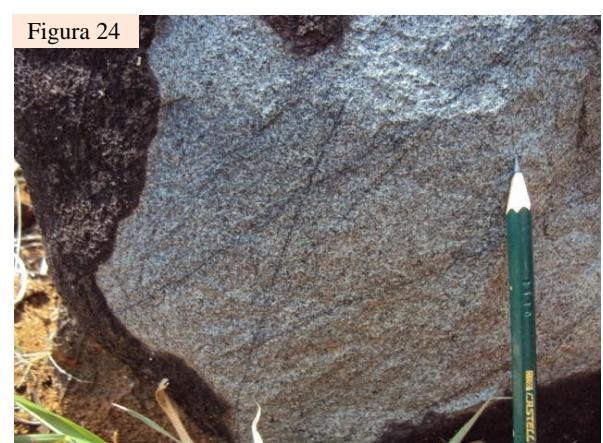


Figura 24

Figura 23 - Afloramento da fácie grossa do gábrico Vitoriano Veloso contendo cristais de epidoto (cor verde limão) associados a uma fase de epidotização. Ponto JU-11.
Figura 24 - Afloramento da fácie média do gábrico Vitoriano Veloso contendo veios retilíneos de anfíbolio com diversas orientações. Ponto JU-191.

Por fim, foram obtidas algumas medidas de foliação que podem ser subdivididas em dois grupos principais: as foliações primárias, que em geral possuem mergulho para N-NE (Figura 25a) e as foliações deformacionais, geralmente com cimento para SW-S-SE (Figura 25b). As medidas nem sempre demonstram confiabilidade devido à dificuldade em definir se as estruturas são ígneas ou metamórficas.

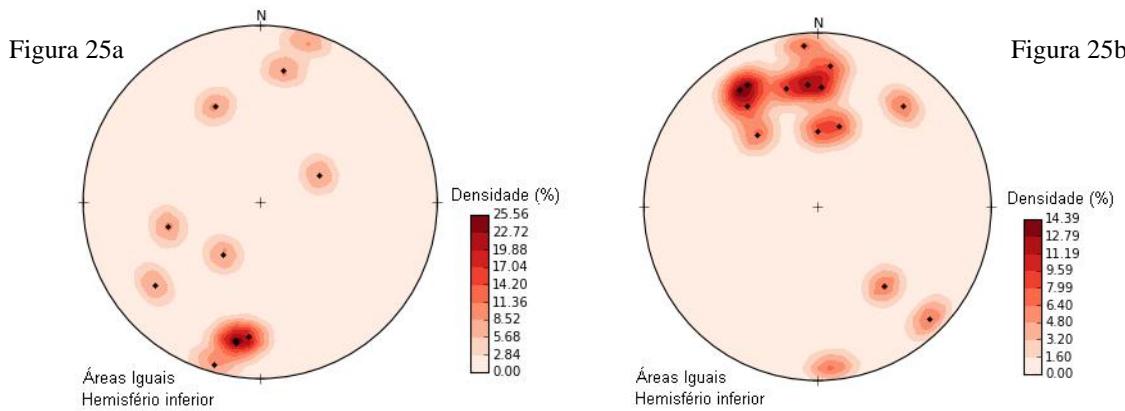


Figura 25a - Estereograma com os pólos dos planos referentes à foliações ígneas medidas em campo. Em geral estas estão mergulhando para SE.

Figura 25b - Estereograma com os pólos dos planos referentes à prováveis foliações metamórficas medidas em campo. Em geral estas estão mergulhando para NW-N-NE.

8.2.2 – Aspectos Petrográficos

8.2.2.1 – Feições Ígneas

As rochas fácies diabásio e das diferentes fácies gabróicas são holocristalinas, faneríticas, predominantemente equigranulares a inequigranulares unimodais, variam de mesocráticas a melanocráticas e sua mineralogia é muito semelhante em todas as fácies, com exceção para a presença de ortopiroxênio em uma amostra da fácies média. Quanto à mineralogia acessória primária foram descritos apatita, titanita e allanita (nem sempre presentes), além de mineral opaco. Já no caso da mineralogia essencial, ocorre plagioclásio e hornblenda, esta última, substituindo de forma pseudomórfica antigos grãos de piroxênio.

Uma das principais feições primárias dessas rochas corresponde à variação na granulação (Figuras 26 e 27), assim como na porcentagem dos minerais maficos e félscicos, (Figura 28). Neste último caso, formam-se níveis maficos, compostos essencialmente por anfibólito e minerais opacos com formas intercumuláticas (Figura 28a), e níveis félscicos, muito ricos em plagioclásio e com pouca hornblenda intercumulática (Figura 28b). Também foram descritas texturas cumuláticas e intercumuláticas, mesmo quando a rocha parece mais homogênea. Cabe ressaltar aqui que embora a mineralogia não esteja diretamente relacionada com a granulação, uma amostra da fácies grossa contém (além dos minerais anteriormente

descritos) quartzo com formas triangulares, preenchendo espaços entre os grãos de anfibólio, típica feição de cristalização tardia (Figura 29).

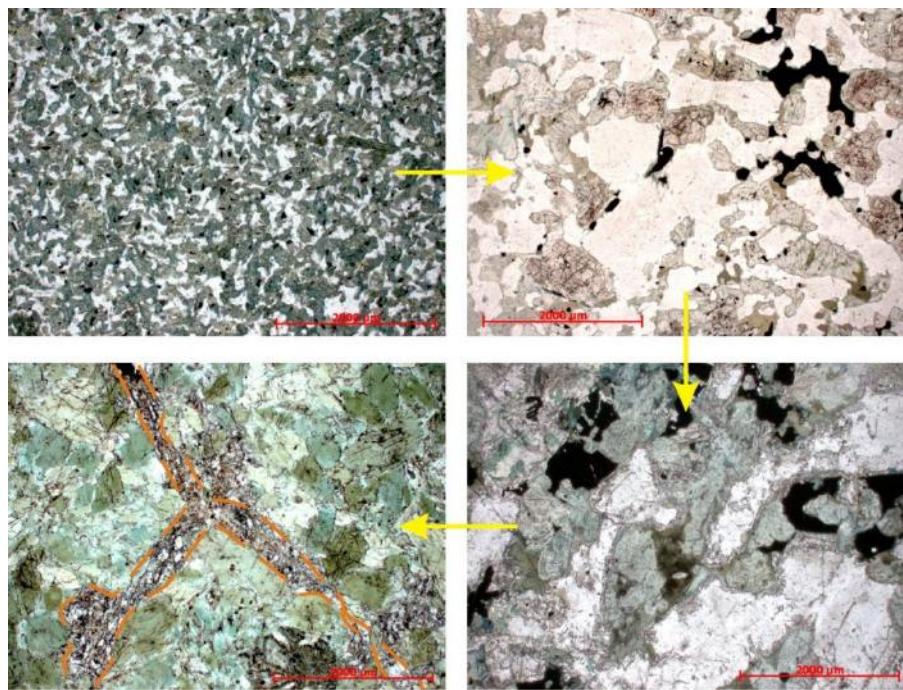


Figura 26 - Variações na granulação do gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Respectivamente, lâminas JU-25A (fácies diabásio), JU-193 (fácies gabbro fino/gabbro médio), JU-28 (fácies gabbro médio) e JU-11E (fácies gabbro grosso).



Figura 27 - Variações na granulação do gabbro Vitoriano Veloso de diabásio a gabbro médio. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-180B.

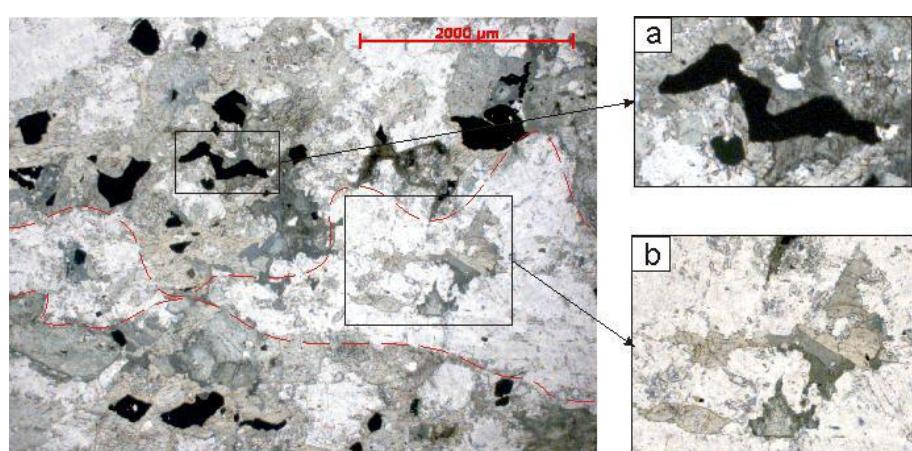


Figura 28 - Variações nas porcentagens dos minerais essenciais em lâmina do gabbro Vitoriano Veloso, formando níveis mais ricos em minerais máficos e em minerais felsicos. **a)** Nos níveis mais máficos, há o predomínio de hornblenda e minerais opacos (com formas intercumuláticas). **b)** Já os níveis mais felsicos são ricos em plagioclásio, contendo hornblenda intercumulática. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-001.



Figura 29 - Microfotografia de gabro Vitoriano Veloso, fácie grossa, contendo grãos pseudomorfos de piroxênio (pontilhado vermelho) e quartzo (elipse amarela) com formas xenomórficas típicas de cristalização tardia, preenchendo espaços restantes. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-68A.

Além disso, os grãos de plagioclásio são essencialmente andesina, com alguma variação para bytonita e labradorita e ocorrem com formas idiomórficas. Em sua grande maioria estão orientados formando uma textura de fluxo magmático bastante evidente (Figura 30) e muitos também apresentam um forte zonamento oscilatório, feições tipicamente magmáticas.

Foram observados ainda, diversos grãos reliquias de piroxênio, geralmente alterando para anfibólio. Ainda neste contexto, a lâmina JU-196, excepcionalmente registra a presença de orto e clinopiroxênio. O ortopiroxênio é do tipo hiperstênio e possui pleocroísmo fraco, assim como típica coloração rósea e inclusões de minerais opacos castanhos orientados (Figura 31), caracterizando, segundo Colony (1935), a microtextura do tipo “*inclusion structures*”, formadas a partir de exsolução.

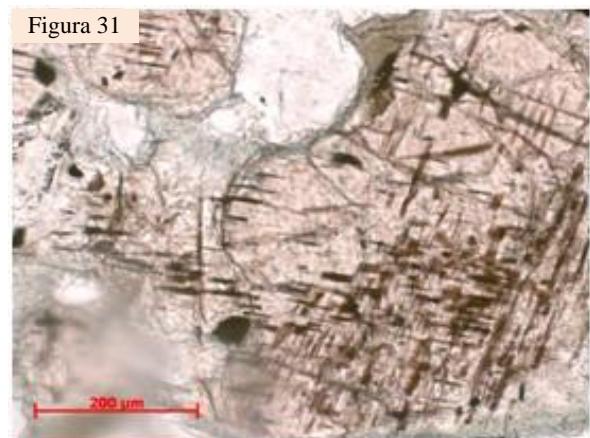
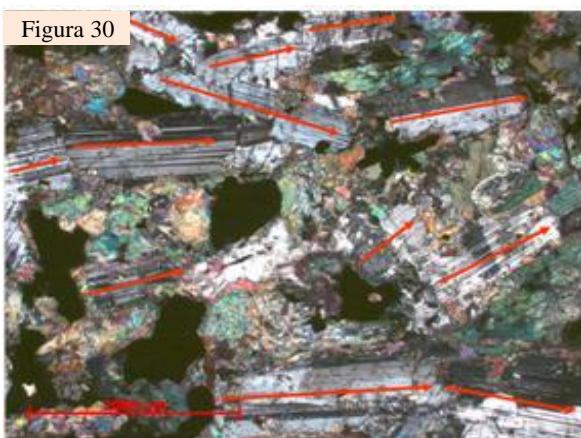


Figura 30 - Grãos de plagioclásio, hipidiomórficos, orientados segundo a seta vermelha, formando uma textura de fluxo magmático do gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-37A.

Figura 31 - Ortopiroxênio (com coloração rosada), com textura denominada “*inclusion structures*”, formada pela cristalização de um mineral magmático e posterior separação de fases. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-196.

Já o clinopiroxênio possui pleocroísmo de tons esverdeados e em geral, aparece nas bordas do hiperstênio indicando desestabilização deste (Figura 32) ou ainda em grãos com

formas granulares. Por fim, cristaliza-se hornblenda com pleocroísmo variando de verde claro a verde-musgo, contendo em geral, aspecto sujo (Figura 33) devido a uma grande quantidade de inclusões de diminutos minerais castanhos e opacos nas clivagens e fraturas (Figura 34), quantitativamente variáveis. A hornblenda ocorre na borda de ambos os tipos de piroxênio, possui formato irregular e muitas vezes, mesmo quando localizada em bordas opostas do mesmo cristal, sua geminação parece contínua (Figura 35). Resta ainda alguma dúvida quanto à procedência desta hornblenda: se ela está associada ao final da cristalização, ou se a mesma é tardia magmática ou ainda, metamórfica.

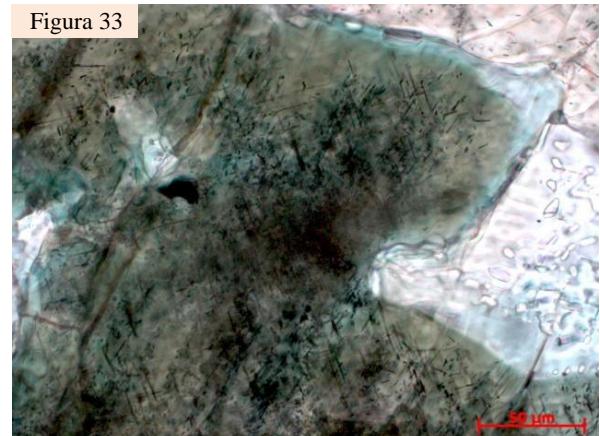
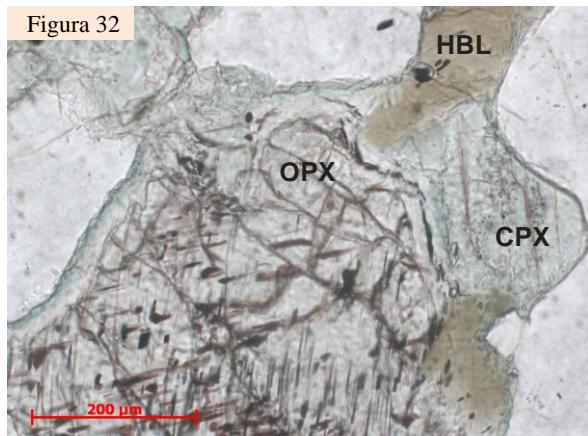


Figura 32 - Ortopiroxênio (hiperstênio - OPX) envolvido por clinopiroxênio (CPX). Destaca-se que a hornblenda (HBL) cresce na borda dos grãos dos dois tipos de piroxênio. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-196.

Figura 33 - Hornblenda com coloração marrom escura, contendo diversas inclusões em suas clivagens e fraturas de minerais aciculares castanhos e opacos. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-37A.

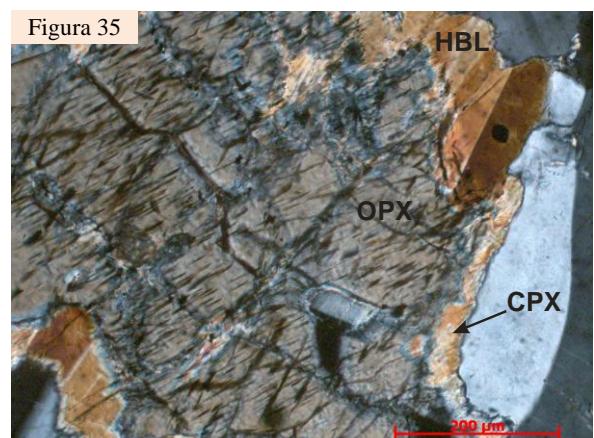
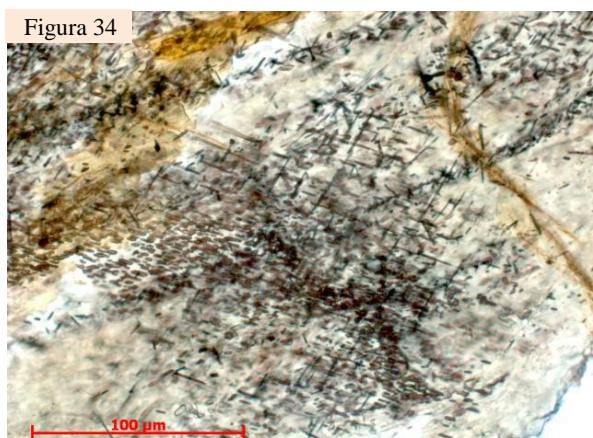


Figura 34 - Hornblenda contendo diversas inclusões em suas clivagens (tipicamente com ângulos 60°-120°) de minerais aciculares castanhos e opacos. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-193.

Figura 35 - Hornblenda (HBL) crescendo na borda de hiperstênio (OPX) de forma descontínua, mas com geminação contínua. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-196.

Além disso, as fases de pegmatitização (Figura 36) observadas em campo ficam bastante perceptíveis através da petrografia e, claramente, esta fase reflete a composição

original da rocha de forma bastante aumentada, chegando a formar cristais com até 4mm. Ressalta-se ainda que a presença de enclaves autolíticos foi definida a partir da observação da lâmina a olho nú (Figura 37) e a partir do estudo petrográfico da lâmina (Figura 38). Estes enclaves foram principalmente observados na parte leste do gabbro Vitoriano Veloso (coincidente com a preservação mais efetiva das feições ígneas das rochas).



Figura 36 - Diabásio (Db) contendo áreas pegmatitizadas (AP) na forma de veios, onde nota-se o crescimento dos grãos de plagioclásio (branco) e hornblenda (marrom) para aproximadamente 3mm. Polarizadores paralelos. Lâmina 73E.

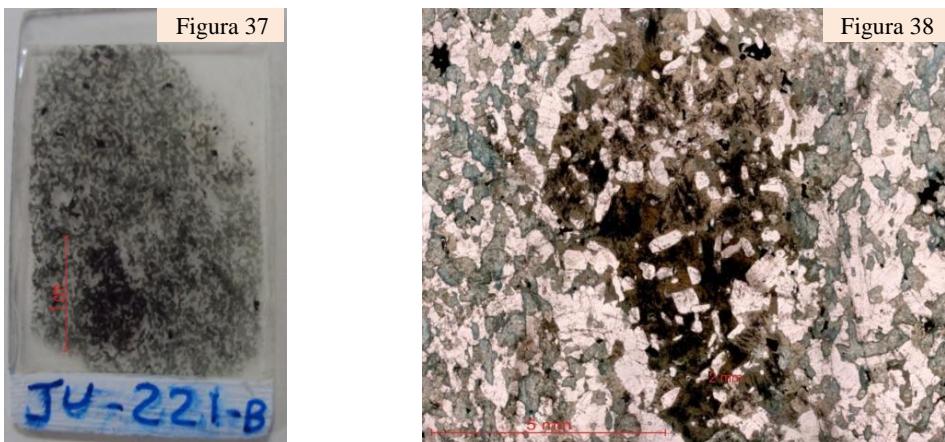


Figura 37 - Fotografia de lâmina delgada com enclave autolítico de aproximadamente 1cm, facilmente perceptível pela sua cor marrom escura. Lâmina JU-221B.

Figura 38 - Enclave autolítico de aproximadamente 1 cm, facilmente perceptível pela sua cor marrom escura e textura distinta do resto da rocha. As observações apontam que a rocha gabróica foi mais intensamente afetada pelos processos metamórficos posteriores que os enclaves autolíticos. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-221B.

Estes enclaves possuem bordas bem definidas em relação à rocha encaixante e em geral estes estão mais preservados da deformação e metamorfismo, refletindo uma textura completamente distinta. Nestes, ocorre ainda, a formação de grandes placas de hornblenda com forte pleocroísmo, variando de verde a marrom escuro, com continuidade óptica (geralmente geminada), com grande número de diminutas inclusões de minerais castanhos e opacos, assim como inclusões de grãos de plagioclásio e piroxênio com formas levemente arredondadas, formando uma textura muito semelhante à poiquilitica (Figuras 39a e 39b).

Neste caso, considerando esta hornblenda como ígnea, pode-se dizer que o enclave autólito possui uma textura heteroadcumulática, que indicaria hidratação do magma por fluidos resultantes do próprio magma ou ainda externos (tardi-magmáticos).

Por fim, é importante ressaltar ainda, que as grandes diferenças nas porcentagens mineralógicas de titanita e allanita (algumas vezes estes minerais estão até ausentes), assim como biotita (embora seja um mineral metamórfico), podem refletir mudanças compostionais no protólito, indicando heterogeneidade composicional primária.

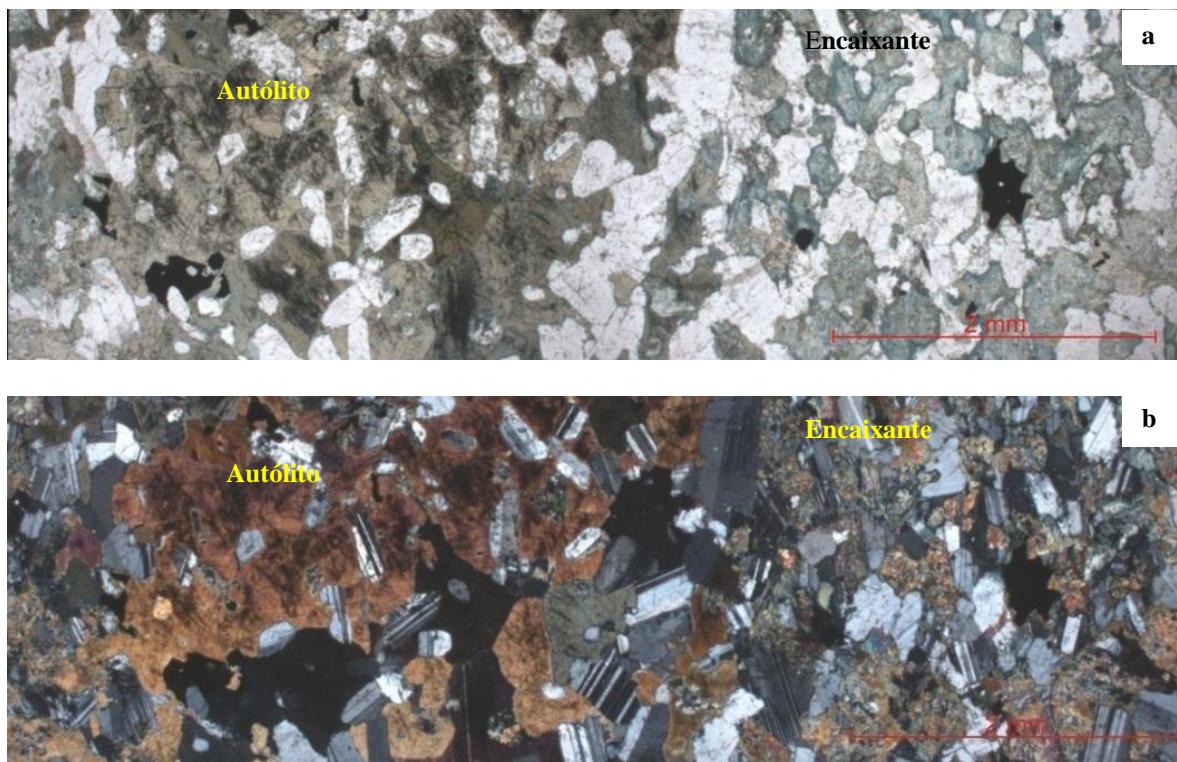


Figura 39 - Enclave autólítico facilmente perceptível pela sua cor marrom escura (devido a presença de placas de hornblenda) e a presença da textura poiquilítica (com inclusões de plagioclásio com bordas arredondadas) em contraste com o plagioclásio hipidiomórfico do gabbro encaixante. Lâmina JU-221B, onde **a**) polarizadores paralelos; **b**) polarizadores cruzados.

8.2.2.2 - Feições Metamórficas

A mineralogia metamórfica destas rochas compreende actinolita, ferro-actinolita, assim como titanita, rutilo e quartzo em pequenas quantidades (até 2%, mas nem sempre presentes), onde os dois últimos muitas vezes ocorrem ao redor de minerais opacos.

A principal feição metamórfica observada nas rochas deste corpo corresponde ao sucessivo crescimento de diferentes tipos de anfibólios, representados pela actinolita e ferro-actinolita. A actinolita possui pleocroísmo variando em tons de verde claro, possui *blebs* de quartzo (Figura 40), típica feição de transformação mineral em que há sobra de sílica, ou ainda aparece com textura fibrosa. A actinolita ocorre, em geral, no centro dos cristais de hornblenda (Figura 41), esta última considerada como tardí-magmática, assim como substituindo o orto e o clinopiroxênio. Já a ferro-actinolita é reconhecida pela sua coloração verde azulada, normalmente ocorre na borda dos dois outros anfibólios (Figura 41), é livre dos *blebs* de quartzo, bem como das inclusões de minerais castanhos e opacos aciculares (Figuras 42 e 43), característicos da hornblenda. Neste contexto caracterizou-se que muitas vezes a geminação da hornblenda encontra-se obliterada pelo sobrecrestamento da actinolita (Figura 44), indicando, então, que esta última teria se formado posteriormente à hornblenda. Além disso, a ferro-actinolita, por se desenvolver nas bordas tanto da hornblenda, quanto da actinolita e é neste caso, considerada como o anfibólio mais tardio.

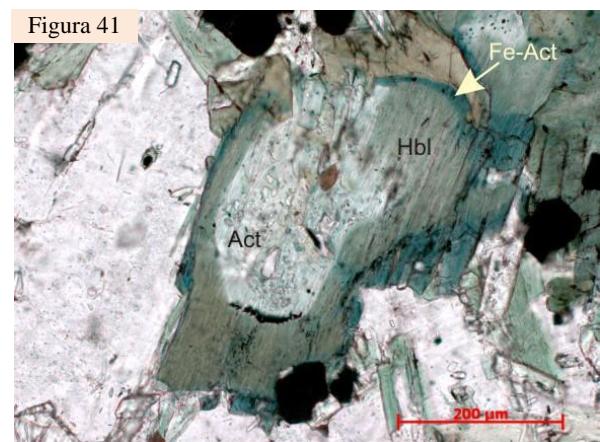
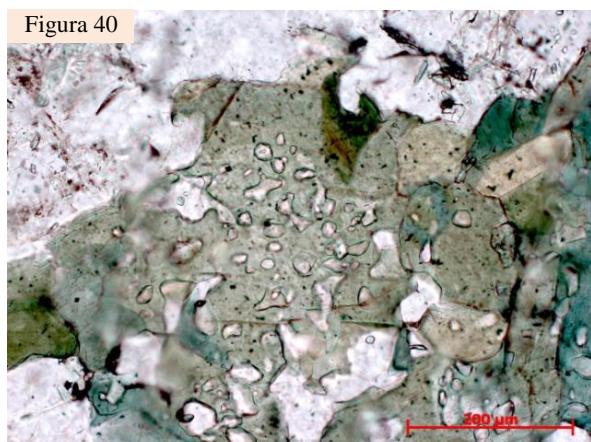


Figura 40 - Actinolita com cor verde clara, contendo *blebs* de quartzo típica da textura de transformação mineral em que há sobra de sílica. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-25B.

Figura 41 - Actinolita (Act) verde clara no centro de grão de hornblenda (Hbl) verde escura, que é sobrecrestada por ferro actinolita (Fe-Act) com cor verde azulada. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-25B.

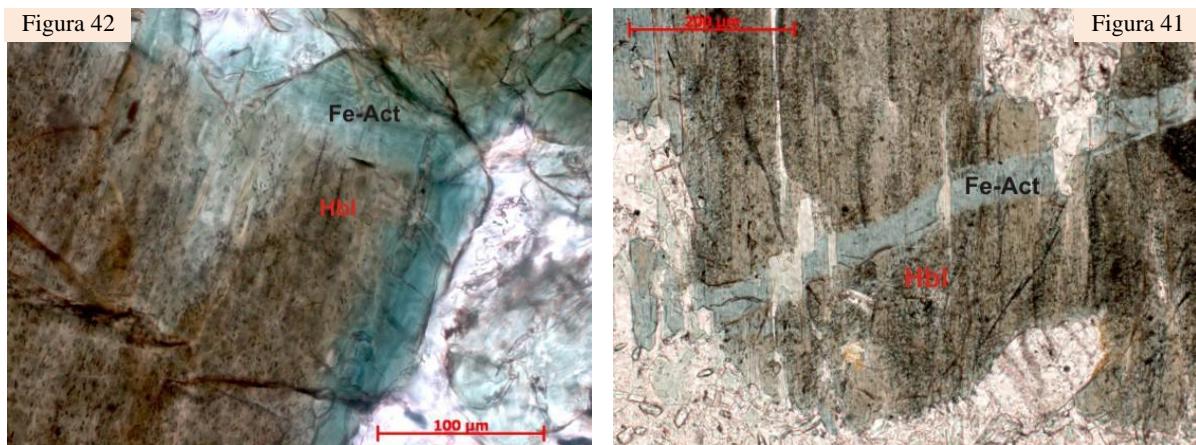


Figura 42 - Hornblenda (Hbl) marrom, contendo diminutas inclusões de minerais castanhos e opacos aciculares, conferindo um aspecto manchado à mesma. Presença de ferro-actinolita (Fe-Act) de coloração verde azulada na borda da hornblenda e livre das inclusões. Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-73E.

Figura 43 - Hornblenda (Hbl) marrom, contendo diminutas inclusões de minerais castanhos e opacos aciculares, conferindo um aspecto manchado à mesma. Presença de ferro-actinolita (Fe-Act) de coloração verde azulada e livre de inclusões, ocorrendo na forma de veio resultante da percolação de fluidos. Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-174D.

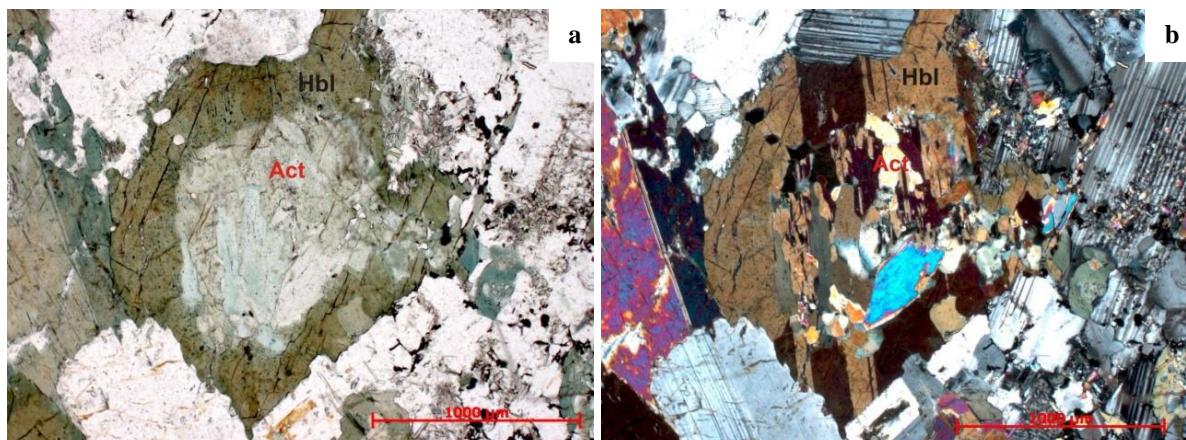


Figura 44 - **a**) Actinolita (Act) verde clara sobrecrecida no centro de hornblenda (Hbl). **b**) Actinolita (Act) obliterando a geminação contínua da hornblenda (Hbl) apontando que a mesma seria tardia. Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-25B.

Cabe ainda ressaltar que nas rochas com maior grau de recristalização metamórfica, a ferro-actinolita é o anfibólio predominante, ocorrendo na forma de cristais orientados, desenvolvendo uma textura nematoblástica (Figura 45). Além disso, neste caso há a formação de biotita, assim como titanita ao redor dos minerais opacos, ambos estirados segundo a foliação metamórfica (Figura 46). Foram ainda observadas amostras que podem ser consideradas como a transição de gabbro para anfibolito. Em geral, estas preservam alguns cristais maiores de plagioclásio, com bordas irregulares (Figura 47) e coloração mais escura devido aos processos de sericitização e epidotização. O plagioclásio é envolto por aglomerados de cristais de ferro-actinolita com a granulação reduzida, lembrando uma feição

ocellar. Em algumas partes das mesmas lâminas é possível observar que o processo de transformação mineral é mais intenso, pois recristaliza inclusive os grãos de plagioclásio (Figura 48).

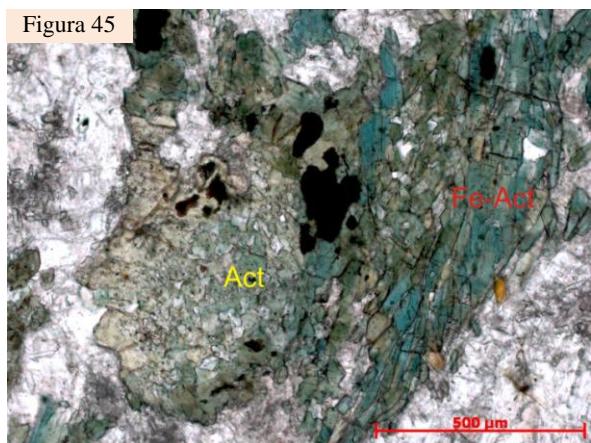


Figura 45 - Grãos de ferro-actinolita orientados, formando textura nematoblástica. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-64A.

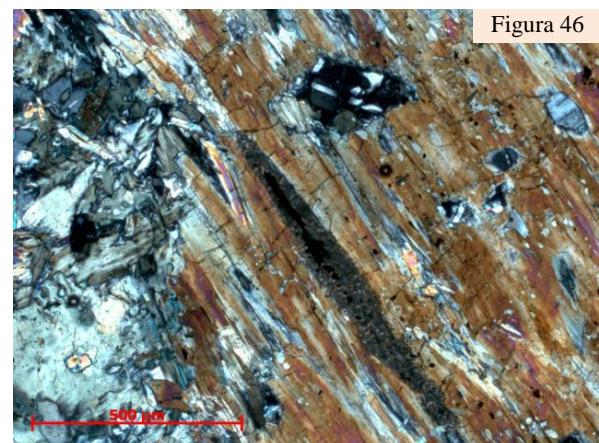


Figura 46 - Grão de titanita ao redor de minerais opacos (ambos estirados segundo a foliação) orientados paralelamente aos cristais de ferro-actinolita. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-174D.



Figura 47 - Lâmina mostrando a transição de gabro para anfibolito. Gabro Vitoriano Veloso. Lâmina MA-51A.

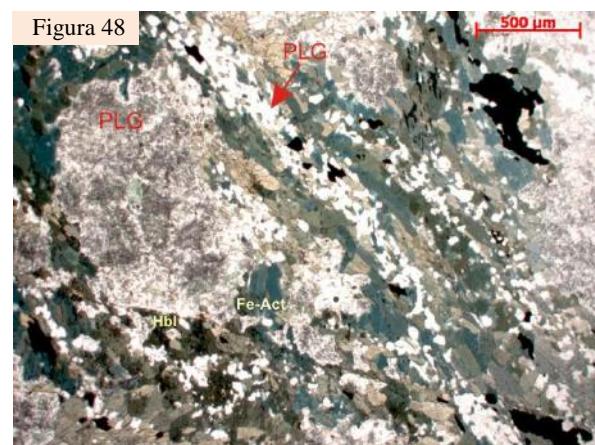


Figura 48 - Rocha na transição de gabro para anfibolito, contendo grão maior de plagioclásio (PLG). Seguindo para nordeste da imagem, pode-se perceber uma textura nematoblástica (típica de rochas anfibolíticas), pois tanto o anfibólito como o plagioclásio (na seta) estão recristalizados e orientados. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina MA-51A.

O processo de substituição dos grãos de piroxênio é denominado uralitização e segundo Mongoltip *et al.* (1986) só é possível pelo influxo de água das rochas adjacentes. Caso contrário, a rocha permanece com a trama original. Neste contexto, observou-se que as rochas em questão possuem diversas feições de percolações de fluidos de forma heterogênea,

ora transformando o piroxênio e a hornblenda em actinolita fibrosa somente no lugar da passagem do fluido (Figura 49a e 49b), ora com abertura de fraturas preenchidas por ferro-actinolita que cortam a rocha toda (Figura 50).

