



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO, PETROGRAFIA E  
GEOQUÍMICA PRELIMINAR DO ORTOGNAISSE  
GRANÍTICO SÃO TIAGO, ESTADO DE MINAS  
GERAIS**

**RÔMULO DE CAMPOS STOHLER**

**ORIENTADORES: Prof. CIRO ALEXANDRE ÁVILA**  
(Departamento de Geologia e Paleontologia – Museu Nacional – UFRJ)

**Prof. EVERTON MARQUES BONGIOLO**  
(Departamento de Geologia – Instituto de Geociências – CCMN – UFRJ)

**PETRO-MIN: Grupo de Estudos em Petrologia e Mineralogia**  
(Sediado no Departamento de Geologia e Paleontologia – Museu Nacional)

**NOVEMBRO, 2011**  
**RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO, PETROGRAFIA E  
GEOQUÍMICA PRELIMINAR DO ORTOGNAISSE  
GRANÍTICO SÃO TIAGO, ESTADO DE MINAS  
GERAIS**

**RÔMULO DE CAMPOS STOHLER**

**APROVADA POR:**

---

**Dr. Ciro Alexandre Ávila**

---

**Dr. Everton Marques Bongioiolo**

---

**Dr. Luiz Carlos da Silva**

---

**Dr. Rudolph Allard Johannes Trouw**

**PETRO-MIN: Grupo de Estudos em Petrologia e Mineralogia**  
**(Sediado no Departamento de Geologia e Paleontologia – Museu Nacional)**

**NOVEMBRO, 2011**  
**RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL**

## FICHA CATALOGRÁFICA

**STOHLER, Rômulo de Campos**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO, PETROGRÁFICO E GEOQUÍMICA PRELIMINAR  
DO ORTOGNAISSE GRANÍTICO SÃO TIAGO, ESTADO DE MINAS GERAIS**

**XIX, 123 p., 29,7 cm** (Instituto de Geociências – Departamento de Geologia – UFRJ, Monografia de Graduação, 2010).

Monografia: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia.

- 1 – Ortognaisse granítico São Tiago
- 2 – *Greenstone belt* Rio das Velhas
- 3 – Petrografia
- 4 – Geoquímica
- 5 – Cinturão Mineiro
- 6 – Cráton São Francisco

I – IGEO/UFRJ

II – Título (série)

## RESUMO

Stohler, R.C. **Mapeamento Geológico, petrografia e geoquímica preliminar do ortognaisse granítico São Tiago, estado de Minas Gerais.** Ano 2011, XIX, 123p. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O presente trabalho tem como objetivo o estudo geológico do ortognaisse granítico São Tiago visando sua inserção no contexto evolutivo da região. Para se alcançar o objetivo proposto foi realizado o mapeamento geológico na escala de 1:25.000 em uma área de cerca de 164 km<sup>2</sup> entre as cidades de São Tiago, Ritópolis e Resende Costa, bem como o estudo petrográfico e geoquímico.

A evolução da borda meridional do cráton São Francisco pode ser explicada como a estabilização de uma massa continental arqueana, que no Paleoproterozoico começou a sofrer um processo de subducção, culminando com a formação de arcos magmáticos, que foram incluídos no Cinturão Mineiro. Este cinturão é composto principalmente por rochas crustais arqueanas parcialmente retrabalhadas durante o Paleoproterozoico, bem como o *greenstone belt* Rio das Velhas, além de *greenstone belts* e plútons máficos e félsicos paleoproterozoicos (como o granitóide Ritópolis e o diorito Brumado).

De modo geral, a área mapeada é composta por: 1) sequência *greenstone belt*; 2) ortognaisse granítico São Tiago e pegmatitos associados; 3) Sequência metassedimentar; 4) Ortognaises tonalíticos Bandeira e Serra e ortognaisse trondhjemítico Canoas (com pegmatitos associados); 5) Gnaisse biotítico; 6) Granitóides e pegmatitos correlacionados ao granitóide Ritópolis; 7) Diques noríticos; 8) Diques máficos.

A sequência *greenstone belt* agrupa uma série de tipos litológicos distintos interpretados como pertencentes a uma sequência metavulcanossedimentar composta por rochas metafélsicas, metamáficas, metaultramáficas, metassedimentares e gnaisses. As rochas metafélsicas são representadas por um metandesito de coloração esverdeada que possui granulação fina e foliação bem marcada. As rochas metamáficas são representadas por anfibólitos, que ocorrem normalmente muito alterados, ocasionando a formação de um solo marrom avermelhado. São compostos por anfibólio, plagioclásio, e minerais opacos, bem como apresentam foliação metamórfica bem marcada. As rochas metaultramáficas também ocorrem muito alteradas e são representadas por serpentinito, talco xisto, anfibolitito, cloritito e metapiroxenito. As rochas metassedimentares são representadas por xistos e filitos que afloram isoladamente ao longo de todo o *greenstone belt*. Os gnaisses pertencentes ao *greenstone belt* pode ser separados em gnaisses homogêneos e bandados. O gnaisse

homogêneo é composto por epidoto, quartzo e plagioclásio, enquanto o gnaiss bandado possui bandas félsicas, compostas por quartzo e álcali-feldspato, e máficas, anfíbolíticas.

O ortognaiss granítico São Tiago é caracterizado por seu bandamento e estrutura gnáissica, podendo ser localmente porfirítico e possuir estrutura migmatítica. É separado em quatro diferentes litótipos: Litótipo 1) ortognaiss fino a médio, esbranquiçado, foliado, hololeucocrático a leucocrático, bandado (níveis félsicos e máficos) e de composição monzogranítica a granodiorítica, e mais raramente quartzo monzonítica; Litótipo 2) ortognaiss fino a médio, acinzentado, foliado, leucocrático a mesocrático, anastomosado, de composição tonalítica e com maior proporção de biotita; Litótipo 3) pegmatito grosso, homogêneo, hololeucocrático e composto por feldspato, quartzo e rara moscovita; Litótipo 4) granitóide médio, homogêneo, hololeucocrático e de composição monzogranítica, localmente sienogranítica e quartzo monzonítica. Onde a unidade de mapeamento denominada ortognaiss granítico São Tiago seria formada pela união desses litótipos.

A sequência metassedimentar é representada por quartzitos, xistos, gonditos e FFBs (Formação Ferrífera Bandada). A FFB é composta principalmente por magnetita e quartzo, mas pode apresentar rara hematita, granada e epidoto. Ocorre comumente junto ao gondito, sendo muito difícil individualizá-los na escala de mapeamento utilizada.

Os ortognaisses tonalíticos Bandeira e Serra, bem como o ortognaiss trondhjemítico Canoas afloram em meio à sequência *greenstone*. O ortognaiss trondhjemítico Canoas possui foliação incipiente e é hololeucocrático, enquanto o ortognaiss tonalítico Bandeira é leucocrático e possui foliação marcante. Já o ortognaiss tonalítico Serra é leucocrático possui foliação bem marcada e é cortado por diversas zonas de cisalhamento.

O gnaiss biotítico possui índice de cor variando entre 30 e 50, granulação média a grossa, foliação bem marcada e um forte bandamento gnáissico. É cortado por veios pegmatíticos concordantes a foliação que estão boudinados, bem como os cristais de quartzo estão alinhados segundo uma direção de lineação de estiramento.

O granitóide Ritápolis é diferenciado em campo dos demais corpos plutônicos félsicos da área estudada por ser o único que não possui foliação metamórfica fortemente penetrativa orientando o quartzo e o feldspato. Possui composição monzogranítica a sienogranítica, textura equigranular xenomórfica a heterogranular porfirítica, granulação média a grossa e índice de cor entre 5 e 15. Apresenta ainda xenólitos arredondados de gondito, compostos por granada, quartzo e biotita cloritizada e de gnaiss.

Ocorre na área estudada uma série de corpos pegmatitos onde foi possível a caracterização de pelo menos três gerações distintas. A primeira geração intrude o ortognaiss granítico São Tiago e está, localmente, concordante à foliação metamórfica. A segunda

geração de pegmatitos é intrusiva no ortognaisse tonalítico Bandeira e em nenhum ponto foi caracterizada como concordante a foliação presente neste. A terceira geração de pegmatitos é intrusiva na grande maioria dos litótipos estudados (com exceção dos diques de norito e de diabásio).

O dique de norito possui direção  $170^{\circ}$ - $350^{\circ}$  e encontra-se encaixado no ortognaisse tonalítico Serra. Este dique possui orientação de fluxo magmático marcada pela direção de maior alongamento dos cristais de ortopiroxênio, seu índice de cor (IC) varia entre 50 e 60 e é composto por plagioclásio e ortopiroxênio.

Os diques máficos englobam diques de diabásio e de metadiabásio que cortam as demais rochas estudadas. Os diques de diabásio apresentam diferentes *strikes* ( $070^{\circ}$ - $250^{\circ}$  e  $030^{\circ}$ - $210^{\circ}$ ), espessuras de cerca de 1 m e são intrusivos na sequência *greenstone belt*, no ortognaisse granítico São Tiago, na sequência metassedimentar (quartzitos) e no ortognaisse tonalítico Bandeira, enquanto o dique de metadiabásio possui *strike*  $110^{\circ}$ - $290^{\circ}$ , espessura de vários metros e corta o ortognaisse granítico São Tiago.

## AGRADECIMENTOS

*À minha mãe que sempre me apoiou.*

*À minha irmã por estar sempre ao meu lado.*

*Aos meus amigos, pelos bons momentos.*

*Ao professor **Ciro**, que é mais que mestre, é um amigo.*

*À Deus, por tudo.*

<b>SUMÁRIO</b>		<b>Pág.</b>
<b>I – CAPA</b>		<b>I</b>
<b>II - CONTRA CAPA</b>		<b>II</b>
<b>III – FICHA CATALOGRÁFICA</b>		<b>III</b>
<b>IV – RESUMO</b>		<b>IV</b>
<b>V – AGRADECIMENTOS</b>		<b>VII</b>
<b>VI – SUMÁRIO</b>		<b>VIII</b>
<b>VII - ÍNDICE DE TABELAS</b>		<b>IX</b>
<b>VIII - ÍNDICE DE FIGURAS</b>		<b>X</b>
<b>1 – INTRODUÇÃO</b>		<b>1</b>
<b>2 – OBJETIVO E COMO ALCANÇÁ-LO</b>		<b>3</b>
<b>3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO</b>		<b>4</b>
<b>4 – MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO</b>		<b>6</b>
<b>4.1 - INTRODUÇÃO</b>		<b>6</b>
<b>4.2 – ETAPA DE CAMPO</b>		<b>7</b>
<b>4.2.1 – MAPEAMENTO GEOLÓGICO</b>		<b>7</b>
<b>4.2.2 – COLETA DE AMOSTRAS DE ROCHAS</b>		<b>8</b>
<b>4.3 – ETAPAS DE LABORATÓRIO</b>		<b>9</b>
<b>4.3.1 – PETROGRAFIA</b>		<b>9</b>
<b>4.3.2 – PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS PARA GEOQUÍMICA</b>		<b>9</b>
<b>4.3.3 – ANÁLISE QUÍMICA</b>		<b>9</b>
<b>4.4 – ETAPA DE ESCRITÓRIO</b>		<b>10</b>
<b>5 – NOMECLATURA ADOTADA PARA OS LITÓTIPOS</b>		<b>11</b>
<b>6 – TRABALHOS PRÉVIOS E COMENTÁRIOS</b>		<b>17</b>
<b>7 – GEOLOGIA REGIONAL</b>		<b>21</b>
<b>7.1 – INTRODUÇÃO</b>		<b>21</b>
<b>7.2 – CRÁTON SÃO FRANCISCO</b>		<b>22</b>
<b>7.3 – BORDA MERIDIONAL DO CRÁTON SÃO FRANCISCO</b>		<b>23</b>
<b>7.4 – CINTURÃO MINEIRO</b>		<b>24</b>
<b>7.5 – ORTOGNAISSES ARQUEANOS</b>		<b>25</b>
<b>7.6 – <i>GREENSTONE BELTS</i></b>		<b>25</b>
<b>7.7 – CORPOS PLUTÔNICOS PALEOPROTEROZOICOS</b>		<b>27</b>
<b>8 – GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA</b>		<b>28</b>
<b>8.1 – INTRODUÇÃO</b>		<b>28</b>
<b>8.2 – <i>GREENSTONE BELT</i></b>		<b>30</b>
<b>8.3 – ORTOGNAISSE GRANÍTICO SÃO TIAGO</b>		<b>39</b>
<b>8.3.1 – ASPECTOS DE CAMPO</b>		<b>39</b>
<b>8.3.2 – PETROGRAFIA</b>		<b>48</b>
<b>8.3.3 – GEOQUÍMICA</b>		<b>78</b>
<b>8.4 – SEQUÊNCIA METASSEDIMENTAR</b>		<b>85</b>
<b>8.5 – ORTOGNAISSES TONALÍTICOS BANDEIRA E SERRA E TRONDHJEMÍTICO CANOAS</b>		<b>88</b>
<b>8.6 – GNAISSE BIOTÍTICO</b>		<b>92</b>
<b>8.7 - GRANITÓIDE RITÁPOLIS</b>		<b>95</b>
<b>8.8 – PEGMATITOS</b>		<b>99</b>
<b>8.9 – DIQUES NORÍTICOS</b>		<b>103</b>
<b>8.10 – DIQUES MÁFICOS</b>		<b>104</b>
<b>9 – GEOLOGIA ESTRUTURAL</b>		<b>106</b>
<b>10 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES</b>		<b>112</b>
<b>11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		<b>119</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

	<b>Pág</b>
<b>Tabela 1:</b> Relação das lâminas petrográficas analisadas durante o presente estudo.	6
<b>Tabela 2:</b> Relação das amostras analisadas quimicamente.	6
<b>Tabela 3:</b> Índice de cor segundo a classificação de Streckeisen (1976) para rochas ígneas.	13
<b>Tabela 4:</b> Tamanho dos cristais adotado para a granulação em rochas ígneas plutônicas.	13
<b>Tabela 5:</b> Nomenclatura dos diversos tipos de enclaves segundo a classificação de Didier & Barbarin (1991).	14
<b>Tabela 6:</b> Contagem modal para a amostra do xenólito de ortognaisse tonalítico.	47
<b>Tabela 7:</b> Distribuição dos litótipos das lâminas petrográficas estudadas, de acordo com sua composição, textura e granulação.	48
<b>Tabela 8:</b> Contagem modal para as amostras do litótipo 1 do ortognaisse São Tiago.	49
<b>Tabela 9:</b> Contagem modal para as amostras do litótipo 2 do ortognaisse granítico São Tiago.	59
<b>Tabela 10:</b> Contagem modal para as amostras do litótipo 4 do ortognaisse granítico São Tiago.	67
<b>Tabela 11:</b> Análise geoquímica de rochas do litótipo 1 (ST-03 e ST-06C) e 4 (ST-06A) do ortognaisse granítico São Tiago, de um xenólito de ortognaisse tonalítico (ST-06X), e a média das análises do ortognaisse tonalítico Bandeira e ortognaisse trondhjemítico Canoas.	78
<b>Tabela 12:</b> Norma CIPW para as rochas do litótipo 1 (ST-03 e ST-06C) e 4 (ST-06A) do ortognaisse granítico São Tiago, de um xenólito de ortognaisse tonalítico (ST-06X), e a média das análises do ortognaisse tonalítico Bandeira e ortognaisse trondhjemítico Canoas. Qtz: quartzo; C: coríndon; Or: ortoclásio; Ab: albita; An: anortita; Di: diopsídio; Hy: Hiperstênio; Il: ilmenita; Tn: titanita; Ru: rutilo; Ap: apatita.	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág</b>
<b>Figura 1:</b> Articulação geográfica da região estudada em relação às cartas topográficas 1:50.000 do IBGE, destacando-se em vermelho a área mapeada.	4
<b>Figura 2:</b> Localização geográfica das cidades e vilarejos circundantes à área estudada. Em vermelho a área mapeada. BV – Boa Vista; GA - Gamela; CC - Cachoeirinha; JO - Jorge; SE - Serra; SA - Saudade; CA - Canoas; MP - Monte Pio; MV - Mato Virgem; RE - Redondo; RC - Restinga de Cima.	5
<b>Figura 3:</b> Mapa rodoviário com as principais vias de acesso à área estudada. O quadrado em vermelho representa a área estudada e a linha em azul representa a rota utilizada a partir do Rio de Janeiro.	5
<b>Figura 4:</b> Contato definido a partir da diferença entre o solo oriundo da alteração intempérica do granitóide Ritápolis (esbranquiçado) e o solo proveniente da unidade anfibolítica do <i>greenstone belt</i> . Ponto ST-89.	8
<b>Figura 5:</b> Diagrama QAPF de Streckeisen (1976) para classificação de rochas plutônicas com Índice de cor inferior a 90.	12
<b>Figura 6:</b> Principais texturas de rochas metamórficas segundo Bard (1985), os números correspondem aos números da nomenclatura.	16
<b>Figura 7:</b> Mapa de Quéméneur & Baraud (1983), mostrando os corpos que comporiam o batólito de São Tiago. A área estudada se encontra ao norte deste mapa.	18
<b>Figura 8:</b> Mapa de Pires & Porto Jr. (1986), com a localização aproximada da área estudada em destaque (retângulo vermelho).	19
<b>Figura 9:</b> Mapa de Quéméneur & Garcia (1993), com a localização aproximada da área estudada em destaque (retângulo vermelho).	19
<b>Figura 10:</b> Parte do mapa geológico do estado de Minas Gerais (Pedrosa Soares <i>et al.</i> , 1994), mostrando a área estudada (retângulo vermelho).	20
<b>Figura 11:</b> Distribuição geográfica das grandes unidades tectônicas do continente Sul Americano (segundo Almeida <i>et al.</i> 1977).	21
<b>Figura 12:</b> Distribuição geográfica das principais províncias estruturais do Território Brasileiro (segundo Almeida <i>et al.</i> 1977).	22
<b>Figura 13:</b> Mapa geológico simplificado do cráton do São Francisco (Alkmim, 2004).	23
<b>Figura 14:</b> Componentes do embasamento do cráton do São Francisco, mostrando o bloco arqueano e os dois fragmentos de crosta gerados durante o Paleoproterozoico, o Cinturão Mineiro na sua porção sul e o cinturão do leste da Bahia (Alkmim, 2004). A linha tracejada e a linha cheia com interrogações marcam os limites em subsuperfície das regiões do cráton.	24

<b>Figura 15</b> – Mapa geológico mostrando a porção sudeste do cráton de São Francisco. I – Crosta arqueana parcialmente retrabalhada durante o Paleoproterozoico. II – Greenstone belt Rio das Velhas (Arqueano). III – Greenstone belts arqueanos/paleoproterozoicos: (A) Rio das Mortes, (B) Nazareno e (C) Dores de Campos. IV – Granitóides arqueanos. V – Supergrupo Minas (Paleoproterozoico – Sideriano). VI – Plútons félsicos e máficos paleoproterozoicos. VII – Sequências supracrustais São João Del Rei (Paleoproterozoico - Estateriano), Carandaí (Mesoproterozoico) e Andrelândia (Neoproterozoico). VIII – Estruturas tectônicas de grande porte. IX – Limite aproximado do cinturão Mineiro Paleoproterozoico. Plútons paleoproterozoicos: 1- Quartzo-monzonito Glória (2189±29 Ma); 2- Diorito Brumado (2131±4 Ma); 3- Diorito Rio Grande (2155±3 Ma); 4- Gabro Rio Grande; 5- Gabro São Sebastião da Vitória (2220±3 Ma); Quartzo-diorito Brito; 7- Gabro Vitoriano Veloso; 8- Diorito Ibitutinga; 9- Tonalito/trondhjemitó Cassiterita (2162±10 Ma); 10- Trondhjemitó Tabuões; 11- Granitóide Ritápolis (2121±7 Ma); 12- Granodiorito Brumado de Baixo; 13- Corpos granodioríticos e granofíricos Brumado de Cima; 14- Granitóide Tiradentes; 15- Granito Nazareno (2255±6 Ma); 16- Granito e ortognaisse Itumirim (2177±4 Ma; 2101±8 Ma); 17- Tonalito Congonhas; 18- Granito Campolide; 19- Complexo Ressaquinha; 20- Gnaisse granítico Fé (2191±9 Ma); 21- Tonalito Alto Maranhão (2124±2 Ma). QF – Quadrilátero Ferrífero. BSIJL – Lineamento Bom Sucesso - Ibituruna - Jeceaba. LSZ – Zona de cisalhamento Lenheiro. (Ávila <i>et al.</i> , 2010).	26
<b>Figura 16:</b> Imagem de aeromagnetometria gerada a partir do levantamento aerogeofísico da CODEMIG (2000) destacando a área estudada. ST – Ortognaisse granítico São Tiago. LJ – Lineamento Jeceaba. QF – Quadrilátero Ferrífero.	30
<b>Figura 17:</b> Afloramento de metandesito. Ponto ST-190.	31
<b>Figura 18:</b> Metandesito com foliação bem marcada. Ponto ST-190.	31
<b>Figura 19:</b> Metandesito em contato irregular com um granitóide. Destaca-se a presença de diversos fragmentos do granitóide dentro do metandesito. Ponto ST-190.	32
<b>Figura 20:</b> Veio de quartzo com fragmentos de metandesito. Ponto ST-190.	32
<b>Figura 21:</b> Blocos <i>in situ</i> de anfibolito muito alterado. Ponto ST-204.	33
<b>Figura 22:</b> Anfibolito com foliação bem marcada. Ponto ST-189.	33
<b>Figura 23:</b> Anfibolito (banda marrom) com pegmatitos (bandas claras) no leito da estrada. Ponto ST-18.	34
<b>Figura 24:</b> Anfibolito (porção marrom) cortado por diversos pegmatitos (porção clara). Ponto ST-118.	34
<b>Figura 25:</b> Bloco de serpentinito mostrando acamamento ígneo. Ponto ST-22.	35
<b>Figura 26:</b> Amostra de cloritito com magnetita onde se destacam placas de té 1 cm de clorita. Ponto ST-166.	36

<b>Figura 27:</b> Amostra de metapiroxenito fresco, onde as cores esbranquiçadas resultam da reflexão da luz na superfície dos cristais de piroxênio. Ponto ST-124.	36
<b>Figura 28:</b> Afloramento de filito arroxeadado junto a um veio de quartzo. Ponto ST-191.	37
<b>Figura 29:</b> Amostra do gnaiss homogêneo do <i>greenstone belt</i> . Ponto ST-122.	37
<b>Figura 30:</b> Lajedo do gnaiss bandado do <i>greenstone belt</i> . Ponto ST-17.	38
<b>Figura 31:</b> Lajedo do ortognaiss granítico São Tiago. Ponto ST-279.	39
<b>Figura 32:</b> Lajedo do ortognaiss granítico São Tiago no leito da drenagem, formando uma cachoeira, próximo ao contato com o <i>greenstone belt</i> . Ponto ST-276.	40
<b>Figura 33:</b> Afloramento do ortognaiss granítico São Tiago em corte de estrada, BR-494. Ponto ST-06.	40
<b>Figura 34:</b> Litótipo 1 e 2 da unidade de mapeamento São Tiago, sendo cortados pelos litótipos 3 e 4, ambos deformados. Sendo o litótipo 3 concordante a foliação e o litótipo 4 discordante. Ponto ST-03.	41
<b>Figura 35:</b> Litótipo 2 da unidade de mapeamento São Tiago exibindo dobras em sua foliação. Ponto ST-59.	41
<b>Figura 36:</b> Litótipo 3 da unidade de mapeamento São Tiago dobrado junto à foliação do litótipo 1. Ponto ST-65.	42
<b>Figura 37:</b> Litótipo 4 da unidade de mapeamento São Tiago cortando os litótipos 1 e 3. Ponto ST-65.	42
<b>Figura 38:</b> Lajedo do litótipo 1 do ortognaiss granítico São Tiago. Ponto ST-368.	43
<b>Figura 39:</b> Litótipos 1, 3 e 4 da unidade de mapeamento São Tiago, dando origem a uma textura migmatítica. Ponto ST-65.	44
<b>Figura 40:</b> Pegmatito não deformado cortando o litótipo 1 do ortognaiss granítico São Tiago junto com fase pegmatítica dobrada, apontando claramente para a presença de pelo menos duas fases pegmatíticas. Ponto ST-03.	44
<b>Figura 41:</b> Xenólitos arredondados de um gnaiss tonalítico junto ao litótipo 1 do ortognaiss granítico São Tiago. Ponto ST-06.	45
<b>Figura 42:</b> Xenólito alongado, dobrado e boudinado de um gnaiss tonalítico no litótipo 1 da unidade de mapeamento São Tiago. Ponto ST-289.	46
<b>Figura 43:</b> Diagrama QAP para rochas supersaturadas em sílica, mostrando composição modal do xenólito de ortognaiss tonalítico (lâmina ST-06X).	46
<b>Figura 44:</b> Visão geral da lâmina do xenólito de ortognaiss tonalítico mostrando textura granolepidoblástica e grãos de biotita e hornblenda. Lâmina ST-06X. Nicóis paralelos.	47

<b>Figura 45:</b> Gráfico QAP para rochas supersaturadas em sílica, mostrando os campos referentes aos três litótipos do ortogneisse granítico São Tiago.	49
<b>Figura 46:</b> Lâmina FR-359D referente ao litótipo 1 do ortogneisse granítico São Tiago com rara biotita. Nicóis paralelos.	50
<b>Figura 47:</b> Lâmina FR-323A, referente ao litótipo 1 do ortogneisse granítico São Tiago, com hornblenda (cristais esverdeados) e índice de cor mais elevado (IC = 20). Nicóis paralelos.	50
<b>Figura 48:</b> Mineralogia acessória do litótipo 1 do ortogneisse granítico São Tiago. (a) apatita, ST-65B; (b) zircão, ST-365B; (c) allanita, ST-52A1; (d) mineral opaco sendo substituído por titanita, ST-52A1; (e) rutilo, FR-323A; (f) epidoto <sub>1</sub> em corona ao redor da allanita, FR-214. Nicóis paralelos.	51
<b>Figura 49:</b> Mineralogia secundária do litótipo 1 do ortogneisse granítico São Tiago. (a) plagioclásio sericitizado (pla), FR-364; (b) epidoto <sub>2</sub> (epid) substituindo a borda da biotita <sub>1</sub> (biot), ST-06D; (c) clorita (clo) substituindo totalmente um cristal de biotita <sub>1</sub> , ST-52A1; (d) titanita (tit) associada a biotita <sub>1</sub> (biot), ST-52B; (e) calcita (cal) junto ao plagioclásio sericitizado (pla), ST-06C; (f) moscovita (mosc) associada à biotita <sub>1</sub> (biot), FR-359D. Nicóis paralelos em (b), (c), (d), e (f). Nicóis cruzados em (a) e (e).	52
<b>Figura 50:</b> Extinção ondulante em cristal de quartzo (qtz). Lâmina ST-12. Nicóis Cruzados.	53
<b>Figura 51:</b> Intercrescimento de quartzo (qtz) e plagioclásio (pla), do tipo mimerquita. Lâmina FR-214. Nicóis cruzados.	53
<b>Figura 52:</b> Plagioclásio (pla) com bordas alteradas para sericita (ser) e epidoto <sub>2</sub> (epid) e núcleo preservado. Lâmina ST-04. Nicóis cruzados.	54
<b>Figura 53:</b> Plagioclásio (pla) com núcleo alterado para sericita e epidoto <sub>2</sub> e bordas preservadas, mostrando um processo de albitização. Lâmina ST-04. Nicóis cruzados.	54
<b>Figura 54:</b> Plagioclásio (pla) com antipertitas de microclina (mic). Lâmina FR-359D. Nicóis cruzados.	55
<b>Figura 55:</b> Microclina (mic) com pertitas do tipo chama. Lâmina ST-04. Nicóis cruzados.	55
<b>Figura 56:</b> Microclina (mic) com pertitas do tipo corda ( <i>string</i> ). Lâmina ST-04. Nicóis cruzados.	56
<b>Figura 57:</b> Microclina (mic) com pertitas do tipo interpenetrante. Lâmina ST-06B. Nicóis cruzados.	56
<b>Figura 58:</b> Microclina (mic) com pertitas do tipo composta. Lâmina ST-06A. Nicóis cruzados.	57

- Figura 59:** Cristais de biotita<sub>1</sub> (biot), magmática, na lâmina ST-323. Nicóis paralelos. 57
- Figura 60:** Cristais de biotita<sub>2</sub> (biot), secundários, alongados gerando uma foliação metamórfica no ortogneisse. Lâmina ST-04. Nicóis paralelos. 58
- Figura 61:** Detalhe do anfibólio verde azulado (anf) na borda de um cristal de hornblenda (horn) com inclusão de apatita (apa). Lâmina ST-323A. Nicóis paralelos. 58
- Figura 62:** Substituição de hornblenda (horn) por biotita<sub>2</sub> (biot), seguindo preferencialmente suas direções de clivagem. Lâmina ST-323A. (a) Nicóis paralelos; (b) Nicóis cruzados. 59
- Figura 63:** Lâmina ST-65D referente ao litótipo 2 do ortogneisse granítico São Tiago, mostrando foliação metamórfica marcada pela orientação dos grãos de biotita (biot) e de plagioclásio (pla). Nicóis paralelos. 60
- Figura 64:** Mineralogia acessória do litótipo 2 do ortogneisse granítico São Tiago. (a) apatita (apa), FR-215C; (b) zircão (zir), ST-65D; (c) allanita (alla), ST-65V; (d) minerais opacos (opa), ST-65Z; (e) inclusões de rutilo (rut) na biotita<sub>1</sub> (biot), ST-59; (f) epidoto<sub>1</sub> (epid), FR-215C. Nicóis paralelos em (a), (b), (c), (d), e (e). Nicóis cruzados em (f). 61
- Figura 65:** Mineralogia secundária do litótipo 2 do ortogneisse granítico São Tiago. (a) plagioclásio sericitizado (pla), FR-215A; (b) epidoto<sub>2</sub> (epid) na borda da biotita<sub>1</sub> (biot), ST-65W; (c) clorita (clo) substituindo biotita<sub>1</sub> (biot), ST-65V; (d) titanita (tit) na borda do mineral opaco (opa), FR-215A; (e) calcita (cal) substituindo plagioclásio (pla), FR-323D; (f) moscovita (mosc), FR-273. Nicóis paralelos em (b), (c), e (d). Nicóis cruzados em (a), (e) e (f). 62
- Figura 66:** Agregado monominerálico de quartzo recristalizado. Lâmina ST-65W. Nicóis cruzados. 63
- Figura 67:** Cristais de plagioclásio (pla) com orientação incipiente. Lâmina ST-59. Nicóis cruzados. 64
- Figura 68:** Borda irregular entre a microclina (mic) e o plagioclásio (pla). Lâmina FR-323H. Nicóis cruzados. 64
- Figura 69:** Raros cristais anédricos de microclina (mic) com geminação tartan. Lâmina ST-65V. Nicóis cruzados. 65
- Figura 70:** Biotita<sub>1</sub> (biot) com inclusões de rutilo (rut). Lâmina FR-215C. Nicóis paralelos. 65
- Figura 71:** Plagioclásio (pla) sendo alterado para sericita, epidoto e biotita<sub>2</sub> (biot). Lâmina FR-215A. (a) Nicóis paralelos. (b) Nicóis cruzados. 66
- Figura 72:** Banda máfica composta por biotita<sub>1</sub> (bio<sub>1</sub>), biotita<sub>2</sub> (bio<sub>2</sub>), minerais opacos, apatita (apa), allanita, titanita, clorita (clo) e plagioclásio (pla). Lâmina ST-59. Nicóis paralelos. 66