Por fim, cabe ressaltar que foram descritas texturas coronárias simplectíticas (Figura 51), que retratam a reação incompleta entre dois minerais. Essa transformação utiliza essencialmente o cálcio e ferro dos grãos de anfibólito e o alumínio e silício dos grãos de plagioclásio, formando epidoto e por vezes zoisita - clinozoisita no contato entre os dois minerais reagentes.

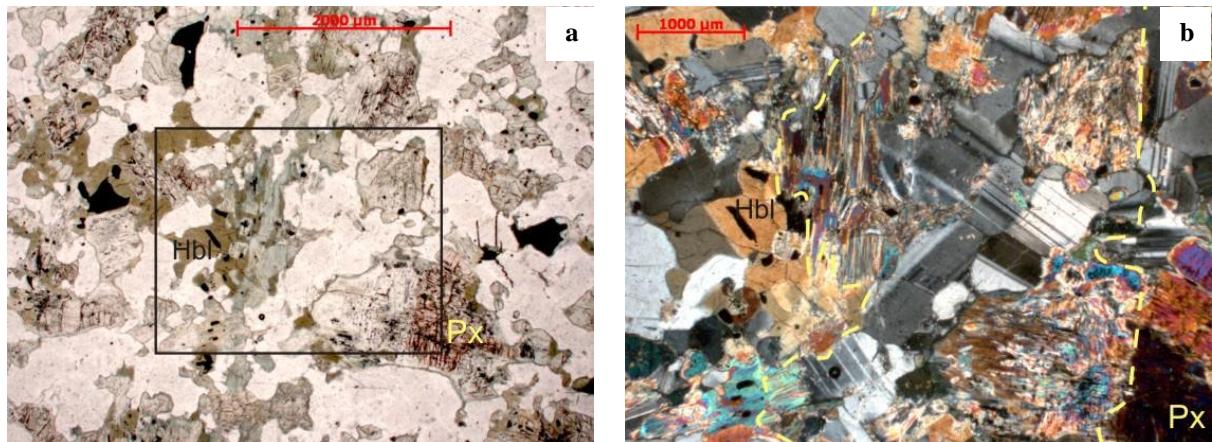


Figura 49 - a) Formação de actinolita de cor verde clara somente onde houve a passagem de fluidos, substituindo tanto o piroxênio, quanto a hornblenda. Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-196. b) Detalhe da figura 49a. Formação de actinolita fibrosa somente onde houve a passagem de fluidos (com limites aproximados demarcados pelo tracejado amarelo), transformando o piroxênio e a hornblenda. Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-196.

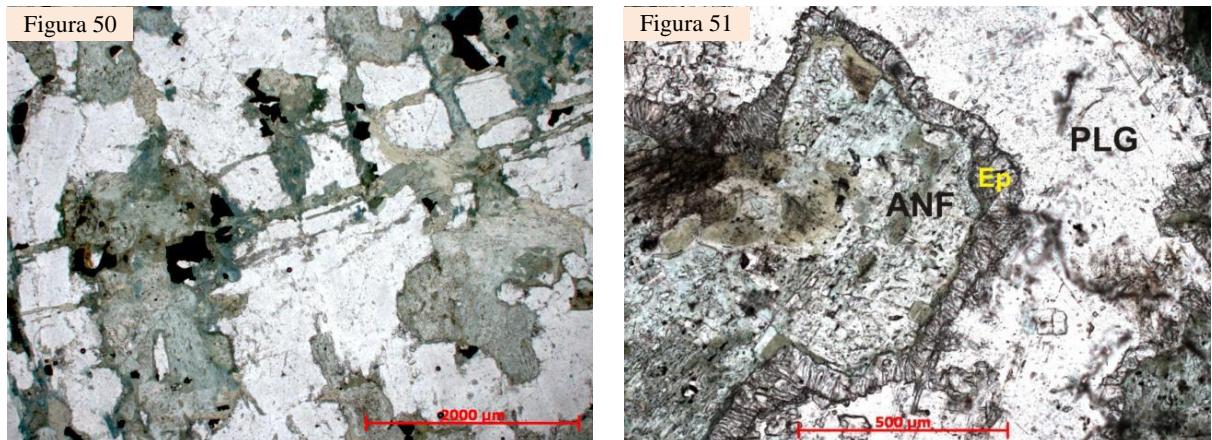


Figura 50 – Veios ricos em ferro-actinolita, que ocasiona a geração de veios que cortam a rocha intensamente. Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-144B.

Figura 51 - Textura coronária simplectítica formando epidoto (Ep) no contato do anfibólito (Anf) com os grãos de plagioclásio (Plg). Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-28.

8.2.2.3 - Feições Metamórficas - Hidrotermais

Sobrepondo as fases de crescimento metamórfico descritas anteriormente, ocorre uma paragênese metamórfica - hidrotermal bastante característica, contendo essencialmente

clorita, biotita, epidoto, zoisita e clinozoisita; podendo ou não obliterar quase que totalmente as texturas pretéritas. Neste contexto, é importante destacar o ponto JU-174, no qual foram recolhidas 5 amostras devido ao seu caráter extremamente diversificado, com partes mais ou menos deformadas. Este ponto foi particularmente importante, pois retrata a evolução da deformação e da transformação mineralógica relacionada a esta fase mais nova de crescimento mineral. Primeiramente pode-se notar que as partes mais preservadas das lâminas são as que contêm os enclaves autolíticos. Nestas lâminas ocorrem grãos de plagioclásio inclusos na hornblenda (Figura 52), que com a continuidade do processo tendem a formar grãos cada vez menores e mais alterados, gerando um aglomerado de diminutos minerais, contendo plagioclásio, epidoto, zoisita e clinozoisita (Figura 53). Também foram observadas inclusões de piroxênio que aparecem com textura fibrosa (Figura 54) e tendem a ser completamente transformados em clorita. Em geral, restam alguns cristais xenomórficos de hornblenda e de actinolita, porém predominando a ferro-actinolita. É importante ressaltar ainda, que foram descritas duas fases distintas de formação de epidoto, onde texturalmente, o epidoto mais tardio cresce na borda do primeiro (Figura 55). Com isso, deduz-se que em uma das fases de crescimento metamórfico precoce transcorreu o processo de epidotização. Segundo Oliver (1949), durante o processo de uralitização, a expulsão do cálcio do clinopiroxênio pode gerar a formação de epidoto ou zoisita.

Ocorrem ainda veios monominerálicos de epidoto e veios contendo quartzo, opacos e clorita, ambos tardios.

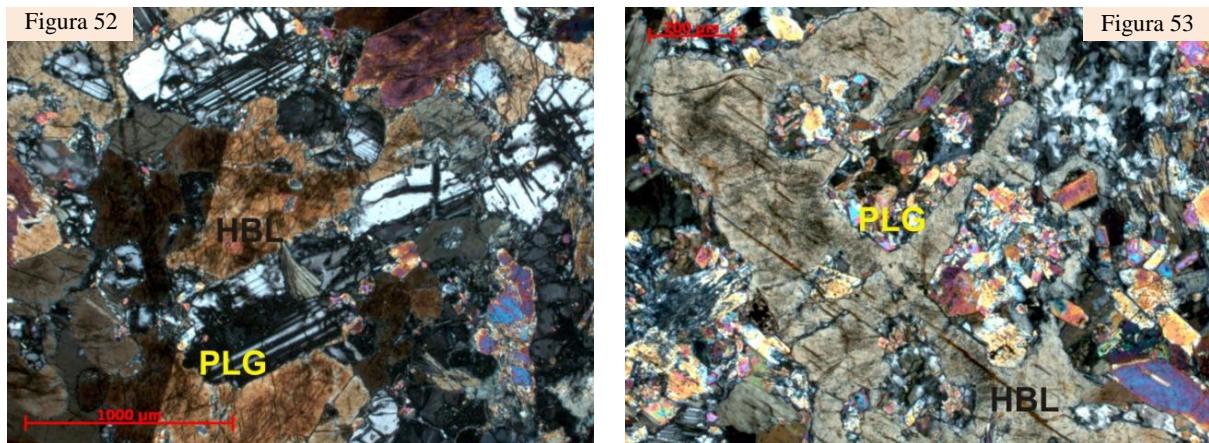


Figura 52 - Autólito com textura poiquilitica com inclusões de grãos de plagioclásio (PLG) em grandes placas de hornblenda (HBL). Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-174D.

Figura 53 - Autólito com textura poiquilitica, mantendo a forma de grãos de plagioclásio (PLG), muito alterados e formando um aglomerado de diminutos minerais, contendo plagioclásio, epidoto, zoisita e clinozoisita. Gabro Vitoriano Veloso. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-174A2.

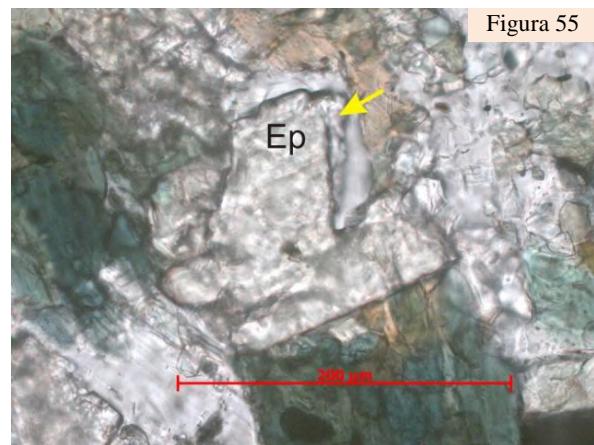
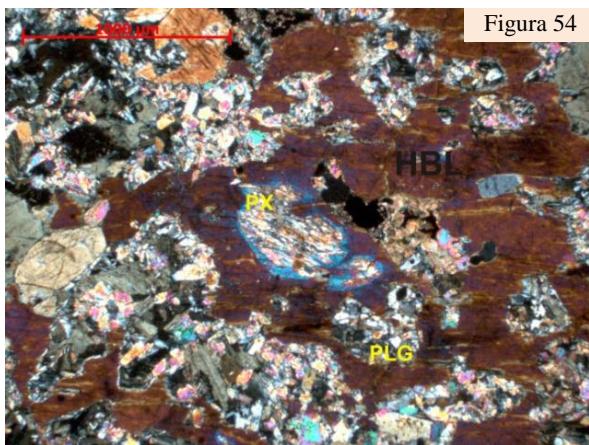


Figura 54 - Autólito com textura poiquilítica, com inclusões de piroxênio (PX) com textura fibrosa e de grãos de plagioclásio (PLG) muito alterados. Os pseudomorfos de plagioclásio são representados por um aglomerado contendo plagioclásio, epidoto, zoisita e clinozoisita. Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-174A2.

Figura 55 - Grão de epidoto (Ep) envolto por uma nova geração de epidoto (na seta amarela). Gabbro Vitoriano Veloso. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-64A.

8.2.3 - Análise dos minerais opacos, estudos por MEV-EDS e DRX

Através da análise de minerais opacos por luz refletida, foi possível caracterizar a presença de seis fases minerais distintas: mineral cinza que não pôde ser classificado (Figura 56), magnetita, pirita, calcopirita, covelita, calcocita e bornita. Neste sentido, a maioria das lâminas analisadas contém somente o mineral cinza que não pôde ser classificado e magnetita, indicando que tal diferença pode refletir variações composticionais dos protólitos.

Os dois minerais cinza descritos são facilmente distinguidos entre si, uma vez que um é anisotrópico, possui textura lisa e marcas de polimento; e o outro, é levemente anisotrópico e possui textura rugosa. Este último foi caracterizado como magnetita e ocorre em geral na borda do primeiro (Figura 56), assim como na borda de grãos de pirita (Figura 57).

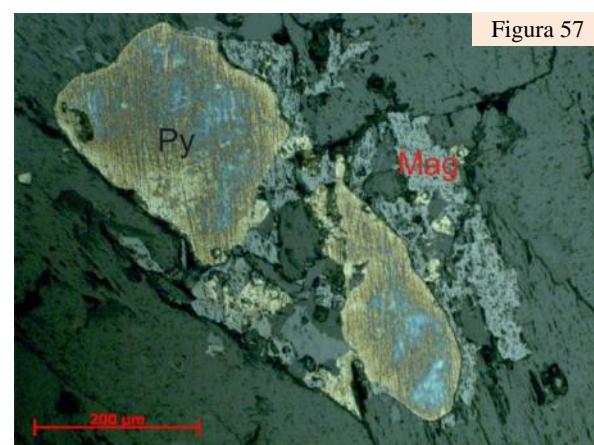
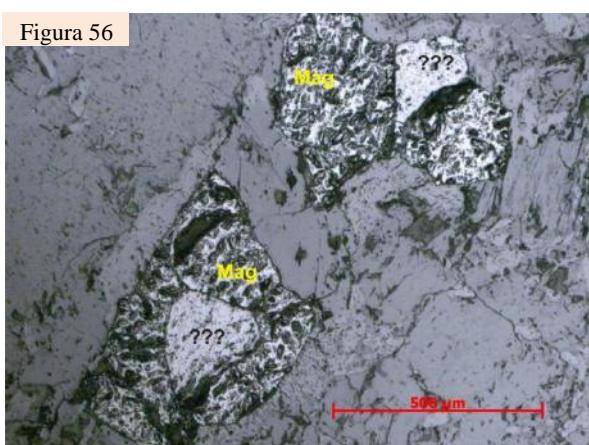


Figura 56 - Mineral cinza de textura lisa envolto por magnetita (Mag). Luz refletida, polarizadores paralelos. Ponto JU-0001Pa.

Figura 57 - Pirita (Py) sendo envolvida por magnetita (Mag) xenomórfica. Luz refletida, polarizadores paralelos. Ponto JU-0001Pa.

A pirita geralmente é idiomórfica e em geral ocorre na borda do mineral cinza não classificado (Figura 58), indicando que ambos seriam de origem primária. Outra feição bastante notável é a presença de calcopirita transformada parcialmente (Figura 59) ou integralmente (Figura 60) para covelita, calcocita e bornita. A calcopirita é, em geral, xenomórfica e ocorre na borda da pirita (Figura 61).

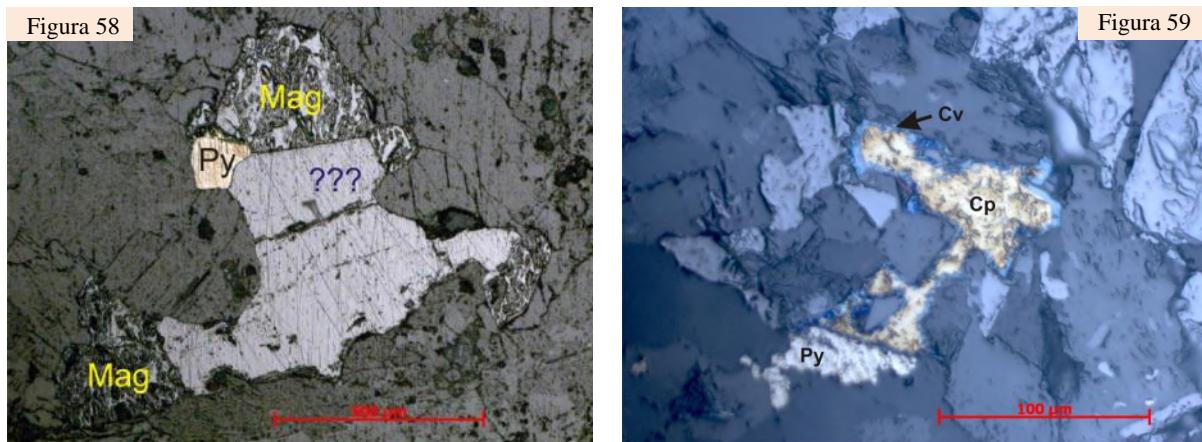


Figura 58 - Mineral cinza de textura lisa com pirita hipidiomórfica (Py) em sua borda, ambos em contato com magnetita (Mag). Luz refletida, polarizadores paralelos. Ponto JU-37A.

Figura 59 - Calcopirita (Cp) xenomórfica associada a pirita (Py) e contendo borda de alteração para covelita (Cv). Luz refletida, polarizadores paralelos. Ponto JU-0001Pa.



Figura 60 - Pirita (Py) hipidiomórfica contendo covelita em sua borda (pseudomorfo de calcopirita). Ambas associadas a mineral cinza com textura rugosa. Luz refletida, polarizadores paralelos. Ponto JU-0001Pb.

Figura 61 - Magnetita (Mag) associada a pirita hipidiomórfica (Py) e por sua vez, esta, com calcopirita em suas bordas. Luz refletida, polarizadores paralelos. Ponto JU-0001Pa.

Foi realizado, ainda, estudo por MEV-EDS na lâmina polida JU-000Pb. Neste contexto, dez grãos de plagioclásio foram analisados microquimicamente (Figura 62) e as proporções dos seus elementos foram plotadas no diagrama Ab-Or-An, onde o mesmo foi classificado como labradorita (Figura 63). Alguns destes cristais possuem diminutas inclusões de greenockita (Figura 64). Segundo Mogessie *et al.* (2009), a greenockita é um raro sulfeto

de cádmio (CdS), predominantemente formada a partir do intemperismo da esfalerita. Entretanto, esta ocorre também como mineral primário em vários ambientes geológicos, incluindo: regiões com mineralizações de óxido de zinco metamorfisadas; em granitos; pegmatitos; fumarolas; ambientes de ouro orogênico; depósitos de jazidas hidrotermais; e em rochas sedimentares com mineralização de Pb-Zn. Nestes ambientes, a greenockita está sempre associada à esfalerita ou calcopirita. Entretanto, geralmente este mineral aparece na literatura associado a zonas hidrotermais e epitermais, relacionadas à mineralizações de Pb-Zn-Ag (Patterson, 1995), Au-Ag-Te (Tombros *et al.*, 2005), Cu-Bi-Pb-Ag e polimetálicas (Penalva *et al.*, 2008).

Embora o MEV-EDS não seja indicado para minerais hidratados, foi possível de se identificar dois tipos de anfibólio: um contendo inclusões aciculares de titanita; e outro sem nenhuma inclusão (Figura 65). Também foram identificados grãos de calcopirita, por vezes associados à magnetita (Figura 66) e a covelita e calcocita (Figuras 66 e 67).

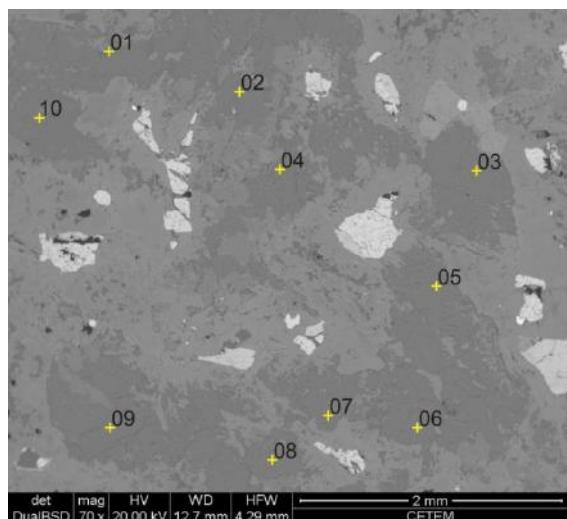


Figura 62 – Grãos de plagioclásio analisados por MEV-EDS, onde a cruz amarela indica os locais das análises. Gábrico Vitoriano Veloso. Imagem de MEV. Lâmina JU-000Pb.

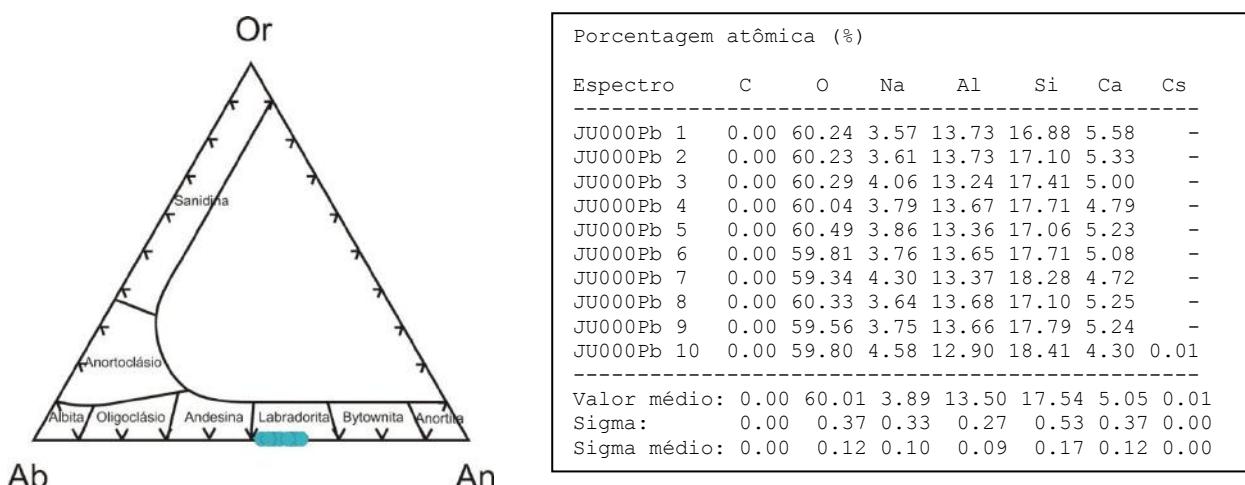


Figura 63 - Diagrama Ab-An-Or de classificação de feldspatos do gábrico Vitoriano Veloso (lâmina JU-000Pb), realizado através da composição química obtida por MEV-EDS.

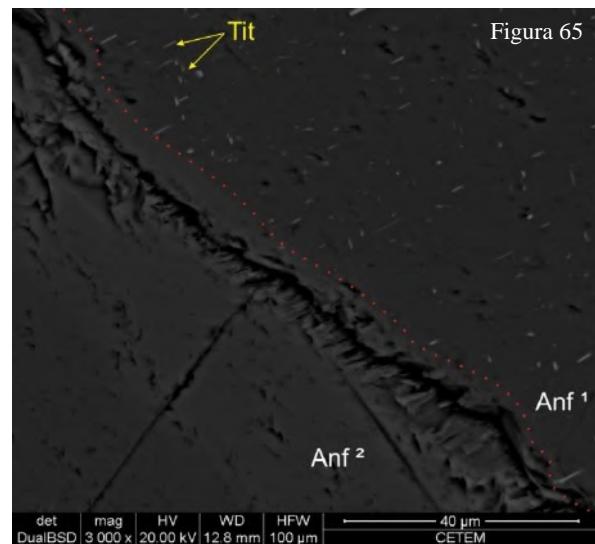
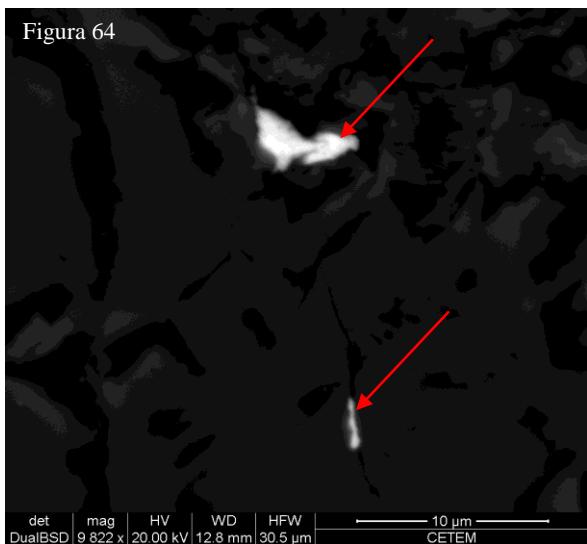


Figura 64 - Greenockita (setas vermelhas) inclusa em plagioclásio. Gabro Vitoriano Veloso. Imagem de MEV. Lâmina JU-000Pb.

Figura 65 - Dois tipos de anfibólio: Anf¹, contendo inclusões de titanita (minerais com coloração mais clara e forma acicular – Tit) e; Anf², sem nenhuma inclusão. Gabro Vitoriano Veloso. Imagem de MEV. Lâmina JU-000Pb.

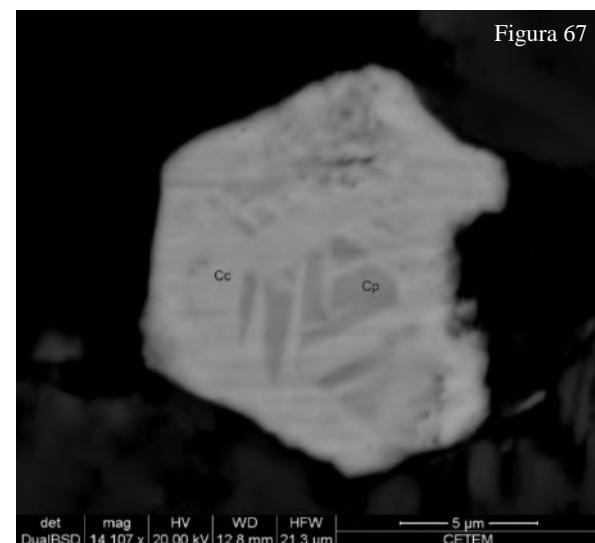
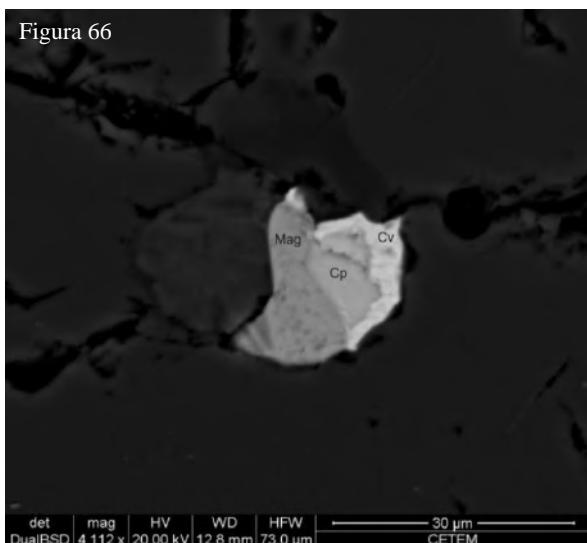


Figura 66 - Calcopirita (Cp) associada à magnetita (Mag) e alterada para covelita (Cv). Gabro Vitoriano Veloso. Imagem de MEV. Lâmina JU-000Pb.

Figura 67 - Calcopirita (Cp) intercrescida com covelita (Cv). Gabro Vitoriano Veloso. Imagem de MEV. Lâmina JU-000Pb.

Alguns minerais foram ainda identificados por difratometria de raios-X, como é o caso da amostra JU-45A e B (minerais encontrados no chão em estrada de terra), que correspondem, respectivamente, a turmalina (Figura 68) e a ilmenita (Figura 69). Durante o mapeamento geológico foi encontrada uma amostra de um veio com coloração marrom avermelhada, oxidado, muito poroso e com formas rugosas. Este material foi caracterizado como um aglomerado de goethita, hematita e quartzo (Figura 70).

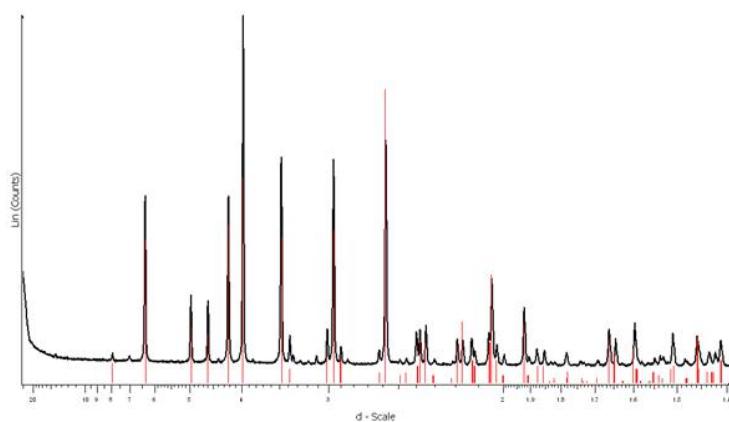


Figura 68 - Difratograma da amostra JU-45A, caracterizada como turmalina.

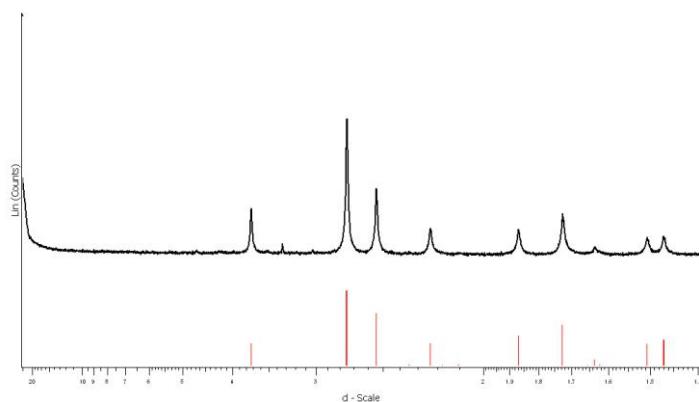
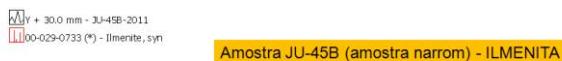


Figura 69 - Difratograma da amostra JU-45B, caracterizada como ilmenita.



Amostra JU-56 (amostra oxidada)
(Goethita + Hematita + quartzo)

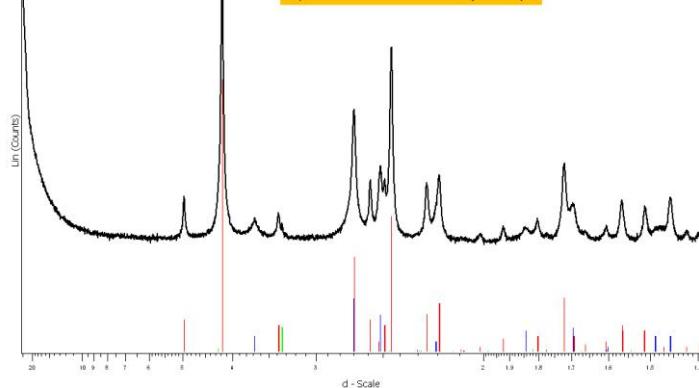


Figura 70 - Difratograma da amostra JU-56, caracterizando a presença de goethita, hematita e quartzo.

8.2.4 - Dados Geoquímicos

O estudo geoquímico foi realizado em sete amostras do gábrito Vitoriano Veloso, das quais três são da fácie diabásio e quatro da fácie gábrito médio (Tabela 6). Como primeiro passo, buscou-se definir as maiores variações dos elementos nestas rochas, que se resumem ao Fe_2O_3 (7,07 a 18,31 % peso) e SiO_2 (43,59 a 50,97 % peso). Nesse sentido duas amostras da fácie gábrito médio podem ser consideradas como ultrabásicas (SiO_2 entre 43,59 e 43,80) e desta maneira serão interpretadas a parte, pois todas as outras são básicas.

Nos diagramas de Harker com Fe_2O_3 na abscissa (Figuras 71 e 72) caracterizou-se *trend* negativo para Al_2O_3 , MgO , CaO , Cr e Cu e positivo para TiO_2 , MnO , K_2O , P_2O_5 , Zr e Na_2O , onde neste último óxido os teores aumentam para as rochas com menor granulação. No caso do S e do Cu os teores são maiores para as rochas da fácie gábrito médio, assim como nas rochas da fácie diabásio ocorre o enriquecimento de Zr . É importante ressaltar ainda que as duas amostras classificadas no diagrama TAS como ultrabásicas, diferem em todos os diagramas de Harker, possuindo baixos teores de Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , MgO , Cr e Zr , assim como os elevados teores de TiO_2 , Cu e S .

No diagrama TAS para rochas plutônicas (Figura 73), todas as amostras foram caracterizadas como gábrito, com exceção das duas rochas ultrabásicas, provavelmente pela grande quantidade de sulfetos, observados petrograficamente. Em termos gerais, as rochas do gábrito Vitoriano Veloso são metaluminosas (Figura 74) e claramente toleíticas (Figuras 75 e 76), com moderado enriquecimento em FeO na maioria das amostras e forte enriquecimento nas duas amostras ultrabásicas (Figura 76). No Diagrama de Jensen (1976) a grande maioria das amostras plotam no campo dos basaltos toleíticos enriquecidos em MgO , enquanto que as duas amostras ultrabásicas plotam no campo dos basaltos toleíticos enriquecidos em FeO (Figura 77).

No que diz respeito ao ambiente geotectônico, no gráfico TiO_2 x (10xMnO) x $(10\text{xP}_2\text{O}_5)$ todas as amostras ficam restritas ao campo dos toleítos de arco de ilha (Figura 78). Todavia, no diagrama V x $(\text{Ti}/1000)$, todas as rochas são caracterizadas do tipo MORB ou como basalto de retro-arco (Figura 79). No diagrama Zr x 3Y x $\text{Ti}/100$ (Figura 80) e no diagrama Zr x $\text{Sr}/2$ x $\text{Ti}/100$ (Figura 81) a tendência geral das amostras é cair no campo dos toleítos de arco de ilha e dos basaltos cálcio-alcalinos de arco de ilha. Todos os outros diagramas comuns para a caracterização do ambiente de formação de rochas basálticas apresentam resultados muito ambíguos e inconclusivos.