- Figura 73:** Lâmina ST-65Y, referente ao litótipo 4 do ortogneisse granítico São Tiago. Presença de biotita<sub>1</sub> (biot), magmática, em grãos anédricos ocupando os espaços intersticiais entre os cristais de plagioclásio (pla), microclina (mic) e quartzo (qtz). Nicóis paralelos. 67
- Figura 74:** Mineralogia acessória do litótipo 4 do ortogneisse granítico São Tiago. (a) apatita (apa), FR-365A; (b) allanita (alla), FR-401C; (c) minerais opacos (opa), ST-06A; (d) zircão (zir), FR-365A; (e) epidoto<sub>1</sub> (epid), FR-215. Nicóis paralelos em (a), (b), (c), e (d). Nicóis cruzados em (e). 68
- Figura 75:** Mineralogia secundária do litótipo 4 do ortogneisse granítico São Tiago. (a) plagioclásio sericitizado (pla), ST-65A; (b) epidoto<sub>2</sub> (epid) na borda da biotita<sub>1</sub> (biot), FR-365A; (c) clorita (clo) substituindo a biotita<sub>1</sub> (biot), FR-365A; (d) titanita (tit) substituindo mineral opaco (opa), FR-326A; (e) calcita (cal) substituindo o plagioclásio (pla), FR-365A; (f) moscovita (mosc), ST-06A. Nicóis paralelos em (b), (c), e (d). Nicóis cruzados em (a),(e) e (f). 69
- Figura 76:** Agregado monominerálico de quartzo, mostrando recristalização devido à deformação. Lâmina FR-215. Nicóis cruzados. 70
- Figura 77:** Bordas de reação entre a microclina (mic) e o plagioclásio (pla) ocasionando a formação de mimerquita. Lâmina FR-215. Nicóis cruzados. 70
- Figura 78:** Cristal de plagioclásio (pla) mostrando banda de deformação e veios de quartzo (qtz). Lâmina FR-401C. Nicóis cruzados. 71
- Figura 79:** Cristal de plagioclásio deformado com o deslocamento em sua geminação polissintética. Lâmina FR-401C. Nicóis cruzados. 71
- Figura 80:** Microclina com pertitas do tipo chama (*flame*). Lâmina FR-365A. Nicóis cruzados. 72
- Figura 81:** Microclina com pertitas do tipo corda (*string*). Lâmina FR-215. Nicóis cruzados. 72
- Figura 82:** Microclina com pertitas do tipo *stringlet*. Lâmina FR-215. Nicóis cruzados. 73
- Figura 83:** Microclina com pertitas do tipo interpenetrante. Lâmina ST-65C. Nicóis cruzados. 73
- Figura 84:** Microclina com pertitas do tipo composto. Lâmina ST-65A. Nicóis cruzados. 74
- Figura 85:** Intercrescimento simplectítico (mimerquita) entre a microclina (mic) e o plagioclásio (pla). Lâmina ST-65C. Nicóis cruzados. 74
- Figura 86:** Cristal de microclina (mic) com fratura preenchida por calcita (cal) e quartzo (qtz). Lâmina ST-65A. Nicóis cruzados. 75
- Figura 87:** Cristal idiomórfico de biotita<sub>1</sub> (biot) incluso no quartzo (qtz) deformado

- e com extinção ondulante. Lâmina FR-365A. Nicóis cruzados. 75
- Figura 88:** Biotita<sub>1</sub> (biot) substituída por epidoto (epid) em suas bordas e fortemente transformada para clorita (clo). Lâmina FR-365A. Nicóis paralelos. 76
- Figura 89:** Biotita<sub>2</sub> (bio<sub>2</sub>) substituindo a biotita<sub>1</sub> (bio<sub>1</sub>). Lâmina FR-215. Nicóis paralelos. 76
- Figura 90:** Biotita<sub>2</sub> (biot) substituindo o plagioclásio (pla). Lâmina FR-365A. (a) Nicóis paralelos. (b) Nicóis cruzados. 77
- Figura 91:** Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971) para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortognaisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortognaisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortognaisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortognaisse tonalítico Bandeira. A – Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O; M – MgO; F – FeO. 80
- Figura 92:** Diagrama TAS (Cox *et al.*, 1979) para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortognaisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortognaisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortognaisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortognaisse tonalítico Bandeira. 80
- Figura 93:** Diagrama  $[Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O)]_{mol} \times [Al_2O_3/(Na_2O + K_2O)]_{mol}$  (Shand, 1943) para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortognaisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortognaisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortognaisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortognaisse tonalítico Bandeira. 81
- Figura 94:** Diagramas de SiO<sub>2</sub> versus elementos maiores e menores, para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortognaisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortognaisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortognaisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortognaisse tonalítico Bandeira. 82
- Figura 95:** Diagrama SiO<sub>2</sub> x K<sub>2</sub>O (Peccerillo & Taylor, 1976) para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortognaisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortognaisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortognaisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortognaisse tonalítico Bandeira. 83
- Figura 96:** Diagrama triangular de feldspatos normativos de O'Connor (1965) para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortognaisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortognaisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortognaisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortognaisse tonalítico Bandeira. 84
- Figura 97:** Diagrama (Y+Nb) x Rb de Pearce *et al.* (1984) para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortognaisse granítico São Tiago e para o xenólito de

um ortognaisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortognaisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortognaisse tonalítico Bandeira. syn-COLG – granito sin-colisional; WPG – granito intraplaca; VAG – granito de arco vulcânico; ORG – granito de dorsal oceânica.	84
<b>Figura 98:</b> Afloramento de quartzito micáceo na serra Bandeira. Ponto ST-151.	85
<b>Figura 99:</b> Dobras em quartzito na serra Bandeira. Ponto ST-151.	86
<b>Figura 100:</b> Blocos <i>in situ</i> de gnaiss no leito da estrada que leva à torre de televisão. Ponto ST-68.	86
<b>Figura 101:</b> Afloramento de FFB em corte de estrada entre São Tiago e Resende Costa. Ponto ST-152.	87
<b>Figura 102:</b> Detalhe do bandamento em amostra de FFB. Ponto ST-152.	87
<b>Figura 103:</b> Ortognaisse trondhjemítico Canoas com índice de cor extremamente baixo e foliação incipiente. Ponto ST-237.	88
<b>Figura 104:</b> Ortognaisse tonalítico Bandeira com foliação marcada pela orientação dos cristais de biotita. Destaca-se a presença de duas fases pegmatíticas distintas, sendo que uma está dobrada juntamente com a foliação, enquanto a outra trunca a foliação. Ponto ST-136.	88
<b>Figura 105:</b> Feição geral do ortognaisse tonalítico Serra onde se destacam veios pegmatíticos dobrados junto com a foliação. Ponto ST-173.	89
<b>Figura 106:</b> Lajedo do ortognaisse trondhjemítico Canoas. Ponto ST-266.	89
<b>Figura 107:</b> Lajedo do ortognaisse tonalítico Serra. Ponto ST-173.	90
<b>Figura 108:</b> Lajedo do ortognaisse tonalítico Bandeira. Ponto ST-195.	90
<b>Figura 109:</b> Bloco <i>in situ</i> do gnaiss biotítico com bandamento metamórfico e veios pegmatíticos. Destaca-se a presença de níveis ricos em biotita. Ponto ST-396.	92
<b>Figura 110:</b> Gnaiss biotítico com veios pegmatíticos boudinados. Ponto ST-414.	93
<b>Figura 111:</b> Gnaiss biotítico com lineação de estiramento marcada pelo alongamento dos cristais de quartzo. Ponto ST-396.	93
<b>Figura 112:</b> Gnaiss biotítico cortado por veio pegmatítico concordante com grande porfiroclasto de feldspato rotacionado com movimento dextral. As setas pretas mostram o sentido do movimento. Ponto ST-395.	94
<b>Figura 113:</b> Lajedo do granitóide Ritápolis na encosta do morro, ao lado do rio do Peixe. Ponto ST-399.	95
<b>Figura 114:</b> Blocos do granitóide Ritápolis <i>in situ</i> . Ponto ST-126.	95

<b>Figura 115:</b> Bloco do granitóide Ritápolis com xenólitos arredondados de gondito. Ponto ST-90.	96
<b>Figura 116:</b> Lâmina do xenólito de gondito do ponto ST-90. Composto por granada (gra), quartzo (qtz) e biotita cloritizada (biot).	96
<b>Figura 117:</b> Lajedo do granitóide Ritápolis com xenólito de gnaiss. Ponto ST-399.	97
<b>Figura 118:</b> Gráfico QAP para as rochas supersaturadas em sílica, mostrando a composição de duas lâminas do granitóide Ritápolis.	98
<b>Figura 119:</b> Lâmina do ponto ST-399A, mostrando textura porfirítica, com pórfiros de microclina (mic) com inclusão de plagioclásio sericitizado (pla).	98
<b>Figura 120:</b> Pegmatitos (Peg) da primeira geração com orientação concordante com a foliação impressa no ortognaisse granítico São Tiago. Ponto ST-237.	99
<b>Figura 121:</b> Ortognaisse granítico São Tiago cortado por pegmatito referente à primeira geração (Peg1) que está dobrado, e por pegmatito não-deformado (Peg2), referente à terceira geração. Ponto ST-59.	99
<b>Figura 122:</b> Núcleo quartzoso de pegmatito da segunda geração que corta quartzitos e quartzo xistos da seqüência metassedimentar aflorante na Serra Bandeira. Ponto ST-151.	100
<b>Figura 123:</b> Pegmatito, com núcleo quartzoso da terceira geração truncando a foliação impressa no ortognaisse tonalítico Bandeira. Ponto ST-217.	101
<b>Figura 124:</b> Detalhe do pegmatito da terceira geração com textura gráfica truncando a foliação impressa no ortognaisse tonalítico Bandeira. Ponto ST-197.	101
<b>Figura 125:</b> Pegmatitos da terceira geração cortando o anfibolito do <i>greenstone belt</i> . Ponto ST-07.	102
<b>Figura 126:</b> Bloco <i>in situ</i> de norito na encosta do morro. Ponto ST-70.	103
<b>Figura 127:</b> Bloco <i>in situ</i> do norito com cristais de ortopiroxênio orientados conforme a direção de fluxo magmático. Ponto ST-70.	103
<b>Figura 128:</b> Lâmina do norito do ponto ST-70, mostrando plagioclásio (pla) e ortopiroxênio (opx). (a) Nicóis paralelos. (b) Nicóis cruzados.	104
<b>Figura 129:</b> Bloco de diabásio onde se destaca a presença de uma camada envoltória de coloração amarelada, representativa da alteração intempérica. Ponto ST-144.	104
<b>Figura 130:</b> “Mar de blocos” de diabásio na encosta do morro. Ponto ST-145.	105
<b>Figura 131:</b> Variação da cor do solo, devido ao dique de metadiabásio (solo com coloração marrom) que corta o ortognaisse granítico São Tiago (solo com coloração esbranquiçada). Ponto ST-280.	105

<b>Figura 132:</b> Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos nas rochas da sequência <i>greenstone belt</i> .	106
<b>Figura 133:</b> Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação D <sub>1</sub> obtidos no ortognaisse granítico São Tiago.	106
<b>Figura 134:</b> Estereograma mostrando os pólos dos planos das dobras D <sub>2</sub> obtidos no ortognaisse granítico São Tiago.	107
<b>Figura 135:</b> Estereograma mostrando os pólos dos planos das dobras D <sub>3</sub> obtidos no ortognaisse granítico São Tiago.	107
<b>Figura 136:</b> Estereogramas mostrando os pólos das lineações L <sub>2</sub> e L <sub>3</sub> obtidas no ortognaisse granítico São Tiago.	108
<b>Figura 137:</b> Ortognaisse granítico São Tiago (Ortog) mostrando a deformação D <sub>2</sub> paralela a D <sub>1</sub> . Ambas são dobradas pela deformação D <sub>3</sub> . Destaca-se um pegmatito (Peg) que trunca a foliação D <sub>2</sub> do ortognaisse e está deformado por D <sub>3</sub> . Ponto ST-327.	108
<b>Figura 138:</b> Veio pegmatítico (Peg1), que corta o ortognaisse granítico São Tiago, dobrado segundo a deformação D <sub>1</sub> , e redobrado pelas deformações D <sub>2</sub> e D <sub>3</sub> . Destacando-se um pegmatito (Peg2) que corta o veio pegmatítico (Peg1). Ponto ST-59.	109
<b>Figura 139:</b> Estrutura de deformação no ortognaisse granítico São Tiago (Ortog), que é cortado por diversos veios pegmatíticos (Peg), e por um par conjugado de zonas de cisalhamento (ZC <sub>1</sub> ). Destaca-se a presença de uma zona de cisalhamento (ZC <sub>2</sub> ) posterior e de um aplito de composição granítica (Gran) que ocorre, por meio de segregação, no meio da estrutura de deformação, em uma possível zona de baixa pressão. Ponto ST-327.	109
<b>Figura 140:</b> Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos no ortognaisse tonalítico Bandeira.	110
<b>Figura 141:</b> Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos no ortognaisse tonalítico Serra.	110
<b>Figura 142:</b> Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos no gnaisse biotítico.	111
<b>Figura 143:</b> Modelo de Marshak <i>et al.</i> (1997) para o desenvolvimento de províncias paleoproterozoicas do tipo domos-e-quilhas ( <i>dome-and-keel</i> ). A porção superior (cinza) representa as seqüências supracrustais, enquanto a porção inferior (branca) representa o embasamento. A escala é aproximada. A – Orógeno contracional pré-existente; B – Extensão inicial; C – Formação inicial do domo; D – Estágio tardio de formação do domo.	116
<b>Figura 144:</b> Modelo esquemático da evolução geológica da área estudada.	118

# 1 - INTRODUÇÃO

O estudo detalhado de corpos graníticos de dimensões batolíticas tem mostrado que os mesmos são compostos por plútons de dimensões, idades e mecanismos de *emplacement* variados (Hall, 1989). Diversos trabalhos de mapeamento geológico desenvolvidos em escala de detalhe em grandes batólitos ao redor do mundo (Cobbing & Pitcher, 1972; Pitcher & Berger, 1972; White *et al.*, 1974; Cobbing *et al.*, 1977; Pitcher 1978) mostraram que as grandes massas graníticas são na verdade compostas por diversos corpos intrusivos de menor tamanho, contribuindo para a proposição de novos modelos geológicos para a evolução dessas áreas.

No Brasil, a individualização de grandes massas batolíticas ainda passa por uma fase embrionária, principalmente quanto ao estabelecimento dos princípios a serem utilizados no mapeamento, na individualização faciológica e no estabelecimento das regras de nomenclatura a serem adotadas. Visando atender essas necessidades, Ulbrich *et al.* (2001) propuseram regras de designação e nomenclatura a serem utilizadas no mapeamento de detalhe de corpos plutônicos, onde o termo fácies corresponderia a menor unidade estratigráfica de caráter informal. Deste modo, a fácies petrográfica plutônica seria utilizada no reconhecimento e descrição das principais feições de campo caracterizadas em amostras de mão e nos afloramentos, levando em consideração os aspectos texturais, a mineralogia e as estruturas primárias e secundárias. Essa proposta além de ser descritiva, também remete a um caráter genético, sendo preferível então, na presente monografia, o uso do termo litótipo, para representar o conjunto de aspectos que individualiza cada porção do corpo estudado, pois abstrai a relação genética entre os diferentes litótipos, que podem ter origens e evoluções diferentes.

Nesse contexto, o grupo de pesquisa coordenado pelo professor Ciro Alexandre Ávila, do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) vêm realizando, a partir de 2000, um trabalho sistemático de mapeamento geológico e faciológico na escala de detalhe dos corpos plutônicos da região de São João del Rei e arredores, sudeste do estado de Minas Gerais. Dentre os diversos corpos estudados nessa região, destaca-se o ortognaisse granítico São Tiago, que possui dimensões batolíticas e grande complexidade geológica, pois o mesmo é composto por rochas com estruturas bandadas e migmatíticas, bem como com composições variando desde tonalíticas a sienograníticas. O ortognaisse granítico São Tiago foi datado por U-Pb SHRIMP por Silva *et al.* (2002), onde foi obtida uma idade de  $2.050 \pm 12$  Ma para uma rocha classificada como um hornblenda granodiorito gnaisse, que aflora na borda sudeste do corpo, próximo ao rio do Peixe (Ponto ST-06). Este afloramento foi revisitado e amostrado para estudo petrográfico

detalhado no intuito de se entender melhor o significado da idade obtida por Silva *et al.* (2002) Posteriormente, Toledo *et al.* (2010) observando padrões geofísicos no levantamento aerogravimétrico realizado pela CODEMIG (2000), que se assemelhavam aos padrões dos corpos arqueanos que ocorrem ao norte do lineamento Jeceaba, decidiram reestudar isotopicamente um afloramento deste corpo por U-Pb e obtiveram idade de  $2.667 \pm 43$  Ma para o mesossoma e de  $2.701 \pm 38$  Ma para o leucossoma, com idade modelo Sm-Nd de 3,14 Ga para o mesossoma e de 3,26 Ga para o leucossoma. Toledo *et al.* (2010) propuseram que a diferenças entre as idades obtidas no seu trabalho e a de Silva *et al.* (2002) seria dada pela datação de diferentes corpos que comporiam o gnaiss São Tiago, onde as datações de Toledo *et al.* (2010) corresponderiam as idades do gnaiss propriamente dito e a datação de Silva *et al.* (2002) a idade de cristalização de um magma proveniente da exumação do gnaiss São Tiago, de acordo com o modelo de domos-e-quilhas de Marshak *et al.* (1992).

Neste sentido, a presente monografia tem como proposta relacionar os dados obtidos pelas datações presentes na literatura com os dados obtidos no mapeamento de semi-detalle (1:25.000) da região entre as cidades de São Tiago, Resende Costa e Ritópolis, bem como na petrografia e no estudo geoquímico preliminar, através da individualização de diferentes litótipos que comporiam o ortognaiss granítico São Tiago.

## **2 - OBJETIVO E COMO ALCANÇÁ-LO**

Este trabalho tem como objetivo o estudo geológico do ortognaisse granítico São Tiago visando sua inserção no contexto evolutivo da região estudada. Para alcançar esse objetivo foram realizadas as seguintes etapas:

- 1) Mapeamento geológico de semi-detalle (escala 1:25.000) de aproximadamente 164 km<sup>2</sup> envolvendo parte das folhas topográficas São Tiago e Jacarandira, ambas do IBGE;
- 2) Determinação das relações de campo e temporais entre o ortognaisse granítico São Tiago e as rochas que ocorrem ao seu redor;
- 3) Caracterização da mineralogia e dos aspectos petrográficos - texturais do ortognaisse granítico São Tiago;
- 4) Proposição da evolução paragenética associada à cristalização magmática e as transformações metamórficas do ortognaisse granítico São Tiago;
- 5) Estudo geoquímico preliminar do ortognaisse granítico São Tiago e comparação com outros corpos plutônicos gnaissificados presentes na região;
- 6) Inserção do ortognaisse granítico São Tiago no contexto evolutivo da borda meridional do cráton São Francisco e do cinturão Mineiro.

### 3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área estudada na presente monografia tem aproximadamente 164 km<sup>2</sup> e engloba a porção sul-sudoeste da folha Jacarandira e a porção sul-sudeste de folha São Tiago (Figura 1), mais especificamente entre as cidades de São Tiago, Ritápolis e Resende Costa (Figura 2), abrangendo os vilarejos de Monte Pio, Mato Virgem, Jorge, Saudade, Canoas, Boa Vista e Pombal. A região estudada limita-se às coordenadas UTM 7678000S e 7692000S e 0546000W e 0560000W. Destaca-se, ainda, que grande parte da área estudada localiza-se entre o rio do Peixe e o ribeirão do Macuco.

#### Folhas 1:50.000 (IBGE)

<b>Carminópolis de Minas</b>	<b>Passa-Tempo</b>	<b>Entre-Rios de Minas</b>
<b>São Tiago</b>	<b>Jacarandira</b>	<b>Resende Costa</b>
<b>Nazareno</b>	<b>São João Del Rei</b>	<b>Tiradentes</b>

**Figura 1:** Articulação geográfica da região estudada em relação às cartas topográficas 1:50.000 do IBGE, destacando-se em vermelho a área mapeada.

Para se acessar a área estudada a partir do Rio de Janeiro, utiliza-se a BR-040 até a cidade de Barbacena e, em seguida, utiliza-se a BR-265 até a cidade de São João del Rei. Desta cidade segue-se pela BR-494 (liga São João del Rei a rodovia Fernão Dias) até a entrada para a cidade de São Tiago (Figura 3), onde pode-se acessar uma estrada não pavimentada para a cidade de Resende Costa. A partir desta estrada e da BR-494, podem ser utilizadas diversas estradas não pavimentadas, que cortam toda a área estudada e acessam aos vilarejos de Monte Pio, Mato Virgem, Jorge, Saudade, Canoas, Cachoeirinha e Boa Vista. A partir de São Tiago, pode-se utilizar também a estrada não pavimentada para a cidade de Cassiterita, cortando parte da área estudada no sentido N – S.



## 4 - MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO

### 4.1 – INTRODUÇÃO

A elaboração da presente monografia envolveu a realização de três etapas distintas de desenvolvimento representadas por: campo, laboratório e escritório.

No total foram coletados 186 amostras, das quais foram escolhidas 18 amostras do ortogneisse São Tiago para a confecção de lâminas petrográficas (descriminadas pela sigla “ST”), sendo utilizadas também 26 lâminas coletadas para a tese de mestrado de Vasques (2009), identificadas pela sigla “FR”, que versa sobre os anfíbolitos que ocorrem próximo à área estudada (Tabela 1). Posteriormente foram selecionadas 3 dessas amostras para análise química e mais 19 amostras de outros corpos para comparação (Tabela 2). Grande parte do acervo de amostras e lâminas petrográficas montado durante a presente monografia poderá ser utilizado no futuro em estudos da área em questão, sendo que atualmente uma parte das amostras está sendo trabalhada pelo estudante Filipe Vidal C.S.R.S. Oliveira na elaboração de seu trabalho de conclusão de curso, que versa sobre os ortogneisses tonalíticos Canoas, Bandeira e Serra.

**Tabela 1:** Relação das lâminas petrográficas analisadas durante o presente estudo.

<b>Lâminas do ortogneisse São Tiago</b>			
FR-214	FR-323F	FR-373A	ST-52B
FR-215	FR-323H	FR-373B	ST-59
FR-215A	FR-325A	FR-401B	ST-65A
FR-215C	FR-325B	FR-401C	ST-65B
FR-273	FR-359A	ST-03	ST-65C
FR-323	FR-359B	ST-04	ST-65D
FR-323A	FR-359C	ST-06A	ST-65V
FR-323B	FR-359D	ST-06B	ST-65W
FR-323C	FR-364	ST-06C	ST-65X
FR-323D	FR-365A	ST-06D	ST-65Y
FR-323E	FR-365B	ST-52A1	ST-65Z

**Tabela 2:** Relação das amostras analisadas quimicamente.

<b>Amostras analisadas quimicamente</b>		
<i>Ortogneisse São Tiago</i>		
ST-03	ST-06A	ST-06C
<i>Gnaiss tonalítico (xenólito)</i>		
	ST-06X	
<i>Ortogneisse Canoas</i>		
ST-12A	ST-12B	ST-29
ST-34B	ST-104	ST-105
ST-119	ST-259	ST-265
<i>Ortogneisse Bandeira</i>		
ST-136A	ST-186A	ST-197
ST-206A	ST-206B	ST-207B
ST-224B	ST-230B1	ST-242A

## 4.2 – ETAPAS DE CAMPO

### 4.2.1 – Mapeamento geológico

Foi confeccionado um mapa geológico (**Anexo I – Mapa geológico**) na escala de semi-detalhe (1:25.000) a partir de 5 campanhas, que totalizaram 38 dias de campo. A primeira campanha foi realizada entre os dias 13/01/2009 e 18/01/2009, tendo sido marcados 52 pontos geológicos; a segunda campanha foi efetuada entre os dias 13/09/2009 e 18/09/2009, onde foram marcados 83 pontos geológicos. Durante estas duas campanhas foi utilizado o acesso pela rodovia BR-494, que liga a cidade de São João del Rei a Fernão Dias e foram realizados 135 pontos geológicos. A terceira campanha de campo foi realizada entre os dias 25/02/2010 e 13/02/2010 e foi utilizada a estrada que liga a cidade de São Tiago à cidade de Resende Costa, sendo marcados 133 pontos de campo. A quarta campanha ocorreu entre os dias 17/05/2011 a 21/05/2011, sendo marcados 87 pontos geológicos, enquanto a quinta campanha foi realizada entre 14/06/2011 e 17/06/2011, quando foram marcados 84 pontos de campo. Nas duas últimas campanhas, foram utilizadas as estradas no entorno da cidade de São Tiago. No total foram realizados 439 pontos geológicos (**Anexo II – Mapa de pontos**), que foram plotados nas folhas topográficas São Tiago e Jacarandira (IBGE – 1:50.000), 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 dos pontos foi realizada em campo, a partir da observação do tipo de ocorrência (lajedo, corte de estrada, leito de drenagem, blocos ou saprólito), do grau de intemperismo da rocha (fresca, alterada ou saprólito), das feições em escala de afloramento (corpo concordante, discordante, xenólitos, veios, pegmatitos) e de feições possíveis de serem identificadas em amostras de mão a olho nu ou com auxílio de uma lupa de 10x (mineralogia, textura, estruturas primárias e estruturas secundárias). Estruturas deformacionais (bandamento, foliação, lineação, falhas, eixo de dobramentos, planos axiais de dobras e zonas de cisalhamento) quando identificadas, foram quantificadas utilizando-se uma bússola Eclipse Pro 8099 da Brunton® com declinação de 19°W. Na descrição de corpos intrusivos tabulares como os diques de metadiabásio e diabásio utilizou-se, quando possível, a proposta de Vasques (2009), que envolve a descrição de *strike*, *dip*, espessura, forma, rocha encaixante, mineralogia, extensão e bordas de resfriamento.

Para a delimitação dos litótipos foi usado o método de caminhar preferencialmente ao longo dos contatos, em virtude da natureza intrusiva de grande parte dos corpos mapeados, implicando em contatos irregulares e sinuosos. A maioria dos contatos dos corpos intrusivos com as rochas da sequência metavulcanossedimentar do *greenstone belt* foi inferida de acordo com a observação de mudança de cor do solo correspondente a essas rochas, onde as rochas

do *greenstone belt* dão origem a um solo marrom, mais escuro que o solo amarelado – esbranquiçado proveniente dos gnaisses e do granitóide (Figura 4).

Na distinção entre o granitóide Ritápolis e os ortognaisses, foi utilizado como critério a presença de foliação, lineação ou bandamento metamórfico. A ausência dessas estruturas implicou na classificação do litótipo como um granitóide.

As rochas metassedimentares (quartzitos, quartzo xistos e FFBS) encontram-se mergulhando entre 60° e 70° para NE e a delimitação do contato das mesmas com as rochas gnáissicas segue praticamente a mesma curva de nível. Toda essa seqüência é cortada por um dique de diabásio e por corpos pegmatíticos.



**Figura 4:** Contato definido a partir da diferença entre o solo oriundo da alteração intempérica do granitóide Ritápolis (esbranquiçado) e o solo proveniente da unidade anfibolítica do *greenstone belt*. Ponto ST-89.

#### **4.2.2 – Coleta de amostras de rochas**

Durante o desenvolver dos trabalhos de campo foram recolhidas 186 amostras, sendo 29 fragmentos de rocha coletados durante a primeira campanha de campo, 33 durante a segunda campanha, 71 amostras durante a terceira campanha, 28 amostras durante a quarta campanha e 25 amostras na quinta campanha de campo.

As amostras foram coletadas com o objetivo de serem utilizadas para a confecção de lâminas petrográficas e, parte das mesmas, serem preparadas para análise química. A amostragem levou em consideração a representatividade do fragmento coletado e o grau de intemperismo, que no caso das amostras para o estudo geoquímico deveria ser mínimo. Além do intemperismo, foram evitadas amostras com evidências de contaminação, tais como xenólitos, veios de quartzo e proximidade de diques de qualquer natureza.

## **4.3 – ETAPAS DE LABORATÓRIO**

### **4.3.1 – Petrografia**

As lâminas petrográficas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Museu Nacional (LLMN) a partir das amostras coletadas em campo durante a etapa de mapeamento geológico (**Anexo IV – Tabela de pontos**). Nas amostras foi determinada a seção de corte visando o estudo de feições de interesse, tais como foliação, xenólitos e bandamento metamórfico. Em alguns casos especiais foram confeccionadas lâminas relativas aos contatos dos corpos ígneos com suas encaixantes ou com enclaves no intuito de se buscar feições petrográficas de interesse, como assimilação e transformações mineralógicas.

As descrições das lâminas foram realizadas no microscópio petrográfico Carl Zeiss® Axioskop 40 A Pol, identificando-se a mineralogia essencial, acessória e secundária, além de texturas e estruturas de interesse. As imagens dos minerais das lâminas foram realizadas a partir de uma câmera AxioCan MRc e foi utilizado o software da Suíte de produtos AxioVision CD 29A, todos da Carl Zeiss. Durante a caracterização petrográfica foram descritas as principais características de cada lâmina, que envolvem: índice de cor; granulação; mineralogia (essencial, acessória, secundária); principais feições de cada mineral; provável ordem de cristalização; composição modal; e nomenclatura da rocha de acordo com Streckeisen (1976) para as rochas ígneas.