Tabela 6 - Resultados geoquímicos para elementos maiores (% peso), menores (% peso) e traços (ppm) do gábro Vitoriano Veloso, além da Norma CIPW. Legenda: Q = quartzo; Or = ortoclásio; Ab = albita; An = anortita; Di = diopsídio; Hy = hiperstênio; Il = ilmenita; Hm = hematita; Tn = titanita; Ap = apatita e; Pr = pirita.

| AMOSTRA | JU-25A | JU-64E | JU-73A | JU-25B | JU-28 | JU-37A | FG-18B |
|------------------------------------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|
| Rocha | diabásio | diabásio | diabásio | gábro | gábro | gábro | gábro |
| Símbolo | ● | ● | ● | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ |
| Laboratório | USP | USP | USP | USP | USP | USP | USP |
| SiO₂ | 50,59 | 48,32 | 50,97 | 49,49 | 43,80 | 43,59 | 49,30 |
| TiO₂ | 1,019 | 1,322 | 0,746 | 1,293 | 2,206 | 2,216 | 0,433 |
| Al₂O₃ | 15,29 | 16,26 | 16,39 | 15,58 | 14,09 | 14,79 | 17,32 |
| Fe₂O₃ | 11,41 | 12,30 | 9,34 | 11,33 | 18,15 | 18,31 | 7,07 |
| MnO | 0,191 | 0,190 | 0,159 | 0,186 | 0,185 | 0,160 | 0,127 |
| MgO | 6,30 | 5,92 | 6,78 | 6,51 | 6,41 | 6,25 | 8,52 |
| CaO | 9,90 | 9,44 | 9,84 | 10,69 | 10,63 | 10,47 | 12,85 |
| Na₂O | 2,89 | 3,28 | 3,25 | 2,53 | 1,93 | 1,86 | 1,74 |
| K₂O | 0,19 | 0,19 | 0,15 | 0,25 | 0,10 | 0,10 | 0,09 |
| P₂O₅ | 0,150 | 0,332 | 0,133 | 0,280 | 0,186 | 0,063 | 0,053 |
| Loi | 0,72 | 1,16 | 1,28 | 0,74 | 1,06 | 1,00 | 1,36 |
| Total | 98,65 | 98,71 | 99,04 | 98,88 | 98,75 | 98,81 | 98,86 |
| Ba | 95 | 137 | 287 | 116 | 67 | 42 | 49 |
| Ce | 45 | 64 | 40 | 47 | 56 | 43 | < 35 |
| Co | 45 | 31 | 47 | 57 | 76 | 60 | 43 |
| Cr | 203 | 70 | 235 | 69 | < 13 | < 13 | 180 |
| Cu | 38 | 98 | 73 | 65 | 148 | 228 | 114 |
| Ga | 15 | 19 | 15 | 16 | 19 | 21 | 14 |
| La | < 28 | < 28 | < 28 | < 28 | < 28 | < 28 | < 28 |
| Nb | < 9 | < 9 | < 9 | < 9 | < 9 | < 9 | < 9 |
| Nd | 22 | 43 | 25 | 33 | 30 | 31 | 20 |
| Ni | 47 | 35 | 77 | 52 | 28 | 74 | 107 |
| Pb | 12 | 8 | 4 | 9 | 18 | 18 | 4 |
| Rb | < 3 | 3 | < 3 | 4 | < 3 | 3 | 3 |
| Sc | 36 | 33 | 32 | 39 | 45 | 43 | 39 |
| Sr | 230 | 377 | 257 | 296 | 352 | 336 | 337 |
| Th | < 7 | < 7 | < 7 | < 7 | 7 | 8 | < 7 |
| U | 3 | 3 | 5 | 3 | 6 | 6 | < 3 |
| V | 177 | 275 | 188 | 235 | 695 | 814 | 126 |
| Y | 24 | 32 | 56 | 25 | 20 | 13 | 9 |
| Zn | 102 | 105 | 87 | 99 | 116 | 99 | 48 |
| Zr | 97 | 89 | 71 | 66 | 23 | 25 | 20 |
| S | < 550 | < 550 | < 550 | 1048 | 2110 | 1725 | 938 |
| NORMA CIPW | | | | | | | |
| Q | 7.178 | 3.812 | 4.617 | 6.484 | 5.140 | 5.093 | 3.977 |
| Or | 1.123 | 1.123 | 0.886 | 1.477 | 0.591 | 0.591 | 0.532 |
| Ab | 24.454 | 27.754 | 27.501 | 21.408 | 16.331 | 15.739 | 14.723 |
| An | 28.186 | 29.110 | 29.690 | 30.416 | 29.487 | 31.711 | 39.183 |
| Di | 13.348 | 8.999 | 12.675 | 12.676 | 11.170 | 9.419 | 17.680 |
| Hy | 9.504 | 10.524 | 11.012 | 10.339 | 10.788 | 11.201 | 13.025 |
| Il | 0.409 | 0.406 | 0.340 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Hm | 11.410 | 12.290 | 9.340 | 11.330 | 18.150 | 18.310 | 7.070 |
| Tn | 1.974 | 2.728 | 1.392 | 3.174 | 5.415 | 5.440 | 1.063 |
| Ap | 0.355 | 0.777 | 0.315 | 0.663 | 0.441 | 0.149 | 0.126 |
| Pr | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.315 | 0.313 | 0.271 | 0.215 |
| Soma | 97.941 | 97.523 | 97.768 | 98.283 | 97.826 | 97.924 | 97.594 |

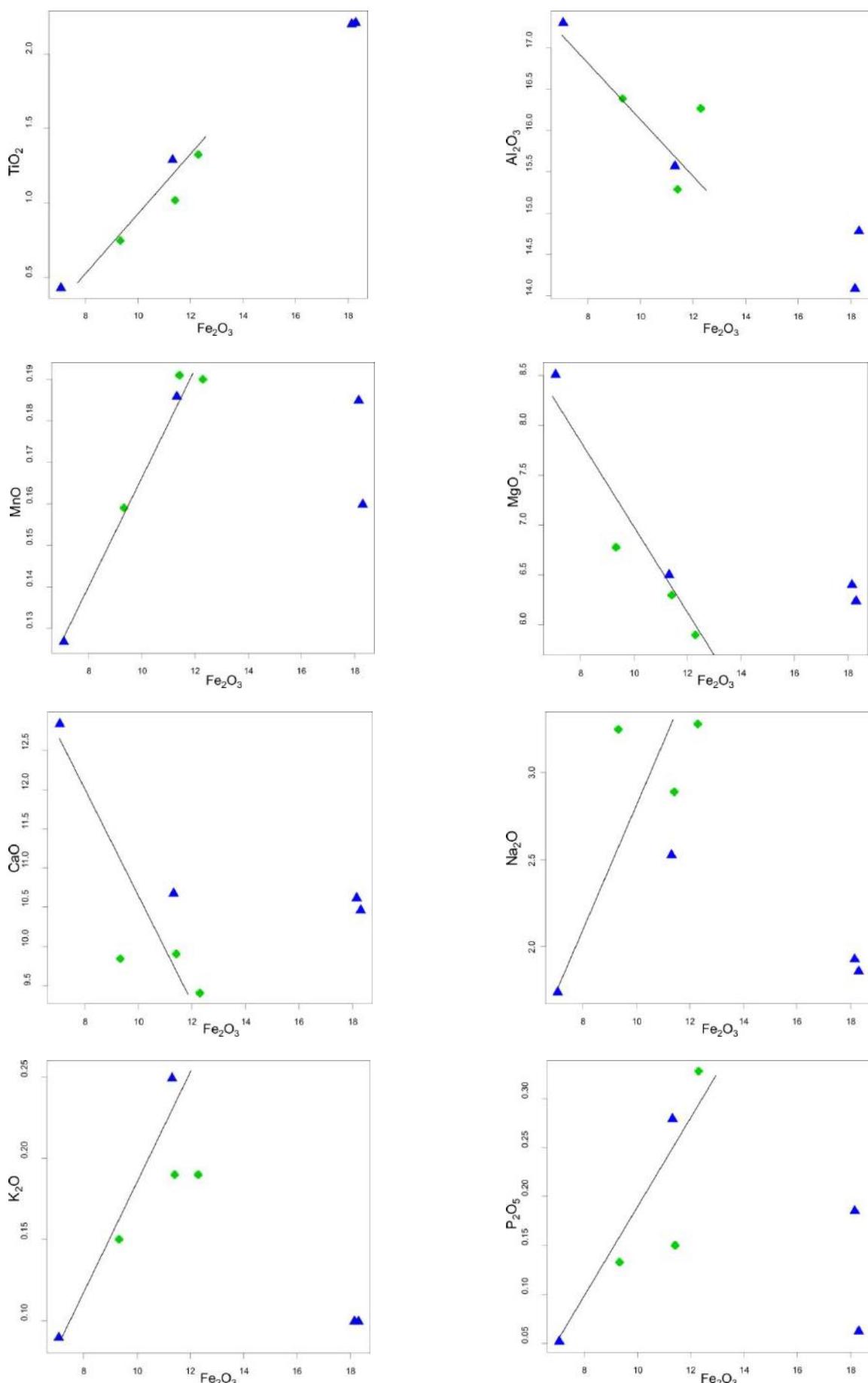


Figura 71 - Diagramas binários de elementos maiores x Fe_2O_3 , mostrando a variação da composição de diabásios (círculos verdes) e gabros (triângulos azuis) da unidade gabbro Vitoriano Veloso.

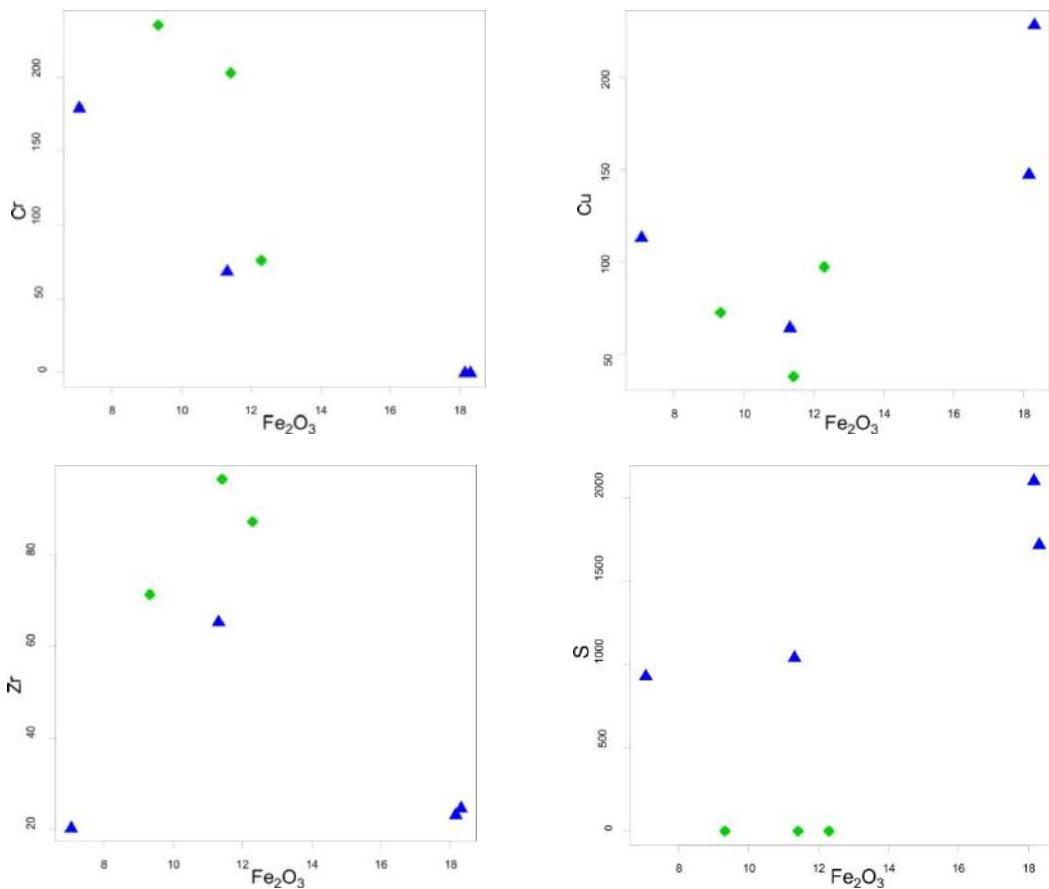


Figura 72 - Diagramas binários de elementos traços x Fe_2O_3 , mostrando a variação da composição de diabásios (círculos verdes) e gabros (triângulos azuis) da unidade gábro Vitoriano Veloso.

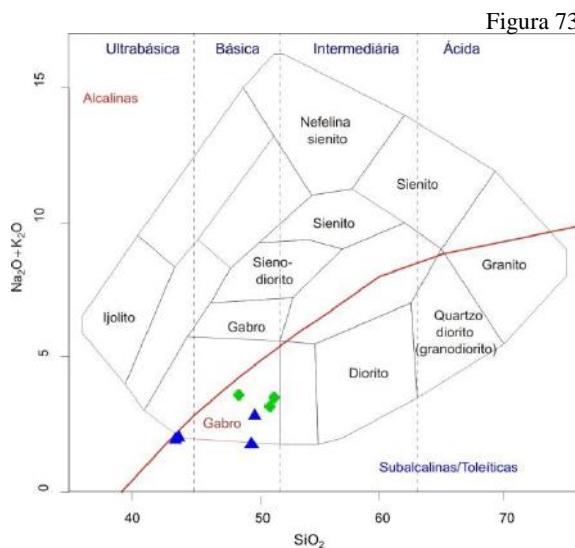


Figura 73

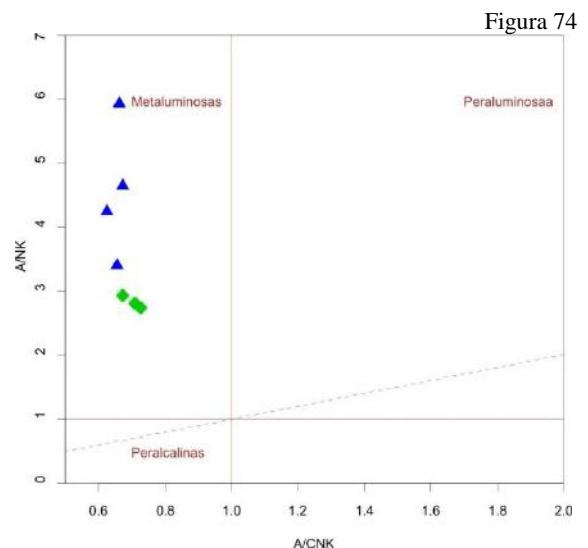
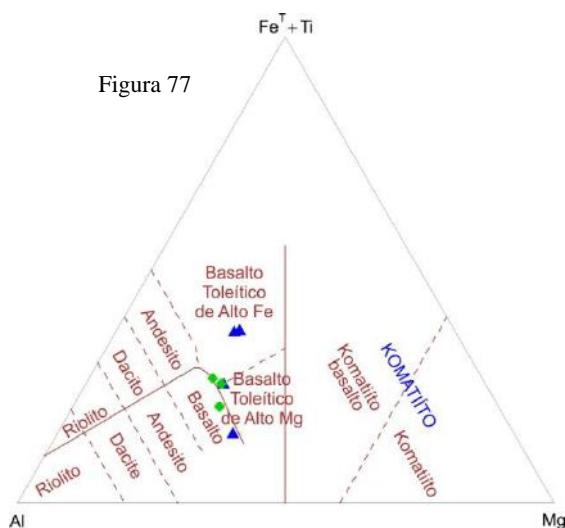
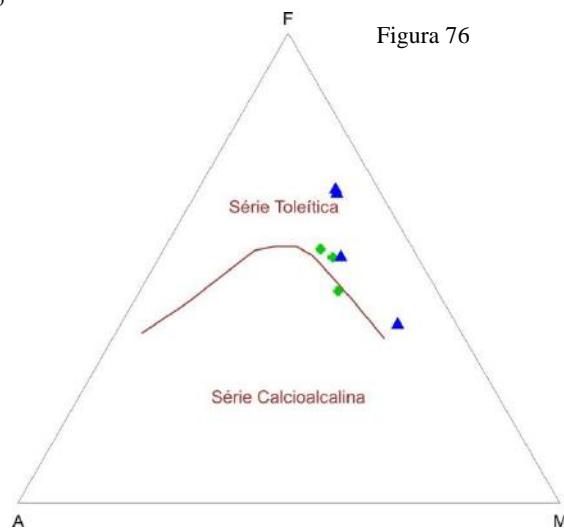
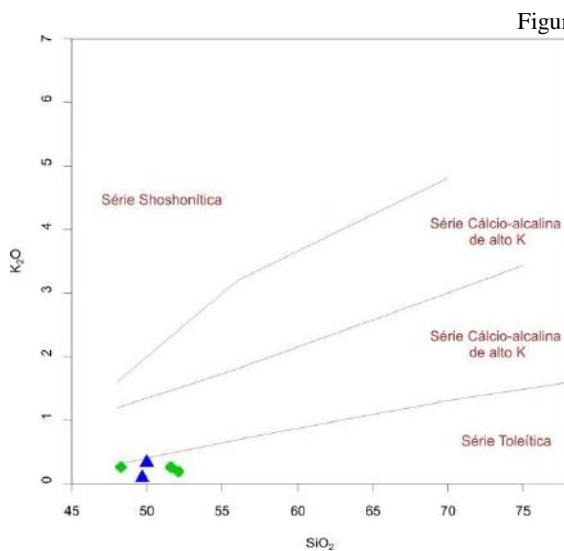
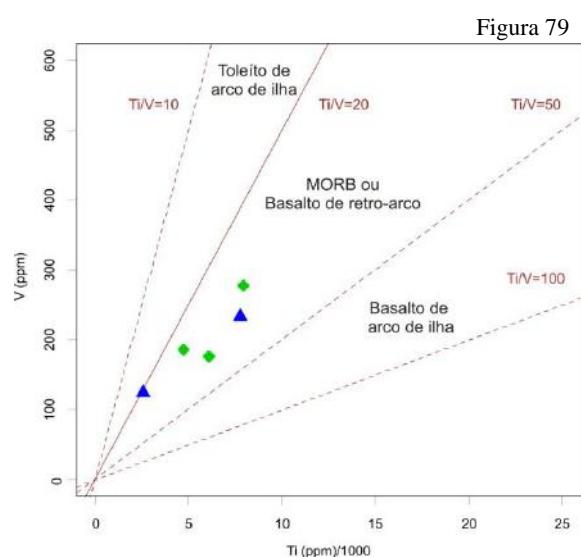
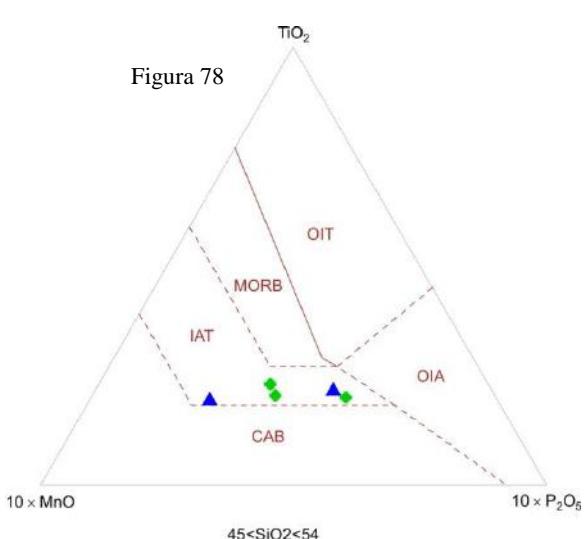


Figura 74

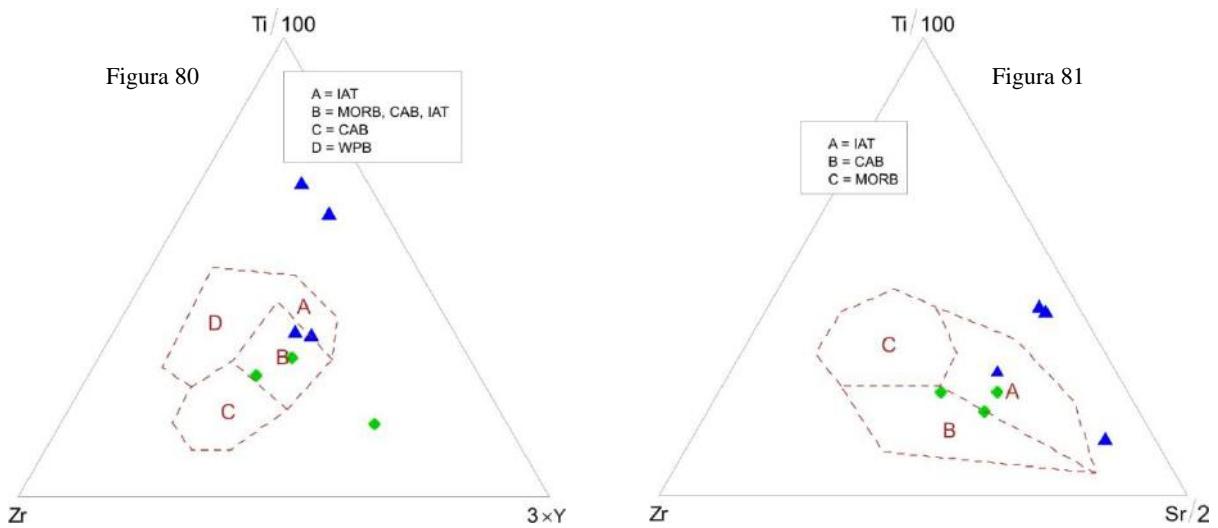
Figuras 73 e 74 - Diagramas discriminantes para diabásios (círculo verde) e gabros (triângulos azuis) da unidade Gabro Vitoriano Veloso. Fig.73: $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ x SiO_2 (TAS = Total Álcali x Sílica) (Cox *et al.*, 1979). Fig. 74: A/NK x A/CNK , onde $\text{A/NK} = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ MOL; $\text{A/CNK} = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ MOL (Maniar & Piccoli, 1989).



Figuras 75 a 77 - Diagramas discriminantes para diabásios (círculo verde) e gabros (triângulos azuis) da unidade Gabro Vitoriano Veloso. Fig. 75: $K_2O \times SiO_2$ (Peccerillo & Taylor, 1976); Fig. 76: AFM, onde $A = Na_2O + K_2O$; $F = FeO + 0,9Fe_2O_3$; $M = MgO$ (Irvine & Baragar, 1971); Fig. 77: $Fe^T + Ti \times Al \times Mg$ (Jensen, 1976).



Figuras 78 e 79 - Diagramas discriminantes para diabásios (círculos verdes) e gabros (triângulos azuis) da unidade Gabro Vitoriano Veloso. Fig. 78: $TiO_2 \times (10xMnO) \times (10xP_2O_5)$ (Mullen, 1983); Fig. 79: $V \times (Ti/1000)$ (Shervais, 1982). Legenda: OIT = toleítico de arco de ilha, OIA = basalto alcalino de arco de ilha, IAT = toleítico de arco de ilha, CAB = basalto de arco continental.



Figuras 80 e 81 - Diagramas discriminantes para diabásios (círculos verdes) e gabros (triângulos azuis) da unidade Gabro Vitoriano Veloso. Fig 80: Zr x (3xY) x Ti/100 (Pearce & Cann, 1973); Fig 81: Zr x Sr/2 x Ti/100 (Pearce & Cann, 1973). Legenda: IAT = toleíto de arco de ilha, CAB = basalto de arco continental, WPB = basalto intra-placa.

8.3 – ANDESITO MÁFICO SANTO ANTÔNIO

A unidade descrita como andesito máfico Santo Antônio será abordada de forma bastante simplificada, pois corresponde ao tema central da monografia em desenvolvimento da estudante Thayla Almeida Teixeira Vieira, sob orientação do professor Ciro Alexandre Ávila.

8.3.1 – Aspectos de Campo

O andesito máfico Santo Antônio é limitado a leste pelas rochas do gabbro Vitoriano Veloso; a oeste, pelas rochas da sequência metavulcânica - metassedimentar Estação de Tiradentes; a norte pelas rochas vulcânicas - subvulcânicas da suíte félscica Tiradentes; e a sul pelas rochas anfibolíticas do *greenstone belt* Dores de Campos (Anexo I – Mapa geológico). As rochas desta unidade ocorrem na forma de afloramentos fortemente intemperizados (saprólitos), que apontam para a presença de anfibólio, biotita, plagioclásio e quartzo. Tanto o saprólito, quanto o solo associado a este litótipo apresentam cor marrom avermelhada (Figura 82), que contrasta fortemente com o saprólito das rochas vulcânicas – subvulcânicas félscicas, que estão quase sempre associadas com estas, muitas vezes de forma complexa (Figura 83). As rochas andesíticas máficas também ocorrem como xenólitos (Figura 84) ou sendo entrecortada por diques das rochas vulcânicas – subvulcânicas félscicas (Figura 85), bem como por pegmatitos de pequena expressão.

As rochas andesíticas máficas são faneríticas finas a médias, mesocráticas, variam de andesitos a dioritos (mais restritos) e possuem fenocristais de anfibólio (Figura 86) de até 6mm. Estas são cortadas por diques de metabasito e por delgados veios de epidoto.

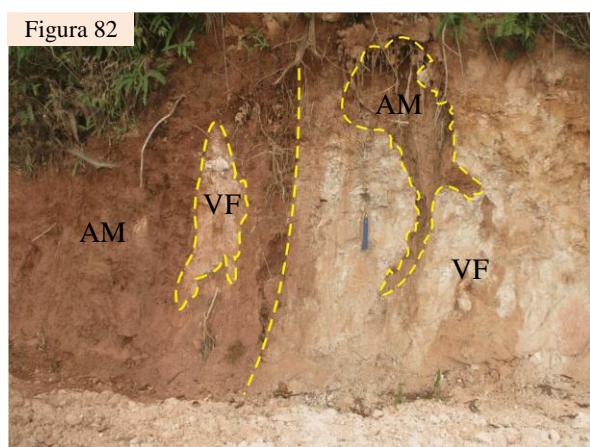


Figura 82 - Afloramento do andesito máfico Santo Antônio (AM) em contato com rochas vulcânicas - subvulcânicas da suíte félscica Tiradentes (VF). As rochas félscicas cortam as máficas sob a forma de diques e apresentam xenólitos das mesmas.



Figura 83 – Brecha magmática com interações complexas entre dioritos/gabros (DI), andesitos máficos (AM) interpretados como pertencentes à sequência andesítica máfica Santo Antônio e rochas vulcânicas - subvulcânicas da suíte félscica Tiradentes (VF). Ponto BIA-73.

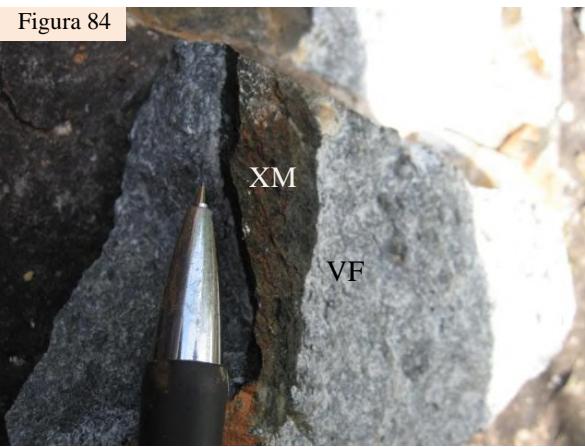


Figura 84

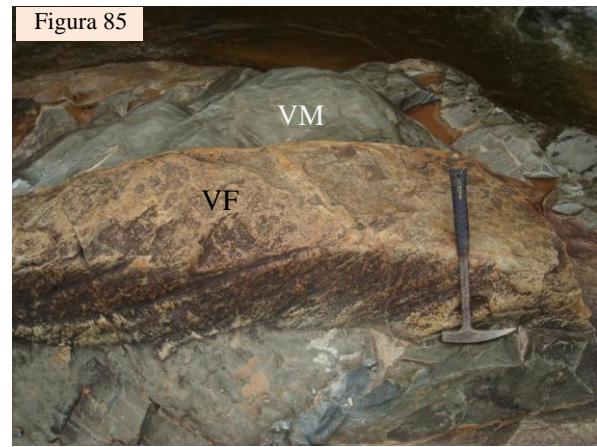


Figura 85

Figura 84 - Amostra de rocha vulcânica/subvulcânica da suíte félscica Tiradentes (VF) contendo xenólito de rocha máfica (XM) correlacionado à unidade máfica Santo Antônio. Ponto JU-87.

Figura 85 - Rocha do andesito máfico Santo Antônio (AM) sendo cortada por dique da suíte félscica Tiradentes (VF). Ponto JU-87.



Figura 86

Figura 86 - Amostra de rocha da unidade andesítica máfica Santo Antônio, contendo pequenos fenocristais de anfibólio.

8.3.2 – Aspectos Petrográficos

As rochas andesíticas são faneríticas finas a médias, mesocráticas e contém fenocristais de plagioclásio e hornblenda. Neste mesmo contexto, possuem textura variando de nematoblástica a lepidoblástica (**Figura 87**), caracterizada pela orientação de cristais de hornblenda e de biotita. Sua mineralogia primária envolveria plagioclásio, hornblenda (ou clinopiroxênio completamente transformado para hornblenda), biotita, allanita, zircão e minerais opacos. A hornblenda possui cor marrom a esverdeada e aspecto “sujo”, devido a grande quantidade de inclusões de minerais castanhos e opacos aciculares. Esta está, em parte, sendo substituída por biotita (**Figura 88**) e por actinolita livre de inclusões (**Figura 89a e b**).

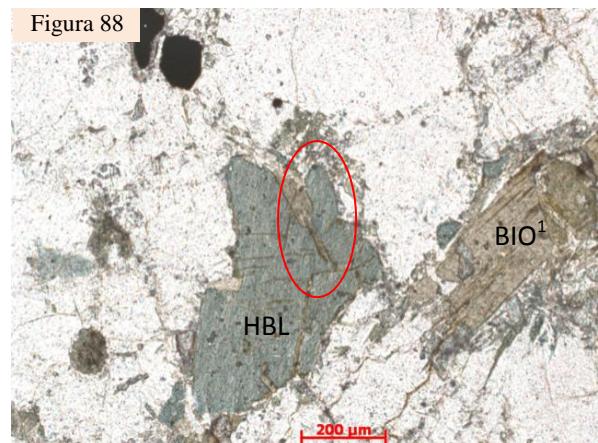
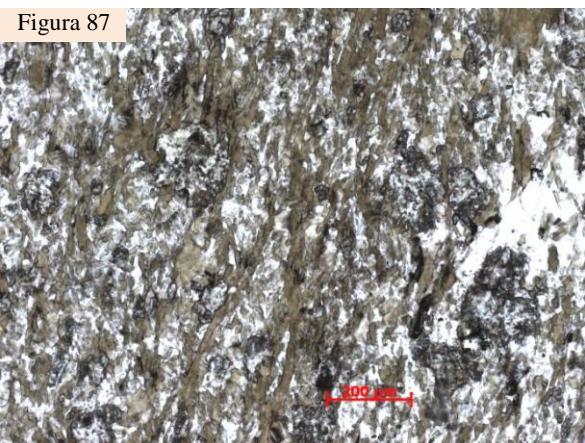


Figura 87 - Textura lepidoblástica das rochas da unidade andesítica máfica Santo Antônio, dada pela orientação de grãos de biotita. Polarizadores paralelos. Lâmina JU-87B.

Figura 88 - Fenocristais de hornblenda (HBL) e biotita (BIO¹). Destaca-se que as bordas do fenocristal de hornblenda estão sendo transformada para biotita² (na elipse vermelha). Andesito máfico Santo Antônio. Polarizadores paralelos.

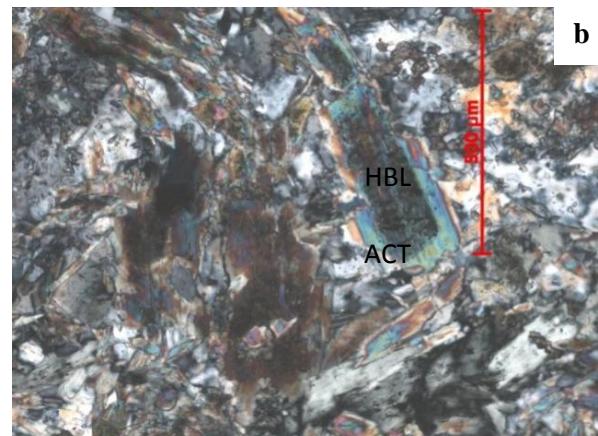
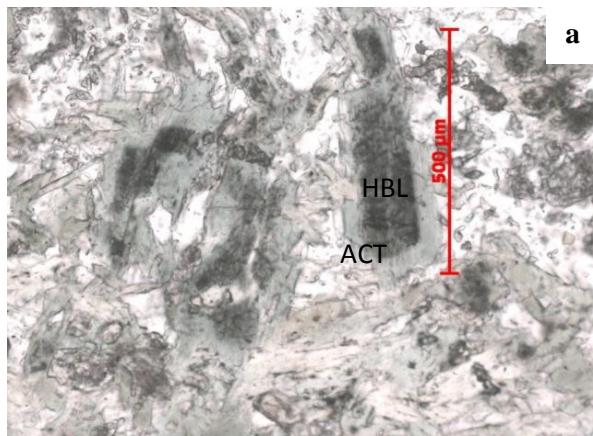


Figura 89 - Hornblenda marrom (HBL), com borda de actinolita (ACT), livre de inclusões de minerais opacos e castanhos aciculares. Andesito máfico Santo Antônio. **a**) polarizadores paralelos, **b**) polarizadores cruzados. Lâmina BIA-33B.

8.4 – SUÍTE FÉLSICA TIRADENTES

A suíte félscia Tiradentes é constituída por dois conjuntos composicionalmente semelhantes, porém texturalmente diferentes (tonalitos – dacitos), onde essa variação aponta para distintos níveis crustais de consolidação do magma pai dos mesmos. Em termos gerais, esta suíte pode ser subdividida em: 1) corpos vulcânicos e subvulcânicos félscicos afaníticos (Figura 90), constituídos predominantemente por andesitos, dacitos e granófiros, com texturas que variam de equigranulares a microporfiríticas, onde algumas amostras apresentam estrutura acamada e; 2) corpos subvulcânicos félscicos, faneríticos de finos a médios (Figura 90), com textura variando de equigranular a porfirítica.

A designação desta unidade como suíte félscia Tiradentes está relacionada ao fato desta abranger corpos félscicos subvulcânicos e vulcânicos considerados como cogenéticos (somente texturalmente distintos) e das mesmas aflorarem no entorno norte e oeste da cidade de Tiradentes.

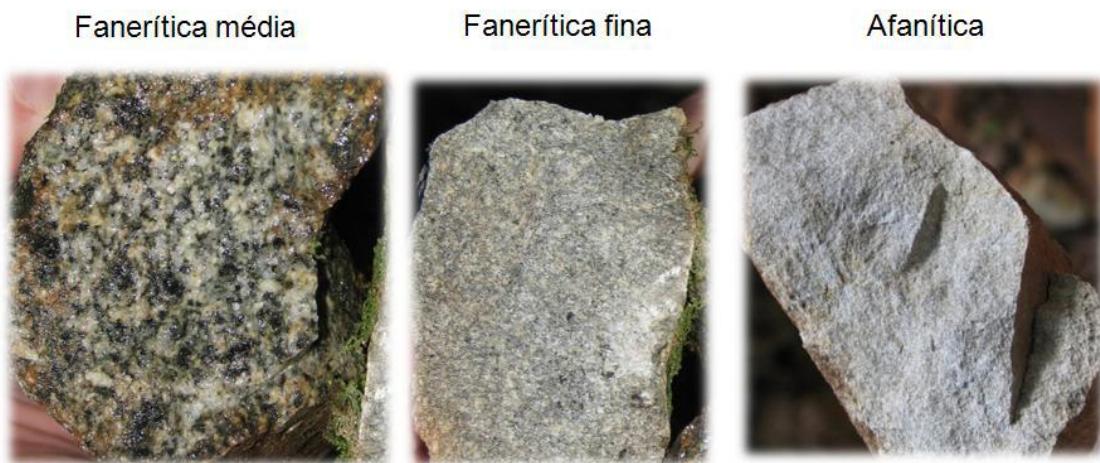


Figura 90 - Variação faciológica das rochas da suíte félscia Tiradentes, desde fanerítica média (esquerda) a afanítica (direita)

8.4.1 – Aspectos de Campo

As rochas vulcânicas e subvulcânicas afaníticas da suíte félscia Tiradentes foram mapeadas como uma faixa alongada ao longo de parte da borda sul da serra de São José, apresentando cerca de 500m de largura por 10km de comprimento. Estas rochas são limitadas a norte por quartzitos da Megassequência São João del Rei e a sul por anfibolitos e rochas metaultramáficas do *greenstone belt* Dores de Campos, bem como por filitos, quartzitos e por um diamictito com matriz pelítica predominantemente carbonosa (rica em rutilo e zircão), que suporta clastos de rochas vulcânicas e subvulcânicas félscicas (Figura 91), correlacionáveis às ocorrências estudadas neste trabalho. As rochas vulcânicas e subvulcânicas afaníticas, variam de hololeucocráticas a leucocráticas, equigranulares a porfiríticas, onde foi observada a

presença de estrutura acamada em algumas amostras. Afloram principalmente como lajedos nas drenagens ou como diques com espessuras métricas, que podem apresentar contatos sinuosos (Figura 92) e contatos retilíneos (Figura 93) com rochas da unidade andesítica máfica Santo Antônio. Já as rochas subvulcânicas faneríticas são equigranulares, variam de finas a médias e foram mapeadas em quatro pequenos corpos, sob a forma de apófises e *stocks*, cortando frequentemente tanto as rochas andesíticas máficas Santo Antônio, quanto o gabbro Vitoriano Veloso (Anexo I – Mapa geológico). Estes corpos apresentam, ainda, enclaves xenolíticos máficos (Figura 94), assim como félscicos.

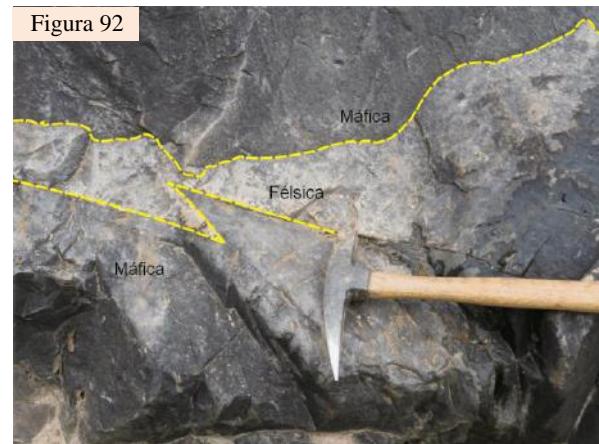


Figura 93 - Diques tabulares de rocha subvulcânica félscica afanítica da suíte félscica Tiradentes (vermelho em b), cortando as rochas andesíticas máficas Santo Antônio (verde em b). Ponto JU-87.

Durante o mapeamento surgiu ainda uma dúvida quanto à relação cogenética destas rochas com um corpo tonalítico que ocorre ao sul do Rio das Mortes (pontos iniciados pela sigla AN; Anexo II – Mapa de pontos), identificado por Bezerra Filho (2006). Entretanto, ressalta-se que este tonalito possui índice de cor mais elevado, representado por até 10% de

minerais máficos que estão orientados incipientemente, imprimindo à rocha, uma leve foliação (Figura 95).

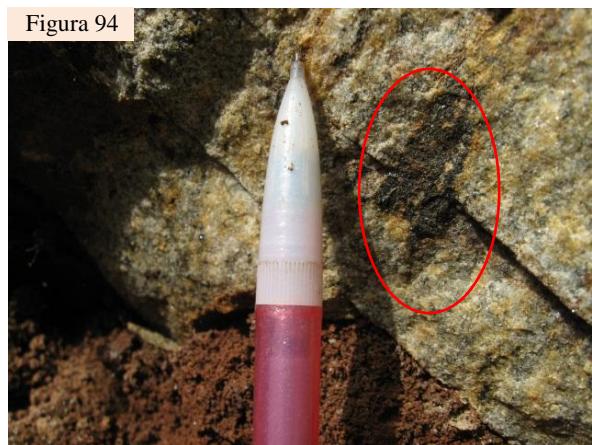


Figura 94 – Rocha félscica subvulcânica fanerítica da suíte félscica Tiradentes, contendo xenólito máfico (dentro da elipse vermelha). Ponto JU-74.

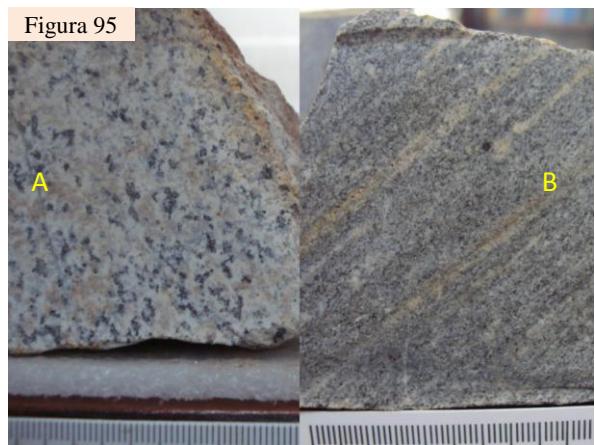


Figura 95 – Rocha felsica subvulcânica fanerítica da suíte felsica Tiradentes (A) em comparação com rocha tonalítica que ocorre a sul do Rio das Mortes (mais máfica e foliada).

8.3.2 – Aspectos Petrográficos

Como dito anteriormente, as rochas vulcânicas a subvulcânicas afaníticas e faneríticas muito finas da suíte félscia Tiradentes são tema da monografia em desenvolvimento realizada pela estudante Thayla Almeida Teixeira Vieira, principalmente no que diz respeito à caracterização petrográfica. Entretanto cabe ressaltar aqui algumas feições e texturas importantes para as conclusões finais quanto à evolução estratigráfica da área como um todo. As rochas da suíte félscia Tiradentes variam de hololeucocráticas a leucocráticas, são classificadas como andesitos e dacitos e apresentam diversos padrões texturais, representados por rochas equigranulares, porfiríticas (Figura 96), glomeroporfiríticas (Figura 97), granofíricas (Figura 98), vacuolares (Figura 99) e esferulíticas (Figura 100), onde as três últimas indicam níveis crustais muito rasos a extrusivos.

Já as rochas subvulcânicas faneríticas foram estudadas no presente trabalho e são hololeucocráticas, equigranulares a porfiríticas, faneríticas finas a médias e compostas essencialmente por plagioclásio (45 a 78%) e quartzo (55 a 22%), sendo classificadas no gráfico QAP como tonalitos (Figura 101). Em geral, os minerais acessórios mais comuns são apatita, allanita, biotita, minerais opacos, titanita e zircão, ocorrendo localizadamente fluorita. Clorita, sericita, titanita, rutilo, biotita, muscovita, sericita, minerais opacos, zircão, epidoto, zoisita e clinzoisita são minerais metamórficos e/ou hidrotermais.

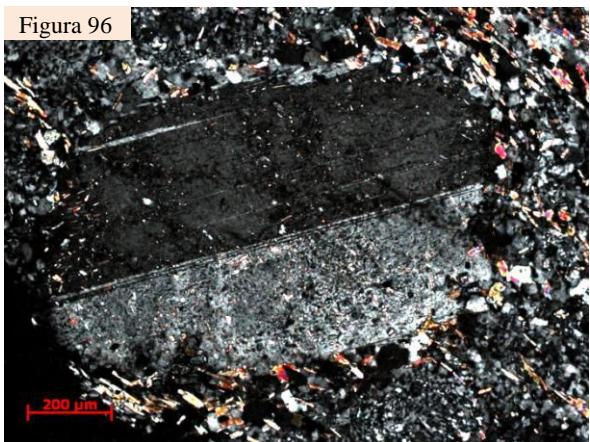


Figura 96 - Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscia Tiradentes, com textura porfirítica representada por fenocristal de plagioclásio. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-87C1.

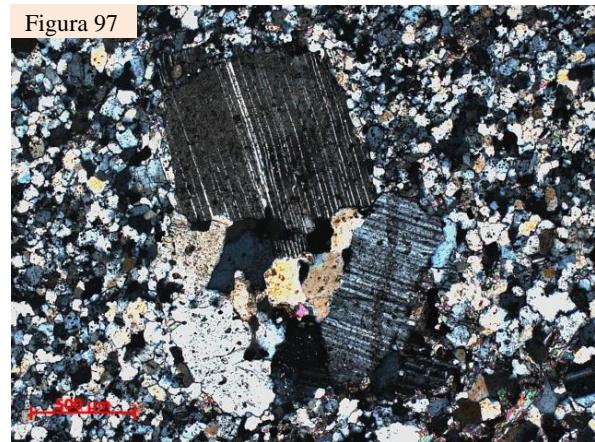


Figura 97 - Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscia Tiradentes com textura glomeroporfirítica dada por fenocristais de plagioclásio. Polarizadores cruzados. Lâmina BIA-31E.

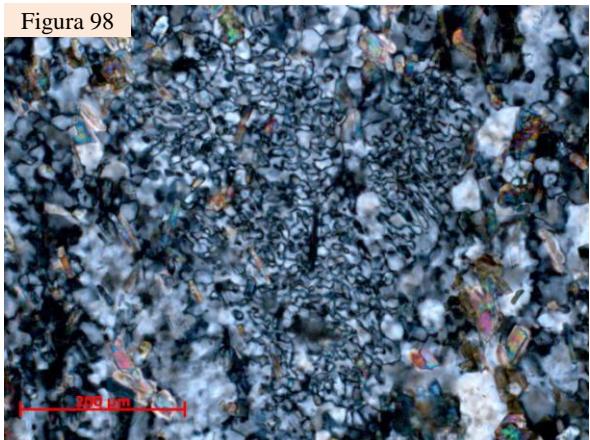


Figura 98 - Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscia Tiradentes com textura granofliry, representada pelo intercrescimento de feldspato e quartzo. Polarizadores cruzados. Lâmina JU-87C1.

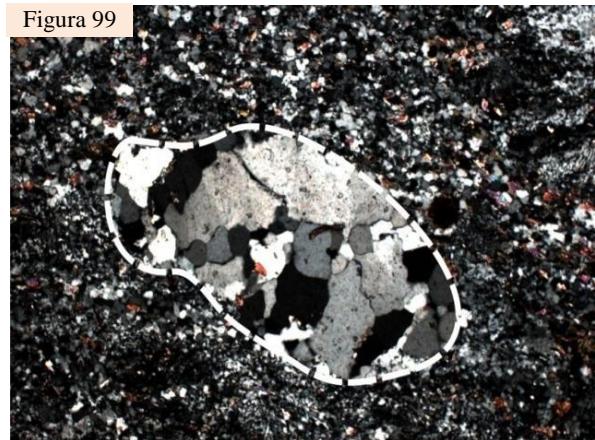


Figura 99 - Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscia Tiradentes com uma antiga vesícula (hoje amigdala) preenchida por quartzo (textura vacuolar).

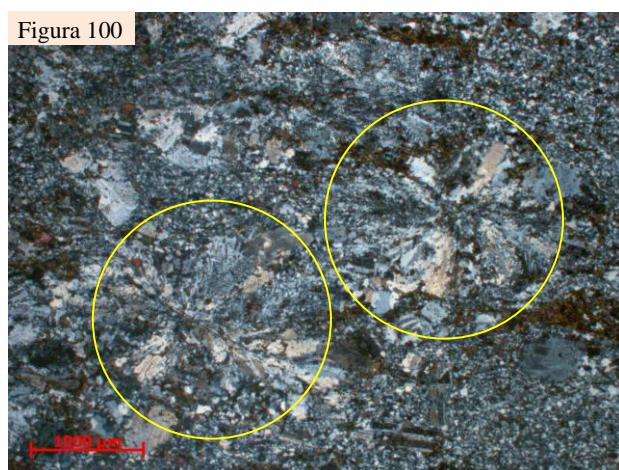


Figura 100 - Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscia Tiradentes, com textura esferulítica (círculo amarelo), resultado da desvitrificação do magma. Polarizadores cruzados. Lâmina BIA-87F1.

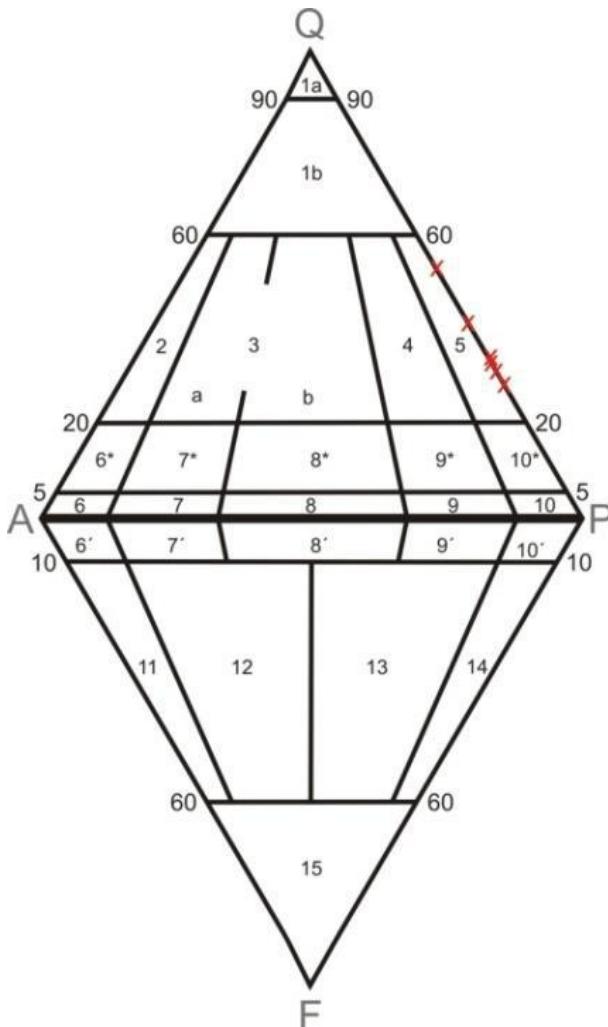


Figura 101 - Classificação geral e nomenclatura de rochas plutônicas de acordo com o conteúdo mineral (% vol) segundo Streckeisen (1976). Tonalitos faneríticos equigranulares representados com X vermelho. 1a- quartzolito (silexito); 1b- granítido rico em quartzo; 2- álcali-feldspato granito; 3- sienogranito; 3b- monzogranito; 4- granodiorito; 5- tonalito; 6*- quartzo álcali-feldspato sienito; 7*- quartzo sienito; 8*- quartzo monzonito; 9*- quartzo monzodiorito / quartzo monzogabbro; 10*- quartzo diorito / quartzo gabro / quartzo anortosito; 6- álcali-feldspato sienito; 7- sienito; 8- monzonito; 9- monzodiorito / monzogabbro; 10- diorito / gabro / anortosito; 6'- álcali-feldspato sienito com feldspatóide; 7'- sienito com feldspatóide; 8'- monzonito com feldspatóide; 9'- monzodiorito / monzogabbro com feldspatóide; 10'- diorito / gabro com feldspatóide; 11- feldspatóide-sienito; 12- feldspatóide-monzosienito; 13- feldspatóide monzodiorito / feldspatóide monzogabbro; 14- feldspatóide diorito / feldspatóide gabro; 15- foidito.

Ocorre ainda nestas rochas, quantidades variáveis de biotita, muitas vezes sendo transformada para clorita, aparentando existirem pelo menos duas gerações de biotita com gênese diferentes: uma primária e outra secundária. Desta mesma forma, ocorrem minerais opacos idiomórficos a hipidiomórficos (muitas vezes rodeados por titanita) e xenomórficos (em paragênese com a mineralogia secundária). Foram observadas ainda outras feições, como zircão arredondado incluso em biotita, assim como zircão hipidiomórfico zonado (Figura 102). Os minerais acessórios e secundários somados alcançam no máximo 6%.

O plagioclásio é oligoclásio e em algumas amostras o mesmo encontra-se fortemente modificado por processos secundários (muscovitização, sericitização e epidotização). Além disso, ressalta-se que álcali-feldspato ocorre somente em uma lâmina (JU-41C), não ultrapassando 2%, onde este pode ser observado na forma de faixas que substituem e ultrapassam os limites dos grãos de plagioclásio. Tal feição fica evidente, pois oblitera a geminação polissintética do plagioclásio, assim como não apresenta as transformações secundárias típicas de plagioclásio (Figura 103). A forma de ocorrência do álcali-feldspato sugere que em regiões muito restritas do corpo transcorreu a passagem de fluido rico em potássio, provavelmente tardí a pós magmático.

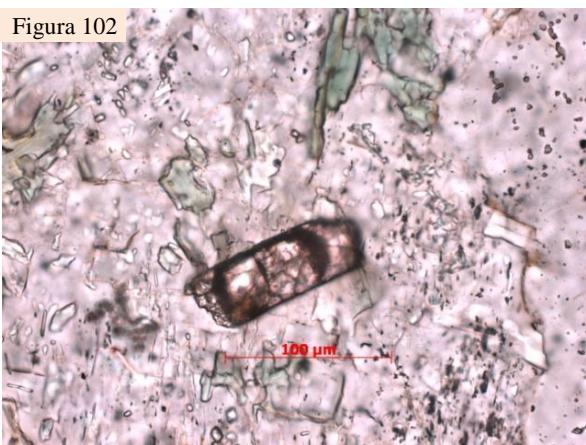


Figura 102 – Grão de zircão zonado em tonalito subvulcânico fanerítico da suíte felsica Tiradentes. Nicóis paralelos. Lâmina JU-41C.

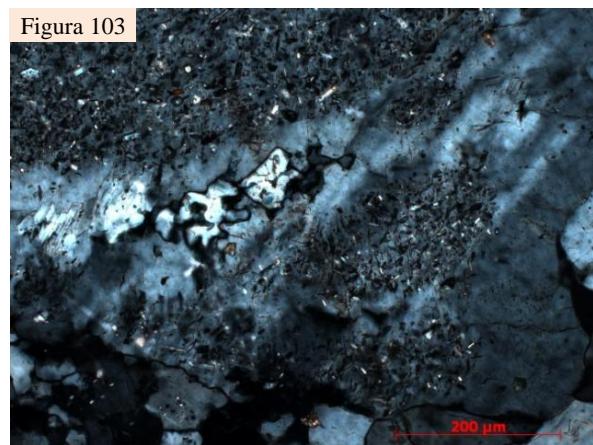


Figura 103 - Crescimento de álcalfeldspato obliterando a geminação polissintética do plagioclásio, destacando-se, ainda, a ausência de diminutos cristais secundários (sericita, zoizita, clinozozita, epidoto) que somente alteram o plagioclásio. Sugere-se que esta feição esteja relacionada a passagem de fluidos potássicos tardíos a pós magmáticos. Nicóis cruzados. Lâmina JU-41C.

Estas rochas possuem enclaves felsicos milimétricos a centimétricos, de composição tonalítica, caracterizados por bordas bem delimitadas devido ao crescimento de titanita (Figura 104) ou ainda com contatos mais difusos entre rochas com marcantes diferenças de granulação e/ou texturais (Figura 105). Outra feição bastante típica dessas rochas é a quantidade (variável) de agregados máficos (Figura 106) contendo clorita, biotita, epidoto e titanita, que foram interpretados como restos de xenólitos máficos parcialmente assimilados.

Nos corpos subvulcânicos faneríticos ocorrem algumas diferenças relacionadas à mineralogia acessória e secundária. Desta forma, ressalta-se ainda, que o corpo tonalítico mais a sul da área (lâminas JU-74B e C – próximas ao Rio das Mortes), contém granada xenomórfica, assim como agregados de minerais opacos, allanita, titanita, epidoto e zoizita/clinozozita (Figura 107). Nesta localidade ocorre notável diminuição do tamanho e da porcentagem dos enclaves xenolíticos máficos, bem como foram caracterizadas duas rochas com mineralogia idêntica, mas granulação diferente.

Quanto à relação destas rochas com o corpo tonalítico aflorante a sul do Rio das Mortes (Anexo I – Mapa Geológico), fica claro que este, por sua vez, possui índice de cor maior, dado por até 10% de clorita e biotita orientadas, que formam uma foliação bem marcada (textura lepidoblástica - Figura 108). Além disso, cabe ressaltar que foram observadas algumas outras feições como titanita envolvendo os minerais opacos, allanita com borda de epidoto, epidoto com borda de zoizita e/ou clinozozita, além de quartzo e plagioclásio embaiados. Neste caso, alguns destes crescimentos minerais podem evidenciar distintas paragêneses metamórficas, nas condições metamórficas assim como a presença de mais de um evento metamórfico.

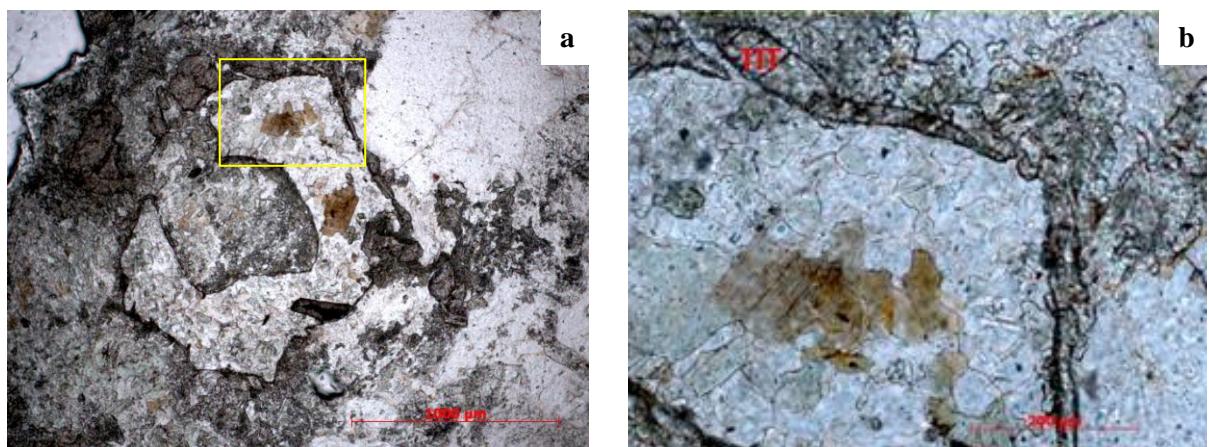


Figura 104 - Enclave felsico com feição de corrosão e com granulação mais fina do que a rocha encaixante tonalítica da suíte felsica Tiradentes. Nicóis paralelos. Lâmina JU-26. **a**) retângulo amarelo indicando área aproximada da figura 15b; **b**) borda com crescimento de titanita (TIT), definindo o contorno do enclave com clareza.

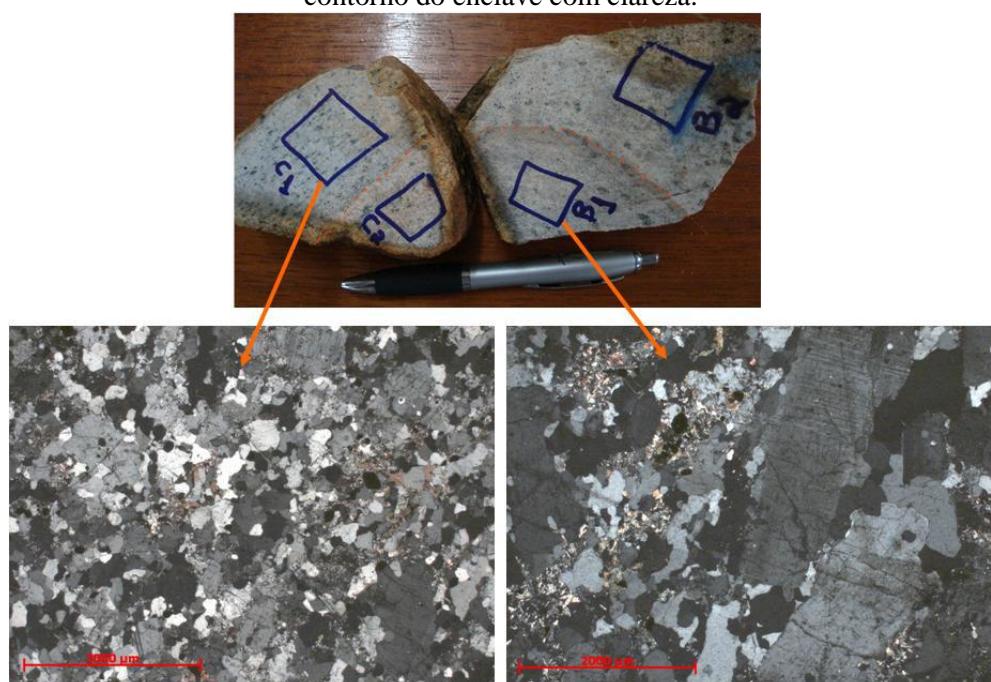


Figura 105 - Enclave felsico tonalítico com textura inequigranular (direita), diferente da granulação equigranular da rocha encaixante, que corresponde a um tonalito subvulcânico fanerítico da suíte felsica Tiradentes. Nicóis cruzados. Lâmina JU- 74B e C.

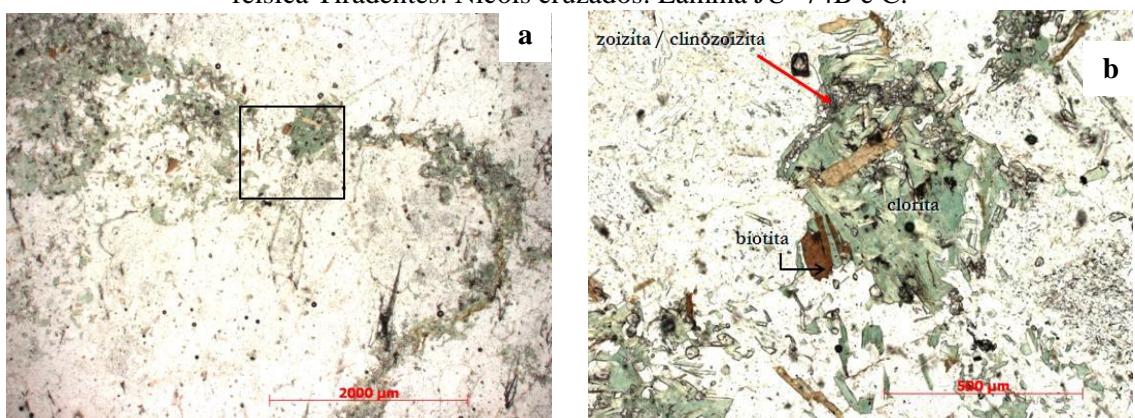


Figura 106 - Agregados de biotita, clorita, zoisita e clinozoisita, interpretados como xenólitos maficos em tonalito subvulcânico da suíte felsica Tiradentes. Polarizadores paralelos. Lâmina JU- 41C. **a**) quarado preto indicando área aproximada da figura 17b; **b**) biotita sendo transformada para clorita, juntamente com clorita e clinozoisita.

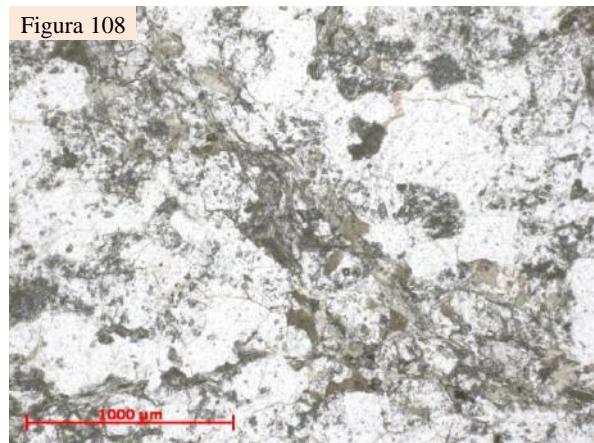
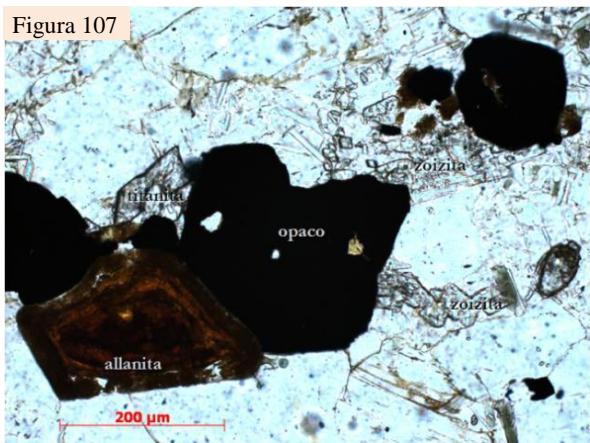


Figura 107 - Agregados minerais contendo allanita, minerais opacos, titanita e zoizita em tonalito subvulcânico fanerítico da suíte félscia Tiradentes. Nicóis paralelos. Lâmina JU- 74C.

Figura 108 - Cristais xenoblásticos de biotita formando textura lepidoblástica em amostra do tonalito a sul do Rio das Mortes. Nicóis paralelos. Lâmina AN-1D.

8.4.3 – Estudos por MEV-EDS

Foram coletadas cinco amostras de veios sulfetados (ponto JU-97A, JU-97B, JU-97B1, JU-109E1 e JU-109E2) para análise por MEV-EDS dos sulfetos e de suas inclusões. A mineralogia encontrada associada ou inclusa na pirita foi extremamente variada abrangendo pirrotita, titanita, quartzo, epidoto, telureto de bismuto, galena, calcopirita e zircão (Figuras 109, 110, 111 e 112). Destaca-se que a pirita está alterada intempericamente para goethita e hematita, seja nas bordas dos grãos ou em fraturas (Figuras 111, 112, 113 e 114). Além disso, alguns grãos de calcopirita inclusos em pirita estão alterados para covelita ou bornita e o conjunto ocorre circundado por goethita (Figura 114). Desta forma, pode-se afirmar que os sulfetos passam posteriormente por uma fase de oxidação.

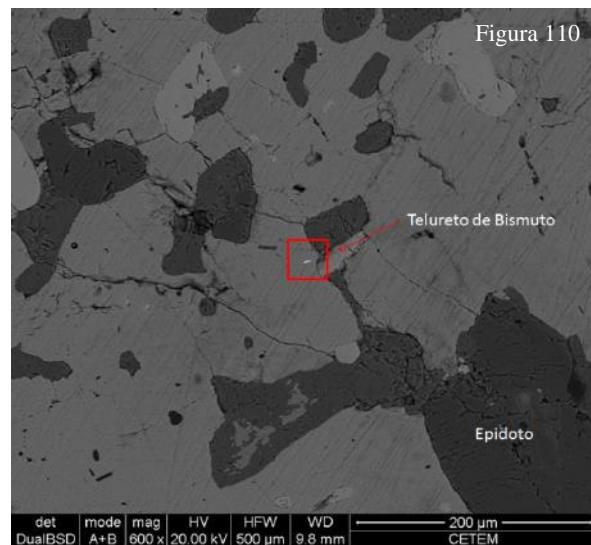
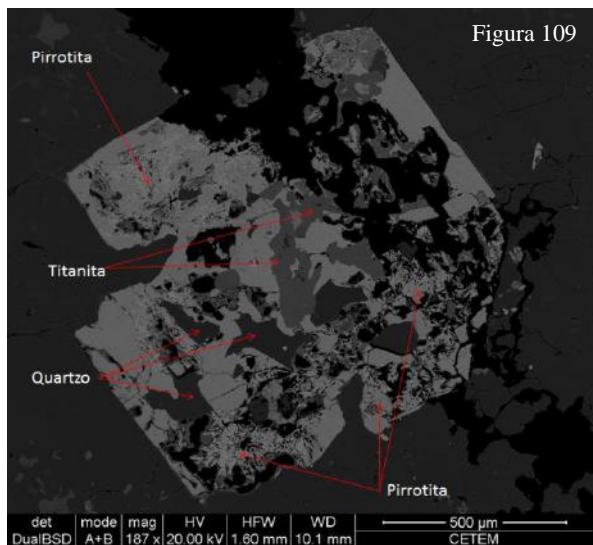


Figura 109 – Pirita euédrica com inclusões de pirrotita, titanita e quartzo associada à rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscia Tiradentes. Imagem de MEV. Amostra JU-109E1.

Figura 110 – Pirita com inclusões de telureto de bismuto e epidoto associada à rocha vulcânica - vulcânica afanítica da suíte félscia Tiradentes. Imagem de MEV. Amostra JU-109E1.

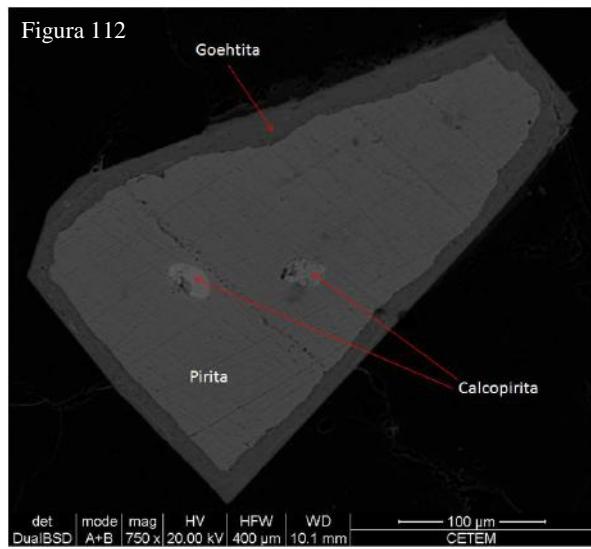
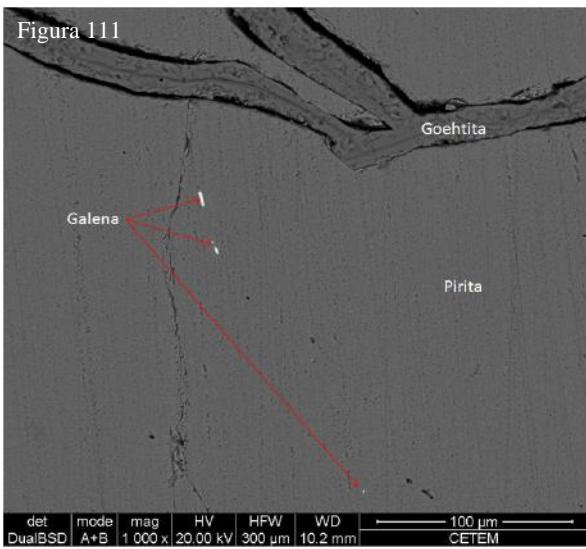


Figura 111 – Pirita com inclusões de galena e alterada intempericamente para goethita a partir da percolação de água nas fraturas. Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscica Tiradentes. Imagem de MEV. Amostra JU-97B.

Figura 112 – Grãos de calcopirita inclusos em pirita. Esta por sua vez encontra-se alterada nas bordas para goethita. Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscica Tiradentes. Imagem de MEV. Amostra JU-97B.

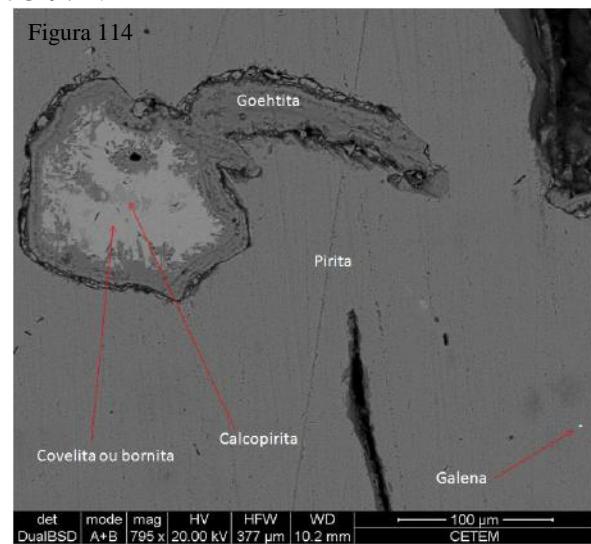
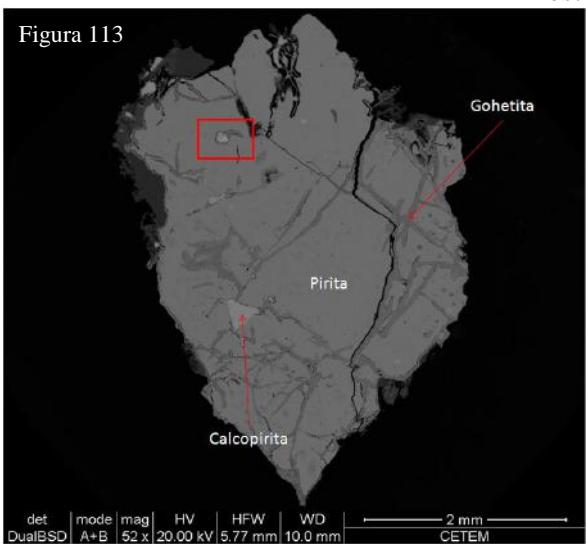


Figura 113 – Calcopirita inclusa em pirita, que está por sua vez alterada para goethita. No quadradinho vermelho, o zoom correspondente a figura 114. Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscica Tiradentes. Imagem de MEV. Amostra JU-97B.

Figura 114 – Pirita com inclusão de calcopirita, esta por sua vez esta intercrescida com covelita ou bornita. Destaca-se a presença de goethita ao redor deste conjunto de minerais, assim como nas fraturas da pirita. Rocha vulcânica - subvulcânica afanítica da suíte félscica Tiradentes. Imagem de MEV. Amostra JU-97B.

8.4.4 – Dados Geoquímicos

O estudo geoquímico foi realizado em dezesseis amostras, dentre estas dez pertencentes às rochas vulcânicas e subvulcânicas afaníticas da suíte félscica Tiradentes, seis dos corpos subvulcânicos faneríticos da suíte félscica Tiradentes e duas de um corpo tonalítico que ocorre ao sul do Rio das Mortes (pontos iniciados pela sigla AN - [Tabela 7 e 8](#)).