### **4.3.2 – Preparação de amostras para geoquímica**

A seleção das amostras a serem analisadas quimicamente (**Tabela 2**) envolveu os seguintes critérios: seleção de amostras em campo e grau intempérico da amostra em lâmina petrográfica. Após serem selecionadas, as amostras foram cortadas em briquetes (*slabs*) de cerca de 7 cm (comprimento) x 3 cm (largura) x 5 cm (altura), no Laboratório de Laminação do Museu Nacional (LLMN), sendo posteriormente quebradas com martelo até o material alcançar o tamanho de fragmentos entre 1 e 4 cm, sendo processado posteriormente em um moinho de panela de carbetto de tungstênio por 3 minutos até atingir uma granulometria inferior a 200 *mesh*, que corresponde à granulação adequada para a análise química do material.

### **4.3.3 – Análise química**

As análises químicas para elementos maiores, menores e traços foram realizadas no Laboratório de Fluorescência de Raios-X da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a partir do uso de um espectrômetro de fluorescência de raios-X Phillips modelo PW 2400 com tubo de Rh.

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. Os elementos maiores foram detectados a partir da fusão de 1,2g de pó do material com tetraborato de lítio (LiBr). Os elementos traços foram determinados com 7g do pó da amostra, prensada com 1g de aglutinante *wax*. Os elementos leves foram aferidos com as seguintes condições: detector de fluxo, cristal analisador PET/Ge e potência do tubo de 40kV – 70mA. Os elementos pesados foram analisados com detector selado, cristais analisadores LIF200/LIF200 e potência do tubo de 50kV – 50mA. Com base em análises padrões, o erro analítico relativo estimado foi: Si, Al (< 1%); Fe, Mg e Ca (1-2%); Ti, Na e 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 e CRPG GH.

#### **4.4 – ETAPAS DE ESCRITÓRIO**

A etapa de escritório foi dividida em: pré-campo e pós-campo. Na etapa pré-campo foi realizada uma ampliação xerográfica das folhas Jacarandira e São Tiago (escala de 1:50.000) para escala de 1:25.000. Em seguida os mapas ampliados foram entelados e depois subdivididos segundo um *grid* com as suas coordenadas UTM para facilitar a plotagem dos pontos em campo. A seguir foi realizada a inserção dos contatos geológicos das áreas próximas, tendo como base os mapas de Vasquez (2009), Souza (2009), Guimarães (2010) e Costa (2010).

A etapa pós-campo correspondeu ao tratamento integrado dos dados obtidos durante as seguintes fases: mapeamento geológico, petrografia e geoquímica. As análises químicas foram trabalhadas usando o software GCDKit da R<sup>®</sup> para confeccionar os vários diagramas de elementos maiores, menores e traços, bem como definir a classificação química da rocha e a inferência de seu ambiente geotectônico. As medidas de estruturas foram plotadas no estereograma utilizando o software StereoNett 2.46.

A fase final correspondeu a: confecção do mapa geológico no CorelDRAW X5 da suíte de aplicativos CorelDRAW Graphic Suites X5<sup>®</sup> através da digitalização do mapa de campo; plotagem de pontos com o auxílio do programa ArcGis 9.3 da ESRI<sup>®</sup>; e elaboração do relatório final da presente monografia. A organização das referências bibliográficas está de acordo com as normas da Revista Brasileira de Geociências, tendo como base o volume 38, número 3 de setembro de 2008.

## 5 – NOMENCLATURA ADOTADA PARA OS LITÓTIPOS

Durante as atividades realizadas na presente monografia, principalmente nas etapas de campo e no estudo petrográfico, foram utilizadas diversas classificações com intuito de discriminar fatores, tais como litologia, índice de cor, granulação, petrotrama e tipos de enclaves.

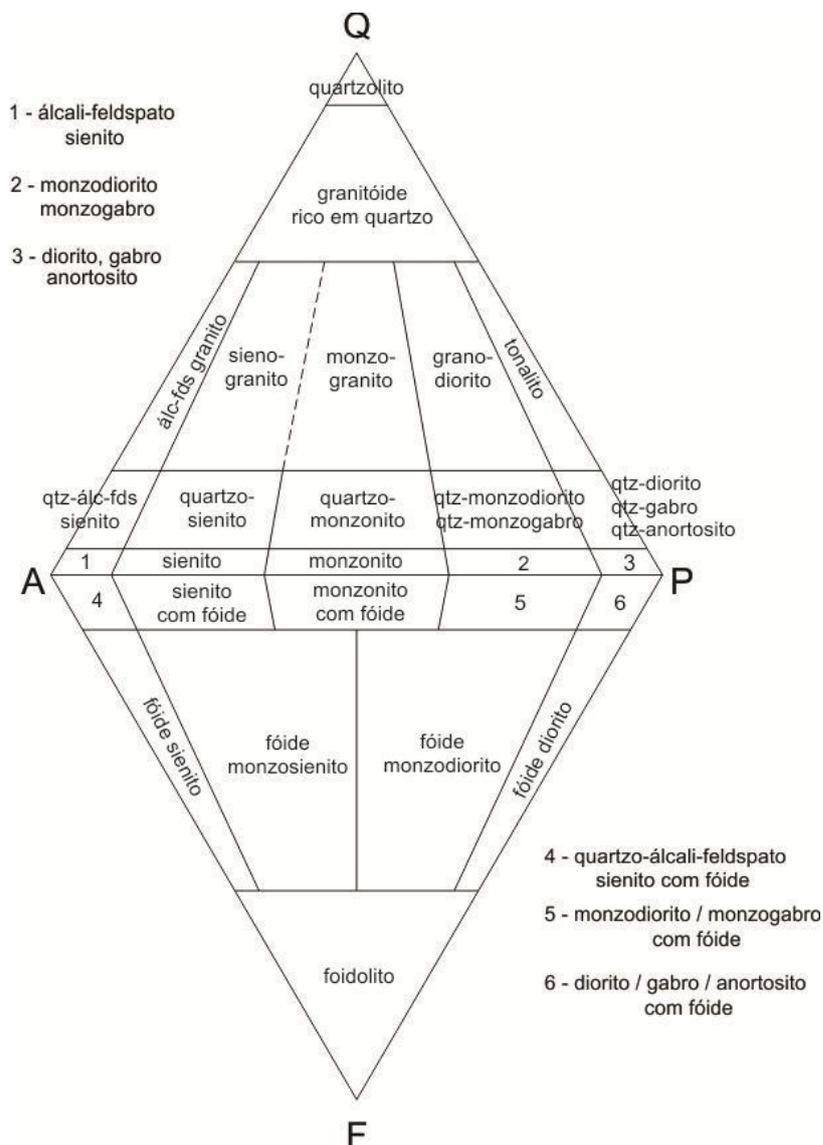
Os nomes atribuídos às unidades mapeadas foram escolhidos com base no Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Petri *et al.*, 1986), onde o primeiro nome se refere ao tipo de rocha classificada em campo, o segundo nome está de acordo com a classificação composicional em lâmina petrográfica e o terceiro nome está associado a uma localidade tipo ou ponto geográfico de referência presente nas redondezas do corpo.

Na classificação das rochas foi utilizado o termo gnaiss para designar litótipos com estruturas típicas de deformação, como foliação, lineação, dobras e bandamento gnáissico, sendo que estas deveriam possuir mais de 20% de feldspato modal. Foi utilizado para as mesmas o prefixo “orto” para ressaltar sua derivação de um protólito de natureza ígnea, seguido do nome de acordo com a classificação no diagrama QAPF para rochas plutônicas (Streckeisen, 1976 – **Figura 5**). O termo granitóide foi utilizado para rochas plutônicas onde não foram observadas estruturas de deformação e que possuíssem quartzo modal entre 20% e 60% proporcional, no somatório entre quartzo + álcali-feldspato + plagioclásio. Nesse sentido os granitóides envolveriam os campos do tonalito, do granodiorito, do monzogranito, do sienogranito e do álcali-feldspato granito, no diagrama QAPF de Streckeisen (1976).

O uso do termo diques de diabásio está relacionado a intrusões tabulares discordantes de uma rocha fanerítica fina a média, composta predominantemente por plagioclásio e piroxênio, podendo ter quantidades variáveis de olivina, hornblenda e quartzo (Williams *et al.*, 1970), enquanto o termo dique de norito corresponde a uma intrusão tabular discordante de uma rocha composta por plagioclásio e piroxênio, onde o ortopiroxênio predomina amplamente (>90%) sobre o clinopiroxênio (Streckeisen, 1976).

O termo pegmatito é utilizado segundo a classificação de London (2008), como sendo uma rocha essencialmente ígnea, predominantemente de composição granítica, distinta de outras rochas ígneas por sua textura extremamente grossa, porém de granulação variada, ou por abundância de cristais esqueléticos, gráficos ou outro hábito de crescimento cristalino fortemente direcional.

O termo anfibolito foi utilizado para rochas máficas metamorfisadas compostas por plagioclásio e hornblenda, que possuem um visível bandamento devido à segregação mineral, onde a predominância desses minerais é separada em bandas que podem variar de espessura.



**Figura 5:** Diagrama QAPF de Streckeisen (1976) para classificação de rochas plutônicas com Índice de cor inferior a 90.

A designação *greenstone belt* é utilizada para definir uma faixa de rochas metavulcanossedimentares onde ocorrem rochas vulcânicas, que variam amplamente em composição. A estratigrafia completa dessas faixas é representada por rochas ultramáficas komatiíticas na base, que gradam para basaltos komatiíticos e em seguida para basaltos toleíticos. Precipitados químicos e sedimentos detríticos finos podem ocorrer intercalados. Quando os *greenstone belts* apresentam caráter bimodal, a sequência inferior é sotoposta por rochas andesíticas a riolíticas de filiação cálcio-alcálica e por rochas metassedimentares, representadas por cherts, filitos grafitosos, quartzitos e metaconglomerados.

As rochas metaultramáficas foram classificadas principalmente com relação à mineralogia e a textura. Assim, rochas compostas essencialmente por anfibólios (hornblenda e/ou actinolita) foram classificadas como anfibolititos (ênfatizando o metamorfismo) ou metapiroxenitos (ênfatizando o protólito, quando a textura ainda se encontra parcialmente

preservada). Nesse último caso, o prefixo “meta” refere-se à substituição pseudomórfica de grãos de piroxênio por um agregado de cristais de hornblenda e/ou actinolita. Semelhante ao processo que ocorre nos serpentinitos, onde a olivina é substituída por serpentina.

A Formação Ferrífera Bandada (FFB, *BIF* em inglês) é caracterizada pela intercalação cíclica de níveis compostos de minerais do grupo da sílica e de níveis com minerais de ferro, como sulfetos, óxidos, carbonatos e silicatos, decorrentes de precipitação química. Gonditos são rochas compostas por quartzo e granada do tipo esperssatita decorrentes do metamorfismo de sedimentos manganésíferos. Na área estudada os minerais de manganês encontram-se alterados para pirolusita e psilomelano.

A classificação petrográfica das rochas plutônicas baseia-se primeiramente em seu índice de cor (Tabela 3), onde se a rocha possuir menos de 90% de minerais máficos, ela é classificada utilizando-se o diagrama QAPF, se possuir mais de 90% utiliza-se o diagrama para classificação de rochas holomelanocráticas.

**Tabela 3:** Índice de cor segundo a classificação de Streckeisen (1976) para rochas ígneas.

<b>Índice de cor</b>	<b>Teor de minerais máficos</b>
Hololeucocrática	0 - 5%
Leucocrática	5 - 35%
Mesocrática	35 - 65%
Melanocrática	65 - 90%
Holomelanocrática	90 - 100%

As propostas de Williams *et al.* (1970) foram adotadas para a granulação de rochas ígneas (Tabela 4) e para o grau de desenvolvimento dos cristais, sendo este diferenciado de acordo com as seguintes características:

- 1) Idiomórficos: grãos com faces cristalinas bem desenvolvidas;
- 2) Hipidiomórficos: grãos com faces cristalinas parcialmente desenvolvidas;
- 3) Xenomórficos: grãos que não apresentam faces cristalinas.

**Tabela 4:** Tamanho dos cristais adotado para a granulação em rochas ígneas plutônicas.

<b>Granulação</b>	<b>Tamanho dos cristais</b>
Muito grossa	> 3 cm
Grossa	5 mm a 3 cm
Média	1 a 5 mm
Fina	< 1 mm

De uma maneira puramente descritiva, foram utilizados os termos “euédrico”, “subédrico” e “anédrico” segundo a definição de Dana (1969) para descrever grãos minerais sem estabelecer uma conotação genética (se ígneos ou metamórficos), onde:

- Euédrico: corresponde a um mineral com faces bem formadas;

- Subédrico: corresponde a um mineral com faces parcialmente desenvolvidas;
- Anédrico: corresponde a um mineral sem nenhuma face desenvolvida.

Segundo Williams *et al.* (1970) o termo petrotrama corresponde à associação da granulação com o grau de desenvolvimento dos grãos, sendo classificada como:

- 1) Afanítica: não possui minerais reconhecíveis a olho nu ou com o auxílio de uma lupa de 10x.
- 2) Fanerítica: seus minerais são visíveis a olho nu ou com auxílio de uma lupa de 10x.

Esta pode ser subdividida em:

- Equigranular: apresenta minerais de tamanho semelhante;
- Inequigranular porfirítica: apresenta fenocristais em uma matriz mais fina;
- Inequigranular seriada: apresenta uma gradação no tamanho de seus cristais.

De uma maneira mais puramente descritiva, foram utilizados os termos “euédrico”, “subédrico” e “anédrico” segundo a definição de Dana (1969) para descrever os grãos minerais sem estabelecer uma conotação genética, onde:

- Euédrico: um sólido cristalino com faces bem formadas;
- Subédrico: um sólido cristalino com faces imperfeitamente desenvolvidas;
- Anédrico: um sólido cristalino sem faces, informe.

Para a classificação dos diversos tipos de enclaves encontrados na área, foi utilizada a nomenclatura proposta por Didier & Barbarin (1991) que utilizaram como base a forma e a natureza dos contatos entre o enclave e a rocha encaixante, como mostra a **Tabela 5**.

**Tabela 5:** Nomenclatura dos diversos tipos de enclaves segundo a classificação de Didier & Barbarin (1991).

	<b>Termo</b>	<b>Natureza</b>	<b>Contato</b>
<b>E N C L A V E</b>	Xenolítico	Pedaço de rocha encaixante (hornfels)	Penetrante
	Xenocristal	Cristal isolado estranho à rocha	Penetrante
	Surmicáceo	Resíduo de fusão (restito)	Penetrante, com uma crosta biotítica
	Schlieren	Enclave “rompido”, “dilacerado”	Gradual
	Microgranular félsico	Dilaceração de margens finas	Penetrante ou gradual
	Microgranular máfico	Bolhas de magmas coesos	Predominantemente anguloso
	Cumulático (autolítico)	Ruptura e dilatação de cumulados	Predominantemente gradual

A classificação das texturas metamórficas utilizada (Figura 6) baseia-se na nomenclatura proposta por Bard (1985), que corresponde a:

A) Rochas sem orientações mineralógicas preferenciais (texturas granoblásticas):

- (1) = textura isogranular (minerais xenomórficos de mesmo tamanho);
- (2) = textura poligonal, em mosaico (minerais xenomórficos de mesmo tamanho, porém com bordas de grãos retas ou curvas e numerosas uniões tríplices);
- (3) = textura heterogranular (minerais de tamanho diferente).

B) Rochas cujas texturas estão intensamente controladas pelo hábito de seus componentes:

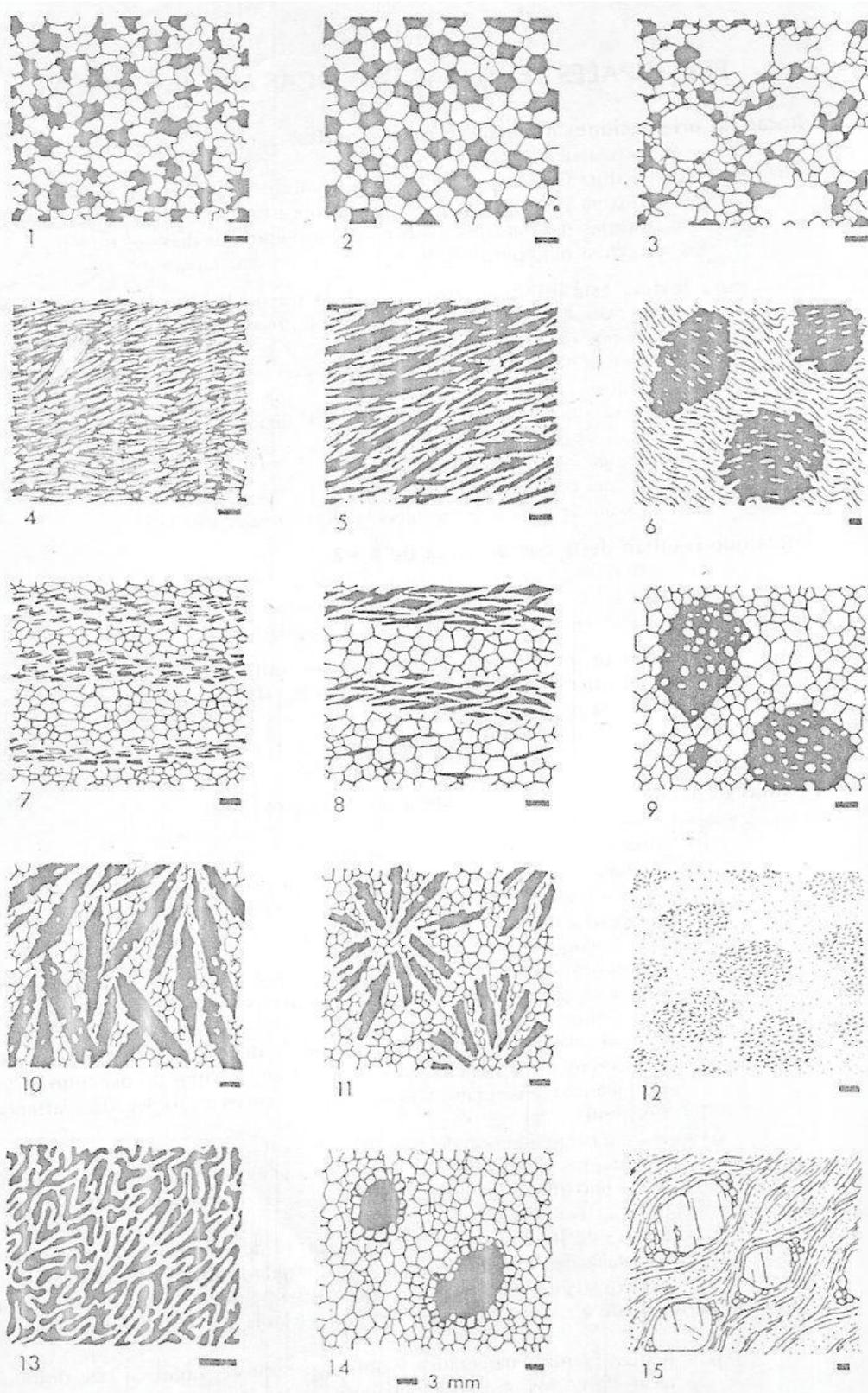
- (4) = textura lepidoblástica (minerais dominantes com hábitos alongados mais ou menos orientados);
- (5) = textura nematoblástica (minerais com hábitos em agulhas ou prismas alongados);
- (6) = textura porfiroblástica (abundantes poiquiloblastos com inclusões helicíticas);
- (10) = textura com minerais em viga;
- (11) = textura com minerais em roseta;
- (13) = textura vermiculada (simplectita de minerais lobulados).

C) Rochas que resultam da combinação de “A”+“B”:

- (7) – (1), (2) ou (3) + (4) = textura granolepidoblástica;
- (8) – (1), (2) ou (3) + (5) = textura granonematoblástica;
- (9) – (1), (2) ou (3) + (6) = textura granoporfiroblástica.

D) Rochas que apresentam minerais o agrupamentos minerais esféricos ou esferoidais + englobados em uma matriz do tipo (1), (2), (3), (4) ou (5):

- (12) = textura nodulosa;
- (14) = textura coronítica reacional;
- (15) = textura ocelar, glandular.



**Figura 6:** Principais texturas de rochas metamórficas segundo Bard (1985), os números correspondem aos números da nomenclatura.

## 6 – TRABALHOS PRÉVIOS E COMENTÁRIOS

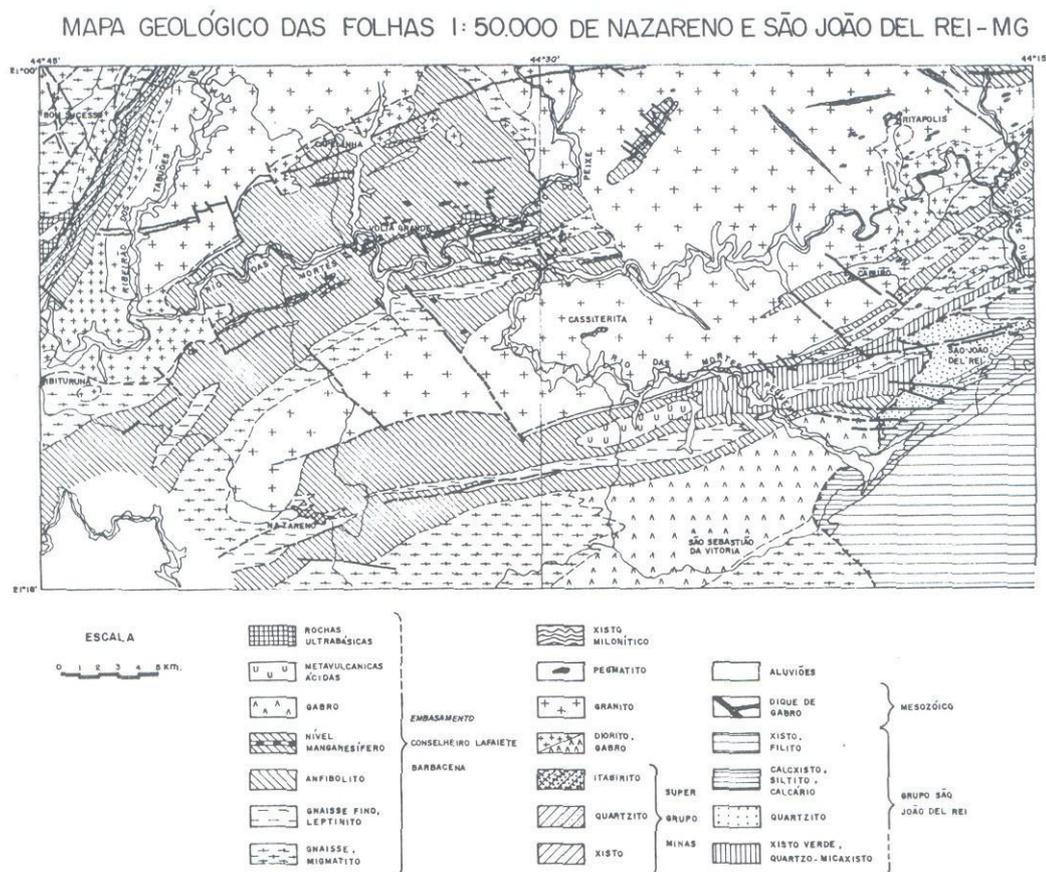
Devido a sua complexidade geológica, a área estudada na presente monografia foi palco do desenvolvimento de escassos trabalhos, onde foram identificados uma série de corpos plutônicos. Porém estes corpos não tiveram suas distribuições espaciais delimitadas conforme a necessidade para o estabelecimento da evolução geológica e inserção dos mesmos no contexto evolutivo da borda meridional do cráton São Francisco e do cinturão Mineiro.

Quéméneur & Baraud (1982 e 1983 - **Figura 7**), subdividiram os granitos aflorantes nas folhas São João del Rei e Nazareno em dois conjuntos distintos: granitos velhos associados à migmatitos; e os granitos novos posteriores aos anfíbolitos. Os granitos associados à migmatitos seriam encontrados somente próximos à cidade de Bom Sucesso e os granitos novos foram subdivididos em maciços “de Tabuões”, “de Ritápolis”, e “de Cassiterita”. Segundo estes autores os três corpos comporiam o batólito de São Tiago, que apresentaria uma grande extensão ao norte, porém sem que seus contatos fossem delimitados precisamente. Estes autores reconheceram ainda uma transição entre gnaisses e granitos próximo ao rio do Peixe, e concluíram que o batólito de São Tiago seria provavelmente o gerador dos pegmatitos estaníferos que ocorrem na região. Apesar de relacionar os pegmatitos estaníferos a todo o batólito de São Tiago, reconheceram que os mesmos só ocorriam em sua porção meridional, que corresponderia ao granitóide Ritápolis.

Segundo o mapa elaborado na presente monografia, não é recomendado à utilização do termo batólito São Tiago para a reunião de corpos graníticos, pois na região de São Tiago aflora um gnaiss fortemente foliado, que neste caso foi designado de ortognaiss granítico São Tiago. De forma semelhante, foi caracterizado que não ocorre a transição de gnaisses para granitos como proposto por Quéméneur & Baraud (1982 e 1983) e sim que os granitos são intrusivos no gnaiss. Desta maneira o gnaiss seria uma unidade mais velha (como apontam os dados geocronológicos) e corresponderia ao embasamento dos granitos. Em relação aos pegmatitos, foram caracterizadas duas gerações distintas, onde a mais antiga é associada ao ortognaiss granítico São Tiago, enquanto a mais nova ao granitóide Ritápolis. Trabalhos preliminares dos pegmatitos associados ao ortognaiss granítico São Tiago apontaram que os mesmos são mineralizados em columbita-tantalita, porém cassiterita não foi observada (Campos *et al.*, 2009).

Pires & Porto Jr. (1986) separam o “granito Santa Rita” (correspondente ao “granito Ritápolis” de Quéméneur & Baraud, 1982 e 1983) do então denominado “migmatito Barbacena” (**Figura 8**). Baseando-se na associação espacial das litologias encontradas no migmatito Barbacena, propuseram a hipótese deste corresponder às raízes ou ser o precursor do granito Ritápolis. Com isso, interpretaram o granito Santa Rita como sendo gerado por

fusão parcial durante um processo migmatítico e anatético, que afetou o “grupo Barbacena” durante a transição Arqueano-Proterozóico. Propuseram ainda uma estreita ligação genética do granito Santa Rita com os corpos pegmatíticos



**Figura 7:** Mapa de Quéméneur & Baraud (1983), mostrando os corpos que comporiam o batólito de São Tiago. A área estudada se encontra ao norte deste mapa.

Segundo os dados obtidos na presente monografia, o ortognaisse granítico São Tiago corresponde ao termo “migmatito Barbacena” de Pires & Porto Jr. (1986). Neste sentido, a separação entre o “granito Santa Rita” e o ortognaisse granítico São Tiago é pertinente. Porém não foi observado em nenhum local estudado a transição do ortognaisse para o “granito Santa Rita”. Em relação aos pegmatitos, Pires & Porto Jr. (1986) também apontaram para a presença de somente uma geração mineralizada, o que não corresponde ao observado em campo. Cabe destacar que Pires & Porto Jr. (1986) reuniram diversos ortognaisses tonalíticos sob a designação de “granito Santa Rita”, bem como não identificaram a presença de uma faixa *greenstone* de orientação N-S (Vide Anexo I- Mapa geológico).

Quéméneur & Garcia (1993) discorrem sobre as características dos maciços de Tabuões e Ritópolis sem chegar a um veredicto sobre a sua correlação genética, onde a região próxima à cidade de São Tiago mostra uma associação de granitos orientados, migmatitos e ortognaisses (Figura 9).

Neste contexto, o mapa destes autores se aproxima do mapa da presente monografia, onde junto com o “granito Ritápolis” ocorrem “granitos orientados”, que corresponderiam aos gnaisses tonalíticos Canoas e Bandeira.

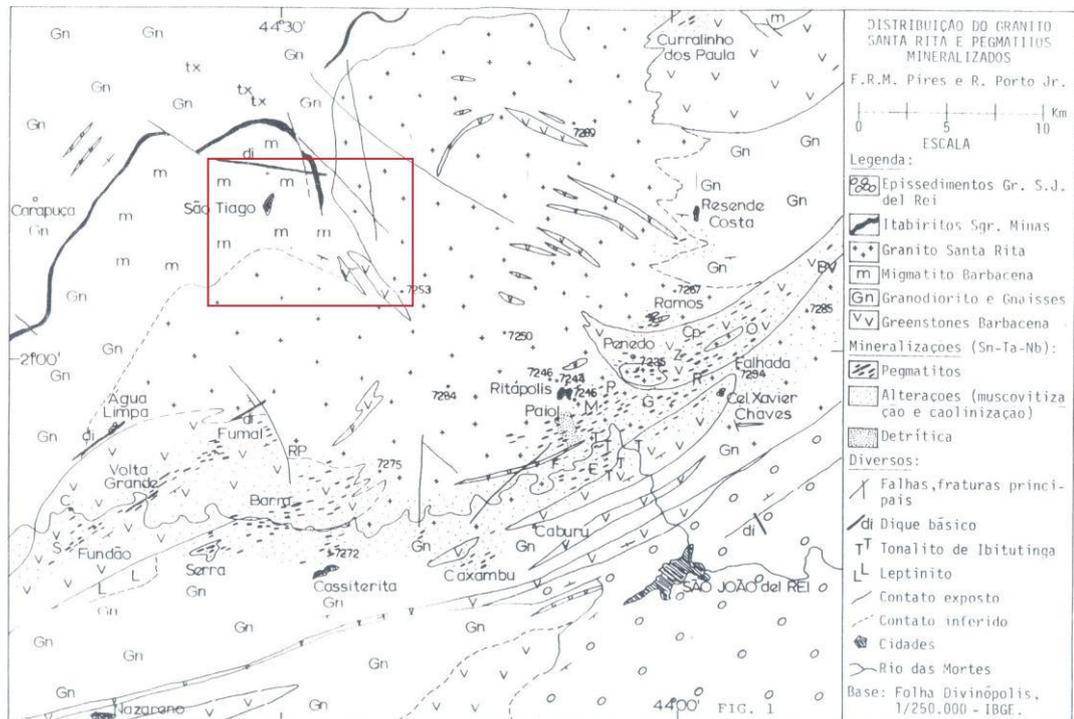


Figura 8: Mapa de Pires & Porto Jr. (1986), com a localização aproximada da área estudada em destaque (retângulo vermelho).

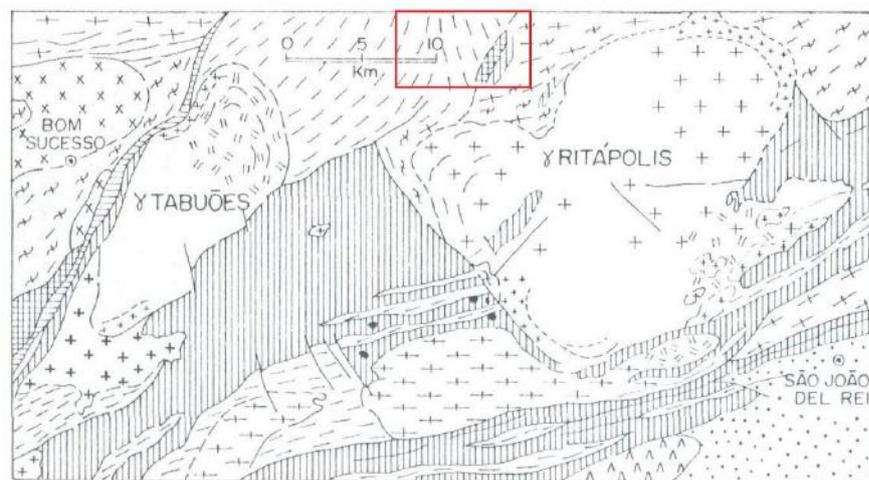


Fig.3- OS MACIÇOS DE TABUÕES E RITÁPOLIS — QUEMENEUR & GARCIA, 1993



Figura 9: Mapa de Quémeneur & Garcia (1993), com a localização aproximada da área estudada em destaque (retângulo vermelho).



## 7 – GEOLOGIA REGIONAL

### 7.1 – INTRODUÇÃO

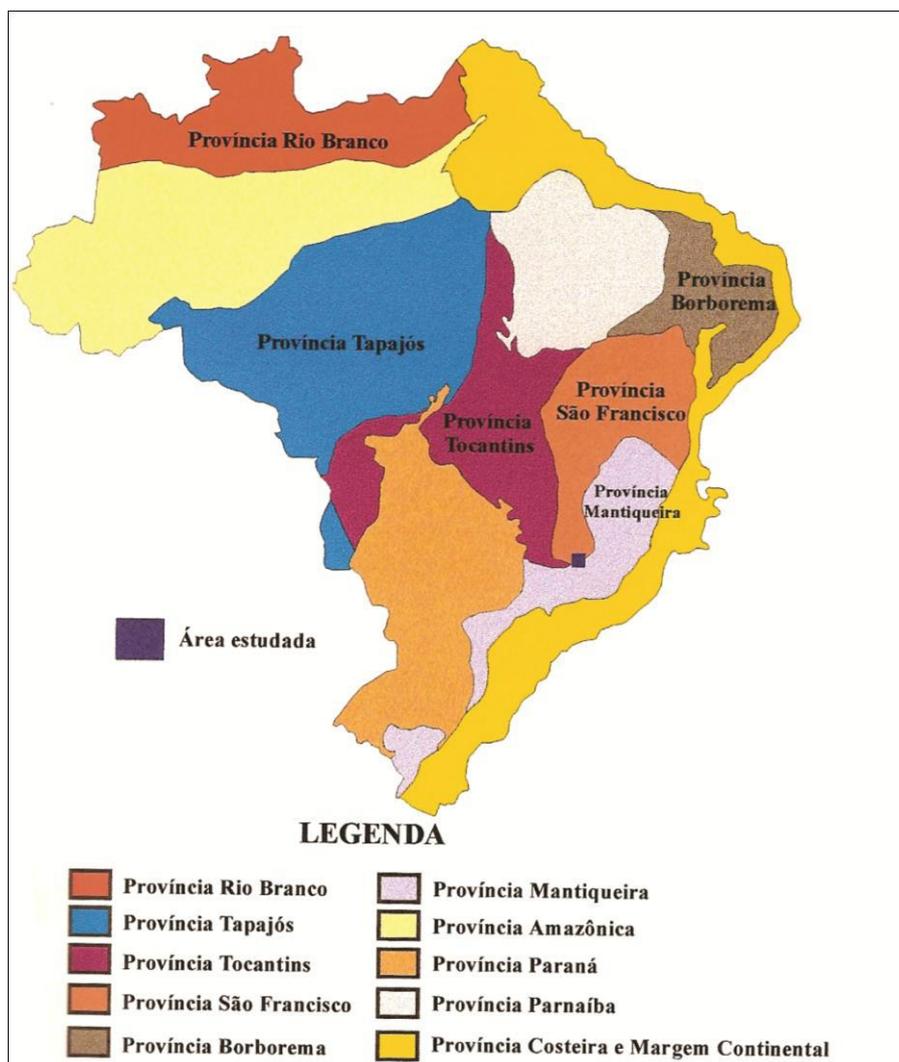
A Plataforma Sul-Americana foi subdividida por Almeida *et al.* (1977) em quatro grandes domínios, representados por: Embasamento; Plataforma Patagônica; Coberturas Fanerozóicas; e Cadeia Andina. O embasamento subdividido em três grandes escudos denominados de Atlântico, Brasil Central e das Guianas (Figura 11). Nesse mesmo trabalho os escudos que afloram no Brasil foram subdivididos em seis Províncias Estruturais, denominadas de Rio Branco, Tapajós, São Francisco, Tocantins, Mantiqueira e Borborema (Figura 12), sendo que as três primeiras províncias atuaram como antepaís para as faixas de dobramentos proterozoicas desenvolvidas nas províncias Tocantins, Mantiqueira e Borborema.



Figura 11: Distribuição geográfica das grandes unidades tectônicas do continente Sul Americano (segundo Almeida *et al.* 1977).

Jordan (1978 *in* Alkmim, 2004) definiu os crátons como unidades litosféricas diferenciadas e caracterizadas por possuírem raízes mantélicas, que poderiam atingir cerca de 400 km de profundidade, enquanto Brito Neves & Alkmim (1993) definiram cráton como uma parte relativamente estável do continente, que não foi envolvida (deformada ou metamorfoisada) durante o estabelecimento das faixas móveis adjacentes.

Em relação às grandes províncias estruturais, a área estudada na presente monografia encontra-se inserida no extremo sul da província São Francisco, próximo ao limite desta com a Província Mantiqueira, abrangendo terrenos arqueanos e paleoproterozoicos.



**Figura 12:** Distribuição geográfica das principais províncias estruturais do Território Brasileiro (segundo Almeida *et al.* 1977).

## 7.2 – CRÁTON SÃO FRANCISCO

Almeida (1977) caracterizou o “cráton do São Francisco” como “uma entidade tectônica do ciclo Brasileiro”, pois seus contornos são representados por frentes orogênicas do final deste ciclo, representadas pelas faixas móveis Neoproterozoicas Brasília, a sul e oeste, Rio Preto, a noroeste, Riacho do Pontal e Sergipana, a norte e Araçuá a sudeste (Figura 13).

Em relação ao embasamento do cráton São Francisco, Almeida (1977) sugere que o mesmo teria sido estabilizado ao final do evento Transamazônico, por volta de 1,8 Ga. A evolução do conhecimento geológico possibilitou a delimitação no cráton São Francisco de duas regiões com ampla geração de crosta durante o Paleoproterozoico (Figura 14), as quais são representadas pelo cinturão Mineiro na sua porção meridional (Teixeira *et al.*, 2000; Noce *et al.*, 2000; Ávila, 2000; Alkmim, 2004; Cherman, 2004; Ávila *et al.*, 2010) e pelo cinturão paleoproterozoico do leste da Bahia na porção setentrional (Figueiredo, 1989).

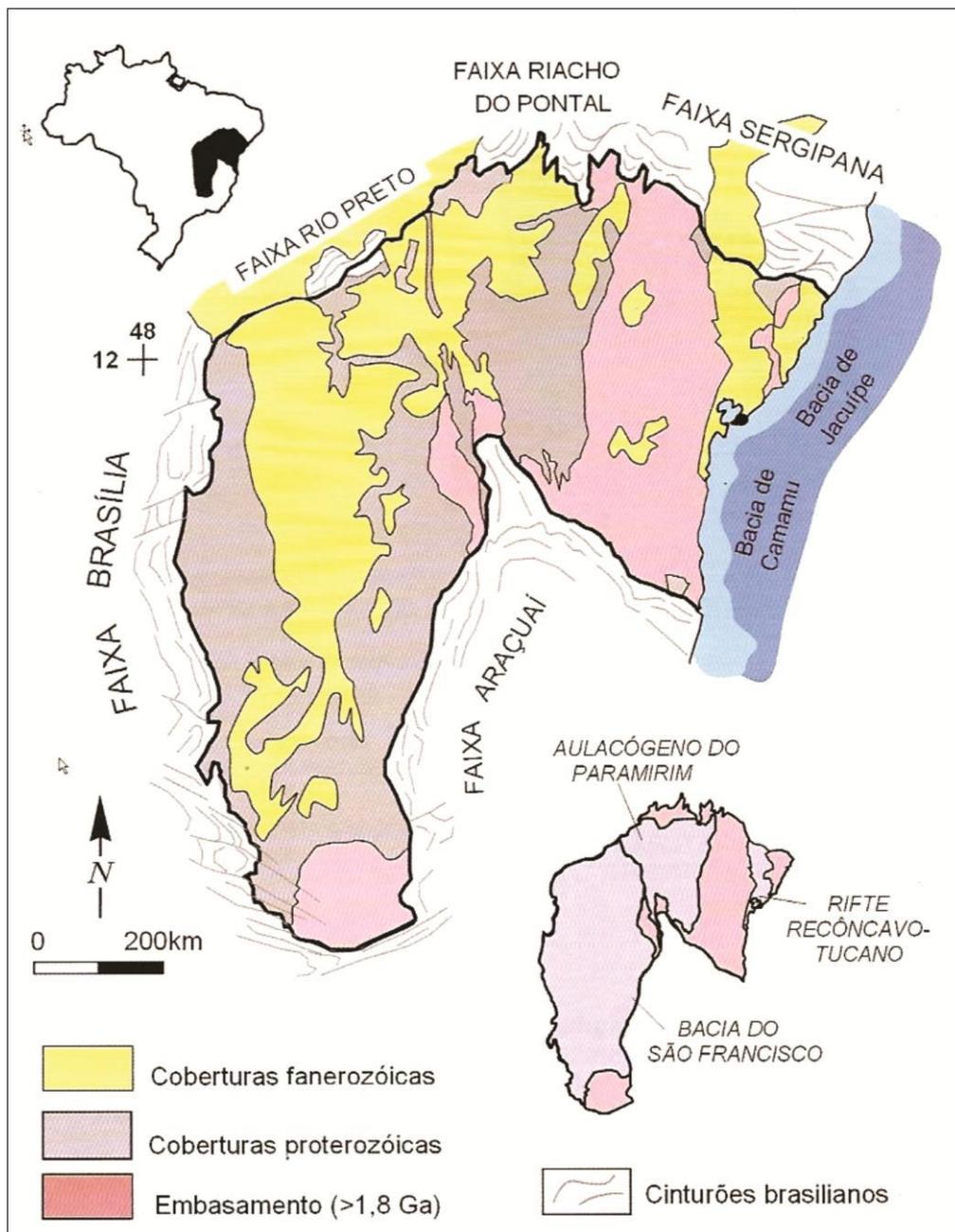
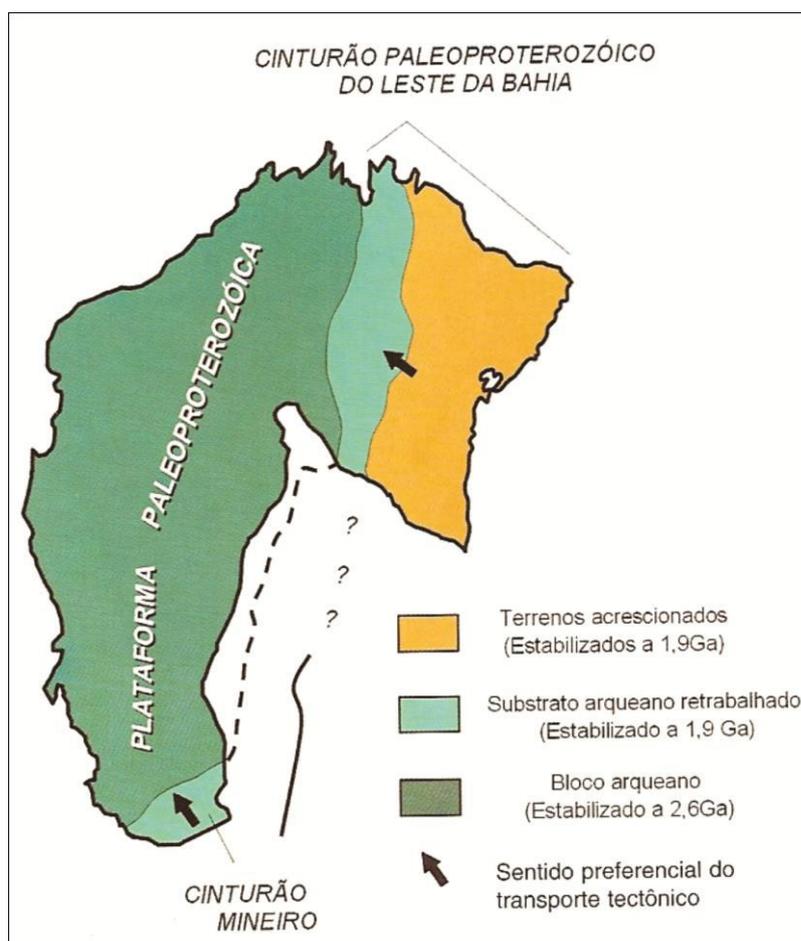


Figura 13: Mapa geológico simplificado do cráton do São Francisco (Alkmim, 2004).

### 7.3 – BORDA MERIDIONAL DO CRÁTON SÃO FRANCISCO

Na porção meridional do cráton São Francisco podem ser discriminadas duas feições tectônicas distintas interpretadas como partes de um orógeno (terrenos paleoproterozoicos) e de seu antepaís (terrenos arqueanos). Este orógeno paleoproterozoico está presente no interior do cráton de forma fragmentada e somente uma pequena porção encontra preservada e exposta no extremo sul, englobando o Quadrilátero Ferrífero e adjacências, sendo o mesmo conhecido como cinturão Mineiro (Teixeira *et al.*, 2000). No interior do cráton, as exposições da plataforma arqueana ou antepaís do orógeno paleoproterozoico são muito reduzidas. Porém, Alkmim (2004) definiu os limites do núcleo arqueano “intacto” do cráton, correspondente à

porção interna de um continente arqueano estabilizado por volta de 2,6 Ga, que teve suas margens afetadas pelo Evento Transamazônico.



**Figura 14:** Componentes do embasamento do cráton do São Francisco, mostrando o bloco arqueano e os dois fragmentos de crosta gerados durante o Paleoproterozoico, o Cinturão Mineiro na sua porção sul e o cinturão do leste da Bahia (Alkmim, 2004). A linha tracejada e a linha cheia com interrogações marcam os limites em subsuperfície das regiões do cráton.

#### 7.4 – CINTURÃO MINEIRO

Segundo Teixeira & Figueiredo (1991), o cinturão Mineiro seria formado por terrenos gnáissicos-migmatíticos e granitóides com *trends* estruturais N-S a NNE-SSW, muito distintos. Este cinturão englobaria rochas expostas ao sul do cráton São Francisco que experimentaram deformação e ação termal no decorrer do evento Transamazônico.

Teixeira *et al.* (2000) definiram o cinturão Mineiro como um cinturão transamazônico que ocorre na porção sudeste do cráton São Francisco, que teria evoluído como um cinturão marginal para a plataforma arqueana e incluiria uma grande área de embasamento arqueano retrabalhado. Além disso, o cinturão englobaria as sequências supracrustais do Supergrupo Minas, bem como vários plútons granitóides e corpos máficos paleoproterozoicos, representando parte de um arco plutônico próximo à margem cratônica.

Alkmim (2004) apresenta uma nova definição para o cinturão Mineiro, na qual este compreenderia um complexo metamórfico basal arqueano retrabalhado no Transamazônico, rochas supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas, rochas do Supergrupo Minas e do Grupo Itacolomi, além de granitóides arqueanos e paleoproterozoicos.

Segundo Ávila *et al.* (2010), o cinturão Mineiro seria composto por (Figura 15): rochas crustais arqueanas parcialmente retrabalhadas durante o Paleoproterozoico, bem como o *greenstone belt* Rio das Velhas, além de *greenstone belts* e plútons máficos e félsicos paleoproterozoicos (como o granitóide Ritópolis e o diorito Brumado). Ávila (2000) e Teixeira & Ávila (2007) sugeriram que dois arcos plutônicos sucessivos participaram na evolução do cinturão Mineiro. Dados estruturais e geocronológicos indicariam que os *greenstone belts* estariam tectonicamente ligados aos arcos magmáticos, onde suas colagens seriam controladas por zonas de cisalhamento regionais e falhas transcorrentes.

## **7.5 – ORTOGNAISSES ARQUEANOS**

Comumente possuem textura bandada, podendo ser também migmatítica, apresentam xenólitos de outros gnaisses, de anfibolitos e de rochas ultramáficas e são cortados por diques de granitóides e pegmatitos paleoproterozoicos, bem como por diques de diabásio. Os ortognaisses arqueanos estão concentrados principalmente nos complexos metamórficos (Passa Tempo, Bonfim, Campo Belo e Bação; Ávila *et al.*, 2010), que ocorrem a norte e nordeste da área estudada, mas também podem ser encontrados como pequenos núcleos isolados por todo o cinturão mineiro. Estes gnaisses representam resquícios de crosta continental arqueana e estão fortemente metamorfisados e deformados. Podem ter dimensões em escala de afloramento ou até mesmo quilométricas, como é o caso do ortognaisse granítico São Tiago.

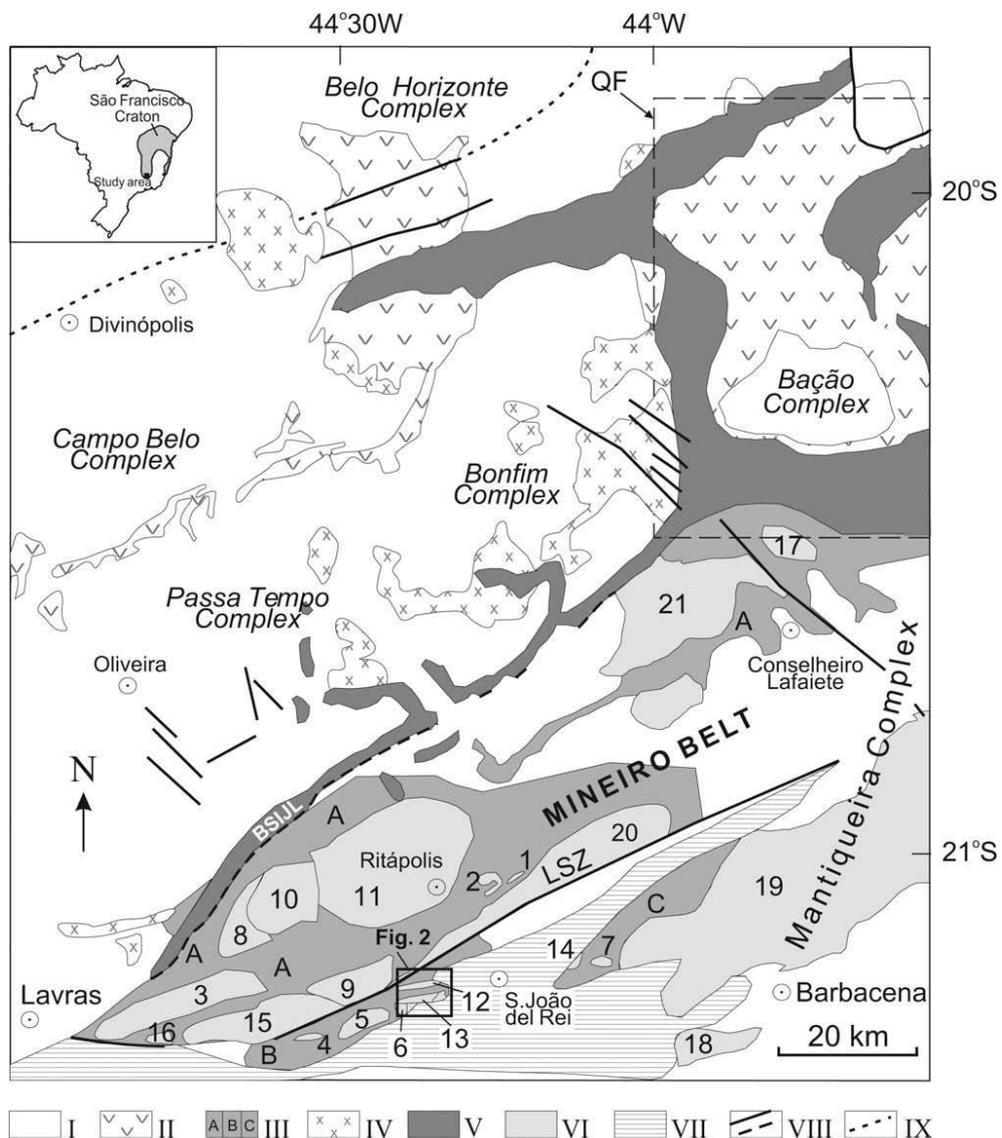
## **7.6 – GREENSTONE BELTS**

A borda meridional do cráton São Francisco apresenta diversas faixas de rochas metavulcanossedimentares arqueanas-paleoproterozoicas, com destaque aos *greenstone belts* de Piumhi, Fortaleza de Minas, Rio das Velhas, Morro do Ferro e Barbacena (Vasques *et al.*, 2010b). Este último foi recentemente subdividido em três faixas distintas (Nazareno, Rio das Mortes e Dores de Campos) que são separadas em campo por ortognaisses e granitóides: (Ávila *et al.*, 2010).

O *greenstone belt* Nazareno é representado segundo Toledo (2002) e Ávila *et al.* (2004) por abundante vulcanismo ultramáfico de composição komatiítica com subordinado vulcanismo basáltico komatiítico e toleiítico (anfibolitos) e escassas rochas

metassedimentares (filitos, gonditos, quartzitos). O *greenstone belt* Rio das Mortes é caracterizado por abundante vulcanismo máfico e espesso pacote de rochas metassedimentares, incluindo filitos, grafita filitos, quartzitos e depósitos de gondito (Vasques, 2009; Vasques *et al.*, 2010b). Neste *greenstone* o magmatismo ultramáfico é reduzido ou está ausente, enquanto o *greenstone belt* Dores de Campos é representado por rochas metaultramáficas (serpentinitos, clorita-tremolita-talco xistos) e metamáficas toleíticas (anfíbolitos), bem como espessos pacotes metassedimentares, representados por filitos, filitos grafitosos, quartzitos e diamictitos (Vasques *et al.*, 2010a).

Os trabalhos prévios de mapeamento regional correlacionaram as rochas metavulcanossedimentares próximas à cidade de São Tiago ao *greenstone belt* Barbacena (Pires & Porto Jr, 1986) ou ao *greenstone belt* Rio das Velhas (Pedrosa-Soares *et al.*, 1994; COMIG, 2003).



**Figura 15** – Mapa geológico mostrando a porção sudeste do cráton de São Francisco. I – Crosta arqueana parcialmente retrabalhada durante o Paleoproterozoico. II – Greenstone belt

Rio das Velhas (Arqueano). III – Greenstone belts arqueanos/paleoproterozoicos: (A) Rio das Mortes, (B) Nazareno e (C) Dores de Campos. IV – Granitóides arqueanos. V – Supergrupo Minas (Paleoproterozoico – Sideriano). VI – Plútons félsicos e máficos paleoproterozoicos. VII – Sequências supracrustais São João Del Rei (Paleoproterozoico - Estateriano), Carandaí (Mesoproterozoico) e Andrelândia (Neoproterozoico). VIII – Estruturas tectônicas de grande porte. IX – Limite aproximado do cinturão Mineiro Paleoproterozoico. Plútons paleoproterozoicos: 1- Quartzo-monzonito Glória (2189±29 Ma); 2- Diorito Brumado (2131±4 Ma); 3- Diorito Rio Grande (2155±3 Ma); 4- Gabro Rio Grande; 5- Gabro São Sebastião da Vitória (2220±3 Ma); Quartzo-diorito Brito; 7- Gabro Vitoriano Veloso; 8- Diorito Ibitutinga; 9- Tonalito/trondhjemitito Cassiterita (2162±10 Ma); 10- Trondhjemitito Tabuões; 11- Granitóide Ritápolis (2121±7 Ma); 12- Granodiorito Brumado de Baixo; 13- Corpos granodioríticos e granofíricos Brumado de Cima; 14- Granitóide Tiradentes; 15- Granito Nazareno (2255±6 Ma); 16- Granito e ortogneisse Itumirim (2177±4 Ma; 2101±8 Ma); 17- Tonalito Congonhas; 18- Granito Campolide; 19- Complexo Ressaquinha; 20- Gnaiss granítico Fé (2191±9 Ma); 21- Tonalito Alto Maranhão (2124±2 Ma). QF – Quadrilátero Ferrífero. BSIJL – Lineamento Bom Sucesso - Ibituruna - Jeceaba. LSZ – Zona de cisalhamento Lenheiro. (Ávila *et al.*, 2010).

### **7.7 – CORPOS PLUTÔNICOS PALEOPROTEROZOICOS**

No cinturão mineiro afloram diversos corpos ígneos paleoproterozoicos, que possuem grandes dimensões, sendo capazes de alcançar 400 km<sup>2</sup> de área. Tais corpos não apresentam foliação metamórfica, mas podem apresentar uma orientação dos cristais, principalmente do feldspato e da biotita, interpretada como relacionado a fluxo ígneo. Associados a esses corpos plutônicos, ocorrem uma série de corpos pegmatíticos, relacionados principalmente ao granitóide Ritápolis, sendo por vezes mineralizados em Sn, Nb, Ta, Hf e ETR.

## 8 – GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA

### 8.1 – INTRODUÇÃO

A área estudada apresenta evolução geológica complexa envolvendo unidades arqueanas e paleoproterozoicas, as últimas relacionadas a um conjunto de arcos magmáticos, que foram reunidos sob a designação de cinturão Mineiro. As rochas estudadas foram subdivididas em oito conjuntos distintos (**Anexo I – Mapa geológico**), que correspondem a:

- 1 – Sequência *greenstone belt*: representada por rochas metaultramáficas, metamáficas, metafélicas e metassedimentares, bem como por gnaisses e epidiositos;
- 2 – Ortognaisse granítico São Tiago e pegmatitos: representado por um grande corpo gnáissico com diversos litótipos associados, bem como pegmatitos, cujas idades de cristalização correspondem a  $2.701 \pm 38$  Ma (leucossoma) e  $2.667 \pm 43$  Ma (mesossoma) (Toledo *et al.*, 2010);
- 3 – Sequência metassedimentar: representada por Formações Ferríferas Bandadas (FFBs), gonditos e quartzitos, que devido à idade máxima de deposição de cerca de 2,4 Ga dos FFBs (Teixeira *et al.*, 2011) foi correlacionada ao supergrupo Minas;
- 4 – Ortognaises tonalíticos Bandeira e Serra e ortognaisse trondhjemítico Canoas (com pegmatitos associados): corpos compostos por feldspato e quartzo, onde a biotita pode alcançar até cerca de 15% nos gnaisses tonalíticos e <10% no gnaisse trondhjemítico. Estes corpos não haviam sido individualizados anteriormente nos trabalhos regionais e o ortognaisse tonalítico Bandeira é intrusivo em rochas anfíbolíticas da sequência *greenstone belt*, bem como pegmatitos correlacionados ao mesmo cortam as FFBs;
- 5 – Gnaisse biotítico composto por feldspato e quartzo, onde a biotita alcança até cerca de 30%. Sua origem (ígnea ou sedimentar) ainda é incerta e não se sabe ao certo seu real posicionamento estratigráfico;
- 6 – Granitóides e pegmatitos correlacionados ao granitóide Ritópolis: rochas compostas por feldspato, quartzo e rara biotita, que apresentam foliação de fluxo magmático, bem como localizadamente foliação metamórfica. São intrusivos na sequência *greenstone belt* e no ortognaisse trondhjemítico Canoas;
- 7 – Diques noríticos: envolve dois afloramentos, que podem corresponder a único corpo, que é intrusivo no ortognaisse tonalítico Serra;
- 8 – Diques máficos: sob essa designação foram reunidos pelo menos seis corpos intrusivos tabulares distintos (metadiabásios e diabásio). O dique de metadiabásio é intrusivo no ortognaisse granítico São Tiago, enquanto que os de diabásio cortam as rochas da sequência *greenstone belt*, do ortognaisse granítico São Tiago, da sequência metassedimentar (quartzitos) e o ortognaisse tonalítico Bandeira.

Rochas pertencentes à sequência *greenstone belt* afloram por toda a porção central da área estudada (**Anexo I – Mapa geológico**) e reúnem uma série de tipos litológicos distintos, incluindo rochas metafélicas (metandesito), metamáficas (anfíbolitos), metaultramáficas (serpentinitos, talco xistos, clorititos, anfíbolitos e metapiroxenitos), metassedimentares (xistos e filitos) e gnaisses (bandado e homogêneo). Porém esses litótipos não foram individualizados em mapa, com exceção de um corpo contínuo de rochas metaultramáficas de direção geral NNE – SSW.