Tabela 7 - Resultados geoquímicos de elementos maiores (% peso), menores (% peso) e traços (ppm) das rochas vulcânicas - subvulcânicas afaníticas e faneríticas da suíte félscia Tiradentes e de um tonalito que aflora a sul do Rio das Mortes. Legenda: - = teores abaixo dos níveis de detecção ou não analisados.

| AMOSTRA | JU-87IA | JU-87C1 | JU-87F1 | JU-87F2 | JU-87H | JU-87J | BIA-40A | BIA-60B | BIA-31D | BIA-31E | JU-74A | JU-74B | JU-109E | JU-110B | JU-110C | JU-129 | AN-116A | AN-115A |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------|-----------|
| Rocha | vulc. afan. | vulc. fan. | ton.R.M | ton. R.M. |
| | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ▽ | ▽ | ▽ | ▽ | ▽ | ▽ | 田 | 田 |
| Laboratório | USP | USP | USP | USP | USP | USP | UFRJ | UFRJ | UFRJ | UFRJ | USP | USP | USP | USP | USP | USP | UFRJ | UFRJ |
| SiO₂ | 73,39 | 75,36 | 70,18 | 74,57 | 72,28 | 74,63 | 74,30 | 76,56 | 76,96 | 76,33 | 75,26 | 75,19 | 71,57 | 75,57 | 72,04 | 76,96 | 74,34 | 71,84 |
| TiO₂ | 0,22 | 0,20 | 0,23 | 0,20 | 0,23 | 0,20 | 0,17 | 0,22 | 0,21 | 0,15 | 0,22 | 0,22 | 0,33 | 0,14 | 0,31 | 0,19 | 0,22 | 0,54 |
| Al₂O₃ | 13,09 | 12,90 | 14,74 | 13,02 | 13,63 | 12,92 | 13,95 | 13,45 | 13,17 | 12,52 | 12,67 | 13,14 | 12,80 | 12,91 | 14,34 | 12,81 | 14,09 | 14,32 |
| Fe₂O₃ | 2,22 | 2,32 | 3,28 | 2,49 | 2,26 | 2,30 | 2,68 | 2,49 | 2,36 | 2,65 | 2,85 | 3,39 | 3,88 | 1,23 | 2,81 | 1,80 | 2,37 | 3,25 |
| MnO | 0,03 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,07 | 0,09 | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 0,05 |
| MgO | 0,99 | 0,21 | 0,63 | 0,33 | 0,56 | 0,33 | 0,08 | 0,20 | 0,22 | 0,03 | 0,11 | 0,03 | 0,52 | 0,35 | 0,36 | 0,12 | 0,38 | 0,76 |
| CaO | 3,49 | 1,50 | 2,06 | 1,79 | 3,54 | 2,19 | 1,70 | 0,83 | 0,88 | 0,61 | 0,88 | 1,14 | 3,99 | 1,96 | 2,00 | 1,39 | 2,56 | 2,56 |
| Na₂O | 4,74 | 5,40 | 6,48 | 5,86 | 5,50 | 5,76 | 6,20 | 4,98 | 5,38 | 6,30 | 5,04 | 5,49 | 4,27 | 5,57 | 6,14 | 4,76 | 4,29 | 4,69 |
| K₂O | 0,19 | 0,94 | 0,91 | 0,63 | 0,34 | 0,42 | 0,49 | 1,00 | 1,02 | 0,18 | 1,57 | 0,57 | 0,70 | 0,41 | 0,71 | 0,82 | 1,02 | 0,98 |
| P₂O₅ | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,06 | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 0,06 | 0,10 |
| P.F. | 0,80 | 0,42 | 0,36 | 0,30 | 0,66 | 0,30 | 0,30 | 0,3 | 0,25 | 0,68 | 0,70 | 0,62 | 0,86 | 0,70 | 0,52 | 1,10 | 0,56 | 0,66 |
| Total | 99,20 | 99,34 | 99,01 | 99,29 | 99,08 | 99,13 | 99,92 | 100,08 | 100,49 | 99,48 | 99,38 | 99,89 | 99,03 | 98,89 | 99,33 | 100,00 | 99,94 | 99,74 |
| S | - | - | - | - | - | 636,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ba | 75,00 | 547,00 | 617,00 | 475,00 | 176,00 | 226,00 | 871,00 | 548,00 | 982,00 | 759,00 | 74,00 | 584,70 | 371,90 | 276,80 | 494,50 | 550,70 | 534,40 | 736,20 |
| Rb | 4,00 | 17,00 | 16,00 | 12,00 | 7,00 | 1,00 | 21,00 | 34,00 | 21,00 | 19,00 | 9,40 | 6,70 | 20,90 | 7,90 | 11,70 | 13,70 | 28,90 | 21,90 |
| Sr | 162,00 | 86,00 | 123,00 | 107,00 | 166,00 | 13,00 | 232,00 | 117,00 | 109,00 | 117,00 | 58,40 | 97,20 | 444,30 | 129,00 | 242,90 | 112,90 | 191,80 | 328,70 |
| Zr | 23,00 | 26,00 | 292,00 | 263,00 | 264,00 | 268,00 | 298,00 | 252,00 | 413,00 | 414,00 | 289,80 | 315,50 | 510,10 | 109,80 | 278,10 | 252,60 | 192,30 | 367,70 |
| Nb | 13,00 | 14,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 20,00 | 32,00 | 34,00 | 34,00 | - | - | - | 8,80 | 9,00 | 10,70 | - | 9,20 |
| Ni | 35,00 | 12,00 | 21,00 | 27,00 | 26,00 | 26,00 | - | 7,00 | 3,00 | 4,00 | - | - | - | 5,40 | - | - | - | - |
| Co | 58,00 | 28,00 | 4,00 | 53,00 | 52,00 | 49,00 | - | - | - | - | 57,10 | 32,00 | 37,50 | 70,10 | 42,20 | 47,90 | - | - |
| Zn | 2,00 | 43,00 | 73,00 | 52,00 | 19,00 | 24,00 | 23,00 | 43,00 | 49,00 | 39,00 | 61,50 | 40,10 | 19,70 | 9,10 | 34,80 | 19,50 | 39,30 | 66,80 |
| Cr | 55,00 | - | 23,00 | 7,00 | 3,00 | 13,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Y | 6,00 | 58,00 | 61,00 | 6,00 | 6,00 | 59,00 | 5,00 | 103,00 | 95,00 | 61,00 | 53,30 | 37,20 | 16,30 | 8,40 | 30,70 | 55,60 | 12,20 | 11,60 |
| Hf | 6,44 | 7,44 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Th | 4,61 | 4,76 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 12,20 | - | - | - | |
| Pb | 5,33 | 4,72 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 9,70 | - | - | 12,10 | 6,50 |
| Ga | 14,00 | 17,00 | 21,00 | 17,00 | 15,00 | 16,00 | 17,00 | 15,00 | 2,00 | 19,00 | 17,00 | 19,30 | 19,90 | 14,50 | 18,70 | 17,30 | 17,80 | 16,80 |
| Cu | 59,00 | - | - | - | 105,00 | 21,00 | - | - | - | - | - | 11,40 | 58,40 | 12,90 | - | 29,50 | 9,80 | 21,40 |
| V | 13,00 | - | 9,00 | - | 22,00 | 9,00 | 47,00 | 52,00 | 47,00 | 46,00 | 12,40 | - | 17,70 | 12,20 | - | - | 22,60 | 27,40 |
| U | 1,11 | 1,04 | - | - | - | - | - | - | - | - | 4,10 | 4,50 | - | - | 3,40 | 3,50 | - | - |

Tabela 8 - Resultados geoquímicos de elementos terras raras (ppm) e norma CIPW das rochas vulcânicas - subvulcânicas afaníticas e faneríticas da suíte félssica Tiradentes. Legenda: Q = quartzo; C = córindon; Or = ortoclásio; Ab = albita; An = anortita; Di = diopsídio; Hy = hiperstênio; Il = ilmenita; Hm = hematita; Tn = titanita; Ru = rutilo; Ap = apatita e; Pr = pirita.

| AMOSTRA | JU-87IA | JU-87C1 | JU-87F1 | JU-87F2 | JU-87H | JU-87J | BIA-40A | BIA-60B | BIA-31D | BIA-31E | JU-74A | JU-74B | JU-109E | JU-110B | JU-110C | JU-129 | AN-116A | AN-115A |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| Rocha | vulc. afan. | vulc. fan. | ton. P.G. | ton. P.G. |
| | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ▽ | ▽ | ▽ | ▽ | ▽ | ▽ | ■ | ■ |
| Laboratório | Acme | Acme | USP | USP | USP | USP | UFRJ | UFRJ | UFRJ | UFRJ | USP | USP | USP | USP | USP | USP | UFRJ | UFRJ |
| La | 33,60 | 26,10 | 32,00 | 29,00 | 31,00 | - | - | - | - | - | - | 35,10 | 50,10 | 29,40 | 27,50 | 33,20 | - | - |
| Ce | 77,20 | 59,10 | - | 55,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | 91,90 | 63,70 | 58,60 | 52,20 | - | - |
| Pr | 9,74 | 7,35 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Nd | 39,10 | 29,60 | 28,00 | 35,00 | 28,00 | 3,00 | - | - | - | - | - | - | 35,60 | - | 15,90 | - | - | - |
| Sm | 8,49 | 6,62 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Eu | 1,17 | 1,18 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gd | 8,44 | 7,02 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Tb | 1,41 | 1,26 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Dy | 9,14 | 8,53 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ho | 2,13 | 2,08 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Er | 5,98 | 5,84 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Tm | 0,93 | 0,93 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Yb | 6,36 | 6,31 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Lu | 0,97 | 0,96 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NORMA CIPW | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q | 36.927 | 36.927 | 24.112 | 34.126 | 31.933 | 34.969 | 32.972 | 41.763 | 39.615 | 37.639 | 37.922 | 38.638 | 36.124 | 37.065 | 28.960 | 43.050 | 39.605 | 34.464 |
| C | 0,000 | 0,358 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,182 | 2,722 | 1,669 | 0,867 | 1,110 | 1,462 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,627 | 1,422 | 1,121 |
| Or | 1,123 | 5,555 | 5,378 | 3,723 | 2,009 | 2,482 | 2,872 | 5,910 | 6,004 | 1,070 | 9,278 | 3,369 | 4,137 | 2,423 | 4,196 | 4,846 | 6,028 | 5,791 |
| Ab | 40,109 | 45,693 | 54,832 | 49,586 | 46,540 | 48,740 | 52,497 | 42,122 | 45,524 | 53,334 | 42,647 | 46,455 | 36,132 | 47,132 | 51,955 | 40,278 | 36,301 | 39,686 |
| An | 13,879 | 7,207 | 8,444 | 7,361 | 11,498 | 8,157 | 8,291 | 3,963 | 4,225 | 2,977 | 4,281 | 5,538 | 13,691 | 9,013 | 9,470 | 6,726 | 12,296 | 12,067 |
| Di | 2,003 | 0,000 | 0,725 | 0,627 | 3,009 | 1,374 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 2,794 | 0,127 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Wo | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,538 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,499 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Hy | 1,537 | 0,523 | 1,233 | 0,531 | 0,000 | 0,185 | 0,189 | 0,508 | 0,555 | 0,075 | 0,274 | 0,075 | 0,000 | 0,813 | 0,897 | 0,299 | 0,947 | 1,893 |
| Il | 0,073 | 0,120 | 0,171 | 0,128 | 0,079 | 0,000 | 0,043 | 0,062 | 0,064 | 0,56 | 0,154 | 0,190 | 0,105 | 0,051 | 0,101 | 0,053 | 0,096 | 0,096 |
| Hm | 2,220 | 2,320 | 3,280 | 2,490 | 2,260 | 2,300 | 2,681 | 2,488 | 2,359 | 2,649 | 2,850 | 3,390 | 3,880 | 1,230 | 2,810 | 1,800 | 2,370 | 3,250 |
| Tn | 0,451 | 0,000 | 0,346 | 0,333 | 0,457 | 0,498 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,677 | 0,285 | 0,070 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Ru | 0,000 | 0,136 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,148 | 0,182 | 0,172 | 0,123 | 0,134 | 0,117 | 0,000 | 0,000 | 0,226 | 0,163 | 0,172 | 0,491 |
| Ap | 0,081 | 0,085 | 0,128 | 0,088 | 0,095 | 0,085 | 0,059 | 0,062 | 0,054 | 0,014 | 0,031 | 0,043 | 0,130 | 0,052 | 0,128 | 0,062 | 0,147 | 0,230 |
| Pr | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,074 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Som | 98,402 | 98,924 | 98,649 | 98,993 | 98,418 | 98,865 | 99,934 | 99,782 | 100,244 | 98,804 | 98,682 | 99,276 | 98,169 | 98,191 | 98,812 | 98,904 | 99,384 | 99,089 |

No diagrama TAS as rochas em questão plotam no campo dos riólitos (Figura 115) devido ao seu elevado conteúdo em SiO_2 . Entretanto, é importante ressaltar que no diagrama normativo An – Ab - Or estas posicionam-se no campo dos trondhjemitos e raramente no dos tonalitos (Figura 116). A classificação como trondhjemito para essas rochas é corroborada pelo forte enriquecimento em Na_2O (4,27 a 6,48% peso) e baixos conteúdos de K_2O (0,18% a 1,57% peso), conforme sugerido por Barker (1979). Destaca-se também que a razão muito elevada de $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (3,21 a 34,82% peso) é típica de rochas trondhjemíticas, bem como o conteúdo de SiO_2 (70,18 a 76,96% peso), de Al_2O_3 (12,52% a 14,74% peso), assim como o somatório Fe_2O_3 TOT + MgO que varia de 1,58 a 4,40% peso. De forma semelhante, o conteúdo de CaO das rochas estudadas (0,61 a 3,99% peso) aponta para valores típicos de trondhjemitos, não se alcançando os valores dos trondhjemitos cárnicos de Davis (1963). Quanto ao índice de aluminosidade, as rochas estudadas variam de metaluminosas e peraluminosas (Figura 117).

Em relação à filiação do magma do qual cristalizaram as rochas estudadas, pode-se classificá-lo como subalcalino no diagrama $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \times \text{SiO}_2$ (Figura 118). Porém estas rochas não possuem afinidade toleítica, pois não apresentam enriquecimento em FeO (Figura 119) nos termos finais da cristalização. Por apresentar enriquecimento final em Na_2O a tendência desse magma pode ser considerada como trondhjemítica, pois os magmas cárlio-alcalinos tendem a se enriquecerem em K_2O nos termos finais da cristalização (Figura 120).

Em relação ao ambiente de formação das rochas estudadas pode-se afirmar a partir do conteúdo de Al_2O_3 de que as mesmas são trondhjemitos de baixo alumínio (Figura 121), que é corroborado pelo diagrama $\text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{Yb}$, onde duas amostras com ETR analisados caem no campo dos trondhjemitos de baixo Al_2O_3 ou oceânicos (Figura 122). Em relação ao diagrama logarítmico $\text{Y}+\text{Nb} \times \text{Rb}$ (Figura 123) caracteriza-se que as amostras estudadas estão associadas principalmente a ambiente de arco vulcânico, porém mostrando enriquecimento bastante acentuado em Y, que pode estar relacionado à presença de xenotímio nas mesmas. O padrão de ETR das rochas vulcânicas – subvulcânicas da suíte felsica Tiradentes apresenta elevado conteúdo de ETRL e ETRP e pronunciada anomalia negativa de Eu (Figura 124).

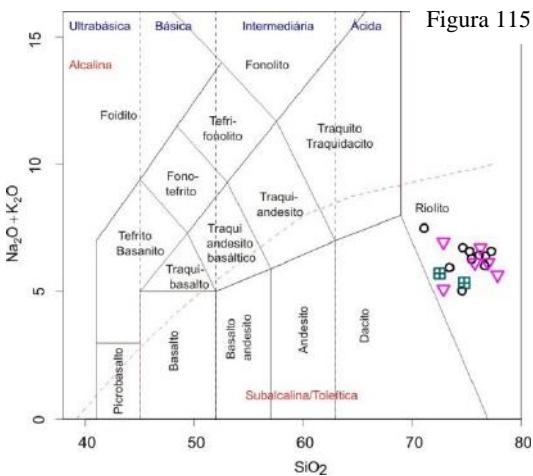


Figura 115

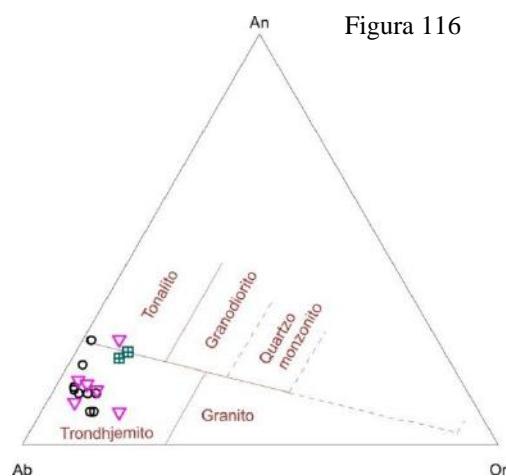


Figura 116

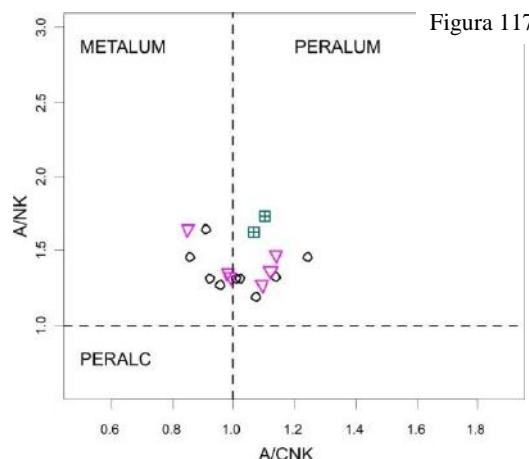


Figura 117

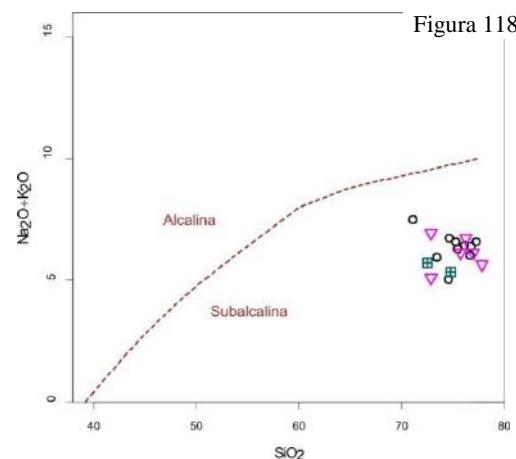


Figura 118

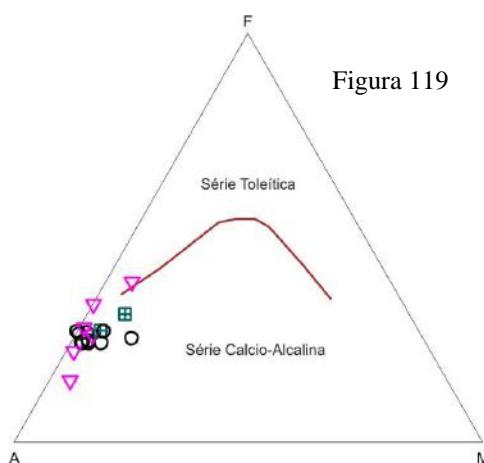


Figura 119

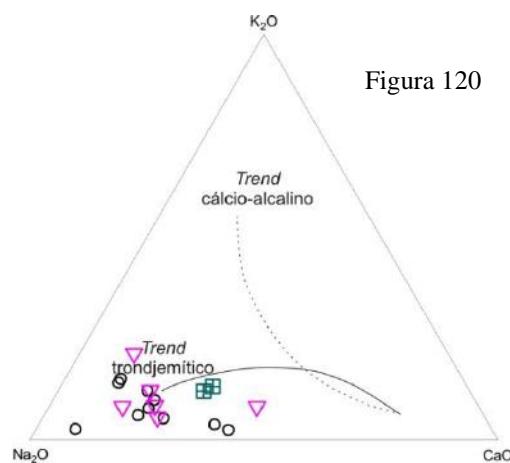


Figura 120

Figuras 115 a 120 - Diagramas discriminantes para as rochas vulcânicas à subvulcânicas afaníticas da suíte felsica Tiradentes (círculo preto), para rochas subvulcânicas faneríticas da suíte felsica Tiradentes (triângulo rosa), e para tonalitos dos pontos AN (quadrado verde com cruz no meio). Fig.115: $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \times \text{SiO}_2$ (TAS = Total Álcalis x Sílica), conforme Le Bas (1986). Fig.116: $\text{An}-\text{Ab}-\text{Or}$ (O'Connor, 1965); Fig.117: $\text{A/NK} \times \text{A/CNK}$, onde $\text{A/NK} = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})\text{MOL}$; $\text{A/CNK} = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})\text{MOL}$ (Maniar & Piccolli, 1989); Fig. 118 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \times \text{SiO}_2$ (Irvine & Baragar, 1971); Fig.119: AFM, onde $\text{A} = \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$; $\text{F} = \text{FeO} + 0,9\text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{M} = \text{MgO}$ (Irvine & Baragar, 1971). Fig. 120: $\text{K}_2\text{O} \times \text{Na}_2\text{O} \times \text{CaO}$ (Barker & Arth, 1976).

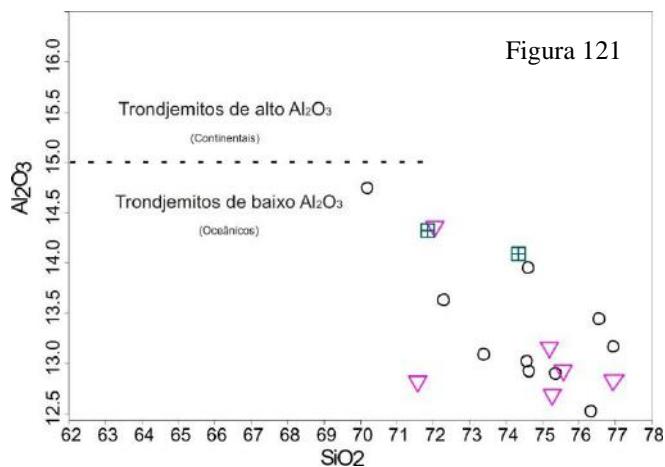


Figura 121

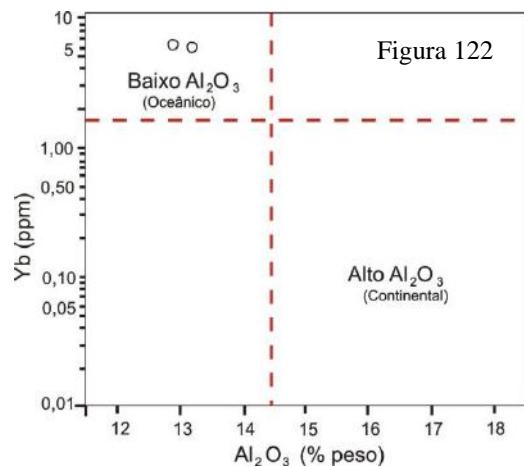


Figura 122

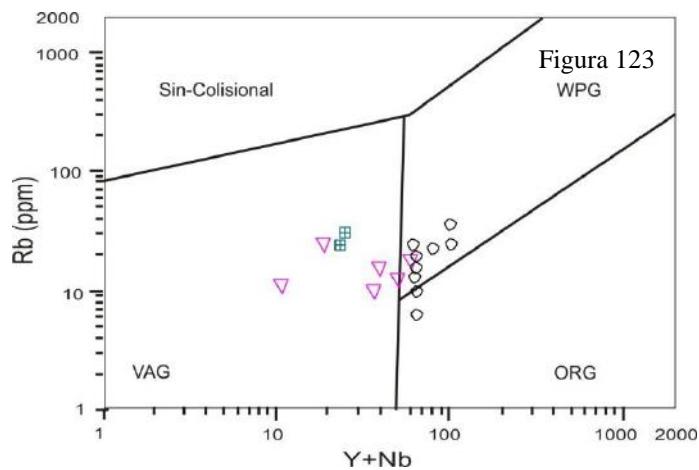


Figura 123

WPG

Figuras 121 a 123 - Diagramas discriminantes para rochas vulcânicas a subvulcânicas afaníticas da Suíte felsica Tiradentes (círculo preto), rochas subvulcânicas fanneríticas da Suíte felsica Tiradentes (triângulo rosa), e tonalitos dos pontos AN (quadrado verde com cruz no meio). Fig.32: Al_2O_3 x SiO_2 (Barker, 1979); Fig.33: Al_2O_3 xYb (Arth, 1979); Fig.34: Rb x (Y+Nb) (Pearce *et al.*, 1984), onde WPG = granitos intraplaca, VAG = granitos de arco vulcânico, ORG = granitos de cordilheira oceânica.

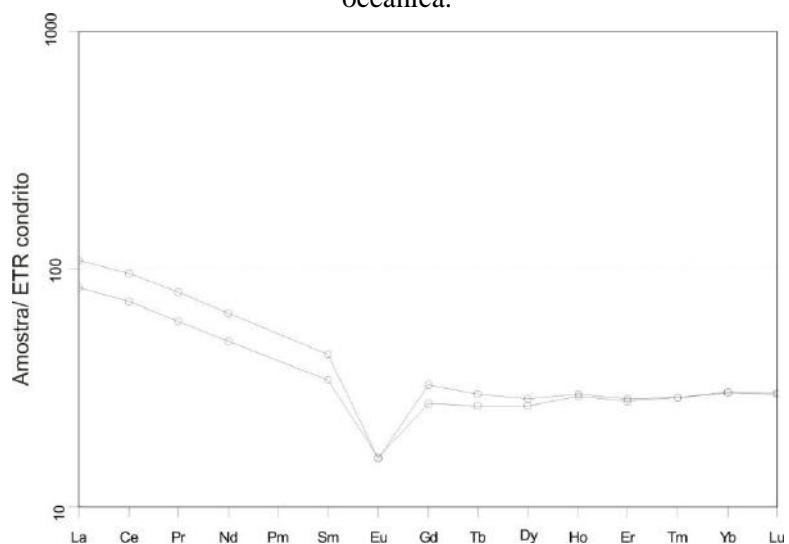


Figura 124 - Diagrama dos elementos terras raras normalizado pelo condrito de Boynton (1984).

8.5 – GNAISSE BANDADO

Durante os trabalhos de campo foi ainda encontrado em um único ponto (JU-158) um gnaisse bandado (Figura 125), com foliação anastomosada (Figura 126), contendo lentes maficas ricas em minerais micáceos escuros (*boudinadas*) e lentes felsicas. Uma análise da porção felsica corresponde a um tonalito subvulcânico contendo aglomerados maficos muito ricos em clorita.



Figura 125



Figura 126

Figura 125 - Gnaisse bandado contendo foliação anastomosada e lentes maficas ricas em biotita *boudinadas*. Ponto JU-158.

Figura 126 - Gnaisse bandado com nível mafico boudinado. Ponto JU-158.

8.6 – CORPOS ULTRAMÁFICOS INDIFERENCIADOS

8.6.1 – Aspectos de Campo

As rochas ultramáficas em geral ocorrem como blocos, enquanto os raros afloramentos são pequenos e descontínuos. Estas rochas aparecem associadas espacialmente tanto com o gabbro Vitoriano Veloso, quanto com as rochas vulcânicas - subvulcânicas afaníticas da suíte félscica Tiradentes, não se sabendo ao certo a sua relação com estes conjuntos. Estas rochas possuem coloração verde a preta quando frescas e arroxeadas a amarronzada quando alteradas (Figura 127). Possuem granulação variando de fina a grossa e sua mineralogia essencial é representada por hornblenda esverdeada e tremolita-actinolita, enquanto a acessória por talco, clorita, biotita, magnetita (Figura 128) e pirita (Figura 129).

As rochas ultramáficas podem ser cortadas por diques e apófises de rochas subvulcânicas faneríticas da suíte félscica Tiradentes, bem como apresentar quartzo associado a veios. Cabe ressaltar que no ponto JU-135, uma rocha ultramáfica (rica em tremolita - actinolita) encontra-se foliada e apresenta sobrecrecimento de cristais aciculares marrons, que não estão orientados segundo a foliação principal (Figura 130).

8.6.2 – Aspectos Petrográficos

Foram descritas duas lâminas, uma de anfibolítito (JU-10) e uma de piroxenito (JU-140B), onde ambas são ricas em clorita e anfibólito que varia de incolor a verde pálido (tremolita), cuja forma é tabular e alongada. A primeira lâmina também possui em sua mineralogia essencial hornblenda, enquanto a segunda, piroxênio. Ambas as rochas são faneríticas, hipermelanocráticas, com granulação original de fina a média, entretanto a maior parte da rocha é composta por uma fina massa de cristais diminutos.



Figura 127 - Saprólito de rocha ultramáfica com coloração variando de arroxeadas a amarronzadas mostrando feições de dobramento (de acordo com o pontilhado preto). Ponto JU-192.

Figura 128 - Rocha ultramáfica rica em grãos de tremolita (aciculas amarronzadas), contendo cristais de magnetita (nos círculos vermelhos). Ponto JU-95.



Figura 129

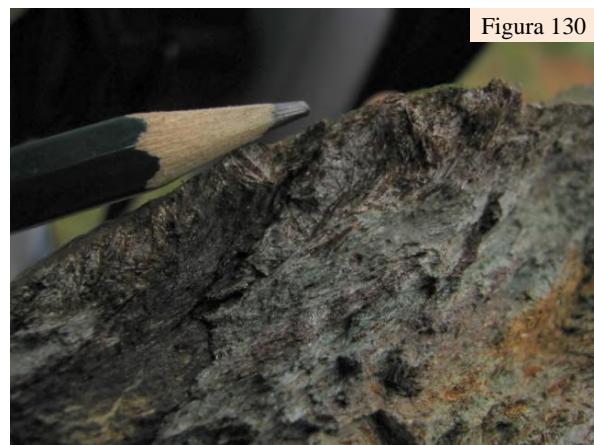


Figura 130

Figura 129 - Rocha ultramáfica rica em anfibólito e clorita, contendo cristal de pirita limonitizada (no círculo amarelo). Ponto JU-10.

Figura 130 - Rocha ultramáfica foliada e rica em grãos de tremolita onde observa-se nas regiões mais alteradas intempericamente o sobrecrecimento de grãos aciculares marrons. Pontos JU-135.

Na lâmina JU-10 a hornblenda possui pleocroísmo de verde escuro a marrom e apresenta titanita e rutilo em suas clivagens e fraturas. Suas bordas são sempre substituídas por um anfibólito incolor (Figuras 131 e 132), que apresenta elevada cor de interferência, sendo que ambos são alterados para talco, zoisita - clinozoisita e mais usualmente clorita (Figura 133). Epidoto ocorre em pequena quantidade. O mineral mais abundante é a clorita, chegando a formar cristais de até 2mm e veios monominerálicos.

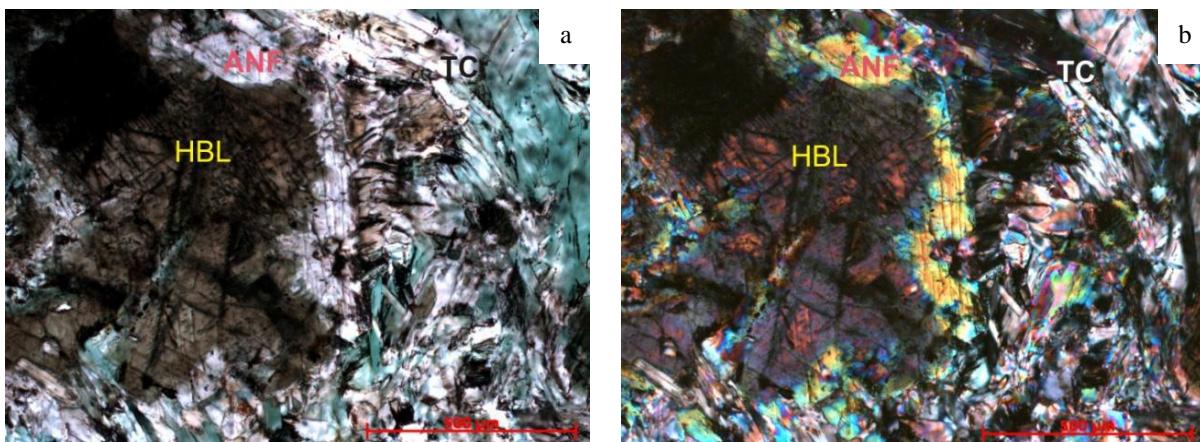


Figura 131 – Hornblenda marrom (HBL) substituída por um anfibólito incolor (ANF) e talco (TC). **a)** Polarizadores paralelos. **b)** Polarizadores cruzados. Corpos ultramáficos indiferenciados. Ponto JU-10.

Cabe ressaltar que a lâmina JU-140B possui delgadas zonas de cisalhamento, evidenciadas pela forte orientação dos grãos de clorita (Figuras 134 e 135). Nesta lâmina ocorre, ainda, grãos de clinopiroxênio, que quando substituídos pelo anfibólito ocasionam a formação de diminutas inclusões de cristais castanhos aciculares. Este processo é dado de forma irregular, evidenciada por regiões melhor preservadas dentro do próprio grão, aparecendo sem estas inclusões (Figura 136). Em alguns lugares é possível observar a

passagem do clinopiroxênio para anfibólito (Figura 136) e mais pontualmente, alguns grãos completamente transformados para placas de anfibólito (Figura 137). É importante ainda ressaltar que o anfibólito envolve grãos de piroxênio, onde o conjunto aparece estirado e com formato lenticular (Figura 138).

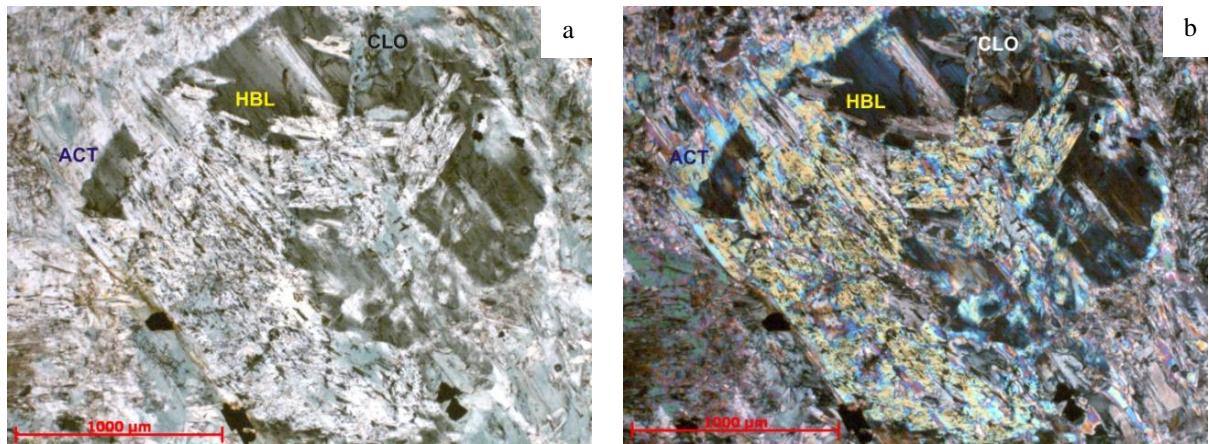


Figura 132 – Hornblenda marrom (HBL) substituída por um anfibólito incolor (ANF) e ambos sendo alterados para clorita (CLO). **a**) Polarizadores paralelos. **b**) Polarizadores cruzados. Corpos ultramáficos. Ponto JU-10.

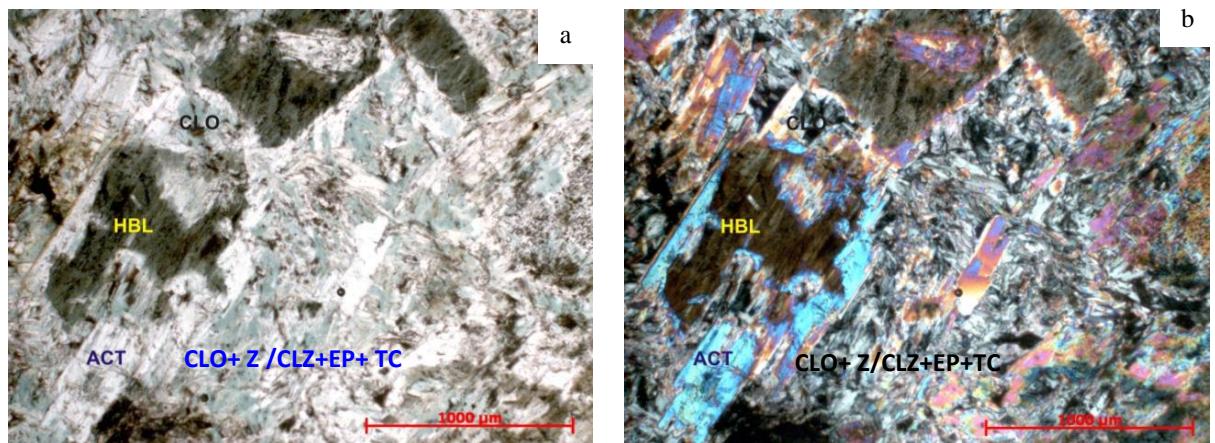


Figura 133 – Hornblenda marrom (HBL) substituída por um anfibólito incolor (ANF) e ambos sendo alterados para clorita (CLO) e aglomerados de clorita com zoisita/clinozoisita (Z/CLZ), epidoto (EP) e talco (TC). **a**) Polarizadores paralelos. **b**) Polarizadores cruzados. Corpos ultramáficos. Ponto JU-10.