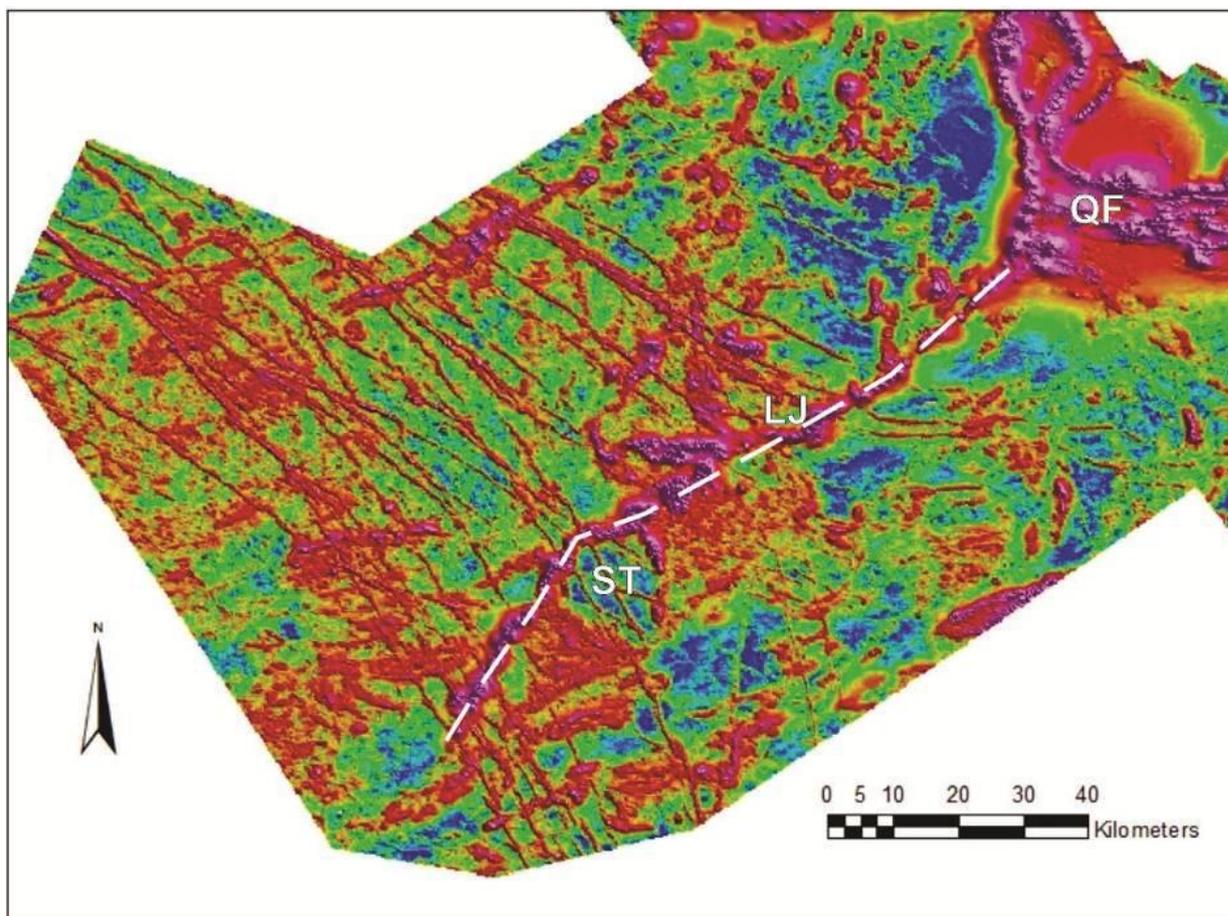
O corpo denominado na presente monografia de ortognaisse granítico São Tiago foi anteriormente descrito em diversos trabalhos (Quéméneur & Baraud, 1982 e 1983; Pires & Porto Jr, 1986; Quéméneur & Garcia, 1993), porém em nenhum deles sua cartografia geológica e seus limites em relação ao granitóide Ritápolis haviam sido bem definidos (**Anexo I – Mapa geológico**), bem como o mesmo não foi individualizado dos demais corpos gnáissicos mais novos;

Posicionados estratigraficamente sobre as rochas do *greenstone belt*, ocorrem litótipos metassedimentares representados por quartzitos, xistos, gonditos e FFBs, os quais afloram próximo ao contato com o ortognaisse granítico São Tiago (**Anexo I – Mapa geológico**).

Em relação aos ortognaisses Canoas, Bandeira, Serra e o biotítico, caracterizou-se que os mesmos apresentam variações tanto em campo, quanto petrográficas, onde o ortognaisse Canoas apresenta composição tonalítica, porém com índice de cor inferior a 10, enquanto os ortognaisses Bandeira e Serra apresentam índice de cor entre 10 e 15. O ortognaisse biotítico se diferencia dos demais pelo seu elevado conteúdo de biotita (cerca de 30%). Cabe destacar que estes corpos ainda não haviam sido individualizados nos estudos anteriormente realizados na região (**Anexo I – Mapa geológico**), bem como corpos pegmatíticos associados ao ortognaisse tonalítico Bandeira cortam as rochas da sequência metassedimentar (FFBs e quartzitos)

Diques do granitóide Ritápolis afloram em pequenos corpos circulares por vezes alongados de até 2 quilômetros de diâmetro (**Anexo I – Mapa geológico**) e cortam a sequência *greenstone belt* e os ortognaisses. Estes apresentam composição monzogranítica a sienogranítica, variam de hololeucocrático a leucocrático (IC: 5-15) e são compostos por quartzo, microclina, plagioclásio (oligoclásio) e biotita<sub>1</sub>, enquanto os minerais acessórios são representados por allanita, zircão, apatita e minerais opacos e os secundários por sericita, biotita<sub>2</sub>, epidoto<sub>2</sub>, clorita e moscovita. Corpos pegmatíticos associados a esse granitóide cortam as rochas da sequência *greenstone belt*, bem como os ortognaisses São Tiago e Canoas.

Por fim, diques de diabásio e norito ocorrem na área, com direções principais NW – SE e NE – SW, com espessuras variando desde pouco mais de 1 metro, até algumas dezenas de metros (Anexo I – Mapa geológico). Estes são facilmente visualizados nas imagens de aeromagnetometria feitas pela CODEMIG (Figura 16).



**Figura 16:** Imagem de aeromagnetometria gerada a partir do levantamento aerogeofísico da CODEMIG (2000) destacando a área estudada. ST – Ortochnaisse granítico São Tiago. LJ – Lineamento Jeceaba. QF – Quadrilátero Ferrífero.

## 8.2 – GREENSTONE BELT

A unidade de mapeamento denominada *greenstone belt* agrupa uma série de tipos litológicos distintos interpretados como pertencentes a uma seqüência metavulcanossedimentar, composta de rochas metafélicas, metamáficas, metaultramáficas, metassedimentares e gnaisses (Anexo I – Mapa geológico).

As rochas metafélicas são representadas por um metandesito de coloração esverdeada que aflora em uma cachoeira, referente ao ponto ST-190 (Figura 17). Este possui granulação fina, foliação bem marcada (Figura 18) e está em contato irregular com um corpo granítico,

apresentando uma série de xenólitos do granitóide (Figura 19). O metandesito é ainda cortado por veios de quartzo, que muitas vezes possuem fragmentos do mesmo (Figura 20).



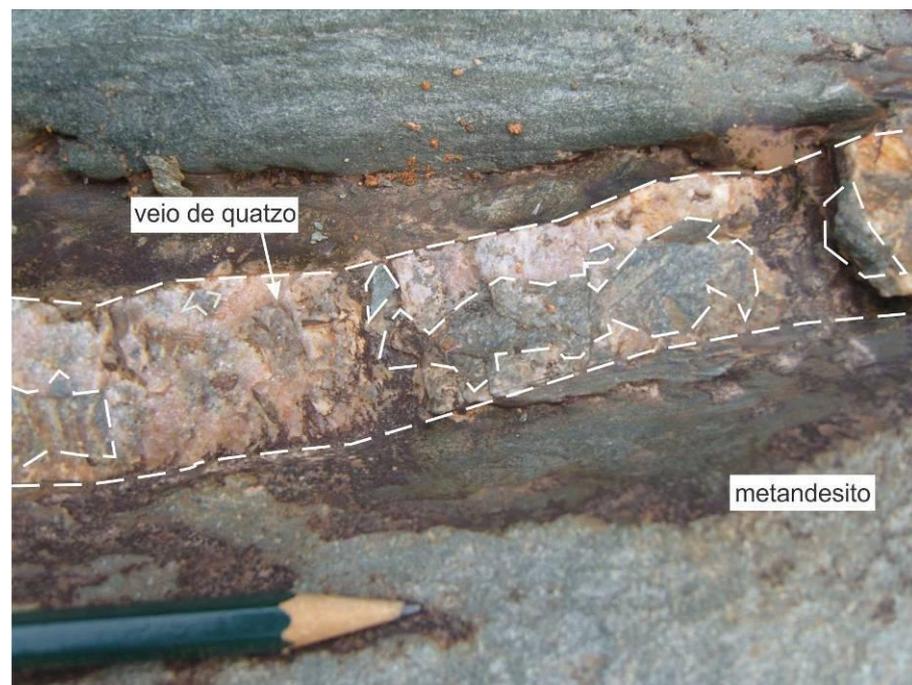
**Figura 17:** Afloramento de metandesito. Ponto ST-190.



**Figura 18:** Metandesito com foliação bem marcada. Ponto ST-190.



**Figura 19:** Metandesito em contato irregular com um granitóide. Destaca-se a presença de diversos fragmentos do granitóide dentro do metandesito. Ponto ST-190.



**Figura 20:** Veio de quartzo com fragmentos de metandesito. Ponto ST-190.

As rochas metamáficas (**Anexo I – Mapa geológico**) são representadas por anfibolitos, que ocorrem normalmente muito alterados, ocasionando a formação de um solo marrom avermelhado (**Figura 21**). São compostos por anfibólio, plagioclásio, e minerais opacos, bem

como apresentam foliação metamórfica bem marcada (Figura 22). Localmente podem ocorrer juntamente com diversos corpos pegmatíticos centimétricos (Figuras 23 e 24).



Figura 21: Blocos *in situ* de anfibolito muito alterado. Ponto ST-204.

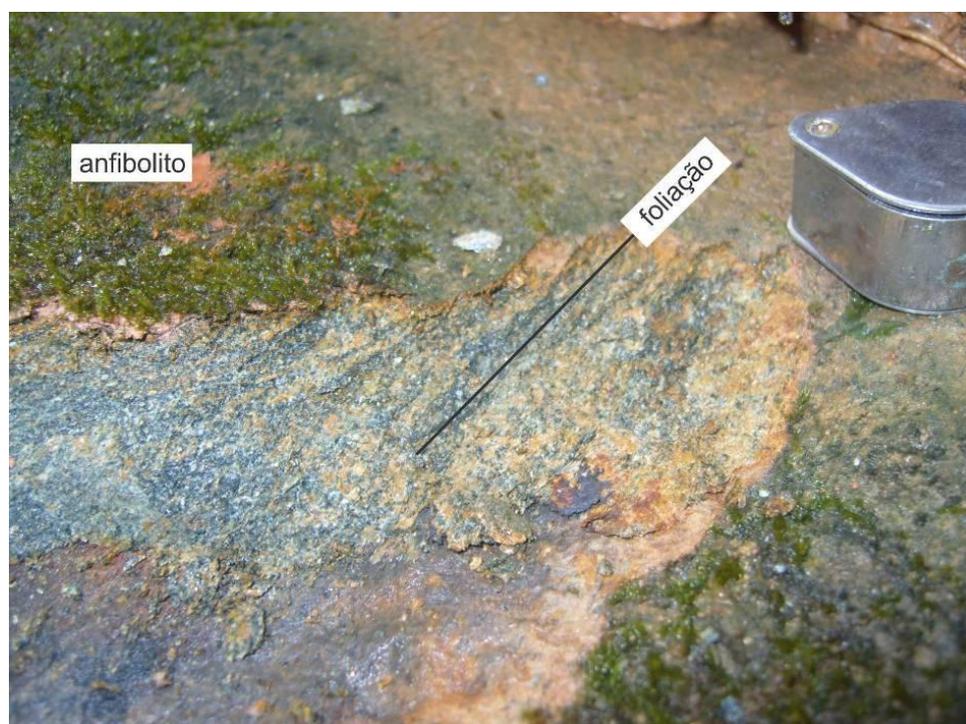
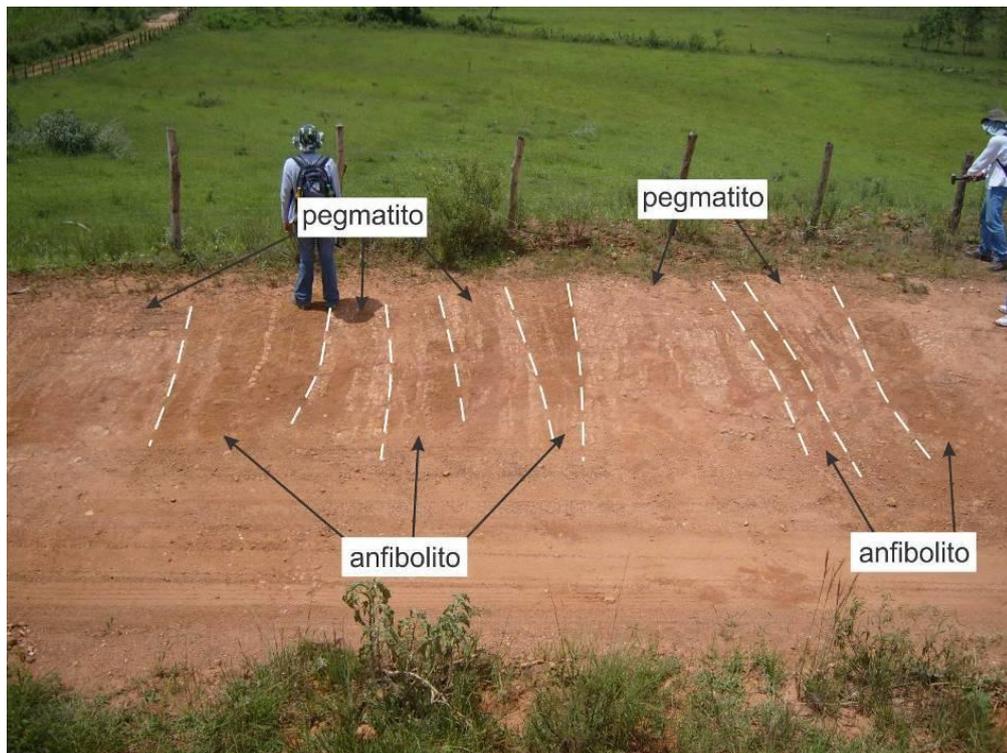
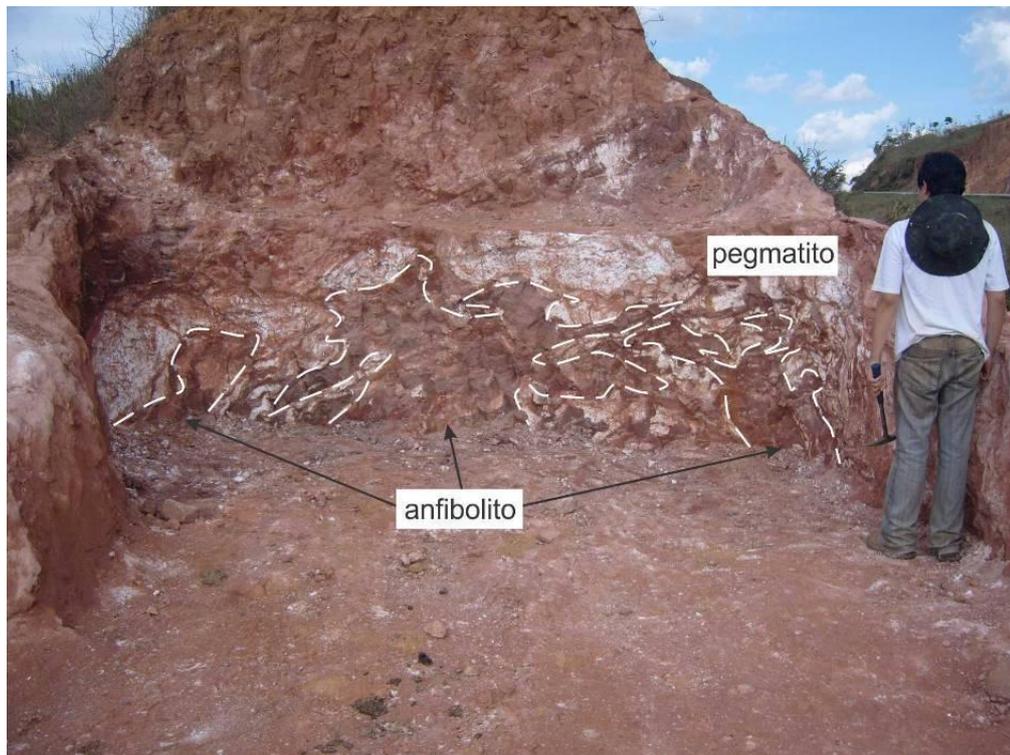


Figura 22: Anfibolito com foliação bem marcada. Ponto ST-189.



**Figura 23:** Anfibolito (banda marrom) com pegmatitos (bandas claras) no leito da estrada. Ponto ST-18.



**Figura 24:** Anfibolito (porção marrom) cortado por diversos pegmatitos (porção clara). Ponto ST-118.

As rochas metaultramáficas também ocorrem muito alteradas e são representadas por serpentinito, talco xisto, anfibolitito, cloritito e metapiroxenito. O serpentinito é composto por serpentina, talco, tremolita e clorita e apresenta estruturas de acamamento ígneo, associadas a um processo de cristalização fracionada (Figura 25) Ocorre principalmente ao longo da faixa de rochas metaultramáficas de direção NE-SW (Anexo I – Mapa geológico). O talco xisto possui também pequenas quantidades de tremolita, magnetita e pirita limonitizada, ocorrendo somente no ponto ST-397. O anfibolitito é composto principalmente por tremolita ou hornblenda e por magnetita e se encontra na porção leste da área estudada. O cloritito, mais raramente, possui magnetita, ocorrendo normalmente alterado (Figura 26). O metapiroxenito ocorre somente no ponto ST-124 e é composto por clinopiroxênio e pouca clorita (Figura 27).



Figura 25: Bloco de serpentinito mostrando acamamento ígneo. Ponto ST-22.



**Figura 26:** Amostra de cloritito alterado com magnetita onde se destacam placas de até 1 cm de clorita. Ponto ST-166.



**Figura 27:** Amostra de metapiroxenito fresco, onde as cores esbranquiçadas resultam da reflexão da luz na superfície dos cristais de piroxênio. Ponto ST-124.

As rochas metassedimentares são representadas por xistos e filitos que afloram isoladamente ao longo de todo o *greenstone belt* (Figura 28). Normalmente encontram-se muito alterados e possuem coloração branca a roxa.

Os gnaisses pertencentes ao *greenstone belt* podem ser separados em gnaisses homogêneos e bandados (Figuras 29 e 30). O gnaisse homogêneo é composto por epidoto, quartzo e plagioclásio, enquanto o gnaisse bandado possui bandas félsicas, compostas por quartzo e álcali-feldspato, e máficas, anfibolíticas.



Figura 28: Afloramento de filito arroxeadado junto a um veio de quartzo. Ponto ST-191.



Figura 29: Amostra do gnaisse homogêneo do *greenstone belt*. Ponto ST-122.



**Figura 30:** Lajedo do gnaiss bandado do *greenstone belt*. Ponto ST-17.

## 8.3 – ORTOGNAISSE GRANÍTICO SÃO TIAGO

### 8.3.1 – ASPECTOS DE CAMPO

O ortogneisse granítico São Tiago aflora em lajedos na encosta de morros (Figura 31), leitos de drenagem (Figura 32) e em cortes de estrada (Figura 33). É caracterizado por seu bandamento e estrutura gnáissica, podendo ser localmente porfirítico e possuir estrutura migmatítica. Com base nesses dados, foi efetuado o estudo em detalhe de afloramentos típicos, possibilitando a sua separação em quatro diferentes litótipos: Litótipo 1) ortogneisse fino a médio, esbranquiçado, foliado, hololeucocrático a leucocrático, bandado (níveis félsicos e máficos) e de composição monzogranítica a granodiorítica, e mais raramente quartzo monzonítica; Litótipo 2) ortogneisse fino a médio, acinzentado, com foliação anastomosada, leucocrático a mesocrático, de composição tonalítica e com maior proporção de biotita; Litótipo 3) pegmatito grosso, homogêneo, hololeucocrático e composto por feldspato, quartzo e rara moscovita; Litótipo 4) granitóide médio, homogêneo, hololeucocrático e de composição monzogranítica, localmente sienogranítica e quartzo monzonítica. Onde a unidade de mapeamento denominada ortogneisse granítico São Tiago seria formada pela união desses litótipos (Figuras 34, 35, 36 e 37).



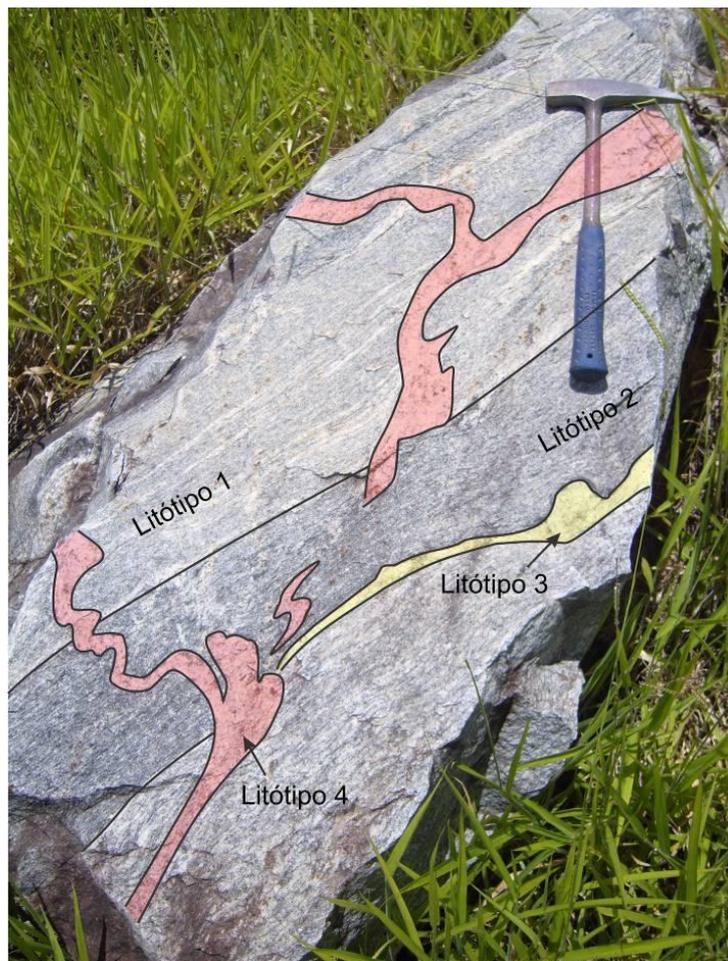
**Figura 31:** Lajedo do ortogneisse granítico São Tiago. Ponto ST-279.



**Figura 32:** Lajedo do ortognaisse granítico São Tiago no leito da drenagem, formando uma cachoeira, próximo ao contato com o *greenstone belt*. Ponto ST-276.



**Figura 33:** Afloramento do ortognaisse granítico São Tiago em corte de estrada, BR-494. Ponto ST-06.



**Figura 34:** Litótipo 1 e 2 da unidade de mapeamento São Tiago, sendo cortados pelos litótipos 3 e 4, ambos deformados. Sendo o litótipo 3 concordante a foliação e o litótipo 4 discordante. Ponto ST-03.



**Figura 35:** Litótipo 2 da unidade de mapeamento São Tiago exibindo dobras em sua foliação. Ponto ST-59.



**Figura 36:** Litótipo 3 da unidade de mapeamento São Tiago dobrado junto à foliação do litótipo 1. Ponto ST-65.

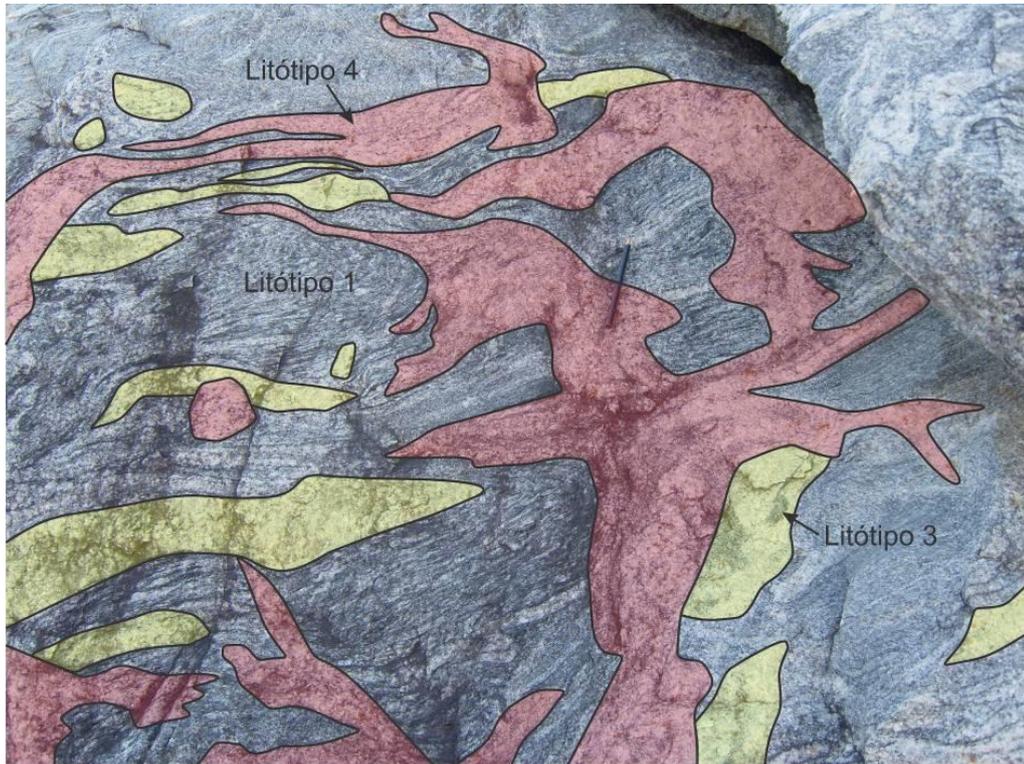


**Figura 37:** Litótipo 4 da unidade de mapeamento São Tiago cortando os litótipos 1 e 3. Ponto ST-65.

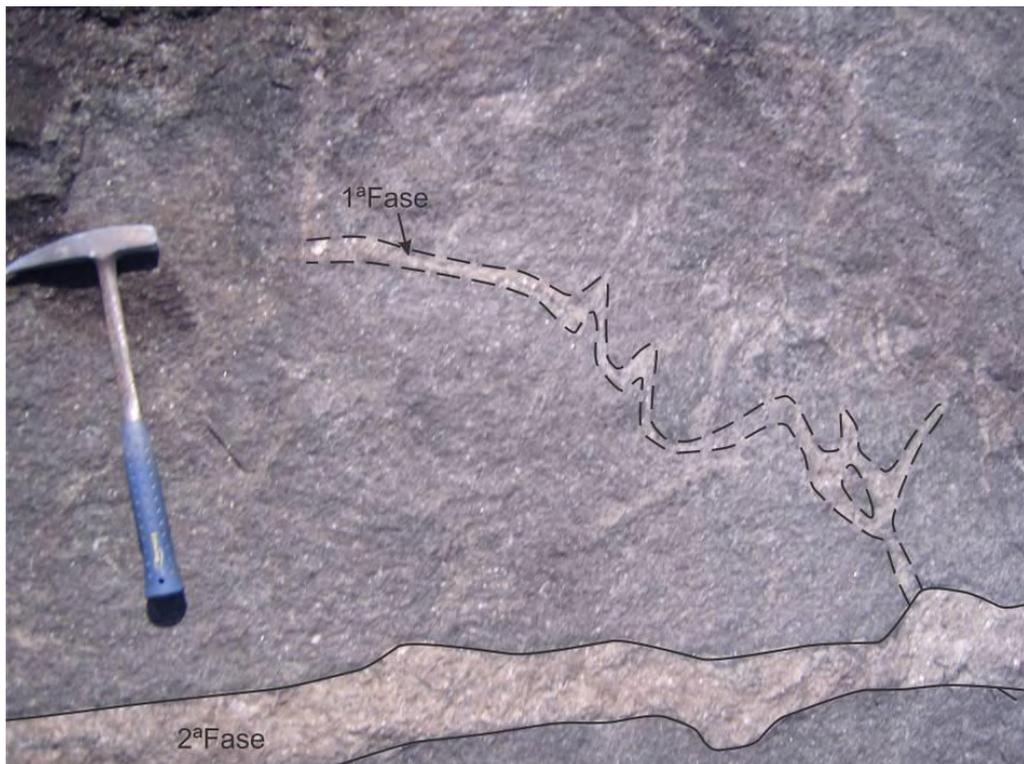
A partir das descrições de campo e do estudo petrográfico, foi caracterizado que a textura migmatítica anteriormente descrita por outros autores (Pires & Porto Jr., 1986; Quéméneur & Garcia, 1993) corresponderia a uma situação geológica representada pela intrusão de corpos centimétricos de pegmatitos (litótipo 3) e de granitóides (litótipo 4), que foram posteriormente deformados conjuntamente com o ortogneisse bandado referente aos litótipos 1 e 2 (Figuras 38 e 39). Além da primeira geração de pegmatitos, dobrada junto ao ortogneisse, ocorre uma segunda geração, associada ao granitóide Ritápolis, que corta as demais rochas com corpos de até 3 metros de espessura e que não apresenta nenhuma estrutura de deformação (Figura 40).



**Figura 38:** Lajedo do litótipo 1 do ortogneisse granítico São Tiago. Ponto ST-368.



**Figura 39:** Litótipos 1, 3 e 4 da unidade de mapeamento São Tiago, dando origem a uma textura migmatítica. Ponto ST-65.



**Figura 40:** Pegmatito não deformado cortando o litótipo 1 do ortogneisse granítico São Tiago junto com fase pegmatítica dobrada, apontando claramente para a presença de pelo menos duas fases pegmatíticas. Ponto ST-03.

Próximo ao contato com o *greenstone belt*, o ortogneisse São Tiago apresenta uma série de xenólitos de um gnaiss tonalítico (IC: 30-50) com tamanho variando desde centimétricos (>2 cm) a métricos (~2 m), e com formatos variados, desde arredondados até alongados (Figuras 41 e 42). Petrograficamente foi analisada somente uma lâmina (ST-06X) com granulação fina, composição tonalítica (Figura 43 e Tabela 6), textura granolepidoblástica (Figura 44) e índice de cor igual a 35. Sua mineralogia principal é composta por quartzo, plagioclásio (oligoclásio), hornblenda e biotita<sub>1</sub>, tendo como minerais acessórios allanita, zircão, apatita, rutilo e um mineral de coloração azulada, anisotrópico com relevo superior ao da titanita. Sua mineralogia secundária é representada por sericita, biotita<sub>2</sub>, epidoto<sub>2</sub>, titanita e clorita.



**Figura 41:** Xenólitos arredondados de um gnaiss tonalítico junto ao litótipo 1 do ortogneiss granítico São Tiago. Ponto ST-06.

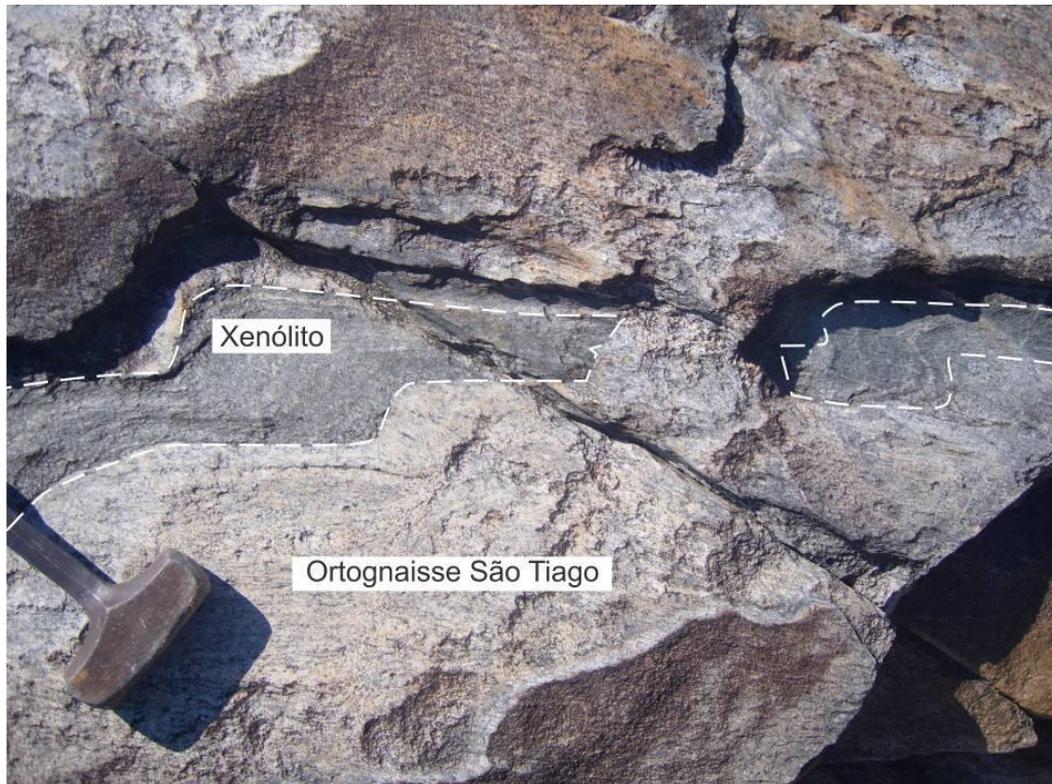


Figura 42: Xenólito alongado, dobrado e boudinado de um gnaíse tonalítico no litótipo 1 da unidade de mapeamento São Tiago. Ponto ST-289.

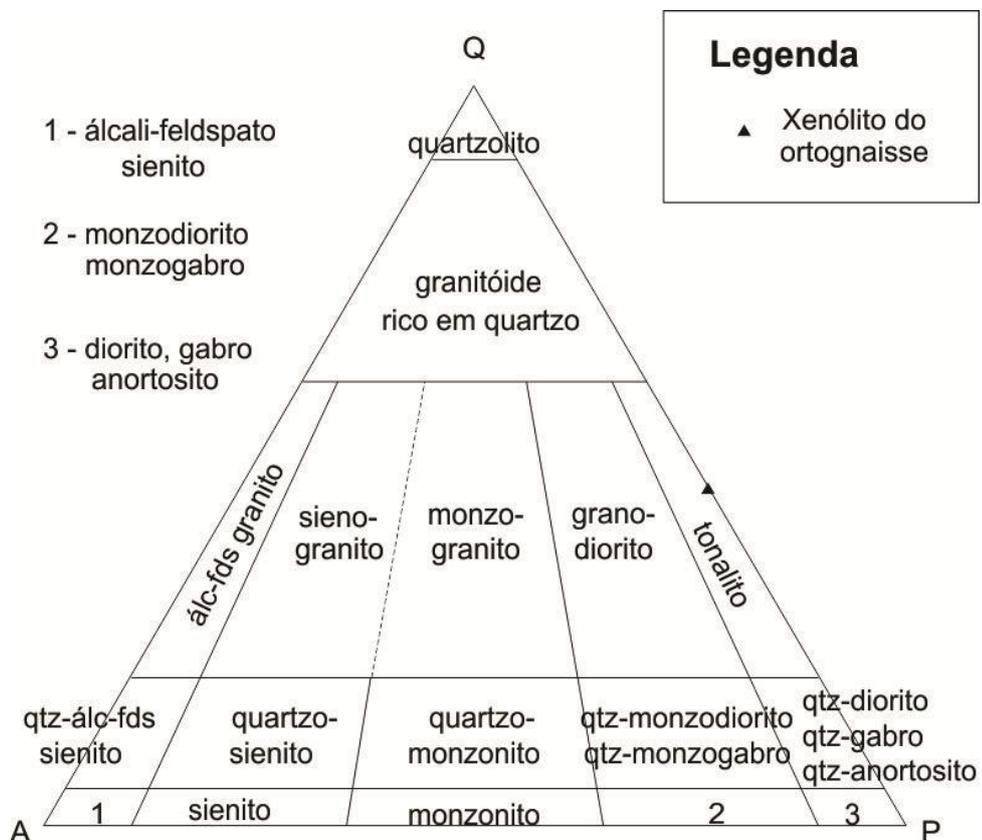
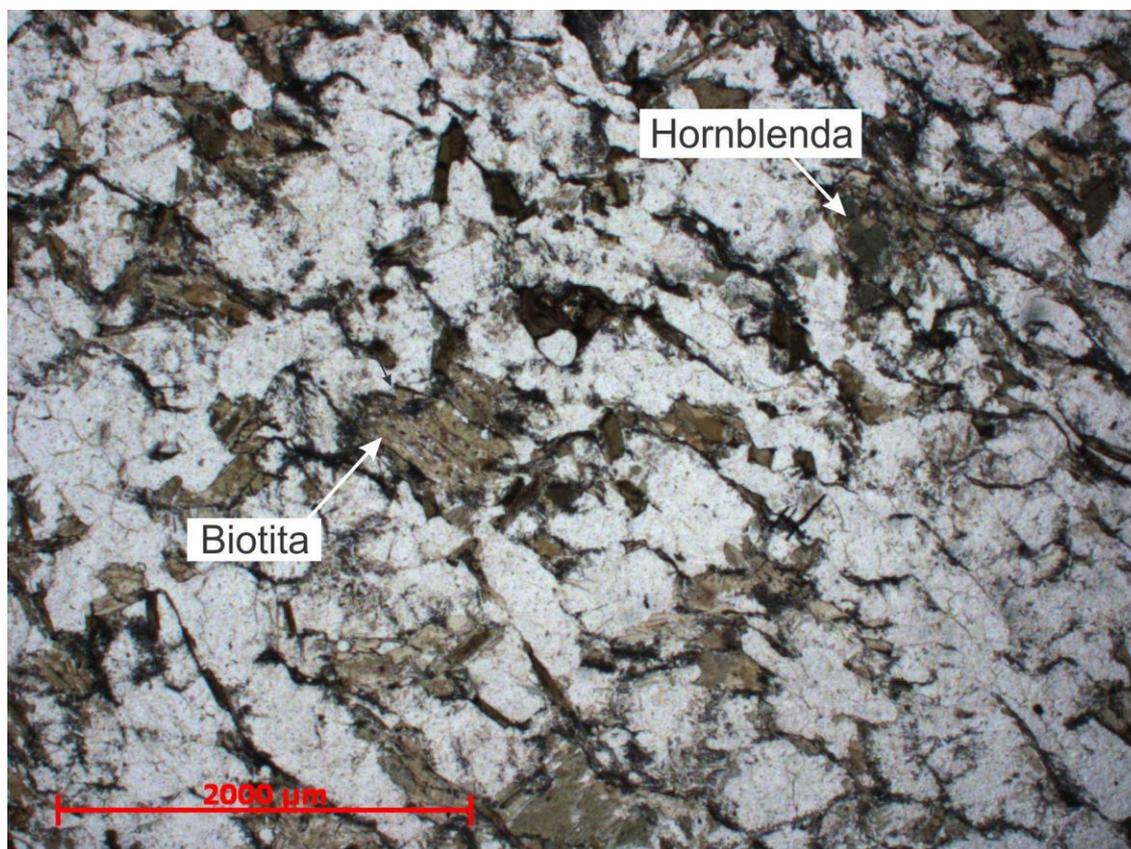


Figura 43: Diagrama QAP para rochas supersaturadas em sílica, mostrando composição modal do xenólito de ortognaisse tonalítico (lâmina ST-06X).

**Tabela 6:** Contagem modal para a amostra do xenólito de ortogneisse tonalítico.

Lâmina	Quartzo	Plagioclásio	Biotita	Hornblenda	Acessórios
ST-06X	28	37	27	4	4



**Figura 44:** Visão geral da lâmina do xenólito de ortogneisse tonalítico mostrando textura granolepidoblástica e grãos de biotita e hornblenda. Lâmina ST-06X. Nicóis paralelos.

Silva *et al.* (2002) realizaram datações U-Pb (SHRIMP) em zircão em rochas da borda do ortogneisse granítico São Tiago, correspondendo ao ponto ST-06 deste presente trabalho, e obtiveram uma idade de  $2.050 \pm 12$  Ma. Mais recentemente Toledo *et al.* (2010) realizaram datações isotópicas de U-Pb em grãos de zircão em gnaisses migmatíticos no centro do corpo, obtendo idades de  $2.667 \pm 43$  Ma para o mesossoma e  $2.701 \pm 38$  Ma no leucossoma, com idade modelo Sm-Nd de 3,14 Ga e 3,26 Ga, respectivamente. As correlações entre as diferentes idades presentes na literatura e os litótipos do ortogneisse granítico São Tiago serão abordadas na conclusão da presente monografia.

### 8.3.2 – PETROGRAFIA

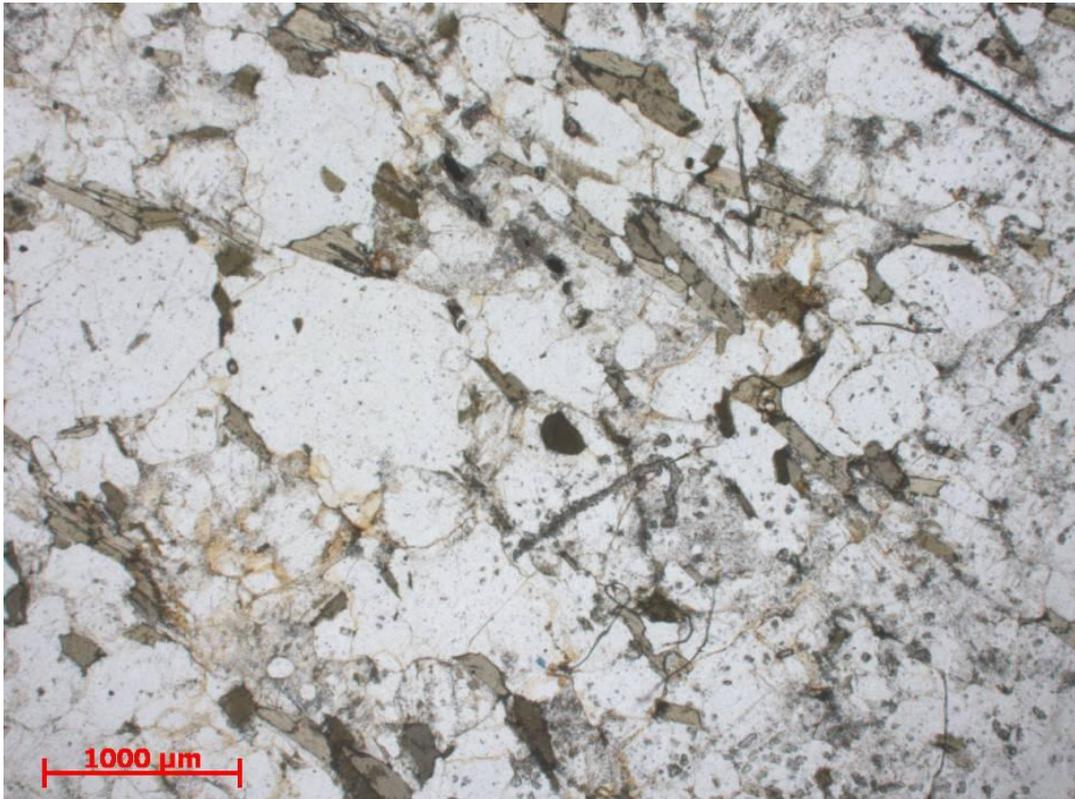
Os litótipos que constituem o ortogneisse granítico São Tiago possuem uma grande variedade de texturas, composições e granulações. Com base nos aspectos observados em lâmina petrográfica, excluindo o litótipo 3 representado pelos pegmatitos, foi possível caracterizar cada um dos três litótipos identificados nos trabalhos de campo separando as amostras estudadas no microscópio de acordo com a [tabela 7](#).

**Tabela 7:** Distribuição dos litótipos das lâminas petrográficas estudadas, de acordo com sua composição, textura e granulação.

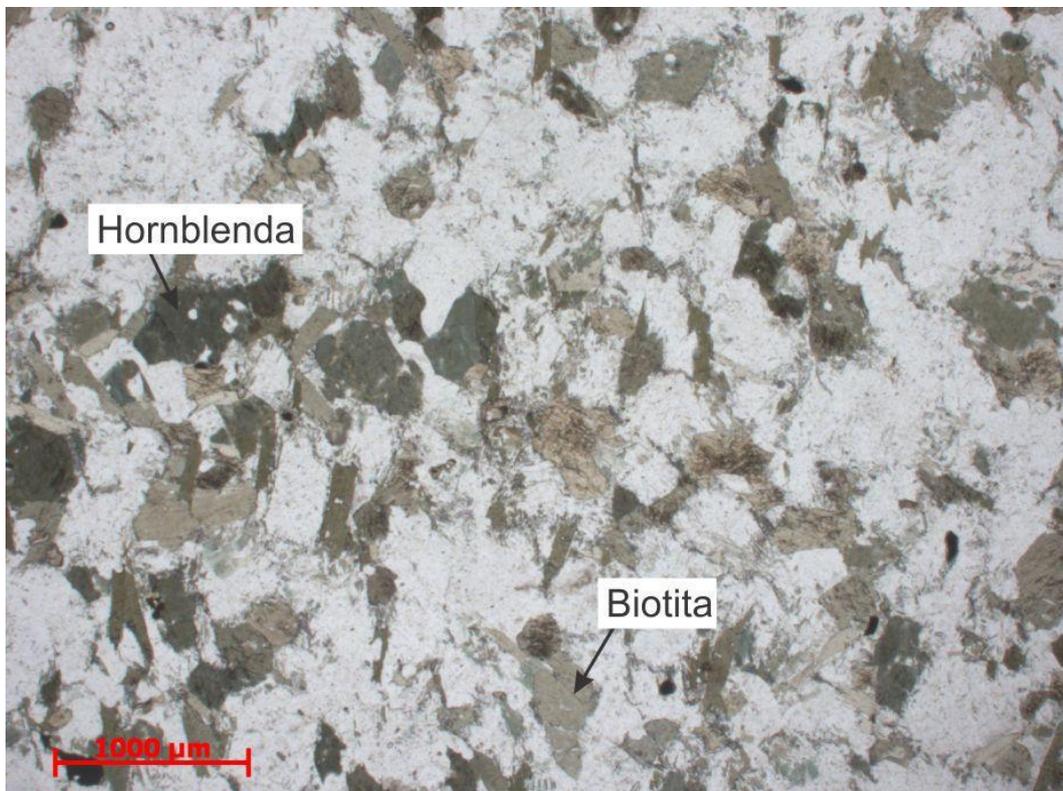
<b>Litótipo 1</b>		<b>Litótipo 2</b>	<b>Litótipo 4</b>
FR-214	FR-364	FR-215A	FR-215
FR-323	FR-365B	FR-215C	FR-365A
FR-323A	FR-373A	FR-273	FR-401C
FR-323B	FR-373B	FR-323D	ST-06A
FR-323C	FR-401B	FR-323H	ST-06B
FR-323E	ST-03	ST-59 I	ST-65A
FR-323F	ST-04	ST-59 II	ST-65C
FR-325A	ST-06C	ST-59 III	ST-65Y
FR-325B	ST-06D	ST-65D	
FR-359A	ST-52A1	ST-65V I	
FR-359B I	ST-52B	ST-65V II	
FR-359B II	ST-65B	ST-65W	
FR-359C	ST-65X	ST-65Z	
FR-359D			
<b>Total = 27</b>		<b>Total = 13</b>	<b>Total = 8</b>

O litótipo 1 é caracterizado por sua composição monzogranítica a granodiorítica, e mais raramente quartzó monzonítica ([Tabela 8](#) e [Figura 45](#)), granulação fina a média. É equigranular, localmente possui porfiroblastos, e apresenta textura granolepidoblástica, localmente heterogranular, com índice de cor variando entre 3 e 29 (em média 10). Sua mineralogia principal é formada por quartzo, plagioclásio (oligoclásio), microclina e biotita<sub>1</sub>, enquanto apatita, zircão, allanita, minerais opacos e mais raramente rutilo e epidoto<sub>1</sub> são minerais acessórios, sendo que em apenas uma lâmina (FR-323A) foi encontrada hornblenda. A mineralogia secundária é representada por sericita, epidoto<sub>2</sub>, biotita<sub>2</sub>, clorita, titanita, e rara calcita e moscovita, que só aparecem onde não ocorre rutilo e epidoto<sub>1</sub>, ou quando esses são escassos ([Figuras 46, 47, 48 e 49](#)).

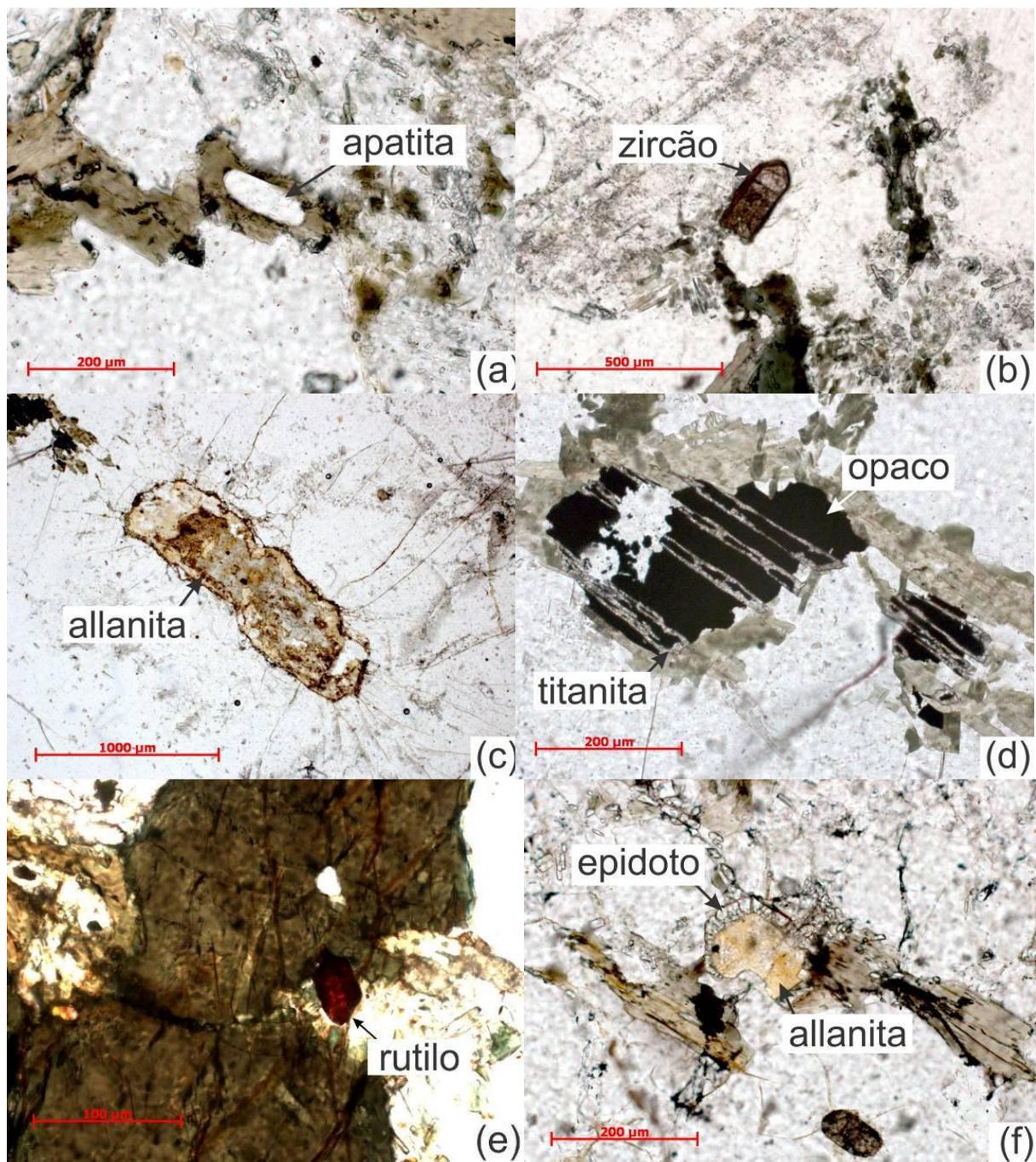




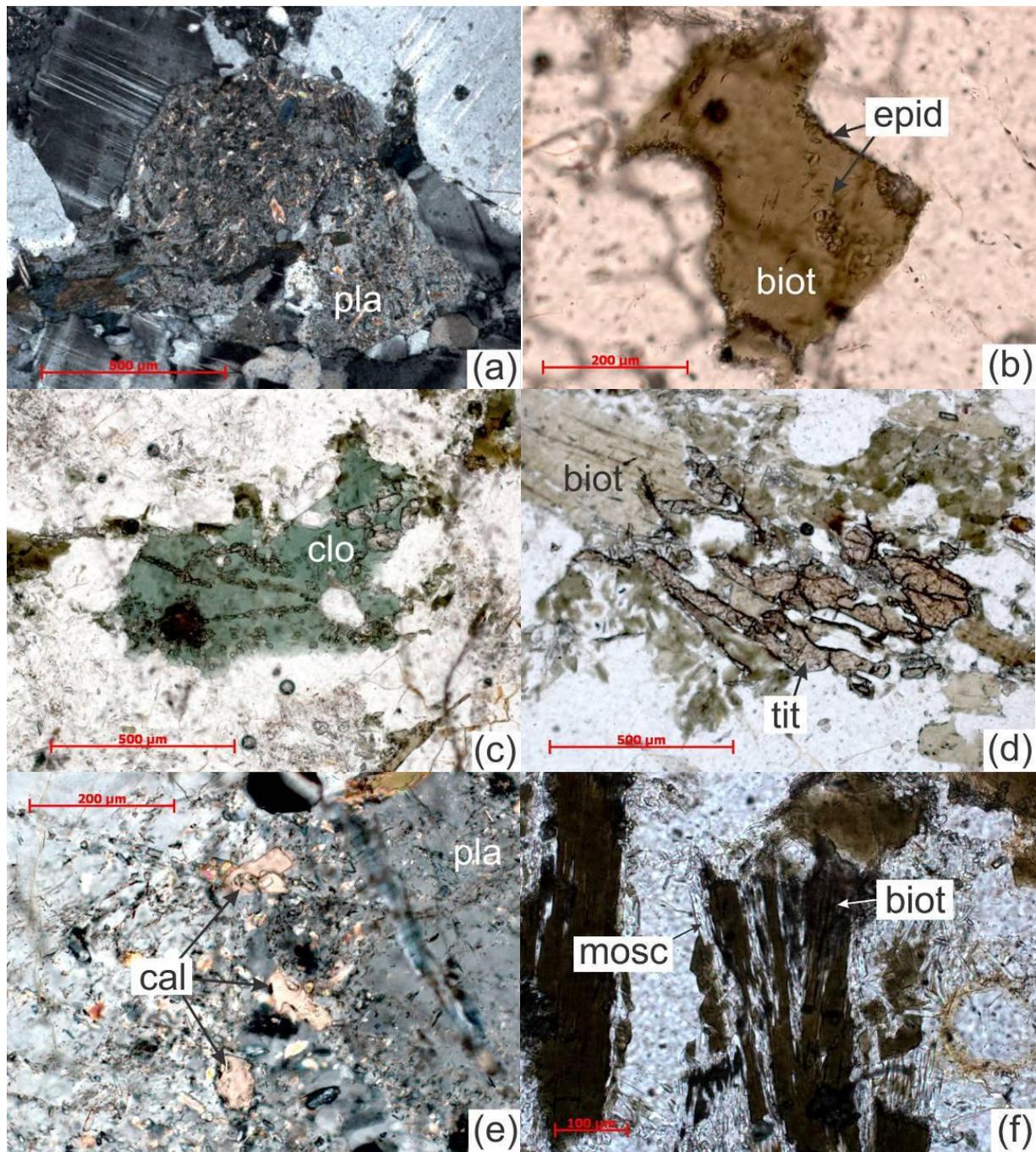
**Figura 46:** Lâmina FR-359D referente ao litótipo 1 do ortogneisse granítico São Tiago com rara biotita. Nicóis paralelos.



**Figura 47:** Lâmina FR-323A, referente ao litótipo 1 do ortogneisse granítico São Tiago, com hornblenda (cristais esverdeados) e índice de cor mais elevado (IC = 20). Nicóis paralelos.



**Figura 48:** Mineralogia acessória do litótipo 1 do ortogneisse granítico São Tiago. (a) apatita, ST-65B; (b) zircão, ST-365B; (c) allanita, ST-52A1; (d) mineral opaco sendo substituído por titanita, ST-52A1; (e) rutilo, FR-323A; (f) epidoto<sub>1</sub> em corona ao redor da allanita, FR-214. Nicóis paralelos.



**Figura 49:** Mineralogia secundária do litótipo 1 do ortogneisse granítico São Tiago. (a) plagioclásio sericitizado (pla), FR-364; (b) epidoto<sub>2</sub> (epid) substituindo a borda da biotita<sub>1</sub> (biot), ST-06D; (c) clorita (clo) substituindo totalmente um cristal de biotita<sub>1</sub>, ST-52A1; (d) titanita (tit) associada a biotita<sub>1</sub> (biot), ST-52B; (e) calcita (cal) junto ao plagioclásio sericitizado (pla), ST-06C; (f) moscovita (mosc) associada à biotita<sub>1</sub> (biot), FR-359D. Nicóis paralelos em (b), (c), (d), e (f). Nicóis cruzados em (a) e (e).

O quartzo ocorre em grãos anédricos de tamanho entre 1 mm e 5,5 mm ou em agregados monominerálicos recristalizados de até 3,0 mm formados por cristais de 0,05 mm a 0,6 mm. Normalmente apresenta extinção ondulante ou bandas de deformação, indicando a atuação de uma deformação plástica no corpo, em regime dúctil (Figura 50). Pode apresentar inclusões de biotita<sub>1</sub>, zircão, allanita, minerais opacos, plagioclásio, microclina e apatita. Raramente ocorre intercrescimento com plagioclásio, formando mirmequitas (Figura 51).

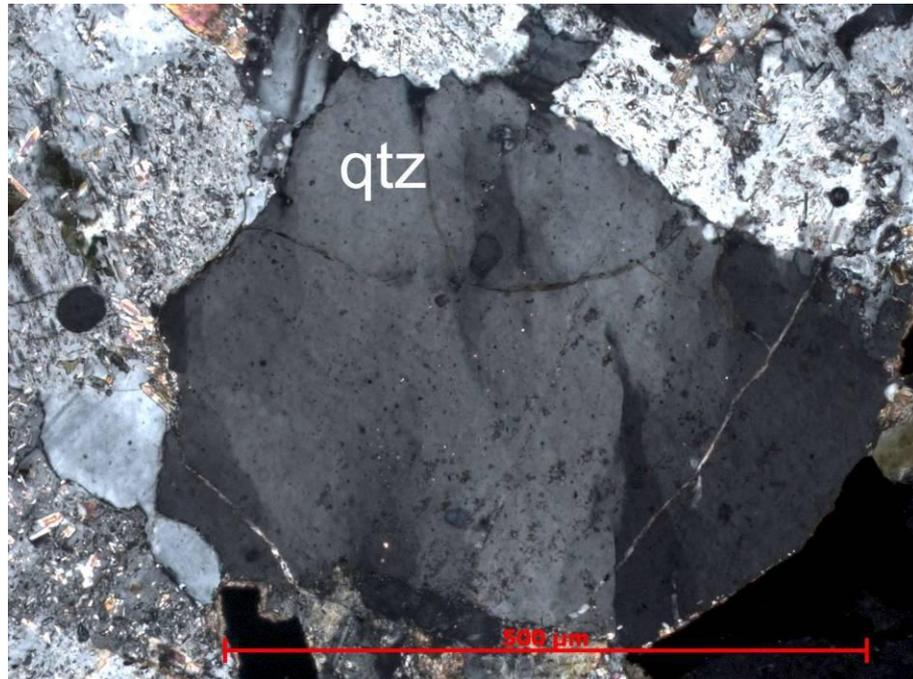


Figura 50: Extinção ondulante em cristal de quartzo (qtz). Lâmina ST-12. Nicóis Cruzados.