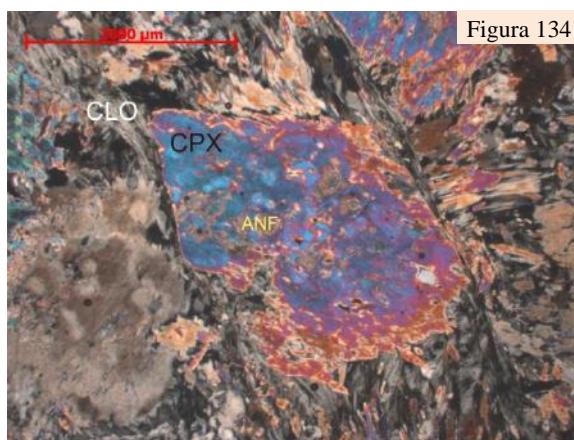


Figura 134

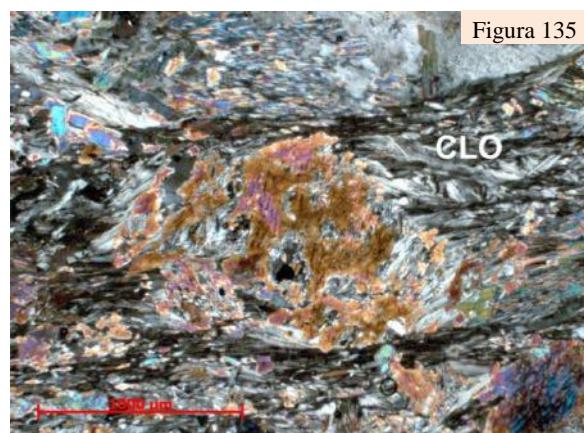


Figura 135

Figura 134 – Rocha contendo zonas de cisalhamento evidenciadas por um aglomerado de cristais fortemente orientados de clorita. Polarizadores cruzados. Corpo ultramáfico. Ponto JU-140B.

Figura 135 – Microzonas de cisalhamento evidenciadas por um aglomerado de cristais de clorita e pela deformação de um porfiroclasto de hornblenda. Polarizadores cruzados. Corpos ultramáficos. Ponto JU-140B.

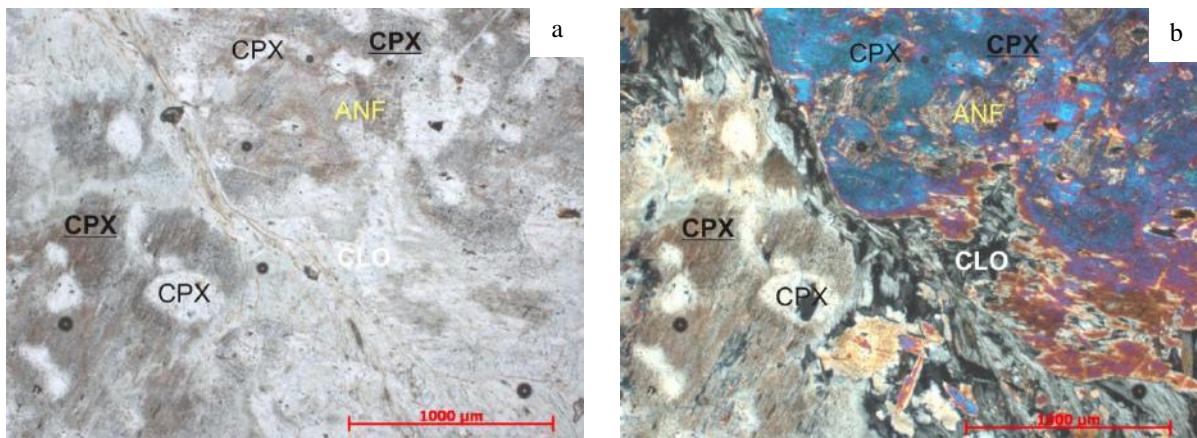


Figura 136 – Grãos de clinopiroxênio (CPX) que ao ser substituído por anfibólito ocasionam a formação de diminutas inclusões de cristais castanhos aciculares neste último. Corpos ultramáficos indiferenciados. **a)** Polarizadores paralelos. **b)** Polarizadores cruzados. Ponto JU-140B.

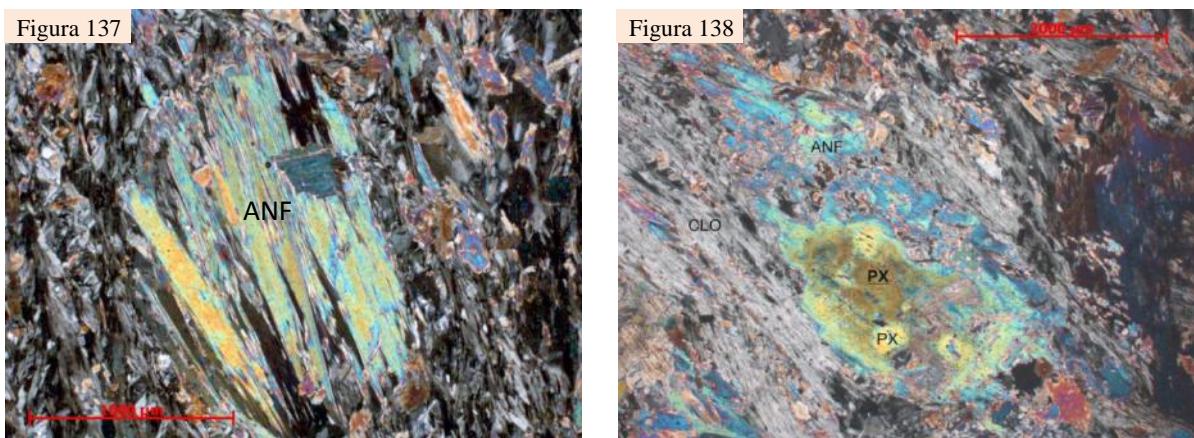


Figura 137 – Transformação completa de um grão de clinopiroxênio para anfibólito de alta birrefringência (ANF). Polarizadores cruzados. Corpos ultramáficos indiferenciados. Ponto JU-140B.

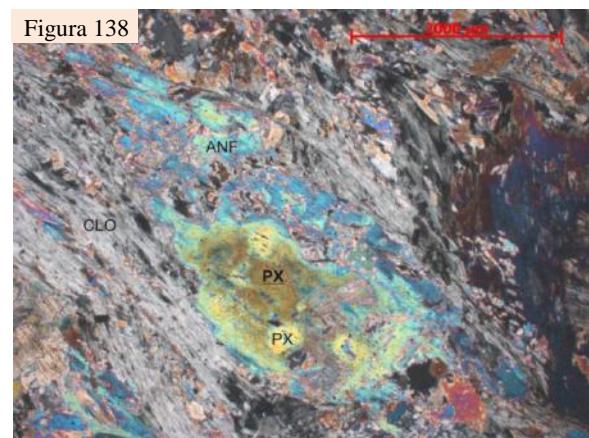


Figura 138 – Grão de clinopiroxênio (PX) substituído por um anfibólito (ANF) de elevada birrefrigência e este por clorita (CLO). Polarizadores cruzados. Corpos ultramáficos indiferenciados. Ponto JU-140B.

8.6.3 – Estudos por Difratometria de Raios-X

Foi realizada uma análise de difratometria de raios-X de minerais verdes (coletados após quebra da amostra JU-10 e posterior seleção em estereomicroscópio) objetivando a classificação do anfibólito presente (Figura 139). Os resultados obtidos apontaram para a presença de actinolita, clinocloro (mineral do grupo das cloritas) e talco. Neste caso, foi confirmado que o anfibólito é actinolita.

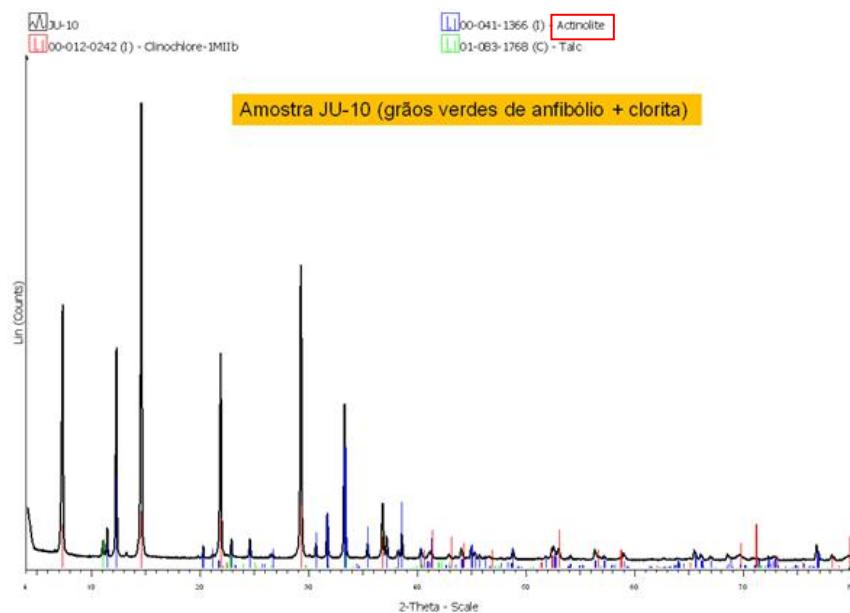


Figura 139 – Difratograma de grãos verdes selecionados por estereomicroscópio da amostra JU-10, caracterizando cristais de actinolita, clinocloro e talco.

9 – DISCUSSÕES

O mapeamento geológico da área abrangendo a região entre as cidades de Tiradentes, Vitoriano Veloso, Prados e Dores de Campos possibilitou a identificação de quatro unidades distintas de mapeamento: i) gábro Vitoriano Veloso; ii) andesito máfico Santo Antônio; iii) suíte félsica Tiradentes e; iv) corpos ultramáficos indivisos. Outras unidades ocorrem na área, porém não foram estudadas em maior detalhe.

9.1 – GÁBRO VITORIANO VELOSO

O mapeamento geológico e os estudos petrográficos evidenciaram que as rochas pertencentes ao gábro Vitoriano Veloso preservam minerais e texturas ígneas, embora sobrepostas por feições metamórficas. Neste mesmo sentido, apatita, minerais opacos, titanita e allanita representam os primeiros minerais a cristalizar do magma e foram seguidos por plagioclásio, ortopiroxênio e clino piroxênio e por fim, através de processos tardios há a percolação de fluidos, que ocasionaram a substituição de ambos os piroxênios pela hornblenda ([Figuras 140 e 141](#)). Esta substituição foi responsável pela formação de diminutos grãos aciculares de titanita. Além disso, as principais feições ígneas dessas rochas correspondem a:

- i) Presença de clino e ortopiroxênio em proporções variáveis.
- ii) Ampla variação na granulação (no sentido N-S) e na porcentagem entre os minerais máficos e félsicos, caracterizando uma diferença composicional dada por um acamamento ígneo;
- iii) Rochas com texturas cumuláticas e intercumuláticas, típicos de conjuntos ígneos acamados;
- iv) Minerais acessórios presentes ou ausentes em diferentes rochas, indicando diferenças compostionais nos protólitos;
- v) Orientação dos cristais de plagioclásio por fluxo magmático;
- vi) Formação de fases minerais pegmatíticas associadas à percolação de fluidos residuais de cristalização magmática;
- vii) Presença de enclaves autolíticos;

Conclui-se então, que estas rochas fazem parte de um complexo acamado com strike aproximado E-W. O conjunto é extremamente falhado e provavelmente, mais a oeste há exposição das rochas das porções mais basais, pois afloram gabros com granulação grossa.

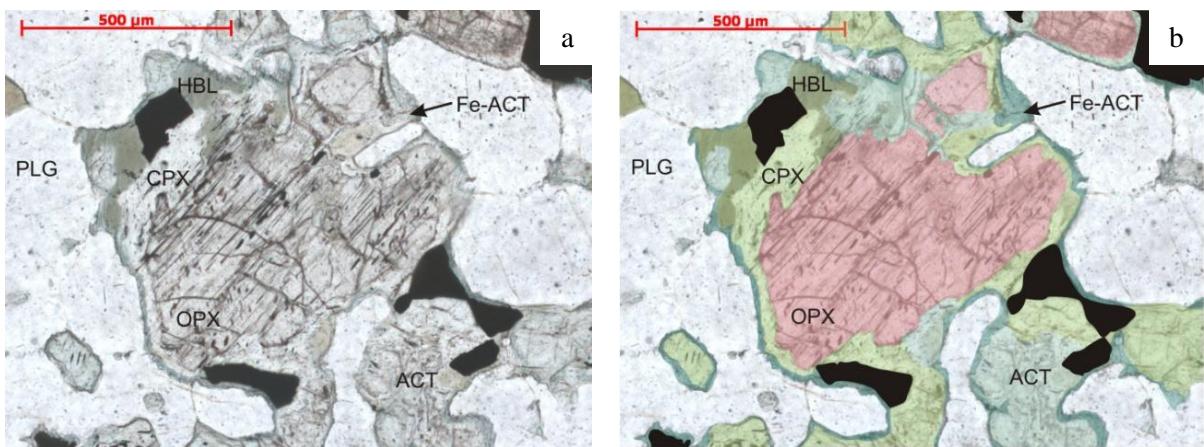


Figura 140 - Ortopiroxênio (OPX) envolto por clinopiroxênio (CPX) e este último, substituído pela hornblenda (HBL). O conjunto todo passa por transformações metamórficas, formando inicialmente actinolita (ACT) e por fim, ferro-actinolita (Fe-ACT), onde a) Polarizadores paralelos e; b) Fotomicrofotografia editada em Corel Draw X a fim de ressaltar as diferentes fases minerais. Gabbro Vitoriano Veloso Lâmina JU-196.

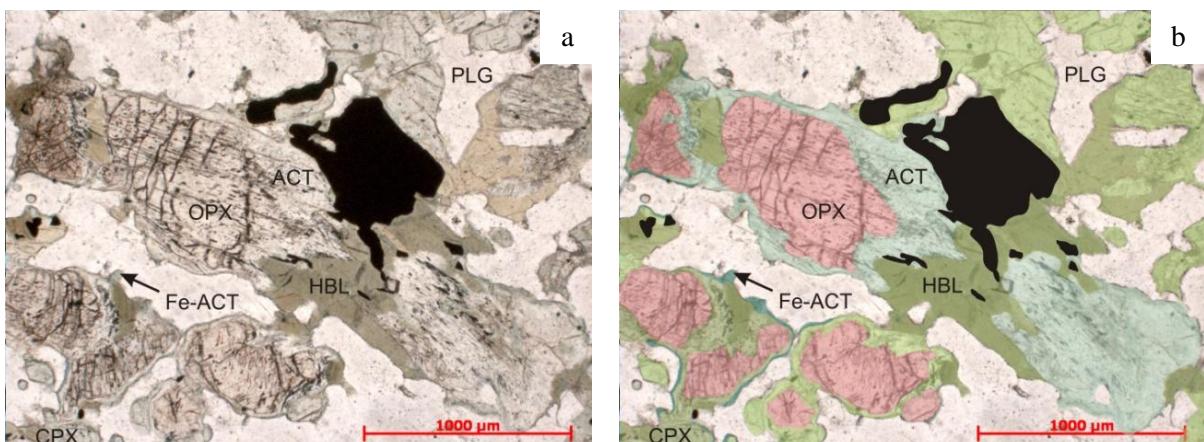


Figura 141 - Ortopiroxênio (OPX) envolto por clinopiroxênio (CPX) e este último, substituído pela hornblenda (HBL). O conjunto todo passa por transformações metamórficas, formando inicialmente actinolita (ACT) e por fim, ferro-actinolita (Fe-ACT), onde a) Polarizadores paralelos e; b) Fotomicrofotografia editada em Corel Draw X a fim de ressaltar as diferentes fases minerais. Gabbro Vitoriano Veloso Lâmina JU-196.

Já a principal feição metamórfica observada nas rochas deste corpo corresponde ao sucessivo crescimento de diferentes tipos de anfibólio, representados pela actinolita e ferro-actinolita. A actinolita ocorre na forma fibrosa (Figura 142) alterando os dois tipos de piroxênio e a hornblenda, mas em geral, esta é observada nos centros dos grãos de hornblenda, obliterando a sua geminação e indicando que se formou posteriormente a mesma. Já a ferro-actinolita ocorre na borda dos piroxênios, da hornblenda (Figura 143) e da actinolita.

Segundo Oliver (1951), tal processo de substituição de piroxênio por anfibólio (uralitização) começa na superfície externa do piroxênio, transformando-o num agregado de

delgados prismas de anfibólito, paralelos entre si e ao grão original. Quando o processo é completo, o cristal inteiro vira um agregado de fibras. Monkoltip *et al.* (1986) definem ainda, que durante o processo de anfibolitização, devido a dificuldade de difusão de Al e Si, os anfibólitos cárquicos são zonados e comumente contém *blebs* de quartzo (Figura 143). Descontinuidades nestes zonamentos dão origem ao par actinolita-hornblenda e representam um desequilíbrio na rocha, onde tal reação pode acontecer tanto em caso de metamorfismo progressivo, quanto retrógrado.

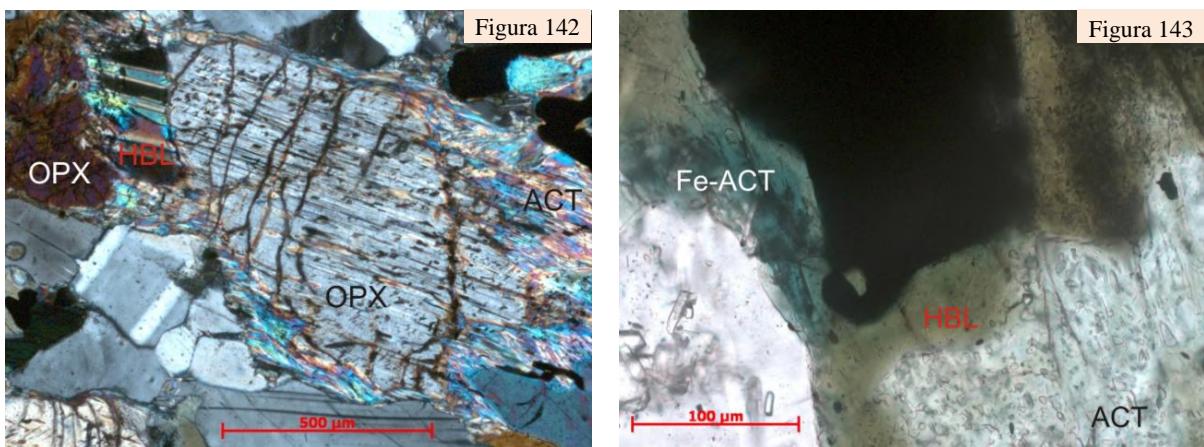


Figura 142 - Ortopyroxênio (OPX) sendo substituído pela hornblenda (HBL), ambos sendo transformados metamórficamente para actinolita (ACT). Polarizadores cruzados. Gabro Vitoriano Veloso Lâmina JU-196.

Figura 143 - Hornblenda (HBL), sendo substituída por actinolita (ACT) no centro do grão e ferro-actinolita (Fe-ACT) em sua borda. Polarizadores cruzados. Gabro Vitoriano Veloso Lâmina JU-196.

Desta forma, primeiramente é importante ressaltar que não se descarta a possibilidade de parte da hornblenda descrita ser metamórfica, seja esta oriunda do processo que gerou a actinolita, seja de um pulso metamórfico anterior. Ainda neste contexto, a formação da actinolita é inconclusiva uma vez que esta pode ter sido originada por metamorfismo retrógrado (se existir hornblenda metamórfica – Figura 144), ou ainda, por um pulso metamórfico distinto. Neste último caso, a constância desta fase mineral no centro dos cristais de hornblenda poderia indicar zonamento ígneo, ou ainda, a presença de buracos, por onde houve a percolação dos fluidos que facilitaram a transformação metamórfica. Já para a formação da ferro-actinolita, restam ainda duas possibilidades: de ter ocorrido metamorfismo progressivo, iniciando com a formação da actinolita e terminando nas condições de formação da ferro-actinolita, ou ainda, a ocorrência de um pulso metamórfico distinto de mais alta temperatura.

No que diz respeito à caracterização das fácies metamórficas, pode-se concluir que os dois pulsos que geraram actinolita e ferro actinolita são pertencentes à fácie xisto verde

(Figura 144), embora, em geral, a segunda seja característica de mais altas temperaturas que a primeira. Em suma, a Tabela 9 apresenta considerações acerca dos diferentes crescimentos minerais na área estudada e suas respectivas fácies metamórficas, descritas através de cinco hipóteses.

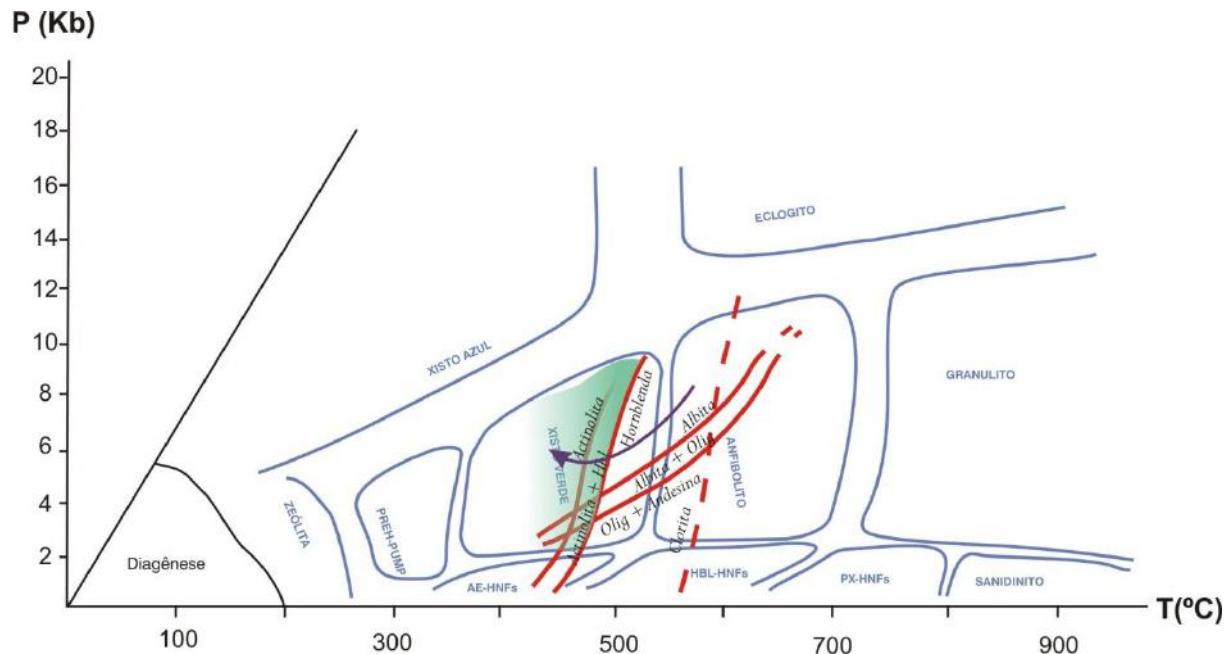


Figura 144 - Diagrama P-T (Pressão-Temperatura) editado de Eskola (1915 in Yardley, 2004). Em verde, o campo de estabilidade mineral correspondente à formação de actinolita e a seta roxa representa uma das possibilidades de formação deste mineral, através de retrometamorfismo. Em azul, as fácies metamórficas e em vermelho, os campos de estabilidade das correspondentes fases minerais. Abreviações utilizadas: HNFs = hornfels; AE = albita-epidoto; HBL = hornblenda; PX = piroxênio; PREH-PUMP = prehnita-pumpellyita; Olig = oligoclásio; Plag = plagioclásio; Qtz = quartzo.

Tabela 9 - Tabela correlacionando as hipóteses de formação dos minerais, pressupondo até 3 eventos metamórficos na área estudada. Legenda: seta vermelha = transformação de minerais ígneos para metamórficos; seta azul = transformação mineral dentro de um mesmo pulso metamórfico e; seta verde = transformação mineral dada em pulsos metamórficos diferentes.

| Eventos Metamórficos | Minerais Ígneos | Minerais Metamórficos | | Fácies Metamórficas |
|----------------------|-----------------|--|---|---|
| 1 evento | hbl + px | act $\xrightarrow{\text{fe-act}}$ | | xisto verde a anfibolito |
| 2 eventos | hbl + px | act (1º pulso) | $\xrightarrow{\text{fe-act}}$ (2º pulso) | 1º) xisto verde 2º) xisto verde alto a anfibolito baixo |
| | hbl + px | hbl (1º pulso) | act $\xrightarrow{\text{fe-act}}$ (2º pulso) | 1º) anfibolito 2º) xisto verde alto a anfibolito baixo |
| | hbl + px | hbl $\xrightarrow{\text{act}}$ (1º pulso) | $\xrightarrow{\text{fe-act}}$ (2º pulso) | 1º) anfibolito a xisto verde 2º) xisto verde alto a anfibolito baixo |
| 3 eventos | hbl + px | hbl (1º pulso) | act $\xrightarrow{\text{fe-act}}$ (2º pulso) | 1º) anfibolito 2º) xisto verde alto a anfibolito baixo |

Juntamente aos anfibólios metamórficos, cristaliza-se rutilo, titanita, epidoto, zoizita, clinozoizita e biotita, e posteriormente, afetando todo este conjunto, ocorrem processos metamórficos-hidrotermais intensos de cloritação, sericitização e epidotização, chegando a obliterar muitas das feições e texturas anteriores. Em suma, a ordem de cristalização dos minerais primários e secundários pode ser explicitada na **Tabela 10**.

Tabela 10 - Tabela de evolução da mineralogia das rochas do gabbro Vitoriano Veloso. A linha contínua indica cronologia da cristalização das fases minerais durante o evento que a formou. Já a linha pontilhada representa incerteza do evento formador dos respectivos minerais.

| Mineralogia | Magmático | Metamórfico1 | Metamórfico2 | Metam/Hidrotermal |
|--------------------------|-----------|--------------|--------------|-------------------|
| Apatita | — | | | |
| Opacos ¹ | — | | | |
| Allanita | — | | | |
| Titanita ¹ | — | | | |
| Ortopiroxênio | — | — | | |
| Clinopiroxênio | — | — | | |
| Plagioclásio | — | — | | |
| Hornblenda | — | — | | |
| Titanita ² | — | — | | |
| Tremolita-Actinolita | | — | | |
| Quartzo (<i>blebs</i>) | | — | | |
| Rutilo | — | — | — | — |
| Titanita ³ | — | — | — | — |
| Opacos ² | — | — | — | — |
| Epidoto ¹ | | — | — | — |
| Zoizita ¹ | | — | — | — |
| Clinzoizita ¹ | | — | — | — |
| Fe-Actinolita | | — | — | — |
| Biotita | | — | — | — |
| Clorita | | | — | — |
| Epidoto | | | — | — |
| Zoizita ² | | | — | — |
| Clinzoizita ³ | | | — | — |

As rochas do gabbro Vitoriano Veloso são em geral caracterizadas como basaltos toleíticos enriquecidos em MgO e de uma maneira geral a tendência da maioria das amostras é plotarem no campo das rochas provenientes de arco de ilha.

9.2 – ANDESITO SANTO ANTÔNIO

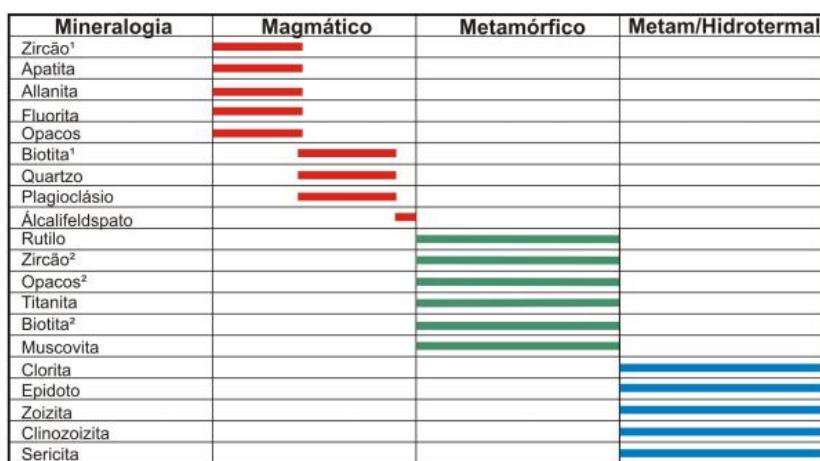
As rochas andesíticas maficas Santo Antônio possuem características mineralógicas semelhantes ao gabbro Vitoriano Veloso, como a presença de hornblenda magmática com aspecto “sujo”, devido a exsolução de minerais castanhos aciculares nas clivagens e fraturas (titanita), assim como a formação de actinolita metamórfica. Entretanto, algumas diferenças foram notadas, como a actinolita se desenvolvendo ao redor de hornblenda e não no centro dos cristais, assim como a presença de biotita como mineral essencial. Ainda neste contexto, pode-se então melhor caracterizar a paragênese hidrotermal contendo clorita, titanita, biotita e epidoto.

9.3 – SUÍTE FÉLICA TIRADENTES

As rochas da suíte félisica Tiradentes foram subdivididas, de uma forma geral, em dois conjuntos litológicos que refletem a profundidade de cristalização do magma: rochas vulcânicas a subvulcânicas afaníticas, com *emplacement* em níveis crustais mais rasos; e rochas subvulcânicas faneríticas, indicando níveis crustais um pouco mais profundos.

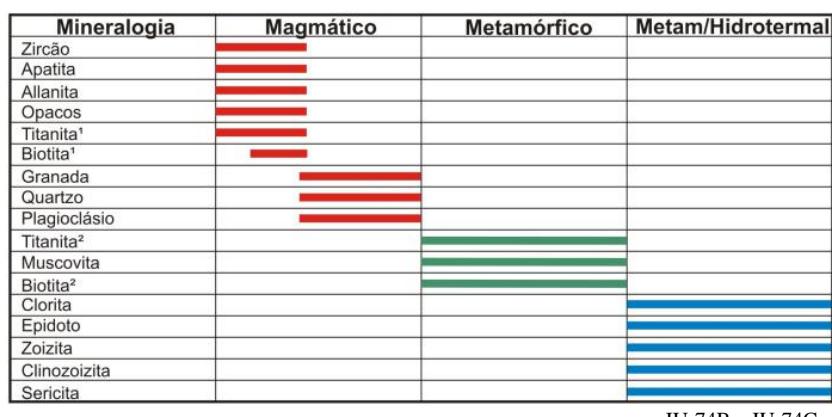
Além disso, no que diz respeito às rochas faneríticas, foi observada uma certa heterogeneidade mineralógica, embora sempre se reconheçam três paragêneses: magmática, metamórfica e metamórfica/hidrotermal. Em suma, a ordem de cristalização das rochas da suíte félisica Tiradentes pode ser observadas nas [Tabelas 11 e 12](#).

Tabela 11 - Ordem de cristalização dos minerais magmáticos, metamórficos e metamórficos-hidrotermais das lâminas JU-26, Ju-41A e JU-41C. A posição da linha contínua indica cronologia da cristalização das fases minerais durante o evento que a formou.



JU-26, JU-41A, JU- 41C

Tabela 12 - Ordem de cristalização dos minerais magmáticos, metamórficos e metamórficos-hidrotermais das lâminas JU-74A e JU-74B. A posição da linha contínua indica cronologia da cristalização das fases minerais durante o evento que a formou.



JU-74B e JU-74C

Quanto à composição química, as rochas da suíte félisica Tiradentes podem ser classificadas como trondjemitos de baixo Al_2O_3 . Segundo Barker (1979), rochas com tais

características são produto da diferenciação de um magma andesítico de baixo potássio ou ainda, resultantes de fusão parcial de um anfibolito ou gабro em um processo de subducção da crosta oceânica sob crosta oceânica (Figura 145). E nestes casos, o magma resultante cristalizaria em um ambiente de arco vulcânico intra-oceânico, onde o resíduo da fusão seria representado por piroxênio + hornblendita + plagioclásio ± granada.

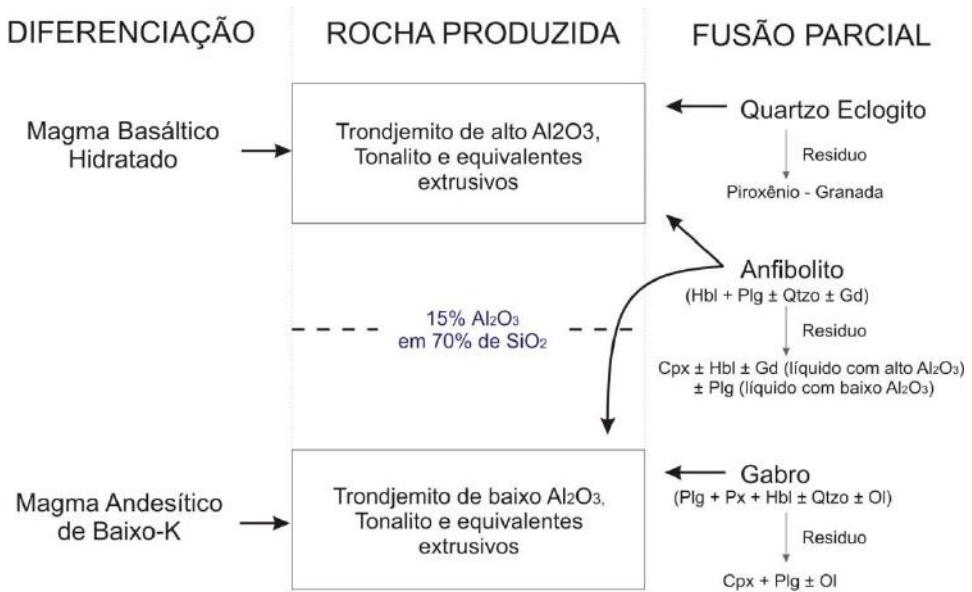


Figura 145 - Diagrama esquemático mostrando a geração de líquidos tonalíticos-trondjemíticos com altos e baixos teores de Al₂O₃, resultado de diferenciação magmática e fusão parcial. Modificado de Barker & Arth (1976 *in* Barker, 1979).

9.4 – ROCHAS ULTRAMÁFICAS

O estudo de campo e petrográfico das rochas ultramáficas foi de grande importância, pois embora somente duas lâminas tenham sido descritas, a evolução mineralógica observada é muito interessante.

Observou-se em campo amostras com cristais orientados e estes são sobrecrescidos por uma fase mineral posterior que não está orientada segundo a foliação, sugerindo pelo menos dois pulsos deformacionais distintos.

Já nas lâminas petrográficas cabe ressaltar a passagem observada de hornblendita (ígnea ou metamórfica) para actinolita e posteriormente de ambas para clorita. Foi ainda possível observar transformação do piroxênio para anfibólio e neste caso ocorre uma exsolução de vários compostos químicos que cristalizam sob a forma de diminutas inclusões de titanita. Ao redor destes minerais ocorre um outro anfibólio, incolor e o conjunto escontra-se estirado, envolvido por uma grande quantidade de clorita, formando uma textura lepidoblástica ocelar. Provavelmente houve uma grande entrada de fluido contemporânea à formação da clorita.

10 – CONCLUSÕES FINAIS

A região estudada é composta de forma geral pelo gабro Vitoriano Veloso, andesitos m谩ficos Santo Antônio e suíte félsica Tiradentes. Desta forma, as duas primeiras unidades claramente possuem transforma es minerais características de pelo menos dois pulsos metamórficos e de um último metamórfico/hidrotermal. J o no caso das rochas da suíte félsica Tiradentes somente foi possível caracterizar um pulso metamórfico e outro metamórfico-hidrotermal.

Ainda neste contexto,  vila *et al.* (2010) publicaram uma síntese dos eventos metamórficos Paleoproterozóicos descritos no Cinturão Mineiro, caracterizando o primeiro (2250-2190 Ma) como de fácies anfibolito médio, o segundo (2131-2100 Ma) de fácies xisto verde a anfibolito baixo e o terceiro de fácies anfibolito (**Tabela 13**).

Tabela 13 - Síntese dos eventos metamórficos Paleoproterozóicos do Cinturão Mineiro  vila *et al.* (2010).

| Evento Metamórfico | Fácies Metamórficas | Parag eneses |
|---|---------------------------------------|--|
| Paleoproterozóico I: 2250-2190 Ma ( vila <i>et al.</i> , 2008 <i>in</i>  vila <i>et al.</i> , 2010) | Fácies anfibolito médio | Mg-hornblenda, Fe-hornblenda + oligoclásio ou andesina   clorita   epidoto   biotita   titanita   ilmenita (Cherman,1999 <i>in</i>  vila <i>et al.</i> , 2010) (Toledo, 2002 <i>in</i>  vila <i>et al.</i> , 2010) |
| Paleoproterozóico II: 2131-2100 Ma ( vila <i>et al.</i> , 2000 <i>in</i>  vila <i>et al.</i> , 2010) | F cies xisto verde a anfibolito baixo | Actinolita   albita   epidoto   biotita   titanita |
| Paleoproterozóico III: 2059-2030 Ma (Machado <i>et al.</i> , 1996 <i>in</i>  vila <i>et al.</i> , 2010) | Fácies anfibolito | Caracterizada no Quadrilátero Ferrífero |

Por fim, Sollner & Trouw (1997) datam o último pulso metamórfico que afetou esta região (604-567 Ma), que seria correspondente   fácies xisto verde (pressão alta) a anfibolito e mineralogicamente caracterizado por cianita + biotita + clorita + granada + cloritóide + quartzo + estaurolita (Ribeiro *et al.*, 1995).