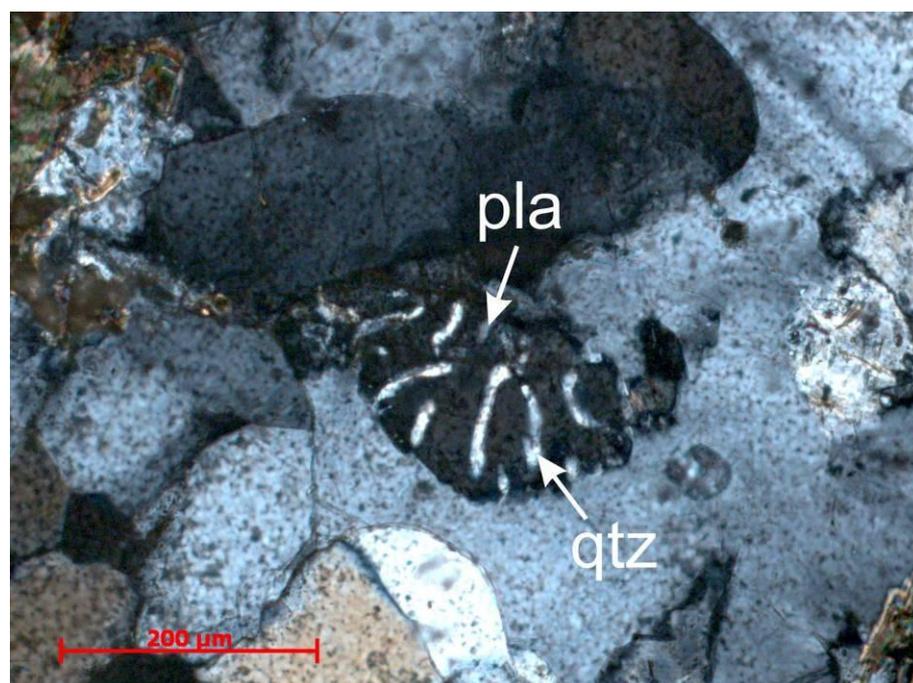


Figura 51: Intercrescimento de quartzo (qtz) e plagioclásio (pla), do tipo mirmequita. Lâmina FR-214. Nicóis cruzados.

O plagioclásio, do tipo oligoclásio, ocorre como prismas curtos subédricos a anédricos com tamanho variando normalmente entre 0,1 mm e 5,5 mm (em média 1,5 mm). Das 27 amostras do litótipo 1, apenas uma apresenta porfiroblastos de 1,8 mm a 3,0 mm. Os cristais se apresentam freqüentemente alterados para sericita, epidoto<sub>2</sub> e mais raramente carbonato e moscovita. Tal alteração ocorre normalmente nas bordas do cristal, enquanto o núcleo é preservado, mostrando um zonamento composicional (Figura 52). Porém são encontrados também cristais com o núcleo alterado e a borda preservada (Figura 53). Apresenta inclusões de biotita<sub>1</sub>, quartzo, microclina, apatita, zircão, minerais opacos, epidoto<sub>1</sub> e rara hornblenda (somente na lâmina FR-323A). Raramente foram encontradas antipertitas no plagioclásio (Figura 54).

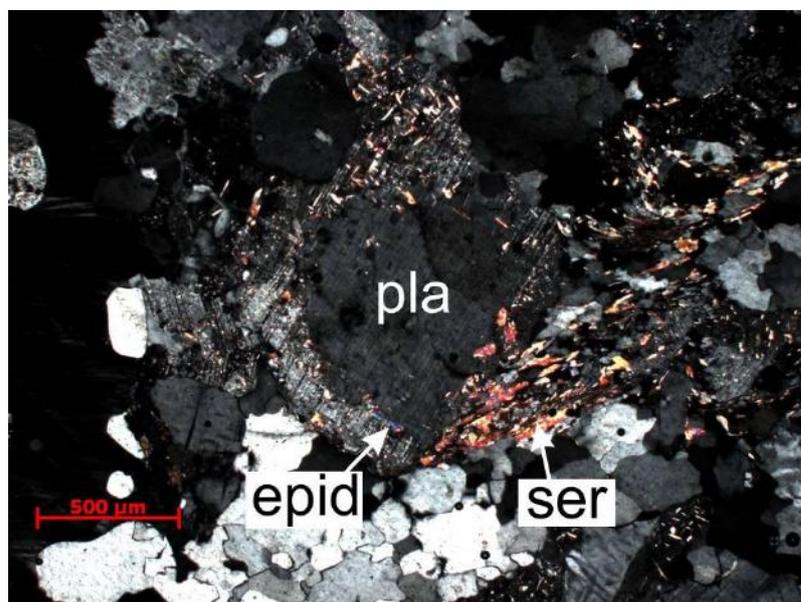


Figura 52: Plagioclásio (pla) com bordas alteradas para sericita (ser) e epidoto<sub>2</sub> (epid) e núcleo preservado. Lâmina ST-04. Nicóis cruzados.

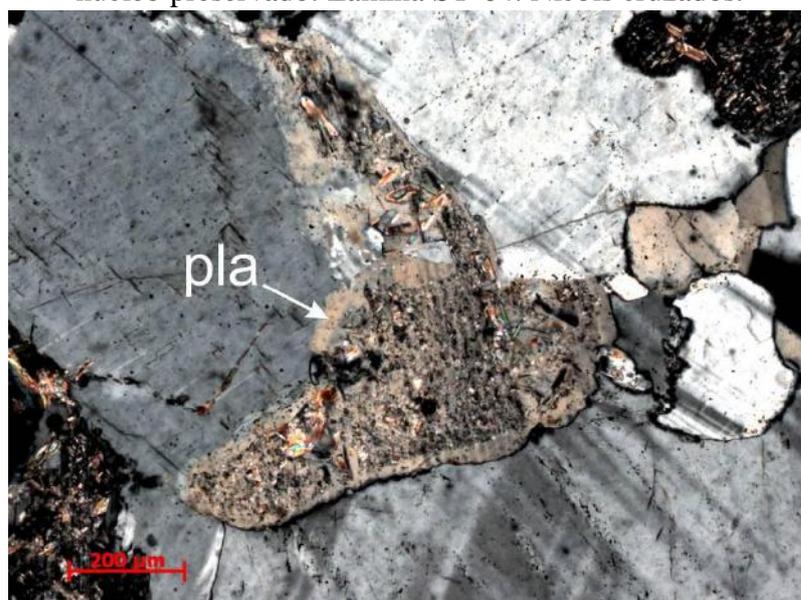
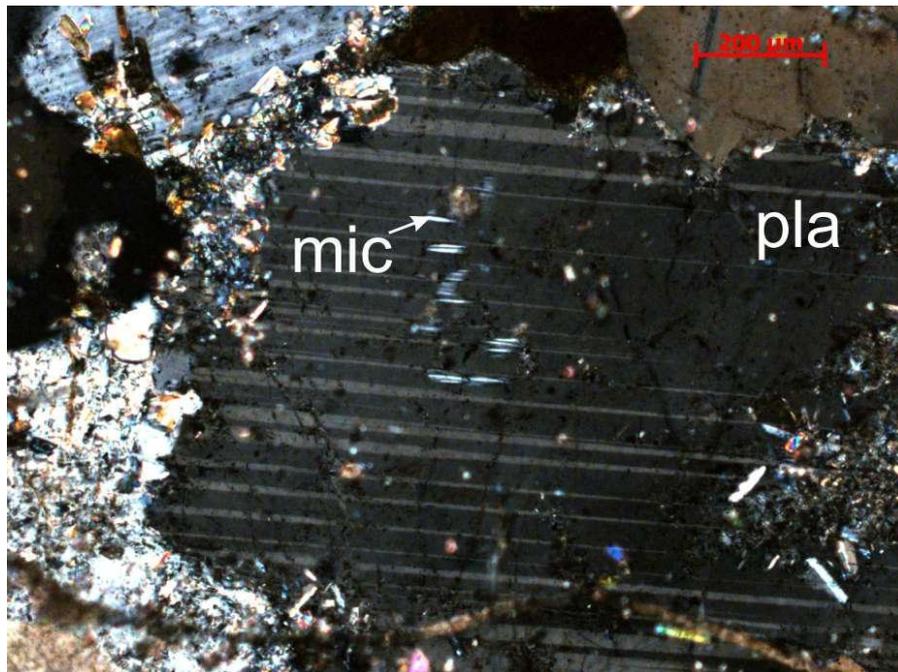


Figura 53: Plagioclásio (pla) com núcleo alterado para sericita e epidoto<sub>2</sub> e bordas preservadas, mostrando um processo de albitização. Lâmina ST-04. Nicóis cruzados.



**Figura 54:** Plagioclásio (pla) com antipertitas de microclina (mic). Lâmina FR-359D. Nicóis cruzados.

A microclina ocorre como cristais subédricos, com tamanho entre 0,2 mm e 6,4 mm (em média 2,0 mm), podendo chegar a 8,0 mm em porções de cristalização mais tardia. Das 27 amostras do litótipo 1, cinco delas apresentaram porfiroblastos desde 2,8 mm a 10,0 mm. Comumente apresenta geminação tartan e intercrescimento pertítico, este podendo ser em chama (pertita *flame*), corda (pertita *string*), interpenetrante ou composto (Figuras 55, 56, 57 e 58). Com inclusões de plagioclásio, biotita<sub>1</sub>, quartzo, zircão, minerais opacos, allanita, apatita, e rara hornblenda (somente na lâmina FR-323A).



**Figura 55:** Microclina (mic) com pertitas do tipo chama. Lâmina ST-04. Nicóis cruzados.

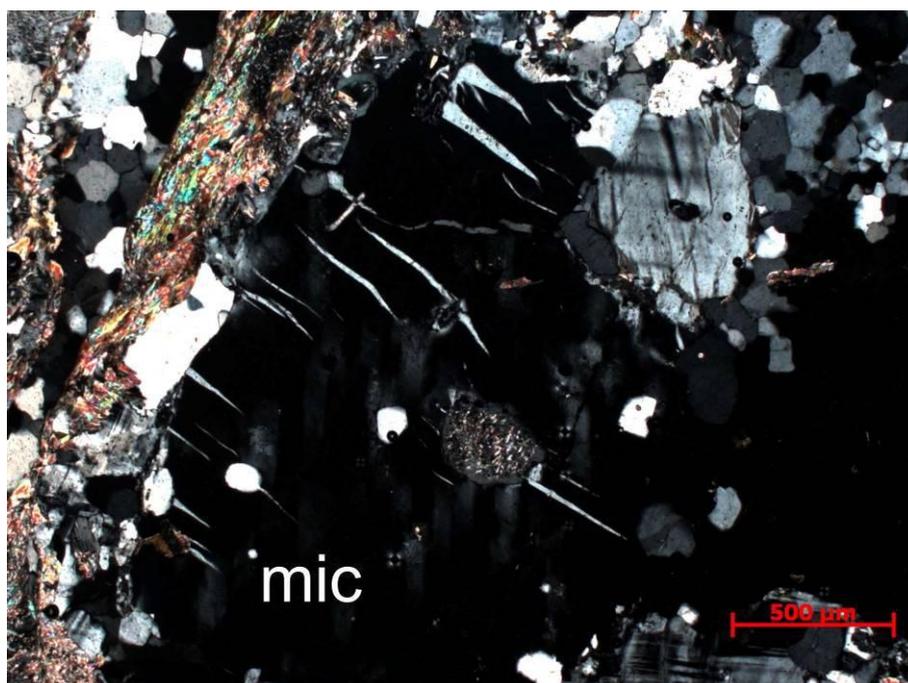


Figura 56: Microclina (mic) com pertitas do tipo corda (*string*). Lâmina ST-04. Nicóis cruzados.

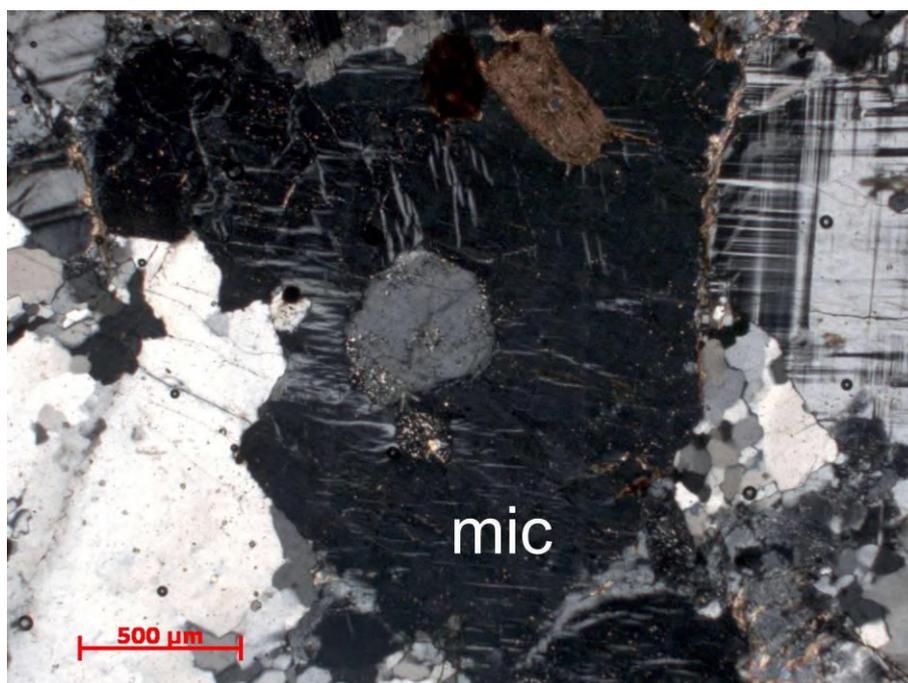


Figura 57: Microclina (mic) com pertitas do tipo interpenetrante. Lâmina ST-06B. Nicóis cruzados.

Foram observados dois tipos de biotita: uma primária (biotita<sub>1</sub>), provavelmente magmática, com cristais subédricos a euédricos, com tamanho entre 0,01 mm e 2,8 mm (em média 0,8 mm), com pleocroísmo marrom, presença de *bird's eyes*, podendo conter inclusões

de zircão, rutilo, apatita, minerais opacos, allanita e epidoto<sub>1</sub>, sendo por vezes orientada; outra secundária (biotita<sub>2</sub>), gerada provavelmente pelo metamorfismo, ocorrendo em cristais anédricos alongados, com tamanho entre 0,01 mm e 1,7 mm (em média 0,1 mm) (Figuras 59 e 60).

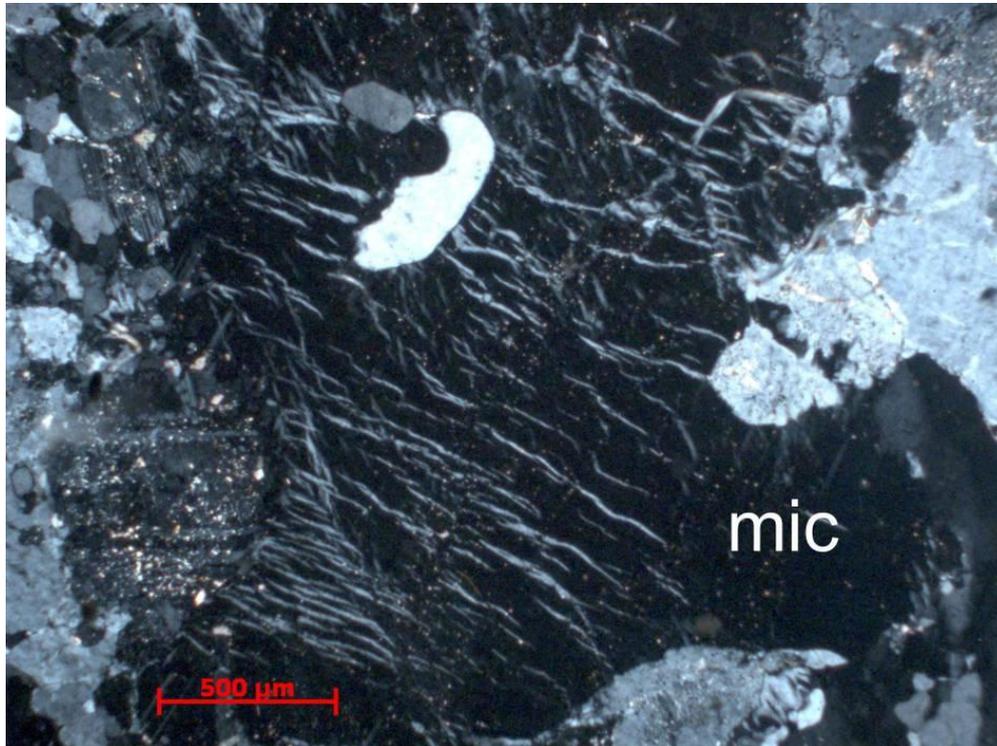


Figura 58: Microclina (mic) com pertitas do tipo composta. Lâmina ST-06A. Nicóis cruzados.

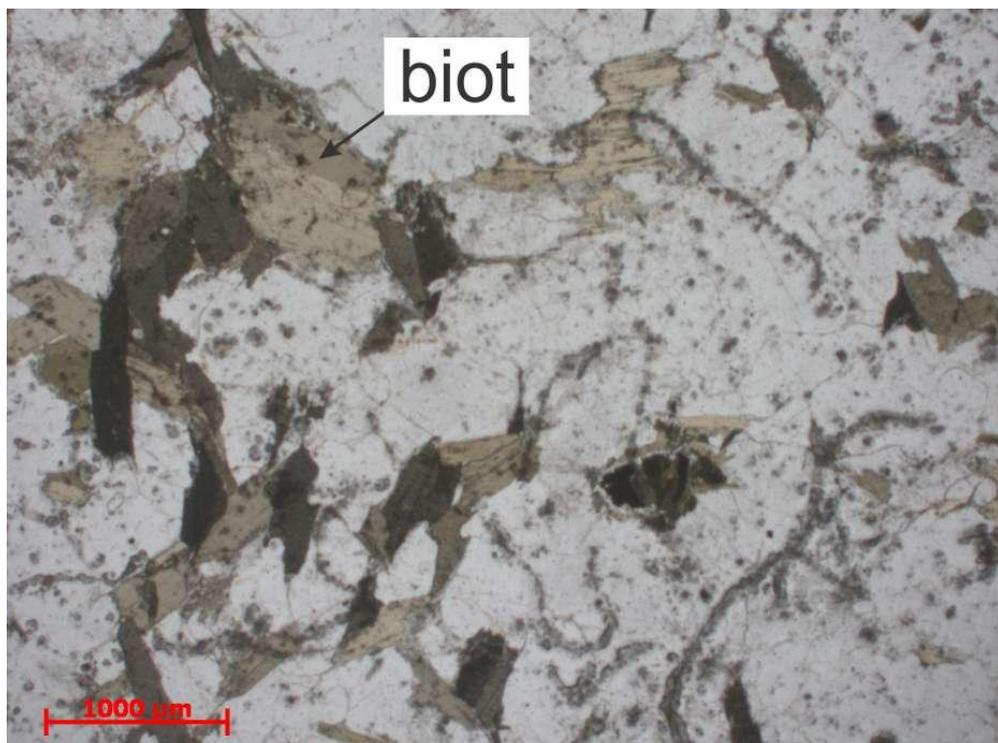
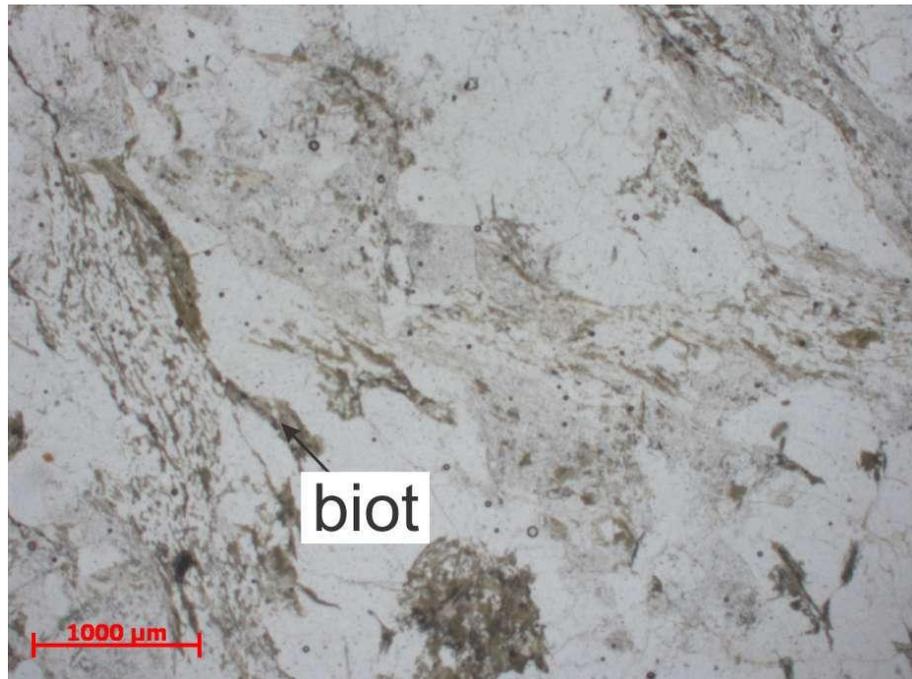
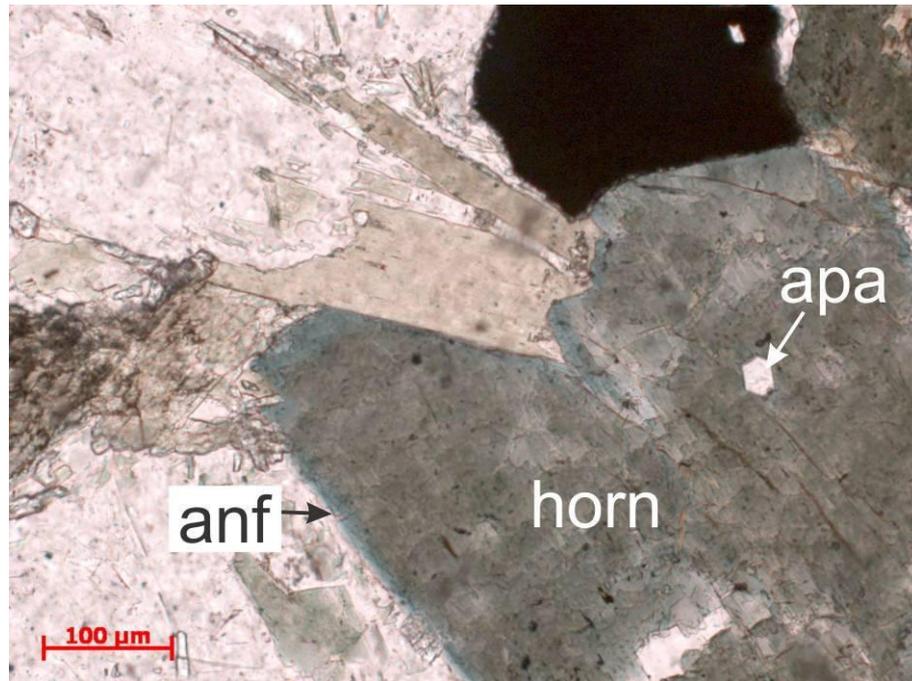


Figura 59: Cristais de biotita<sub>1</sub> (biot), magmática, na lâmina ST-323. Nicóis paralelos.

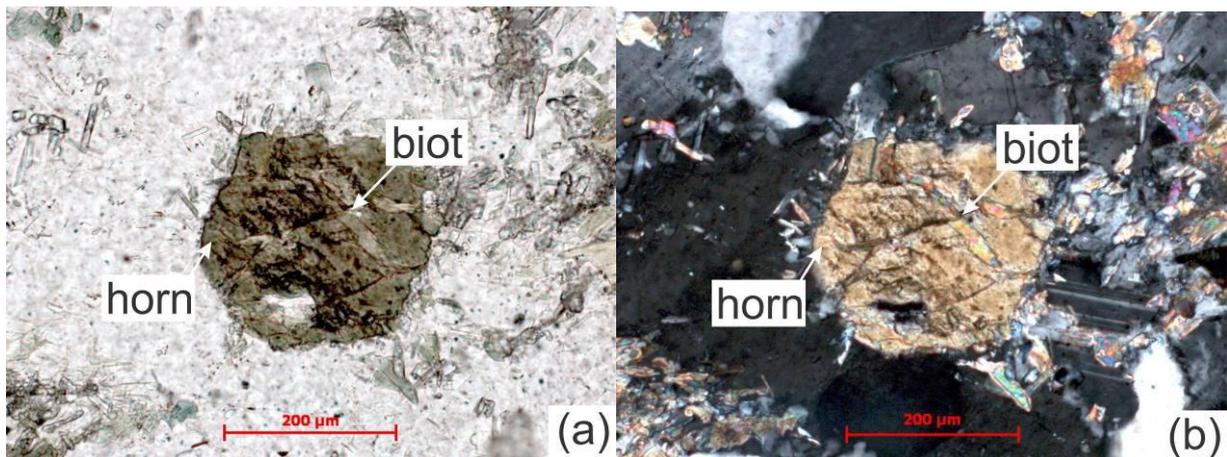


**Figura 60:** Cristais de biotita<sub>2</sub> (biot), secundários, alongados gerando uma foliação metamórfica no ortogneisse. Lâmina ST-04. Nicóis paralelos.

Na lâmina FR-323A, foram encontrados cristais subédricos de hornblenda, de coloração verde amarronzado, variando entre 0,1 mm e 0,7 mm e com inclusões de apatita e minerais opacos. Foi identificado um outro anfibólio de coloração verde azulado crescendo ao redor da hornblenda (**Figura 61**), bem como a substituição de hornblenda por biotita<sub>2</sub>, seguindo preferencialmente suas direções de clivagem. (**Figura 62**).



**Figura 61:** Detalhe do anfíbólio verde azulado (anf) na borda de um cristal de hornblenda (horn) com inclusão de apatita (apa). Lâmina ST-323A. Nicóis paralelos.

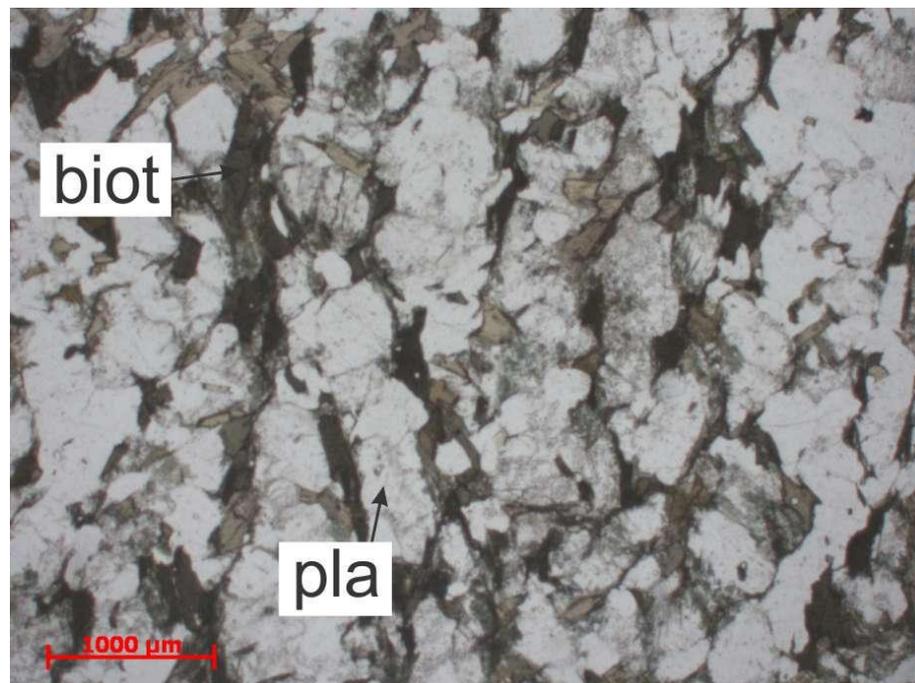


**Figura 62:** Substituição de hornblenda (horn) por biotita<sub>2</sub> (biot), seguindo preferencialmente suas direções de clivagem. Lâmina ST-323A. (a) Nicóis paralelos; (b) Nicóis cruzados.

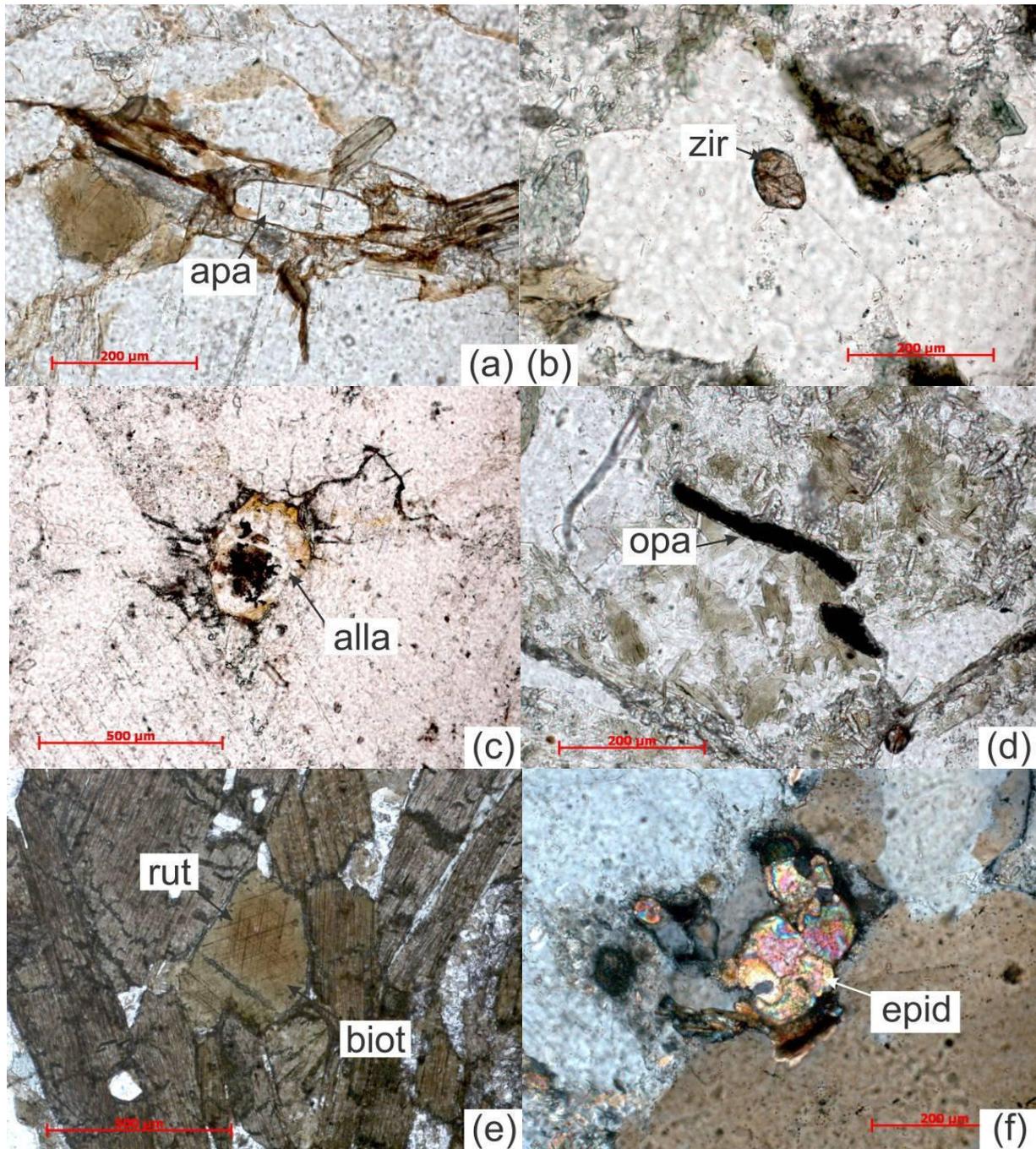
O litótipo 2 é caracterizado por sua composição tonalítica (Tabela 9 e Figura 45), granulação fina a média, textura predominantemente granolepidoblástica, localmente isogranular, e índice de cor entre 1 e 86 (em média 20). Sua mineralogia principal é composta por quartzo, plagioclásio (oligoclásio a andesina), biotita<sub>1</sub> e rara microclina, enquanto a mineralogia acessória é representada por apatita, zircão, allanita, minerais opacos, rutilo, epidoto<sub>1</sub> e rara moscovita, e a mineralogia secundária por sericita, epidoto<sub>2</sub>, biotita<sub>2</sub>, clorita, titanita e rara calcita e moscovita (Figuras 63, 64 e 65).