Conclui-se então que o único pulso metamórfico descrito no Cinturão Mineiro compatível com a forma o de actinolita é o Paleoproterozóico II. Neste mesmo contexto, a ferro-actinolita pode ser produto do metamorfismo progressivo (formada no mesmo evento da actinolita), ou ainda, formada durante o evento Paleoproterozóico III. Assim, caso o g brio Vitoriano Veloso seja mais novo que 2190 Ma, a hornblenda teria que ser magmática, pois a parag eneses metamórfica do Paleoproterozóico II na região estudada não alcançou condi es de pressão temperatura para a forma o de hornblenda. Posteriormente a estes eventos, a parag eneses típica de baixa temperatura, contendo clorita, biotita, epidoto, zoisita, clinzoisita, titanita e sericita seriam oriundas das orogenias do Neoproterozóico.

Além disso, ressalta-se aqui que o ambiente geotectônico em que o gábrico Vitoriano Veloso e as rochas da suíte felsica Tiradentes foram formados é tipicamente de arco intraoceânico não mais pertencendo ao *Greenstone Belt Dores de Campos* como proposto por Noce *et al.* (1987), Noce *et al.* (2000), Ribeiro *et al.* (2003) e Mello (2003). Caracteriza-se então, que possivelmente, com o início da subducção haveria a formação de magmas básicos, formando plútôns acamadados (gábrico Vitoriano Veloso) e com a continuidade dos processos estes magmas evoluiriam para andesíticos contendo fases máficas (andesitos Santo Antônio). Posteriormente, os magmas trondjemíticos seriam resultantes da própria diferenciação dos andesitos, ou ainda, produto da fusão parcial das rochas gabróides ou anfíbolíticas associadas ao fundo oceânico (anfíbolitos do *Greenstone Belt Dores de Campos*).

10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu F.M., 2007. *Mapeamento geológico da região de Tiradentes – Estação de Prados: Caracterização Petrográfica de Rochas Anfíbolíticas e Geoquímica do Granito Gentio*. Monografia de Graduação, Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional – UFRJ, Rio de Janeiro, 66p.
- Alkmim F. 2004. O que faz de um cráton um cráton ? O Cráton do São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimita-lo. In: Mantesso-Neto et al. (eds) *Geologia do Continente SulAmericano*. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Becca, 17-35 p.
- Almeida F.F.M. 1977. *O Cráton do São Francisco*. Rev. Bras. Geoc.,7:349-364.
- Almeida F.F.M., Hasui Y., Neves B.B.B., Fuck R.A. 1981. *Brazilian Structural provinces: an introduction*. Earth Sci.Rev.,17:1-29.
- Arth J.G. 1979. Some trace elements in trondhjemites – their implications to magma genesis and paleotectonic setting. In: Barker F. (ed.) *Trondhjemites, dacites and related rocks*. Elsevier, Amsterdam, p.124-132.
- Ávila C. A. ; Teixeira W. ; Cordani U. G. ; Moura C.A.V. ; Pereira R. M. 2010. *Rhyacian (2.23-2.21) juvenile accretion in the southern São Francisco craton, Brazil: Geochemical and isotopic evidence from the Serrinha magmatic suite, Mineiro belt*. Journal of South American Earth Sciences, **29**: 464-482 p.
- Ávila C.A. 1992. *Geologia, petrografia e geoquímica das rochas Pré-Cambrianas (unidade metadiorítica Itutinga e unidade metatrondjemítica Caburu) intrusivas nas rochas do Greenstone Belt Barbacena, São João del Rei, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 282p.
- Ávila C.A. 2000. *Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos Paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton São Francisco, região de São Francisco, região de São João del Rei, Minas Gerais*. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 401 p.
- Ávila C.A. 2004. *Geologia e petrografia do Quartz Monzodiorito Glória, Cinturão Mineiro, porção sul do Cráton São Francisco, Minas Gerais*. Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, **62**(1):83-98.
- Ávila C.A., Barreto H.R., Valenca J.G., Ribeiro A., Pereira R.M., 2007a. *Petrografia e evolução magmática da Suíte Serrinha, porção meridional do Cráton São Francisco, Estado de Minas Gerais, Brasil*. Arquivos do Museu Nacional **65**: 59–81.
- Ávila C.A., Bongiolo E.M., Teixeira W., Dussin I.A., Vieira, T.A.T., Guerrero J.C. 2011. Geoquímica e geocronologia das rochas vulcânicas e subvulcânicas rhyacianas da suite felsica Tiradentes e sua relação com o Cinturão Mineiro. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica.
- Ávila C.A., Teixeira W., Barreto H.R., Pereira R.M. 2006. *Geochemistry of the Glória quartz-monzodiorite: implications of dioritic magmatism in the Paleoproterozoic evolution of the southern sector of the Mineiro Belt, Minas Gerais State, Brazil*. Arq. Mus. Nac. **64**:73-92.
- Ávila C.A., Valenca J.G., Moura C.A.V., Pereira R.M., Klein V.C. 2003. *Geoquímica e idade do Tonalito/Trondhjemito Cassiterita, borda meridional do Cráton São Francisco, Minas Gerais, Brasil*. Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, **61**(4):267-284.

- Ávila C.C., Teixeira W., Cordani U.G., Moura C.A.V., Pereira R.M. 2010. *Ryacian juvenile accretion in southern São Francisco craton, Brazil: geochemical and isotoic evidence from the Serrinha Magmatic Suite, Mineiro Belt*. Journal of South American Earth Sciences, **29**(2): 464-482.
- Ávila, C.A.; Teixeira, W. & Pereira, R.M., 2004. Geologia e petrografia do Quartzo Monzodiorito Glória, Cinturão Mineiro, porção sul do Craton São Francisco, Minas Gerais. Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, **62**(1):83-98.
- Barbosa J.S.F., Sabate, P., Marinho, M.M. 2003. *O Cráton do São Francisco na Bahia: uma síntese*. Revista Brasileira de Geociências., **33**(1): 3-6 p.
- Barbosa O. 1954. *Evolution de geosynclinal Espinhaço*. In: International Geological Congress, Comptes Rendus, Argel, Argélia, **XII**: 2-37 p.
- Barker F. & Arth J.G., 1976. *Generation of trondhjemite-tonalitic liquids and Archean bimodal trondhjemite-basalt suites*. Geology, **4**: 596-600.
- Barker F. 1979. Trondhjemites, dacites and related rocks. In: Barker F. (ed.) *Trondhjemites, dacites and related rocks*. Elsevier, Amsterdam, p.1-12.
- Barker, F. & Arth, J.G., 1976 - Generation of trondhjemitic-tonalitic liquids and Archean bimodal trondhjemite-basalt suites. Geology, Boulder, **4**(10):596-600.
- Batchelor R.A., Bowden, P. 1985. *Petrogenetic interpretation of granitoids series using multicationic parameters*. Chemical Geology, **48**:43-55.
- Best, M.G. 1982. *Igneous and Metamorphic Petrology*. W.H. Freeman and Company, New York, 630p.
- Bezerra Filho A.P. 2006. *Geologia, petrografia e geoquímica do quartzo diorito dores de campos e suas rochas encaixantes, região de tiradentes - dores de campos, estado de Minas Gerais*. Monografia de Trabalho de Graduação, Instituto de Agronomia, Departamento de Geociências – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 52p.
- Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Gonçalves J.H., Vidotti R.M. 2003. *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, mapas e SIG*. CPRM, Brasília, 692p.
- Bongiolo E. M. 2005. *Depósitos hidrotermais em arcos magmáticos e alterações associadas*. (Monografia de exame de qualificação).
- Boynton W.V. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson, P. (Ed.), *Rare Earth Element Geochemistry*. Elsevier, Amsterdam, pp. 63–114.
- Brito Neves, B.B., Winge, M., Carneiro, M.A. 1996. *Orogêneses precedendo e tafrogêneses sucedendo Rodínia na América do Sul*. Bol. IG-USP, Sér. Cient., **27**: 1- 40.
- Carneiro A.C. 1992. *O Complexo Metamórfico Bonfim Setentrional (Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais): Litoestratigrafia e Evolução Geológica de um Segmento de Crosta Continental do Arqueano*. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 233p.
- Colony R.J. 1935. *Schiller Structure*. American Mineralogist, **20** (12):828-837.
- Cox K.G., Bell J.D., Pankhurst R.J. 1979. *The interpretation of igneous rocks*. London,Georg Allen & Unwin Ltd, 450p.

Dardenne M.A., Schobbenhaus C. 2001. *Metalogênese do Brasil*. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 392p.

Davis G. A. 1963. *Structure and mode of emplacement of Caribou Mountain pluton, Klamath Mountains, California*. Geol. Soc. America Bull., **74**(3): 331-348.

De la Roche H., Leterrier J., Grandclaude P., Marchal M. 1980. *A classification of volcanic and plutonic rocks using RIR2-diagram and major-element analyses — Its relationships with current nomenclature*. Chemical Geology, **29**(1-4):183-210.

Didier J. & Barbarin B. 1991. The different types of enclaves in granites – Nomenclature. In: Didier J. & Barbarin B. (ed.) *Enclaves and Granite Petrology*. Netherlands, Elsevier, 19-23.

Dorado, A.C. 1989. *Petrografía Básica – Texturas, Clasificación y Nomenclatura de Rocas*. Madrid, Ed. Paraninfo, 143p.

Ebert H. 1963. *The manganese-bearing Lafaiete Formation as a guide-horizon in the Pre-Cambrian of Minas Gerais*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, **35**(4):545-559.

Ebert, H. 1957. Aspectos principais da geologia de São João del Rei, Estado de Minas Gerais. Relatório inédito da PROSPEC, 120p. Publicado “in memoriam” pela SBG, Núcleo São Paulo. Publicação 12/1984:1-71.

Ebert. H. 1956. Relatório sobre a atividade no ano de 1955; Relat. An.Dir, p.79 – 85.

Heilbron M., Duarte B.P., Valeriano C.M., Simonetti A., Machado N., Nogueira J.R. 2010. *Evolution of reworked Paleoproterozoic basement rocks within the Ribeira belt (Neoproterozoic), SE-Brazil, based on U–Pb geochronology: Implications for paleogeographic reconstructions of the São Francisco-Congo paleocontinent*, Precambrian Research, **178**: 136–148.

ICDD. 2006. *International Centre for Diffraction Data - PDF-2 Powder Diffraction File*, Newton Square, PA.

Irvine T.N., & Baragar W.R.A. 1971. *A guide to chemical classification of the common volcanic rocks*. Canadian Journal of Earth Sciences, **8**:523-548.

Jensen, L.S., 1976, *A new cation plot for classifying subalkaline volcanic rocks*. Ontario Geological survey, Miscellaneous Paper 66, 22 p.

Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B. 1986. *A chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silica diagram*. Journal of Petrology, London, **27**: 745-750.

Le Maitre R.W., Bateman P., Ducek A., Keller J. Lameyre J., Le Bas M.J., Sabine P.A., Schmid R., Sorensen H., Streckeisen A., Wooley A.R. & Zanettin B. 2002. *A classification of igneous rocks and glossary of term*. Blackwell Scientific Pub., London, 193 p.

Macêdo E.P., 2006. *Petrografia, litogeocímica e evolução geotectônica dos granulitos da região de Amargosa, Brejões, Santa Inês, Jaguaquara e Itamari, Bahia, Brasil*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 305p.

Maniar P.D. & Piccoli P.M. 1989. *Tectonic discrimination of granitoids*. Geological Society of America Bulletin, **101**: 635–643.

Mello A.G.M. 2003. *Rochas metavulcânicas e metaplutônicas máficas e ultramáficas do Greenstone Belt Barbacena e metagranitóides intrusivos, na área de Dores de Campos, sul do estado de Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 159 p.

- Mogessie A., Gallien F., Bernhard F., Bauer C., Castro de Machuca B., Meissl, E. 2009. *Greenokite and associated sulfide mineralization from the Caledonia Mines, Blanca Creek, La Huerta Range, San Juan Province, Argentina*. The Canadian Mineralogist **47**: 129–141.
- Monkgol tip P. & Ashworth J.R. 1986. *Amphibolitization of metagabros in the Scottish Highlands*. J. metamorphic Geol., **4**:261-283.
- Mori, P. E.; Reeves, S.; Correia, C. T.; Haukka, M. 1999. Development of a fused glass disc XRF facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociências, University of São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, **29**: 441-446.
- Mullen E.D. 1983. *MnO/TiO₂/P₂O₅: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis*. Earth and Plan. Science Letters, **62**: 53-62.
- Noce C.M., Pedrosa-Soares A.C., Silva L.C., Armstrong R., Piuzana D., 2007. *Evolution of polycyclic basement complexes in the Araçuaí orogen, based on U–Pb SHRIMP data: Implication of Brazil–Africa links in Paleoproterozoic time*. Precambrian Research **159**: 60–78.
- Noce, C. M. 1987. Estudo geológico-estrutural do Grupo São João de Rei na região de Tiradentes-Barroso -Barbacena, MG e considerações sobre seu embasamento. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p.156.
- Noce, C.M., Teixeira W., Quéméneur, J.J.G., Martins, V.T.S. & Bolzachini E. 2000. *Isotopic signatures of paleoproterozoic granitoids from southern São Francisco Craton and implications for the evolution of the Transamazonian Orogeny*. Journal of South American Earth Sciences, Oxford, **13**(2):225-239.
- O'Connor J.T. 1965. *A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios*. US Geological Survey Professional Papers, **525**(B):79-84.
- Oliver T.A. 1951. *The effect of uralization upon the chemical composition of the sudbury norite*. American Mineralogist **5**: 421-429.
- Passchier, C. & Trow, R. 1996. *Microtectonics*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p.289.
- Patterson D.J. 1985. Zincian greenockite in stratiform lead-silver mineralization at Lady Loretta, northwest Queensland. *Canadian Mineralogist*, **23**: 89-94. Disponível em: http://rruff.info/uploads/CM23_89.pdf. Acesso em: 13/08/2011.
- Pearce J.A. & Cann J.R. 1973. *Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses*. Earth and Planetary Science Letters, **19**:290-300.
- Pearce J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G. 1984. *Trace elements discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granite rocks*. Journal of Petrology, **25**: 956-983.
- Pearce, J.A. & Cann, J. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis, *Earth and Planetary Science Letters* **19** (1973), pp. 290–300.
- Peccerillo A. & Taylor S.R. 1976. *Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey*. Contributions to Mineralogy and Petrology **58**:63-81.
- Pedrosa-Soares A.C., Dardenne M.A., Hasui Y., Castro F.D.C., Carvalho M.V.A., Reis A.C. 1994. *Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, escala 1:1.000.000. Belo Horizonte, Brasil*. Companhia Mineradora de Minas Gerais.

Pedrosa-Soares, A.C.; Dardenne, M.A.; Hasui, Y.; Castro, F.D.C.; Carvalho, M.V.A.; Reis, A.C. 1994a. Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, escala 1:1.000.000. Belo Horizonte, Brazil, Companhia Mineradora de Minas Gerais.

Peñalva G.A., Jovic S.M., Chernicoff C.J., Guido D.M., Schalamuk I. 2008. Cuerpos intrusivos asociados a las mineralizaciones polimetálicas del depósito Cerro León, área del anticlinal El Tranquilo, Santa Cruz: evidencias geofísicas. *Rev. Asoc. Geol. Argent.*, **63**(1). Disponible em: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0004-48222008000100002&script=sci_arttext. Acesso em: 13/08/2011.

Petri, S.; Coimbra, A.M.; Ojeda, H.O.; Fulfaro, V.J.; Ponçano, W.L. 1986. Guia de nomenclatura estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, **16**: 376-415.

Pires, F.R.M. 1978. The Archean Barbacena Greenstone Belt in its typical development and the Minas Itabirite distribution at the Lafaiete district, Minas Gerais, Brazil. *An. Acad. Bras. Ci.*, **50**(4):599-600 p.

Quemeneur J.J.G. & Baraud, E.R. 1982. *Geología da área pegmatítica de São João del Rey, Minas Gerais, Brasil*. In: SBG, Congresso Latino Americano de Geología. Argentina, 5, Atas, p.39-53.

Ribeiro A., Ávila C.A., Valençá J., Paciullo F.V.P., Trouw R.A.J. 2003. Geologia da Folha São João del Rei (1:100.000). In: Companhia Mineradora de Minas Gerais – COMIG (Ed.) *Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Brasileiro na Margem Sul do Cráton São Francisco*. Revista Brasileira de Geociências, **25**: 235-248.

Ribeiro A., Ávila C.A., Valençá J.G., Paciullo F.V.P., Trouw R.A.J. 2003. Geologia da Folha São João del Rei (1:100.000). Companhia Mineradora de Minas Gerais – COMIG (Ed.). *Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Brasileiro*, **III** (11): 521-622p.

Ribeiro A., Trouw, R.A.J., Andreis R.R., Paciullo F.V.P., Valençá J.G. 1995. *Evolução das bacias proterozoicas e o termo-tectonismo Brasiliano na margem sul do Cráton do São Francisco*. Revista Brasileira de Geociências, **25**(4): 235-248p.

Shervais J.W. 1982. *Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas*. Earth and Planetary Science Letters, **59**:101–118.

Souza A.N. 2009. *Evolução petrográfica e geoquímica do granitóide Ritápolis, borda meridional do Cráton São Francisco*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 118p.

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

Teixeira W., Ávila C.A., Nunes L.C. 2008. *Nd-Sr Isotopic Geochemistry and Geochronology of the Fé Granitic Gneiss and Lajedo Granodiorite: implications for paleoproterozoic Evolution of the Mineiro Belt, Southern São Francisco Craton, Brazil*. Revista do Instituto de Geociências, USP, **8**(1): 53-74.

Teixeira W., Sabaté, P., Barbosa, J., Noce C.M., Carneiro M.A. 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton. In: Cordani U.G, Milani E.J., Thomas Filho A., Campos, D.A. (eds.) *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral, p.101-137.

Teixeira, W. & Figueiredo, M.C.H. 1991. *An outline of early proterozoic crustal evolution in the São Francisco Craton, Brazil: a review*. Precambrian Research, **53**:1-22.

Toledo, C.L.B. 2002. *Evolução geológica das rochas maficas e ultramáficas no Greenstone Belt Barbacena, na região de Nazareno, MG.* Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 307 p.

Tombros S., St. Seymour K., Spry P.G., Williams-Jones A. 2005. *Greenockite and zincian greenockite in epithermal polymetallic Ag–Au–Te mineralization, Tinos Island, Hellas: Description and conditions of formation.* N. Jb. Miner. Abh., **182** (1):1-9 p.

Trouw, R. A. J.; Ribeiro, A. & Paciullo, F. V. P. 1986. *Contribuição à geologia da folha Barbacena 1:250.000.* Anais do 34º Congresso Brasileiro de Geologia Goiânia, Sociedade Brasileira de Geologia, 2:972-986 p.

Trow R.A.J, Ribeiro A., Paciullo F.V.P. 1986. *Contribuição à geologia da Folha Barbacena – 1:250.000.* Anais do 34º Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia, 2:974-986.

Vasques F.S.G., Ávila C.A., Teixeira W., Mendes J.C., Bezerra Filho, A.P., Abreu F.M. 2010a. *Caracterização petrográfica e geoquímica das rochas anfibolíticas do greenstone belt Dores de Campos, Minas Gerais.* Anais do 45º Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia.

Vasques F.S.G., Ávila C.A., Teixeira W., Mendes J.C., Guimarães, E.H.A. 2010b. *Caracterização petrográfica, geoquímica e isotópica de anfibolitos do greenstone belt Rio das Mortes, estado de Minas Gerais.* Anais do 45º Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia.

Vasques, F.S.G.V. 2009. *Mapeamento geológico, petrografia, geoquímica das rochas anfibolíticas do Greenstone Belt Rio das Mortes e estudo de diques metabásicos e de gábrico-diabásio, região de Cassiterita – Ritápolis, Estado de Minas Gerais.* Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 109 p.

Watkins P.J.; Nolan, J. 1992. *Determination of rare-earth element, yttrium, scandium and hafnium using cation-exchange separation and inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.* Chem. Geol., **95**:131-139.

Williams, H., Turner, F.J., and Gilbert, C.M. 1954. *Petrografia: Uma Introdução ao Estudo das Rochas em Seções Delgadas - tradução de Ruy Ribeiro Franco.* São Paulo, Polígono e Editora da Universidade de São Paulo, 424p.

Winchester J.A. & Floyd P.A. 1977. *Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements.* Chem. Geol., **20**:325-343.

Yardley, B.W.D. 2004. *Introdução à petrologia metamórfica - tradução de Reinhardt Adolfo Fuck.* Brasília, Editora Universidade de Brasília, 432p.

Anexo IV: Descrição dos Pontos JU

| Ponto | Coordenadas | Litologia | Observações |
|---|-------------|-----------|------------------------------|
| Data: 05/02/09 - Júlia + Ciro + Amaro + Bruno + Sérgio + Eduardo | | | |
| JU-01 | 0595136 | 7670124 | diabásio |
| JU-02 | 0594670 | 7670124 | diabásio |
| JU-03 | 0594219 | 7670094 | granitóide |
| JU-04 | 0593786 | 7670669 | diabásio (?) |
| JU-05 | 0595701 | 7670737 | diabásio |
| JU-06 | 0595499 | 7670587 | diabásio + granitóide |
| JU-07 | 0595380 | 7670074 | diabásio |
| Data: 06/02/09 - Júlia + Ciro + Amaro | | | |
| JU-08 | 0592720 | 7666085 | ??? |
| JU-09 | 0593149 | 7665926 | ??? |
| JU-10 | 0592356 | 7665543 | rocha ultramáfica |
| JU-11 | 0593767 | 7665668 | granitóide + gabro grosso |
| JU-13 | 0594399 | 7665451 | granitóide |
| JU-14 | 0594578 | 7665535 | granitóide |
| Data: 07/02/09 - Júlia + Ciro + Amaro + Bruno + Sérgio + Eduardo | | | |
| JU-15 | 0594944 | 7669491 | diabásio |
| JU-16 | 0594815 | 7669475 | Veio de quartzo + diabásio |
| JU-17 | 0594463 | 7669123 | (meta) gabro |
| JU-18 | 0594020 | 7669300 | diabásio |
| JU-19 | 0594033 | 7669497 | granitóide |
| JU-20 | 0593728 | 7669249 | - |
| JU-21 | 0595193 | 7669720 | pegmatito + veios de quartzo |
| JU-22 | 0595271 | 7669975 | diabásio |
| JU-23 | 0595644 | 7669734 | gabro médio |
| JU-24 | 0595818 | 7669427 | gabro médio |
| Data: 08/02/09 - Júlia + Ciro + Amaro | | | |
| JU-25 | 595263 | 7666137 | diabásio + (meta) gabro |
| JU-26 | 0595969 | 7666833 | gabro médio |
| JU-27 | 0596100 | 7667008 | gabro médio |
| JU-28 | 0596192 | 7667293 | gabro médio |
| JU-29 | 0595995 | 7667185 | gabro médio |
| JU-31 | ? | ? | gabro médio e fino |
| JU-32 | 0596601 | 7666493 | gabro médio |
| JU-33 | 0596536 | 7666672 | gabro médio e fino |
| JU-34 | 0596469 | 7666802 | gabro médio |
| JU-35 | 0596291 | 7666970 | gabro médio |
| JU-36 | 0596420 | 7667169 | gabro médio |
| JU-37 | 0596268 | 7667569 | gabro médio |

| | | | | |
|-------|---------|---------|-----------------------|--|
| JU-38 | 0596270 | 7667899 | gabro médio | Ocorre veio de quartzo e fase félsicacortando. |
| JU-39 | 0596203 | 7668226 | gabro médio | Saprólito. |
| JU-40 | 0596017 | 7668367 | gabro médio | |
| JU-41 | 0595496 | 7669342 | granítóide + diabásio | Ocorre granítóide médio cortando o diabásio. Entre eles ocorre uma rocha verde, sem feldspatospato, muito foliada. <u>AMOSTRAS:</u> JU-41A e JU-41C: granítóide; JU-41B: rocha verde. |

Data: 09/02/09 - Júlia + Ciro + Amaro + Rodrigo + Ariadne + Paulo + Maicon

| | | | | |
|-------|---------|---------|-----------------------------|---|
| JU-42 | 0594300 | 7668568 | diabásio | Saprólito. Ocorre manganês secundário nas fraturas. Ocorre pegmatito (strike: 40-220). |
| JU-43 | 0594201 | 7668694 | diabásio + gabro fino/médio | |
| JU-44 | 0593989 | 7668660 | diabásio + gabro fino/médio | Ocorre pegmatito. |
| JU-45 | 0593787 | 7668631 | granítóide + diabásio/gabro | Ocorre saprólito de granítóide médio. Ao longo da estrada mais interação entre o diabásio e gabro. |
| JU-46 | 0593783 | 7668350 | diabásio | Saprólito de diabásio sendo cortado por pegmatito. Pouco antes ocorre outro granítóide médio. |
| JU-47 | 0593650 | 7668193 | diabásio | Saprólito. |
| JU-48 | 0594870 | 7669029 | Pegmatito | A rocha encaixante é básica (sem quartzo). |
| JU-49 | 0595174 | 7669155 | gabro | Um pouco mais fino. |
| JU-50 | 0595641 | 7669456 | diabásio + gabro | <u>AMOSTRA:</u> JU-50: diabásio. |
| JU-51 | 0596029 | 7669354 | gabro médio | |
| JU-52 | 0596228 | 7669153 | gabro médio | Saprólito. |
| JU-53 | 0596189 | 7669007 | gabro médio | Ocorre pegmatito e veios de quartzo. |
| JU-54 | 0596146 | 7668571 | diabásio + gabro | Saprólito. Ao longo do caminho ocorrem variações mais finas até diabásio. |
| JU-55 | 0596140 | 7668482 | gabro médio a grosso | Os grãos de feldspatospato encontram-se orientados por fluxo magmático (S0= 5/65; 10/70 e 10/68). Contato entre "camadas": 15/85. |

Data: 10/02/09 - Júlia + Ciro + Amaro +Clara

| | | | | |
|-------|---------|---------|------------------------|--|
| JU-56 | 0595657 | 7668722 | diabásio + gabro médio | Ocorre um veio de quartzo e cortando ele, fases oxidadas. <u>AMOSTRA:</u> JU-56: fases oxidadas. |
| JU-57 | 0594579 | 7667860 | granítóide fino | Ocorre em blocos em colúvio. |
| JU-58 | 0594378 | 7667999 | diabásio | A rocha encontra-se intercalada com fases félscicas de granítóides. |
| JU-59 | 0594234 | 7668254 | Veio de quartzo (?) | Ocorre veio de quartzo muito deformado ou quartzito. À frente continua o granítóide e ocorrem trechos com máfica fina. |
| JU-60 | 0594317 | 7668568 | diabásio | Saprólito sendo cortado por pegmatito. |
| JU-61 | 0594086 | 7668179 | diabásio + gabro | |
| JU-62 | 0594210 | 7667713 | granítóide fino | Ocorre em saprólito. A Rocha é muito fina e foliada. |
| JU-63 | 0594711 | 7667706 | diabásio + gabro | Saprólito de rocha (meta) básica, ora fina, ora média. |

| | | | | |
|---|---------|---------|------------------------|---|
| JU-64 | 0595267 | 7667238 | diabásio ou gабro fino | Ocorre em blocos em colúvio. AMOSTRAS: JU-64A, B E C: gабro fino; JU-64D: gабro médio; JU-64E: contato entre o fino e o médio. Mais a frente ocorre saprolito do gабro médio. |
| JU-65 | 0595559 | 7667090 | gабro médio | |
| JU-66 | 0595331 | 7667272 | diabásio ou gабro fino | AMOSTRAS: JU-66A: gабro fino; JU-66B: gабro médio; pegmatítico. |
| JU-67 | 0595559 | 7667171 | gабro fino a médio | AMOSTRA: JU-67: gабro fino. |
| Data: 11/02/09 - Júlia + Ciro + Amaro + Mariana | | | | |
| JU-68 | 0593405 | 7668092 | rocha ultramáfica | Ocorre colúvio com blocos com uma rocha de coloração verde, foliada com muita tremolita, talco e clorita. AMOSTRAS: JU-68A; JU-68B: com anfibólio com clivagem típica. |
| JU-69 | 0593373 | 7668350 | granitóide médio | AMOSTRAS: JU-69A: granitóide médio; JU-69B: xenólito de diabásio; JU-69C: granitóide + xenólito de diabásio. |
| JU-70 | 0593285 | 7668486 | - | Bloco de quartzito. Talus da Serra. |
| JU-71 | 0593635 | 7668206 | ultramáfica + diabásio | (= JU-47) Contato entre as duas rochas. Muito difícil diferenciá-las. |
| JU-72 | 0595780 | 7668198 | gабro médio + diabásio | Afloramento de gабro médio. Ocorrem blocos do diabásio e granitóide. Mais acima ocorre uma fase pegmatítica do gабro com cristais euédricos do pirobólio, envoltos em uma massa branca com alguns feldspatospatos euédricos tabulares. Os pirobólios parecem estar orientados por fluxo. AMOSTRAS: JU-72A: gабro médio pra fino; JU-72B: gабro médio; JU-72C: gабro médio pra grosso; JU-72D: gабro médio pra grosso. |
| JU-73 | 0595504 | 7667897 | gабro fino | Saprolito. Ocorrem blocos jogados no caminho. AMOSTRAS: JU-73A e B: gабro fino; JU-73C, D, E e F: gабro fino com veios grossos; JU-73G, H, I e J: gабro médio com anfibólios de até 8m. |
| JU-74 | 0594414 | 7665131 | granitóide | Afloramento de granitóide fino com possível xenólito de rocha máfica. FOTOS: 115 a 119. AMOSTRAS: JU-74A: granitóide com xenólito; JU-74B e C: granitóide. |
| Data: 13/02/2009 - Júlia + Ciro + Amaro + Mariana + Eduardo (Inglês) + Grupo Fazenda do Seu Air | | | | |
| JU-75 | 0588595 | 7666556 | Diorito | AMOSTRAS: JU-75A e JU-75B |

Data: 14/02/2009 - Júlia + Ciro + Amaro + Mariana + Thayla

| | | | | |
|-------|---------|---------|--------------------------------|---|
| JU-76 | 0594959 | 7664772 | rocha máfica + veio de quartzo | Veio de quartzo encaixado em rocha filítica proveniente da transformação do gабro. Sn=165°/60° |
| JU-77 | 0595081 | 7665061 | rocha máfica + granitóide | Blocos de rocha rocha máfica fina na estrada e no coluvio. Blocos de granitóide fino no caminho. |
| JU-78 | 0595244 | 7665097 | granitóide fino | Ocorrem blocos em coluvio e afloramento de rocha felsica com quartzo, que vai engrossando conforme a estrada. Mais à frente ocorre a máfica com veios felsicos contendo muito quartzo e feldspatospato. |
| JU-79 | 0595251 | 7665321 | granitóide fino | Blocos em coluvio e afloramento. Ocorre às vezes com granulação bem fina. |
| JU-80 | 0595536 | 7665574 | granitóide (?) | Rocha muito fina com quartzo. Observado abundantes muscovitas no caminho do ponto 79 para o 80 |
| JU-81 | 0595694 | 7665231 | granitóide fino a médio | Ao longo do caminho ocorre também uma rocha arroxeada com menos quartzo (básica?) |
| JU-82 | 0595395 | 7665788 | granitóide (?) | Ocorrem muitos blocos de rocha quartzosa. |
| JU-83 | 0595880 | 7665832 | granitóide (?) | Ocorrem blocos de granitóide médio. Ao longo da estrada ocorre ele mais fino e foliado. |
| JU-84 | 0596640 | 7666044 | gabro acamadado | Afloramento de saprolito de gabro médio e fino intercalados, como camadas (7 diferentes). S0= 245/30 |
| JU-85 | 0596725 | 7665805 | diabásio | Blocos de rocha rocha máfica fina a média. Ao longo do caminho ocorrem 2 pegmatitos. |
| JU-86 | 0596772 | 7665696 | granitóide | Saprolito do granitóide. |

Data: 15/02/2009 - Júlia + Ciro + Amaro + Mariana + Thayla + Pedro + Clara

| | | | | |
|-------|---------|---------|----------------------------|--|
| JU-87 | 0586713 | 7666561 | vulcânica felsica e máfica | Córrego Santo Antônio (= BIA-40). AMOSTRAS: JU-87A - Subvulcânica felsica contendo fenocristais de feldspatospato e biotita; sendo cortada por veios de epdoto. Pouco ao lado ocorre o possível xenólito da foto. JU-87B - xenólito máfico na rocha felsica. JU-87C - felsito. JU-87D - felsito. JU-87E - felsito bem fino. a rocha possui camadas (medida: 75°/45°). JU-87F(1) - felsito com possíveis pequenos xenólitos. JU-87F(2) - felsito com xenólito rico em biotita. JU-87G(1) - máfica bem perto do contato com a felsica. JU-87G(2)- máfica um pouco mais afastada do contato. JU-87G(3) - máfica mais afastada ainda do contato com a felsica. JU-87H- felsicado contato com a máfica. JU-87I - contato entre as 2 rochas. JU-87J - felsito. JU-87K- veio máfico contendo quartzo hexagonal. |
| | | | | JU-88 |
| | | | | diamictito Diamictito com clastos de vulcânicas, chegando a tamanhos centimétricos e contendo fenocristais de feldspatospato. |
| | | | | Data: 16/02/2009 - Júlia + Amaro + Mariana + Thayla + Filipe. |
| | | | | JU-89 |
| | | | | 0583872 7664344 filito Possui coloração arroxeada, muito micáceo e muito pouco quartzo (bem fino também). Foliações: 145°/60° e 150°/70°. Pouco mais a frente a foliação muda um pouco para 170°/50°. |
| | | | | JU-90 |
| | | | | 0584106 7664265 filito Foliação: 195/40. Pouco mais à frente ocorre um filito mais arenoso; parece o mesmo mais fresco. |
| | | | | JU-91 |
| | | | | 0584167 7664553 filito Possui coloração esverdeada e é quartzoso. Foliação: 146°/70°. |
| | | | | JU-92 |
| | | | | 0584131 7664724 filito e grafita filito Ocorrem níveis centimétricos a métricos de grafita filito. Foliação: 175°/60° |
| JU-93 | 0588855 | 7668875 | vulcânica felsica | Ocorrem blocos junto com tálus da Serra (quartzitos). Blocos de duas rochas diferentes: a) rocha acinzentada afanítica, foliada; b) rocha verde esbranquiçada fannerítica muito fina, foliada composta de quartzo e feldspatospato. <u>AMOSTRAS:</u> JU-93A - vulcânica felsica(+ alterada); JU-93B - rocha esverdeada; JU-93C - 2 rochas. Uma mais e outra menos esverdeada (fazer lámina pegando as duas) |
| JU-94 | 0588638 | 7669240 | rocha esverdeada afanítica | Ponto da <u>amostra</u> do Rudolf Trouw + <u>AMOSTRA</u> : JU-94 - rocha esverdeada afanítica. |
| JU-95 | 0589207 | 7668227 | anfibolito (?) | Rocha de coloração verde; afanítica, contendo bastante quartzo, clorita, magnetita e piritita. Quando alterada fica com coloração arroxeada. Foliação: 325°/70°. Pouco mais a baixo ocorre a mesma rocha com menos quartzo e muitos cristais de tremolita-actinolita. <u>AMOSTRAS:</u> JU-95A - anfibolito (?); JU-95B - anfibolito com muita tremolita (?). Nas paredes do corte de estrada ocorre saprolito de rocha (meta)básica fina: parece o andesito máfico ou diabásio. |
| JU-96 | 0589130 | 7668018 | andesito máfico (?) | Rocha esverdeada, afanítica a fannerítica muito fina, contendo veio de quartzo e uma massa branca que possivelmente seria feldspatospato. <u>AMOSTRA</u> : JU-96 - andesito (?) |
| JU-97 | 0589129 | 7667876 | andesito máfico (?) | Ocorre saprolito mostrando interação de rocha máfica com felsica- talvez um granitóide muito fino. E esta ocorre na forma de dique. Mais à frente ocorre um veio felsico e dentro dele um veio com sulfetos e óxidos. |

| | | | |
|--------|---------|---------|---|
| | | | <u>AMOSTRAS:</u> JU-97A e JU-97B - analisar os sulfetos e óxidos. |
| JU-98 | 0589020 | 7667161 | vulcânica máfica |
| JU-100 | 0591293 | 7669964 | rocha félscica |
| BIA66 | 0591222 | 7670042 | subvulcânicafélscica |
| JU-101 | 0591032 | 7669944 | subvulcânica félscicafanerítica |
| JU-102 | 0590100 | 7669967 | vulcânica félscicae máfica |
| JU-103 | 0590006 | 7669825 | Clorita Magnetita filito |
| JU-104 | 0589927 | 7669585 | Clorita Magnetita filito |
| JU-105 | 0589893 | 7669461 | subvulcânicafélscicamuito fina |
| JU-106 | 0589192 | 7668216 | rocha máfica |
| BIA33 | 0588632 | 7666568 | intercalação de andesitos e felsitos |
| JU-107 | 0591332 | 7669806 | quartizito |
| JU-108 | 0591649 | 7669637 | rochas rocha máfica e félscica |
| JU-109 | 0590553 | 7669130 | interação das rochas máficas e félscicas |

AMOSTRA: JU-98

Blocos alterados da subvulcânica félscica fanerítica com foliação e também blocos da félscica afanítica

AMOSTRAS: BIA66X e BIA66Y (blocos de rocha félscica média rica em biotita que interage com a rocha máfica fina a média).

AMOSTRA: JU-101

AMOSTRAS: JU-102A (máfica), JU-102B e C (félscica afanítica ou fanerítica fina - Rocha tem quartzo, feldspato, magn, pirit, talvez allanita e quase não tem biotita. Cortada por veios ricos em musc e magn).

Blocos. AMOSTRA: JU-103.

Afloramento

AMOSTRA: JU-105.

Sn 35°/30° e Sn+1 320°/50

AMOSTRAS: BIA-33: L, M e N.

Blocos dentro da drenagem.

Saprólito de interação entre as rochas máficas e félscicas. Casa do seu Jean.

AMOSTRAS: JU109A e JU109B - máfica com interacao;
JU109C - félscicoliada com xenolito;
JU109D - interação máfica e félscica;
JU-109E - félscica foliada com epidoto;
JU-109F- félscica com xenolito;
JU-109G - félscica com veios claros, granitico não foliada;
JU-109H- interação máfica e félscicanão foliada.

| | | | | |
|---|---------|----------|-------------------------------------|--|
| JU-110 | 0590700 | 7668724 | vulcânica félscica e máfica | Afloramento numa drenagem. <u>AMOSTRAS:</u> JU-110A (máfica interagindo com a félscica), B (félscica com enclave/xenólito máfico) e C (interação felsito e granitinho) |
| JU-110 | 0590700 | 7668724 | granitóide | AMOSTRAS: JU-110A (granitóide com xenólito do diorito em contato com um diorito e veio felsico cortando o diorito), JU-110B (granitóide com xenolitos da rocha máfica fina), JU-110C (granitóide cortado por veio felsico) e JU-110D (granitóide com biotitaita foliada) |
| JU-111 | 0590060 | 7667439 | rocha máfica | Saprólito de cor marrom cortada por veios mais claros felsicos com quartzo e plagioclásio. |
| JU-112 | 0589952 | 7667646 | rocha máfica | Afloramento de rocha máfica foliada. Ln=040°/15° |
| JU-113 | 0589696 | 7667739 | rocha máfica | Blocos de 3m de quartzo de veio e blocos muito alterados da rocha máfica fina e foliada. |
| JU-114 | 0589439 | 7667770 | rocha máfica | Blocos de rocha homogenea fina que possui quartzo, feldspatospatos e epidoto na forma de bolas esverdeadas. |
| JU-115 | 0589861 | 7667801 | rocha máfica | Blocos da máfica cortada por veios felsicos. |
| JU-116 | 0589402 | 7668731 | rocha máfica | Saprolito da máfica e da félscica, essa pode ser um dique. |
| JU-117 | 0589600 | 7668600 | rocha máfica | Solo avermelhado alteração de rocha máfica. |
| JU-118 | 0589714 | 7668436 | rocha máfica | Blocos. |
| JU-119 | 0589814 | 7668351 | granitóide médio | Blocos alterados compostos de quartzo, feldspato e poucas biotita. |
| JU-120 | 0589898 | 7668294 | rocha máfica média | Afloramento na estrada. A rocha é foliada Sn 322°/85°. Anf, plag e quartzo. Cortada por veios pegmatiticos e corpos graniticos finos. |
| JU-121 | 0590020 | 7669355 | granitóide médio | Rocha muito alterada que corta a rocha máfica. |
| JU-122 | 0590530 | 7668199 | rocha máfica | Rocha alterada e cortada por veios felsicos |
| JU-123 | 0590750 | 7668125 | rocha máfica | A rocha esta alterada e intercalada com a félscicatambém alterada. Sn=182°/58° |
| JU-124 | 0590831 | 7668696 | rocha máfica | Veios félscicos cortam essa rocha. |
| JU-125 | 0590967 | 7669018 | granitóide fino | Afloramento de granitóide contendo quartzo, feldspato, biotita e pirita. |
| JU-126 | 0591082 | 7669396 | solo marron avermelhado | O solo é mais vermelho ate o meio do caminho e depois fica mais marrom. |
| JU-127 | 0590994 | 7668606 | granitóide médio a fino | Saprólito e blocos foliados compostos por quartzo, feldspato, magnetita, muscovita e pouca biotita. |
| JU-128 | 0590997 | 7668375 | rocha félscica e máfica | Saprólito das duas rochas. A máfica está foliada (Sn=315°/80°) e parece o gabro. A félscica é muito quarzosa. |
| JU-129 | 0591265 | 7668401 | granitóide fino a médio | Composta por quartzo, plagioclásio, magnetita e biotita. <u>AMOSTRA:</u> JU-129. |
| JU-130 | 0589780 | 7668673 | granitóide fino a médio | Possui foliação. Composto por quartzo, feldspato, biotita e magnetita. <u>AMOSTRA:</u> JU-130. |
| JU-131 | 0589683 | 7668816 | solo marron avermelhado | Sem afloramento |
| JU-132 | | | granitóide fino a médio | |
| MT07 | 0591535 | 7668634 | granitóide fino a médio | <u>AMOSTRAS:</u> MT07A - rocha freca; MT07B - saprofito |
| Data: 09/04/10 - Fernando + Ciro + Wilson + Ivo | | | | |
| JU-000 | 0595394 | 7667156 | gabro / anfibolito fino | Cortado por diversos veios de epidoto. |
| JU-001 | 0596251 | 7667621 | gabro | Com orientação de fluxo magmático e foliação Sn=220°/65°. Grãos de plagioclásio tabulares, com até 1 cm de comprimento. <u>AMOSTRA:</u> JU-001 |
| FG-18 | 0595877 | 7667139 | gabro | Amostragem para geocronologia (4 sacos). |
| Data: 11/02/11 - Júlia + Thayla + Ciro + Everton | | | | |
| JU-001 | 0596251 | 7667621 | gabro de médio a grosso | Cristais (até 0,5cm) orientados por fluxo magmático. Rocha cortada por veios de anfibólio. <u>AMOSTRAS:</u> JU-000X (com sulfetos), JU000Y E JU-000Z |
| JU-133 | 0595234 | 7666320 | gabro médio a grosso | Saprólito em corte de estrada de terra. |
| JU-134 | 0595102 | 7666544 | anfibolito, gábro e ultramáfica | Blocos em encosta de morro. Anfibolitos com bastante foliação e grãos de até 1cm. Blocos de gábro médio. Mais abaixo ocorrem blocos de ultramáfica com anfibólios aciculares e tvz talco (?) |
| JU-135 | 0595098 | 7666678 | ultramáfica | Muitos blocos in situ. Ao londo da subida, contornando a drenagem a granulação aumenta. No alto do morro, dentro da drenagem, a ultramáfica ocorre bastante foliada e nas beiradas das amostras (mais alteradas) ficam evidenciados cristais tb aciculares que cresceram por cima da foliação. |
| JU-136 | 0595159 | 7666795 | gábro médio | Saprólito. |
| JU-137 | 0594878 | 7667138 | diabásio (?) | Ao longo da crista do morro, blocos de uma rocha bastante alterada, avermelhada (com quartzo), mas pode ser um diabásio. <u>AMOSTRAS:</u> JU-144A e JU-144B. |
| JU-138 | 0594672 | 76667359 | ultramáfica | Blocos in situ no chão de estrada de terra. Rocha ultramáfica bastante alterada, com coloração rósea a roxa. |
| JU-139 | 0594594 | 7666913 | diabásio e gábro | Afloramento em blocos. Ocorre diabásio fresco, muito entrecortado por fraturas de diversas direções (ex: Sn=180°/36°). Mais à frente, ocorrem intercalações -em blocos- com o gábro médio. <u>AMOSTRAS:</u> JU-139A (diabásio) e JU-139B (gábro). |
| JU-140 | 0594716 | 7666800 | diabásio, gábro médio e ultramáfica | Afloramento. A ultramáfica seria um xenólito? Autólito? <u>AMOSTRAS:</u> JU-140A - diabásio; JU-140B - metaultraáfica; JU-140C - ultramáfica na continuação da estrada, ao lado de um córrego. |
| JU-141 | 0594757 | 7666674 | diabásio | Afloramento em parede de estrada de terra. Ocorre diabásio sendo cortado por veios centimétricos de pegmatitização. <u>AMOSTRAS:</u> JU-141A (diabásio) e JU-141B (diabásio com pegmatitização) |
| Data: 12/02/11 - Júlia + Thayla | | | | |

| | | | | |
|---|--------|---------|---------------------------------------|--|
| JU-142 | 596659 | 7667165 | diabásio (?) | Bocos de uma rocha bastante alterada, avermelhada e granulação fina. |
| JU-143 | 596978 | 7667200 | gabro médio a grosso | Afloramento do tipo lajedo (ou blocos <i>in situ</i>). Possui grãos de feldspato orientados por fluxo magmático. |
| JU-144 | 597322 | 7667216 | gabro médio | Matacão na beira de estrada e afloramento que segue por pelo menos uns 30 metros na drenagem à direita. AMOSTRAS : JU-144A e JU-144B |
| JU-145 | 597363 | 7667308 | gabro médio e quartzito (?) | Dentro do rio ocorre afloramento e muitos blocos. O quartzito (?) parece estar em uma camada superior ao gabro. Do lado de fora, ocorre um bloco de pegmatito, com micas de até 2mm - seria isso dentro do rio (uma parte mais quartzoza)? |
| JU-146 | 597605 | 7667361 | gabro médio e anfibolito | Blocos <i>in situ</i> de um anfibolito ou gabro muito deformado (foliação parece ser metamórfica, com aglomerados de anfibólito na forma de lentes). AMOSTRAS : JU-146 A E JU-146B. |
| JU-147 | 597823 | 7667177 | diabásio | Blocos grandes de diabásio do lado de um braço da drenagem. AMOSTRA : JU-147 |
| JU-148 | 598200 | 7667230 | gabro médio | Blocos <i>in situ</i> perto de estrada de terra. Grãos de anfibólito com coloração esverdeada. |
| JU-149 | 598028 | 7667317 | gabro e diabásio | Em chão de estrada de terra, ocorre saprólito de gabro intercalado com diabásio. Ao longo do caminho, grandes veios pegmatíticos saprolitizados. Direção dos diabásios (S0?) = 52/65 |
| JU-150 | 598131 | 7667345 | diabásio e gabro | Lajedo (à esquerda da estrada e na direção do ponto 159). AMOSTRA : JU-150. Na continuação da estrada, contato do diabásio com gabro médio Sn = 195°/60°. |
| JU-151 | 597881 | 7667667 | gabro médio | Blocos <i>in situ</i> ? |
| JU-152 | 597782 | 7668036 | diabásio | Afloramento dentro do rio e blocos <i>in situ</i> na margem dele. AMOSTRA : JU-152 |
| JU-153 | 596663 | 7667670 | gabro médio | Blocos de tamanho médio ao lado de estrada de terra. AMOSTRA : JU-153 (com fluxo bastante marado) |
| JU-154 | 596320 | 7667537 | gabro médio | Afloramento em corte de estrada de terra. |
| Data: 13/02/11 - Júlia + Thayla + Ciro | | | | |
| JU-155 | 594505 | 7666055 | gabro fino | Blocos em talus e ao longo de estrada de terra |
| JU-156 | 594370 | 7666096 | metagranítóide | Blocos em encosta de morro. |
| JU-157 | 594214 | 7666081 | metagabro fino e metagranítóide médio | Diabásio? Gabro fino? Anfibolito? AMOSTRAS : JU-157A (Mais alterada.) e JU-157B (menos alterada) |
| JU-158 | 594453 | 7666155 | gnaisse bandado | Atravessando a drenagem ocorre afloramento de gnaisse bandado contendo partes máficas boudinadas. Sn = 140°/45°. AMOSTRA : JU-158 |
| JU-159 | 594250 | 7666227 | metagranítóide | Granulação média (c/ lentes máficas formando a foliação); em caminho de terra. AMOSTRAS : JU-159A E JU-159B |
| JU-160 | 593742 | 7665607 | metagranítóide | Saprólito avermelhado. |
| JU-161 | 593843 | 7665537 | metagabro e metagranítóide | Subida de encosta de morro atrás do ponto do gabro grosso. Ocorrem blocos de gabro e quanto mais pra cima, aumenta a proporção dos blocos de tonalito. No topo, só floresta. |
| JU-162 | 593819 | 7665771 | ? | No meio da descida do morro (neste ponto), o solo passa de rosado para amarronzado. Sem blocos, nem afloramentos. |
| JU-163 | 593944 | 7666076 | - | Do ponto 162 até aqui não ocorrem afloramentos. |
| JU-164 | 592570 | 7666356 | vulcânica felsica e máfica | (ponto BIA-95) Ocorre saprólito em parede de corte de estrada de terra, uma grande interação de rochas felsicas e máficas, muito alteradas. |
| JU-165 | 592701 | 7666583 | vulcânica felsicae máfica | Saprólito com muita interação de rocha máfica e felsica, realmente lembrando mais as vulcânicas do que o gabro e o granítóide. |
| JU-166 | 593011 | 7666922 | ultramáfica e epidosito | Ocorrem blocos de rocha ultramáfica, grandes quartos de veio e epidosito (com magnetita ou pirita). AMOSTRA : JU-166 (epidosito) |
| JU-167 | 592684 | 7666330 | rocha máfica | Saprólito. |
| Data: 14/02/11 - Júlia + Thayla + Emiraldo | | | | |
| JU-168 | 596958 | 7670822 | diabásio | Saprólito bastante alterado em corte de estrada de terra. |
| JU-169 | 597529 | 7670592 | diabásio | Saprólito de diabásio sendo cortado pelo granítóide médio. |
| JU-170 | 598008 | 7669648 | diabásio | Saprólito em chão de estrada de terra, c/ veio de plagiogranito ou pegmatito com pouquíssimo quartzo (strike do corpo = 70-160) |
| JU-171 | 597906 | 7669471 | diabásio | Saprólito de diabásio com pegmatitos. |
| JU-172 | 597951 | 7669160 | diabásio | Em chão de estrada de terra, ocorre afloramento de diabásio fresco. |
| JU-173 | 597781 | 7668934 | diabásio | Blocos muito alterados de rocha máfica com granulação fina. |
| JU-174 | 597647 | 7668521 | diabásio, gabro médio e anfibolito | AMOSTRAS : JU-174A1 e JU-174A2 (diabásio com pegmatitização); JU-174B (anfibolito); JU-74C E JU-174D (diabásio com pegmatitização) |
| JU-175 | 597604 | 7668155 | diabásio | com pegmatitização |
| JU-176 | 597379 | 7668583 | diabásio | Blocos <i>in situ</i> . AMOSTRA : JU-176 |
| JU-177 | 598108 | 7668682 | diabásio | Blocos de diabásio, bastante alterados. Ocorre tb um veio de quartzoo com uns 10m e a encaixante é uma rocha muito alterada, avermelhada. |
| JU-178 | 598291 | 7668353 | diabásio | Blocos muito alterados. |
| JU-179 | 598182 | 7668050 | gabro médio e diabásio | Grande afloramento de gabro médio, ocorrendo uma pequena faixa com metadiabásio, mais próximo do rio. S0 (?) = 155/50 |

| | | | | |
|--------|--------|---------|------------------------|---|
| JU-180 | 598602 | 7668618 | diabásio e gábro médio | Cachoeira. |
| JU-181 | 597440 | 7670131 | gábro médio | Saprólito em parede de estrada de terra. |
| JU-182 | 597486 | 7669878 | diabásio | Afloramento em estrada de terra e saprólito do diabásio por pelo menos uns 20m. |

| | | | | |
|--|--------|---------|-------------------------------------|---|
| JU-183 | 597298 | 7669361 | diabásio | Blocos <i>in situ</i> . AMOSTRA : JU-183. |
| Data: 15/02/11 - Júlia + Thayla + Vitor Hugo + Ciro | | | | |
| - | - | - | - | - |
| JU-184 | 597902 | 7670888 | diabásio (?) | Saprólito muito alterado em parede de estrada de terra. |
| JU-185 | 598425 | 7670484 | diabásio (?) | Saprólito de rocha máfica sendo cortada por rocha felsicaquartzosa. |
| JU-186 | 598495 | 7670415 | diabásio (?) | Saprólito nas paredes da estrada de terra. |
| JU-187 | 598980 | 7669852 | diabásio (?) | Saprólito nas paredes da estrada de terra. |
| JU-188 | 599086 | 7669739 | diabásio e gabro médio | Diabásio alterado perto e dentro de voçoroca. Pouco mais abaixo, afloramento de gabro médio, com grãos de plagioclásio orientados. AMOSTRA : JU-188 (gabro médio) |
| JU-189 | 599846 | 7668800 | diabásio (?) | Blocos de diabásio e blocos de metagranítioide. |
| JU-190 | 600109 | 7668778 | gabro médio e fino (?) | Afloramento em chão de estrada de terra. Rochas bastante alteradas. |
| JU-191 | 600296 | 7668791 | diabásio e gabro médio | Afloramento bem grande, na forma de blocos e matacões. Ocorre principalmente diabásio, mas em algumas partes parece que a granulação aumenta. O Ciro acha que pode ser diabásio recente, já que e algumas partes parece ter piroxênio e não anfibólio. AMOSTRAS: JU-191A (diabásio) e JU-191B (gabro médio). |
| JU-192 | 599727 | 7668395 | diabásio (?) | Afloramento muito alterado do que seria uma rocha máfica a ultramáfica fina. Tem quartzoo, mas pode ser de veio que tem perto. |
| JU-193 | 599612 | 7668301 | diabásio (?), gabro (?) | Em caminho de terra ocorrem muitos bloquinhos amarronzados e 1 bloco do gabro médio mais frescos. Tem minerais brancos (plg), verdes (anf) e pretos (anf?). AMOSTRA: JU-193 (gabro médio) |
| JU-194 | 599697 | 7668059 | gabro médio | Blocos <i>in situ</i> . Na continuação do caminho, ele afina, mas ainda não pode ser chamado de diabásio. |
| JU-195 | 599568 | 7668039 | ultramáfica | No chão da estrada de terra ocorre um afloramento (?) de rocha verde muito fina (ultramáfica com clorita, tremolita e tvz talco). |
| JU-196 | 599615 | 7667743 | diabásio | Blocos. AMOSTRA : JU-196 |
| JU-197 | 599892 | 7667745 | diabásio | Blocos <i>in situ</i> . Rochas entrecortadas por veios de anfibólio. AMOSTRA : JU-197 |
| JU-198 | 599293 | 7667501 | gabro médio e ultramáfica | Afloramento em estrada de terra. Ocorre gabro médio muito foliado, pegmatitos e uma rocha estranha que o Ciro diz ser ultramáfica - tudo muito alterado. |
| JU-199 | 599154 | 7667384 | diabásio | Blocos frescos e alterados e afloramento alterado. |
| JU-200 | 598923 | 7667281 | diabásio | Ao longo da estrada ocorrem blocos, blocos em talus e peq afloramentos. Neste local ocorre uma rocha quartzosa e felsica. |
| JU-201 | 598715 | 7667281 | diabásio | Afloramento em chão de estrada de terra. Ao longo da descida, ocorrem pegmatitos com micas de até 3 cm. AMOSTRAS: JU-201A (diabásio) e JU-201B (contato entre diabásio e gabro médio). |
| Data: 16/02/11 - Júlia + Thayla + Silvio | | | | |
| JU-202 | 599631 | 7667493 | diabásio | Blocos <i>in situ</i> a SE do ponto 197. |
| JU-203 | 599728 | 7667221 | diabásio | Blocos em estrada de terra. |
| JU-204 | 599880 | 7666854 | diabásio (?) | Blocos em talus, bastante alterados. |
| JU-205 | 599852 | 7666683 | diabásio | Afloramento em corte de estrada. Ocorrem veios tonalíticos. AMOSTRA : JU-205 (diabásio) |
| JU-206 | 599673 | 7666524 | diabásio e gabro médio | Blocos <i>in situ</i> do diabásio. Ao longo da descida, foi encontrado um bloco do médio bastante foliado (anfibolito?). AMOSTRA : JU-206 (diabásio) |
| JU-207 | 599930 | 7666313 | rocha máfica | Saprólito nas paredes de estrada de terra. Neste ponto a granulação aumenta bastante. |
| JU-208 | 600003 | 7666123 | diabásio | Afloramento (?). Ao longo do caminho, ocorrem veios pegmatíticos/graníticos. |
| JU-209 | 600023 | 7666023 | granítioide e diabásio (?) | Saprólito e blocos muito alterados. |
| JU-210 | 600125 | 7665911 | diabásio e gabro médio | Saprólito em chão de estrada de terra. A rocha máfica aumenta e diminui a granulação constantemente. Neste ponto ocorre diabásio, pegmatitos e veios de quartzoo. |
| JU-211 | 600000 | 7665878 | granítioide, gabro médio e diabásio | Em parede de estrada de terra ocorre saprólito do granítioide variando faciologicamente: foliada, isotrópica, pegmatito, isotrópica, pegmatito, foliada. Sn=317°/80°. No chão, ocorre saprólito do gabro médio, tb foliado (anfibolito?). Na descida do morro, ocorre mais intercalação entre diabásio e gabro. |
| JU-212 | 599512 | 7665653 | diabásio (?) | Afloramento muito alterado. |
| JU-213 | 599471 | 7665262 | ? | Blocos em talus, muito alterados, amarronzados. Também ocorre rocha muito foliada, média que não parece o gabro (diorito?) e epidotos. AMOSTRA : JU-213 (diorito?) |
| JU-214 | 598853 | 7665555 | diabásio (?) | Blocos muito alterados. |
| JU-215 | 597002 | 7665545 | granítioide e diabásio (?) | Saprólito nas paredes de corte de estrada asfaltada. |
| Data: 17/02/11 - Júlia + Thayla + Silvio | | | | |
| JU-216 | 598360 | 7670921 | gabro médio | Afloramento em chão de estrada de terra. |
| JU-217 | 598528 | 7670872 | gabro médio e diabásio | Afloramento em chão de estrada de terra. Parece predominar a fácie média, embora, na subida algumas partes sejam mais finas (bastante foliadas). Saprólitos de cor avermelhada e roxa. |

| | | | | |
|--------|--------|---------|--------------------------|---|
| JU-218 | 598691 | 7670952 | diabásio | Saprólito em chão de estrada de terra. Ainda na cor roxa. |
| JU-219 | 598886 | 7671050 | felsito | Blocos de rocha com muita sílica (mas tem feldspato). Formas tubulares e estranhas. AMOSTRAS : JU-219A (forma de "estromatolito") e JU-219B (rocha) |
| JU-220 | 599029 | 7671070 | diabásio | Saprólito da cor roxa sem quartzo e granulação fina (diabásio?). Ocorrem também blocos da rocha muito rica em sílica. |
| JU-221 | 600024 | 7669451 | diabásio | Blocos em talus. AMOSTRAS : JU-221A e JU-221B |
| JU-222 | 600303 | 7669604 | gabro médio / anfibolito | Blocos. |
| JU-223 | 601073 | 7669663 | diabásio | Diabásio bastante foliado em chão de estrada de terra. Ocorre, no chão da estrada de terra, muitas micas na forma de grandes placas. Deve haver algum pegmatito perto. |
| JU-224 | 601417 | 7669298 | diabásio (?) | Afloramento de rocha muito amarronzada, quase sem estrutura e pouco quartzo. |
| JU-225 | 602000 | 7668890 | diabásio | Blocos junto à igreja. AMOSTRA : JU-225. |
| JU-226 | 601774 | 7668384 | diabásio | Blocos bastante alterados. Grãos de plagioclásio bastante orientados. |
| JU-227 | 600738 | 7667832 | diabásio | Não conseguimos chegar no paredão, mas tem muitos blocos e matações. AMOSTRAS : JU-226A (contato do tonalito com diabásio, foliados na mesma direção) e JU-226B (diabásio). |
| JU-228 | 600784 | 7667390 | diabásio | Blocos e afloramento ao longo de estrada de terra. |
| JU-229 | 601096 | 7666825 | diabásio | Blocos em parede de estrada de terra. Em geral, muito alterado. |
| JU-230 | 600675 | 7666248 | diabásio | Afloramento e muitos blocos. AMOSTRA : JU-230. Do outro lado do rio também tem blocos. |

Legenda

Neógeno

Sedimentos fluviais

Paleo-Meso-Neoproterozóico

Megassequências São João Del Rei e Carandaí

Magnetita Clorita Filito

Paleoproterozóico

Sequência metavulcânica – metassedimentar Estação de Tiradentes

Tonalito Brejo Alegre

Suite Felsica Tiradentes

Rochas Vulcânicas e Subvulcânicas Afaníticas

Rochas Subvulcânicas Faneríticas

Andesito Máfico Santo Antônio

Diorito Dores de Campos

Gabro Vitoriano Veloso

Rochas Ultramárficas

Greenstone Belt Dores de Campos

Metagabro Estação de Prados

Metaperidotito-metapiroxenito Estação de Prados

Anexo I: Mapa Geológico

Autora: Júlia Campos Guerrero

Orientador: Prof. Dr. Ciro Alexandre Ávila

Co-orientador: Everton Marques Bongiolo



Convenções

Localidades

S0

Foliação metamórfica

Falha oblíqua

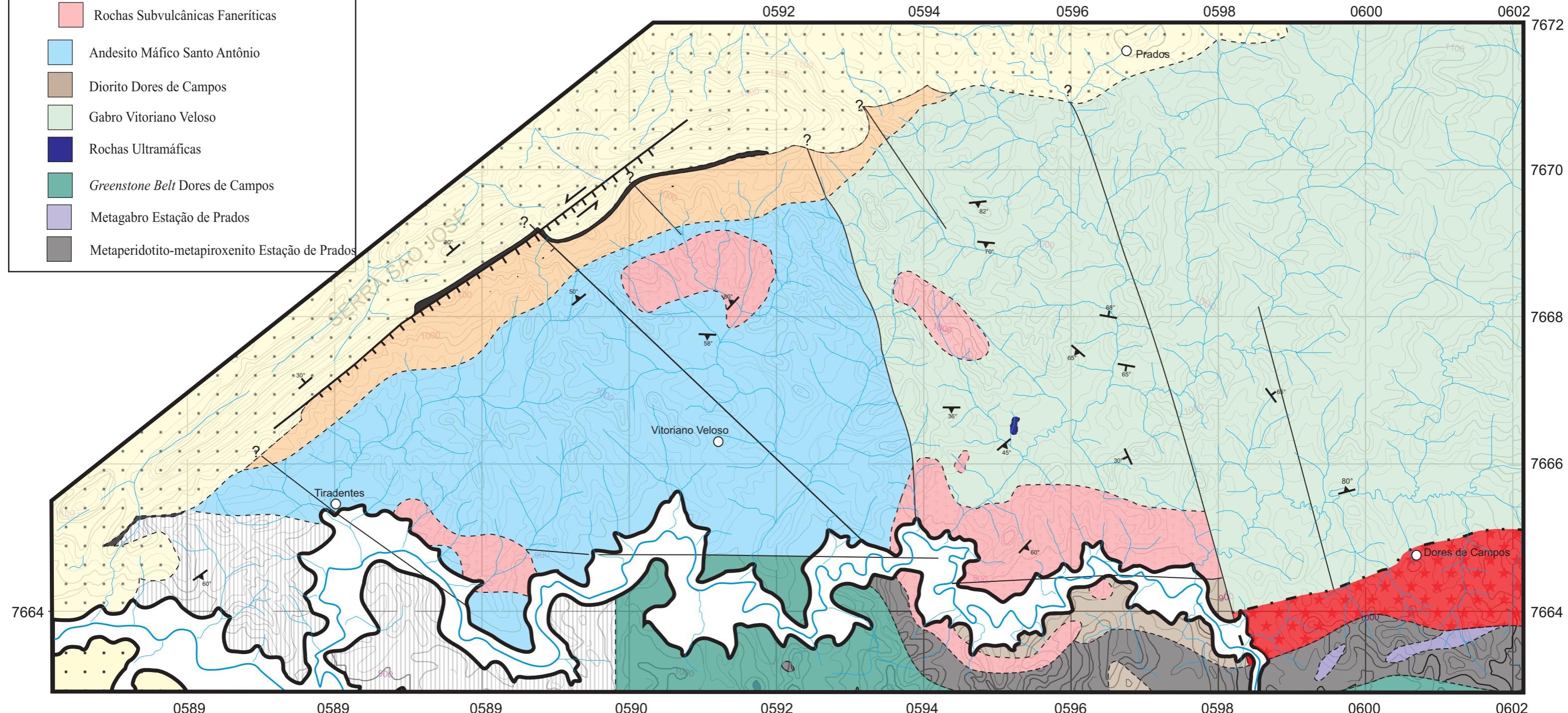
Contato inferido

Falha inferida

Cota topográfica

Drenagem

0 1 2 3 4



Legenda

Neógeno



Sedimentos fluviais

Paleo-Meso-Neoproterozóico

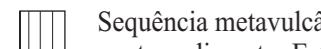


Megassequências São João Del Rei e Carandaí



Magnetita Clorita Filito

Paleoproterozóico

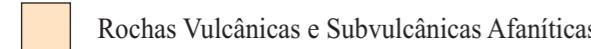


Sequência metavulcânica – metassedimentar Estação de Tiradentes



Tonalito Brejo Alegre

Suite Felsica Tiradentes



Rochas Vulcânicas e Subvulcânicas Afaníticas



Rochas Subvulcânicas Faneríticas



Andesito Máfico Santo Antônio



Diorito Dores de Campos



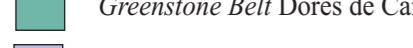
Gabro Vitoriano Veloso



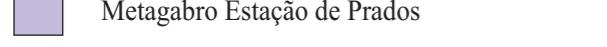
Rochas Ultramáficas



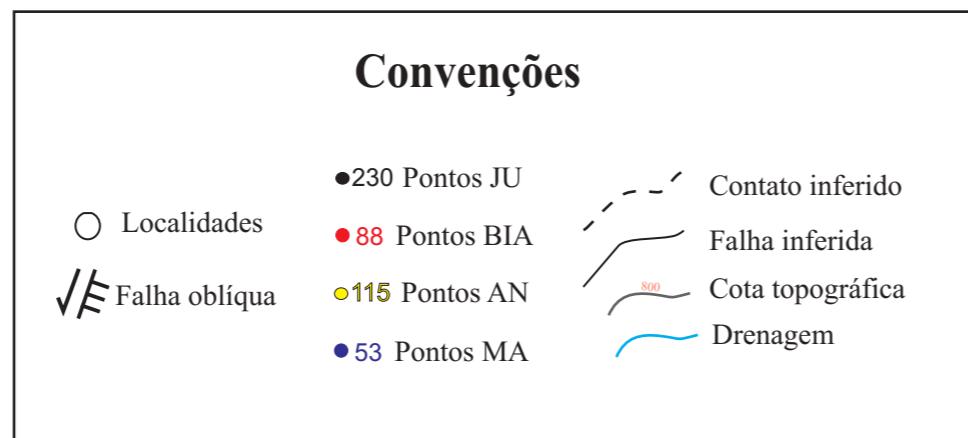
Greenstone Belt Dores de Campos



Metagabro Estação de Prados



Metaperidotito-metapiroxenito Estação de Prados

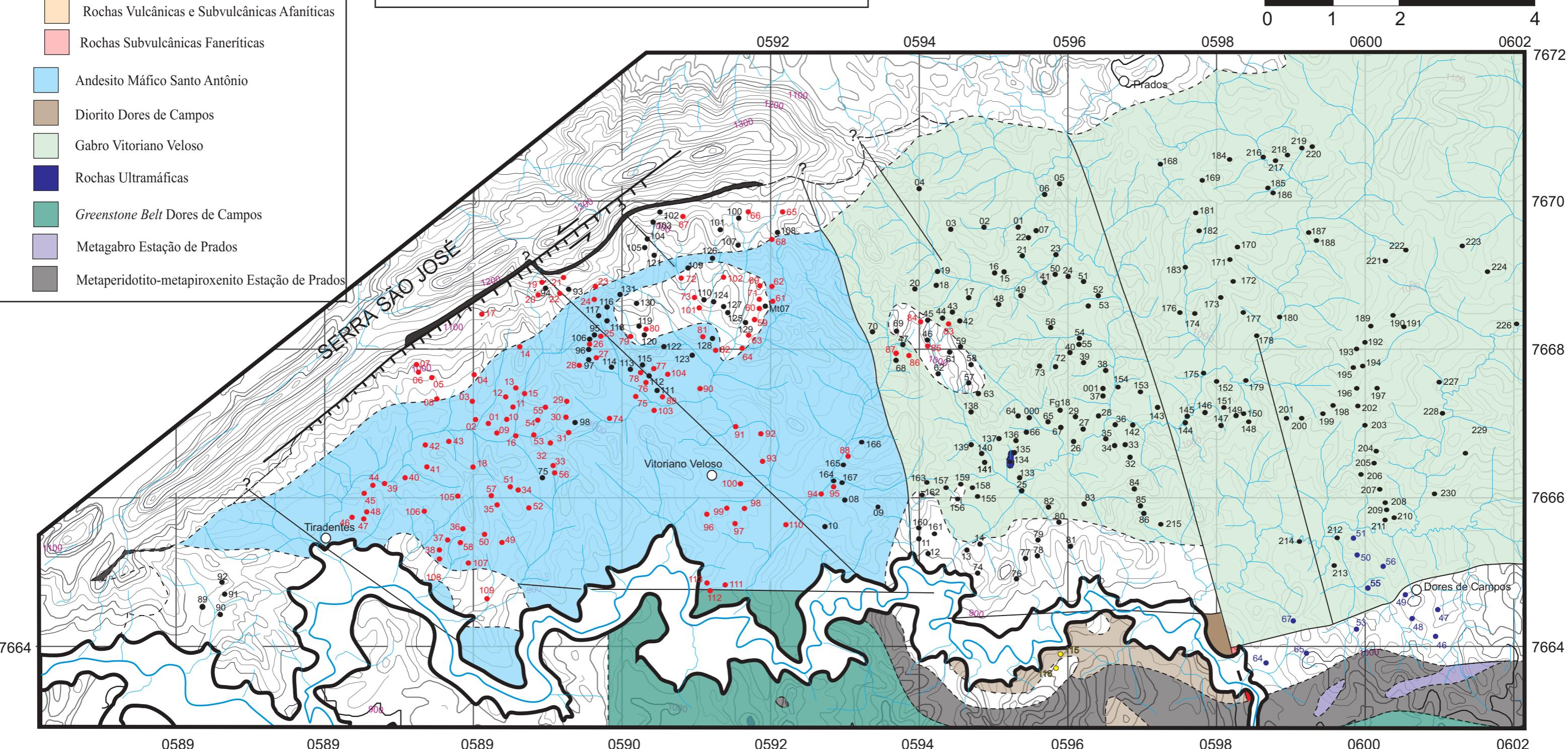


Anexo II: Mapa de Pontos

Autora: Júlia Campos Guerrero

Orientador: Prof. Dr. Ciro Alexandre Ávila

Co-orientador: Everton Marques Bongiolo



Anexo III: Mapa Faciológico do gábrico Vitoriano Veloso

Autora: Júlia Campos Guerrero
 Orientador: Prof. Dr. Ciro Alexandre Ávila
 Co-orientador: Prof. Dr. Everton Marques Bongiolo