**Tabela 9:** Contagem modal para as amostras do litótipo 2 do ortogneisse granítico São Tiago.

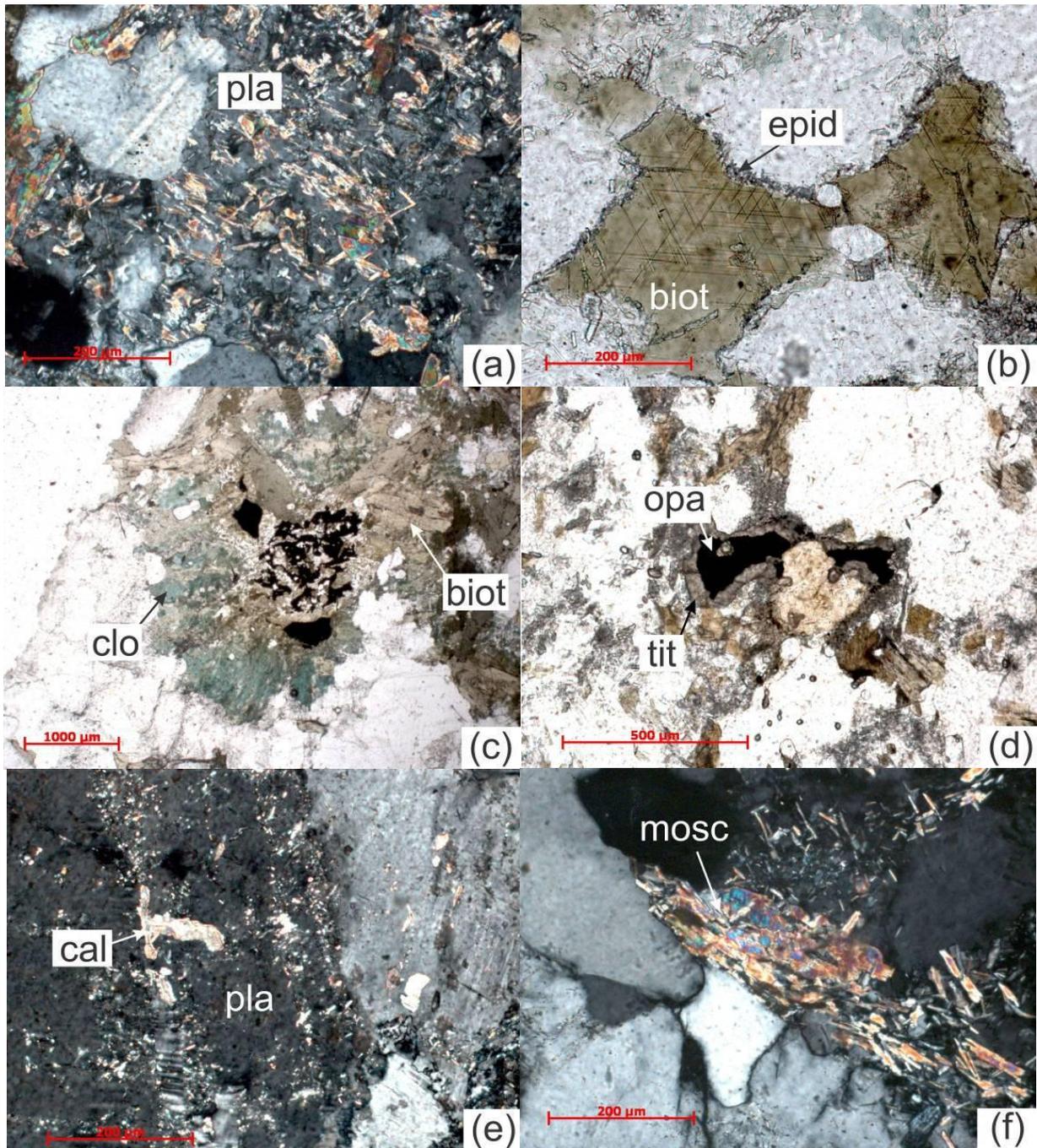
Lâmina	Quartzo	Microclina	Plagioclásio	Biotita	Hornblenda	Acessórios
FR-215A	28	0	57	13	0	2
FR-215C	25	5	65	5	0	0
FR-273	30	0	66	4	0	0
FR-323D	28	0	61	11	0	0
FR-323H	20	4	70	6	0	0
ST-59 I	39	0	59	1	0	1
ST-59 II	0	0	7	86	0	7
ST-59 III	38	0	43	13	0	6
ST-65D	18	0	59	22	0	1
ST-65V I	32	3	62	3	0	0
ST-65V II	9	1	23	63	0	4
ST-65W	27	0	40	27	0	6
ST-65Z	21	0	62	12	0	5



**Figura 63:** Lâmina ST-65D referente ao litótipo 2 do ortogneisse granítico São Tiago, mostrando foliação metamórfica marcada pela orientação dos grãos de biotita (biot) e de plagioclásio (pla). Nicóis paralelos.



**Figura 64:** Mineralogia acessória do litótipo 2 do ortogneisse granítico São Tiago. (a) apatita (apa), FR-215C; (b) zircão (zir), ST-65D; (c) allanita (alla), ST-65V; (d) minerais opacos (opa), ST-65Z; (e) inclusões de rutilo (rut) na biotita<sub>1</sub> (biot), ST-59; (f) epidoto<sub>1</sub> (epid), FR-215C. Nicóis paralelos em (a), (b), (c), (d), e (e). Nicóis cruzados em (f).



**Figura 65:** Mineralogia secundária do litótipo 2 do ortogneisse granítico São Tiago. (a) plagioclásio sericitizado (pla), FR-215A; (b) epidoto<sub>2</sub> (epid) na borda da biotita<sub>1</sub> (biot), ST-65W; (c) clorita (clo) substituindo biotita<sub>1</sub> (biot), ST-65V; (d) titanita (tit) na borda do mineral opaco (opa), FR-215A; (e) calcita (cal) substituindo plagioclásio (pla), FR-323D; (f) moscovita (mosc), FR-273. Nicóis paralelos em (b), (c), e (d). Nicóis cruzados em (a), (e) e (f).

O quartzo ocorre como agregados monominerálicos recristalizados de até 8,0 mm (Figura 66), formados por cristais entre 0,04 mm e 4,5 mm (em média 0,8 mm), ou como cristais isolados anédricos com tamanho entre 0,9 mm e 5,7 mm. Comumente apresenta estruturas de deformação plástica, como extinção ondulante e bandas de deformação. Possui inclusões de apatita, biotita<sub>1</sub>, plagioclásio e minerais opacos.

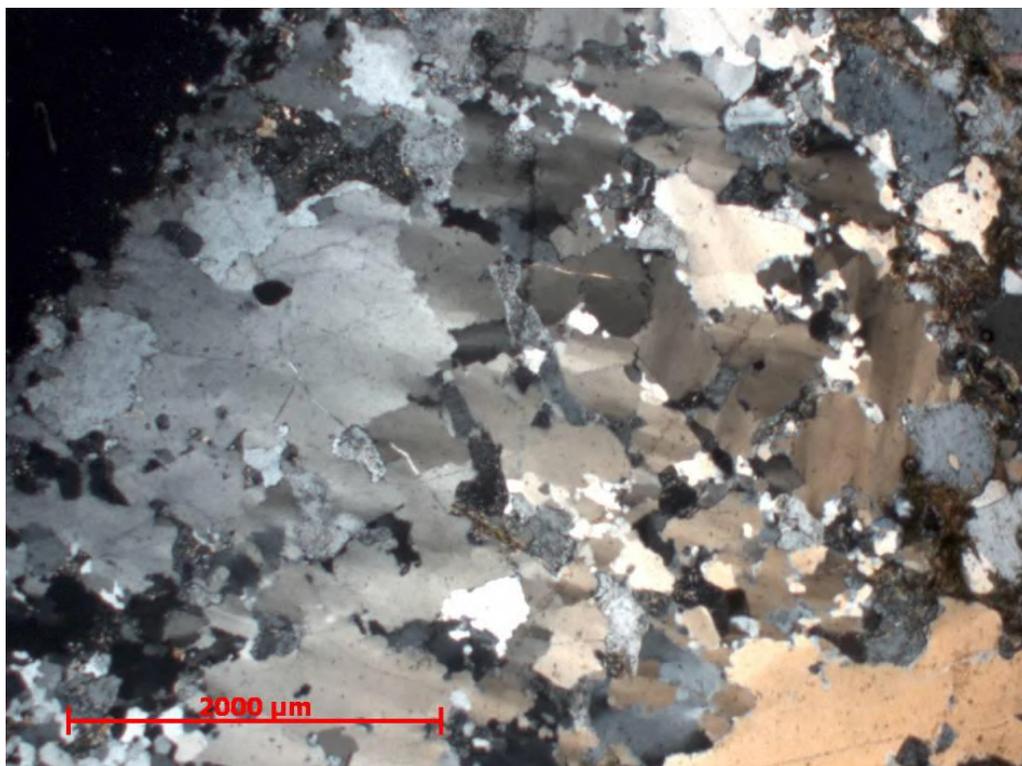
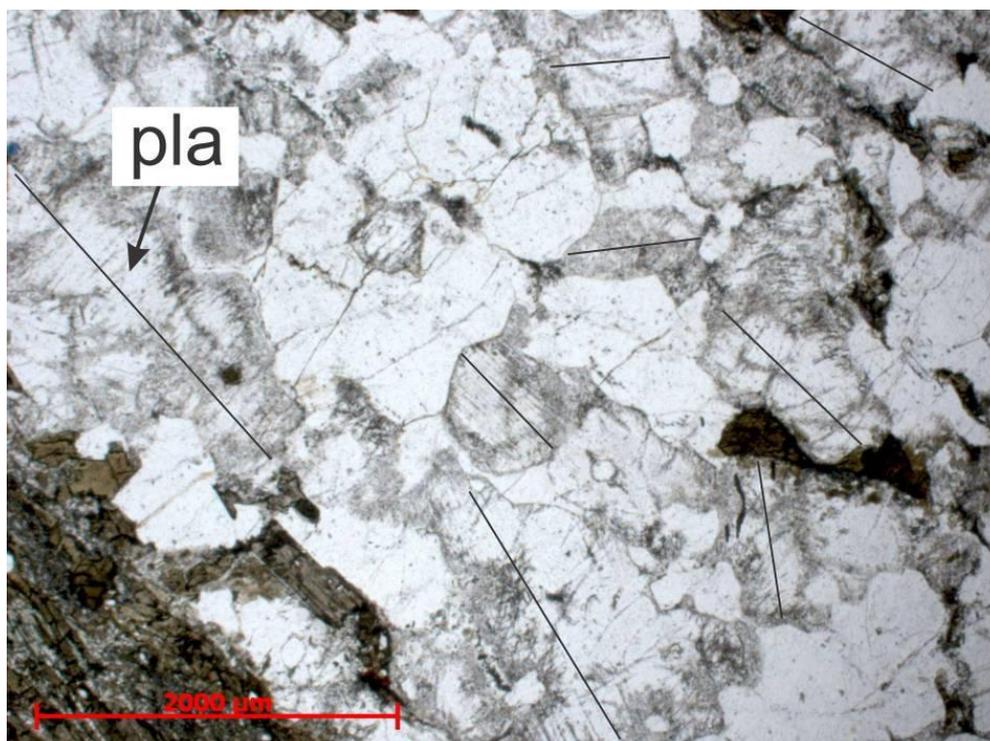


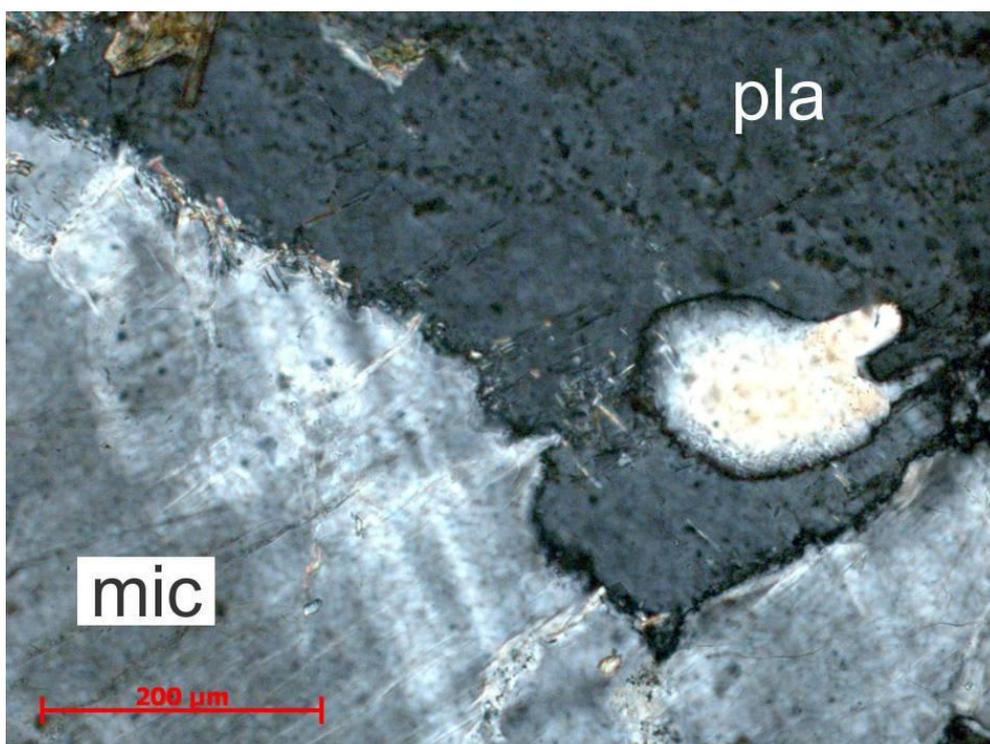
Figura 66: Agregado monominerálico de quartzo recristalizado. Lâmina ST-65W. Nicóis cruzados.

O plagioclásio ocorre como cristais subédricos a anédricos com tamanho variando normalmente entre 0,08 mm e 5,2 mm (em média 1,8 mm). Os cristais comumente estão alterados para sericita, epidoto<sub>2</sub>, biotita<sub>2</sub> e, mais raramente, carbonato e moscovita. Normalmente encontra-se orientado, dando origem a foliação da rocha, junto à biotita (Figura 67). Apresenta inclusões de biotita<sub>1</sub>, quartzo, zircão, minerais opacos, apatita e epidoto<sub>1</sub>. Sua composição é predominantemente oligoclásio, indo até andesina. Raramente apresenta bordas de reação com a microclina (Figura 68).

A microclina ocorre em apenas quatro lâminas e em pequena quantidade (<5%). Seus cristais são anédricos, com tamanho entre 0,2 mm e 3,2 mm (em média 0,6 mm) e possuem inclusões de biotita<sub>1</sub>, zircão e quartzo. Comumente apresenta geminação tartan (Figura 69) e, mais raramente, intercrescimento pertítico, em chama (*pertita flame*). Quando ocorre em contato com o plagioclásio, é comum a formação de bordas de reação (Figura 68).



**Figura 67:** Cristais de plagioclásio (pla) com orientação incipiente. Lâmina ST-59. Nicóis cruzados.



**Figura 68:** Borda irregular entre a microclina (mic) e o plagioclásio (pla). Lâmina FR-323H. Nicóis cruzados.

A biotita se divide em dois grupos, uma primária (biotita<sub>1</sub>) e outra secundária (biotita<sub>2</sub>). A biotita<sub>1</sub> ocorre como cristais subédricos a euédricos, de origem provavelmente magmática com tamanho entre 0,01 mm e 2,8 mm (em média 0,8 mm). Apresenta pleocroísmo marrom, *bird's eyes*, inclusões de apatita, zircão, minerais opacos e rutilo (Figura 70). A biotita<sub>2</sub>, de

provável origem metamórfica, ocorre como cristais xenomórficos com tamanho variando entre 0,01 e 0,2 (em média 0,1 mm), junto à biotita<sub>1</sub> ou alterando o plagioclásio (Figura 71). Por vezes ocorre em bandas máficas (IC>60) compostas por biotita<sub>1</sub>, biotita<sub>2</sub>, minerais opacos, apatita, allanita, titanita, clorita e raro plagioclásio (Figura 72).

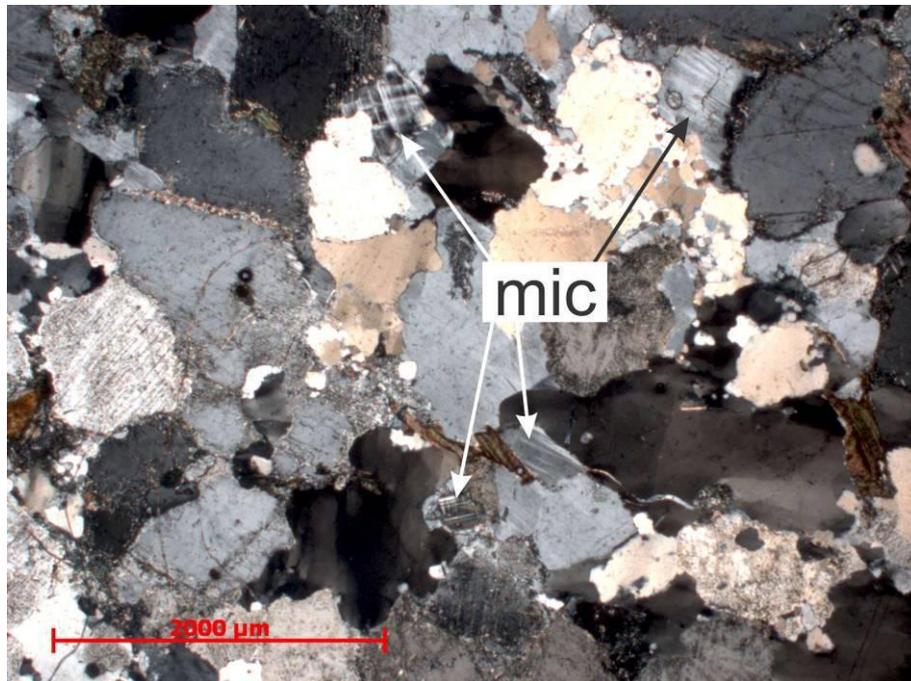


Figura 69: Raros cristais anédricos de microclina (mic) com geminação tartan. Lâmina ST-65V. Nicóis cruzados.

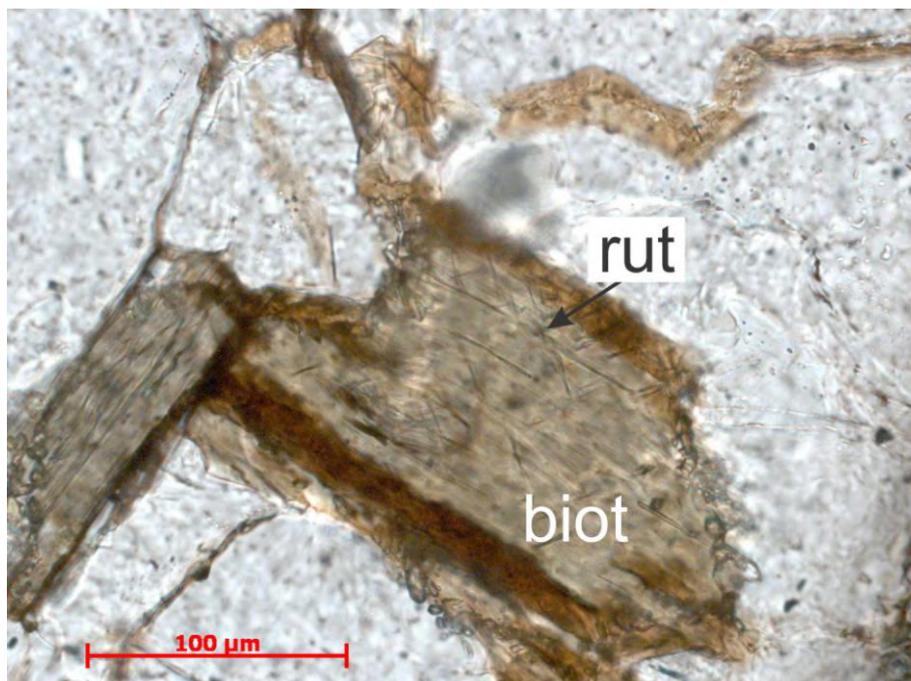
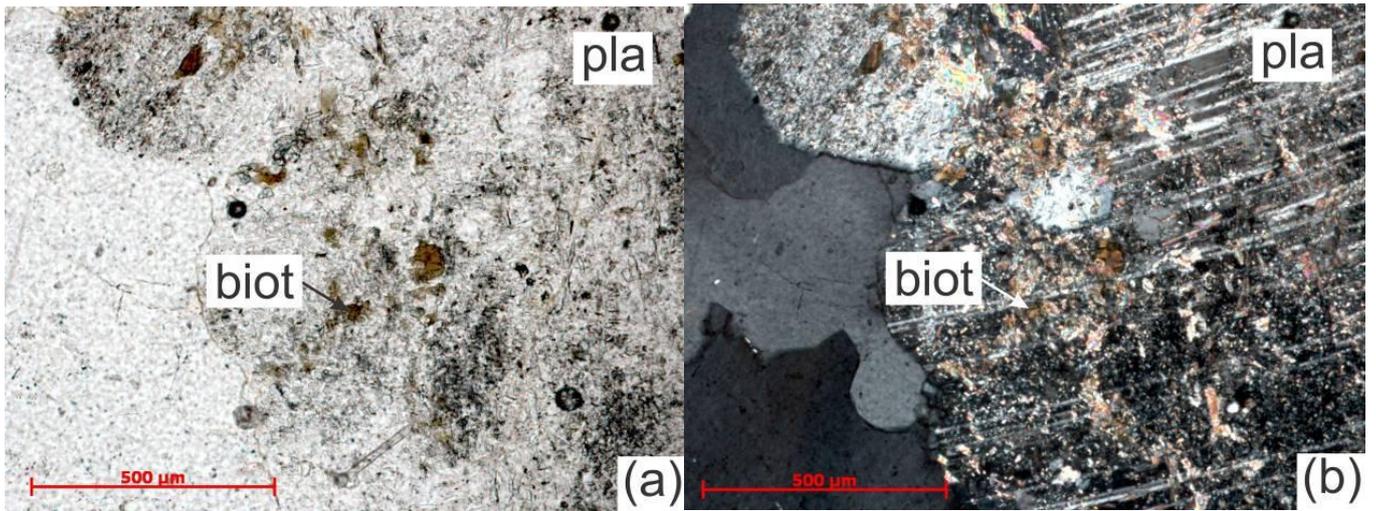
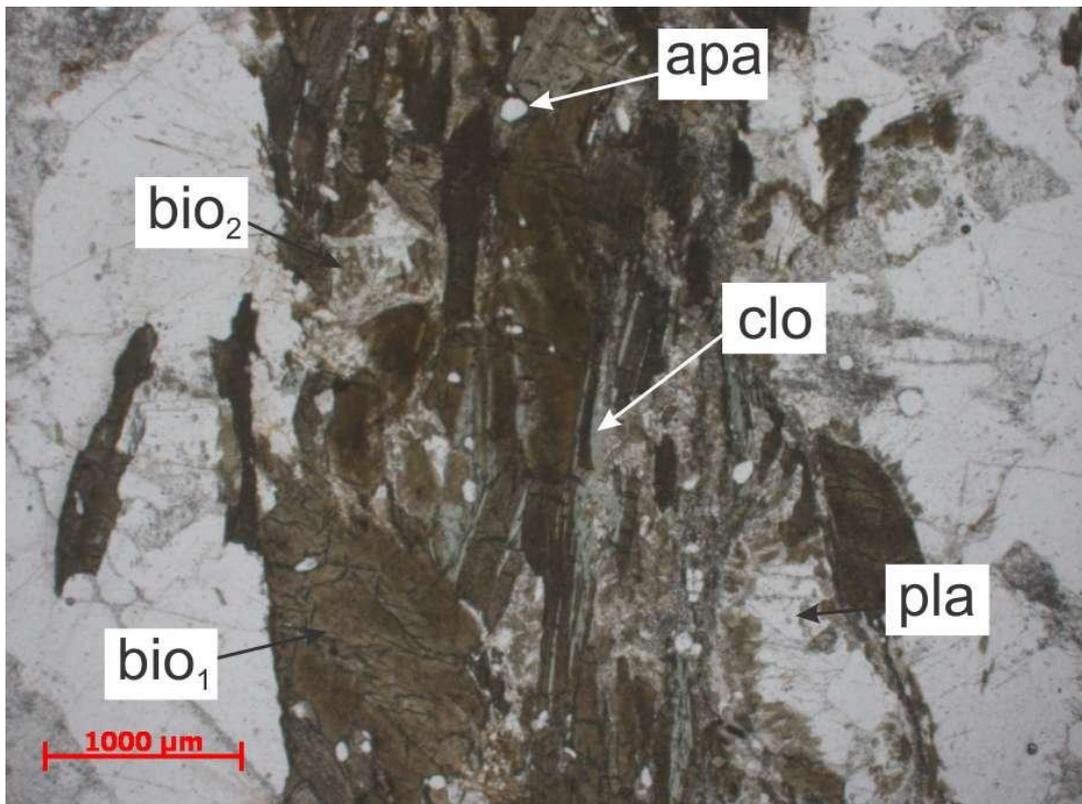


Figura 70: Biotita<sub>1</sub> (biot) com inclusões de rutilo (rut). Lâmina FR-215C. Nicóis paralelos.



**Figura 71:** Plagioclásio (pla) sendo alterado para sericita, epidoto e biotita<sub>2</sub> (biot). Lâmina FR-215A. (a) Nicóis paralelos. (b) Nicóis cruzados.



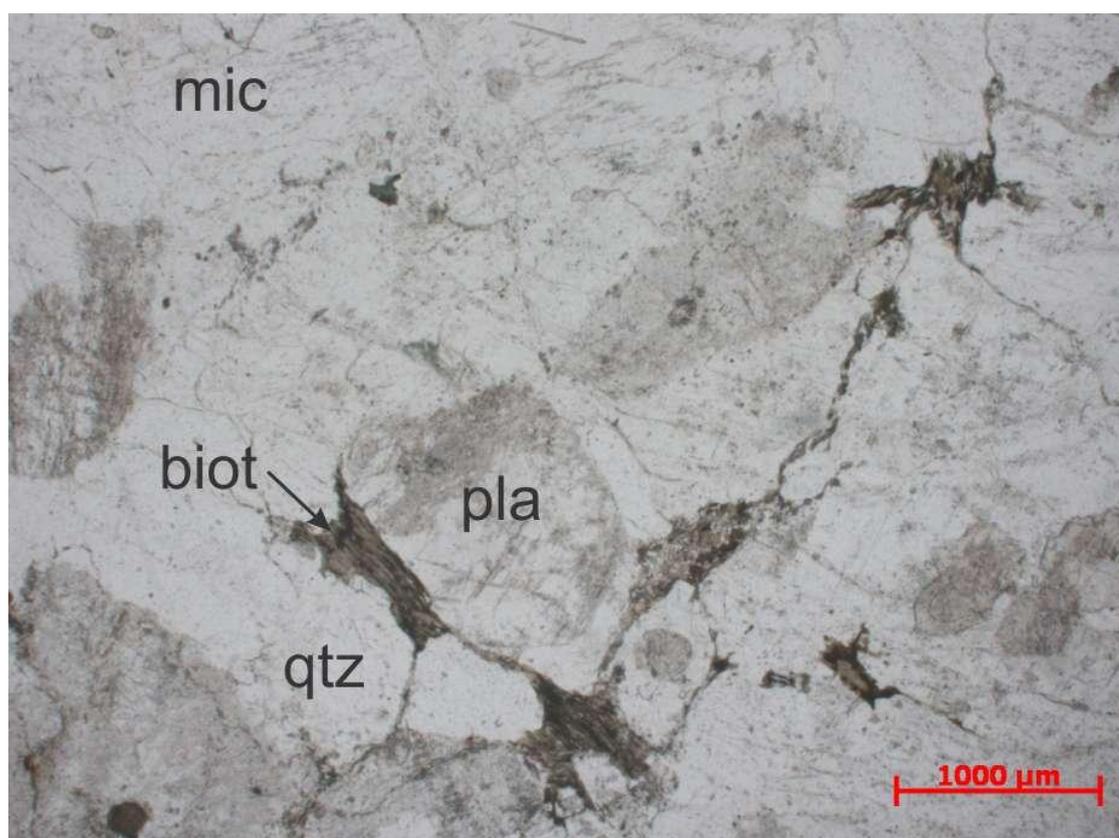
**Figura 72:** Banda máfica composta por biotita<sub>1</sub> (bio<sub>1</sub>), biotita<sub>2</sub> (bio<sub>2</sub>), minerais opacos, apatita (apa), allanita, titanita, clorita (clo) e plagioclásio (pla). Lâmina ST-59. Nicóis paralelos.

O litótipo 4 é caracterizado por sua composição granodiorítica a sienogranítica, predominantemente monzogranítica, e mais raramente quartzo monzonítica (Tabela 10 e Figura 45). Possui granulação média e textura isogranular, localmente heterogranular com

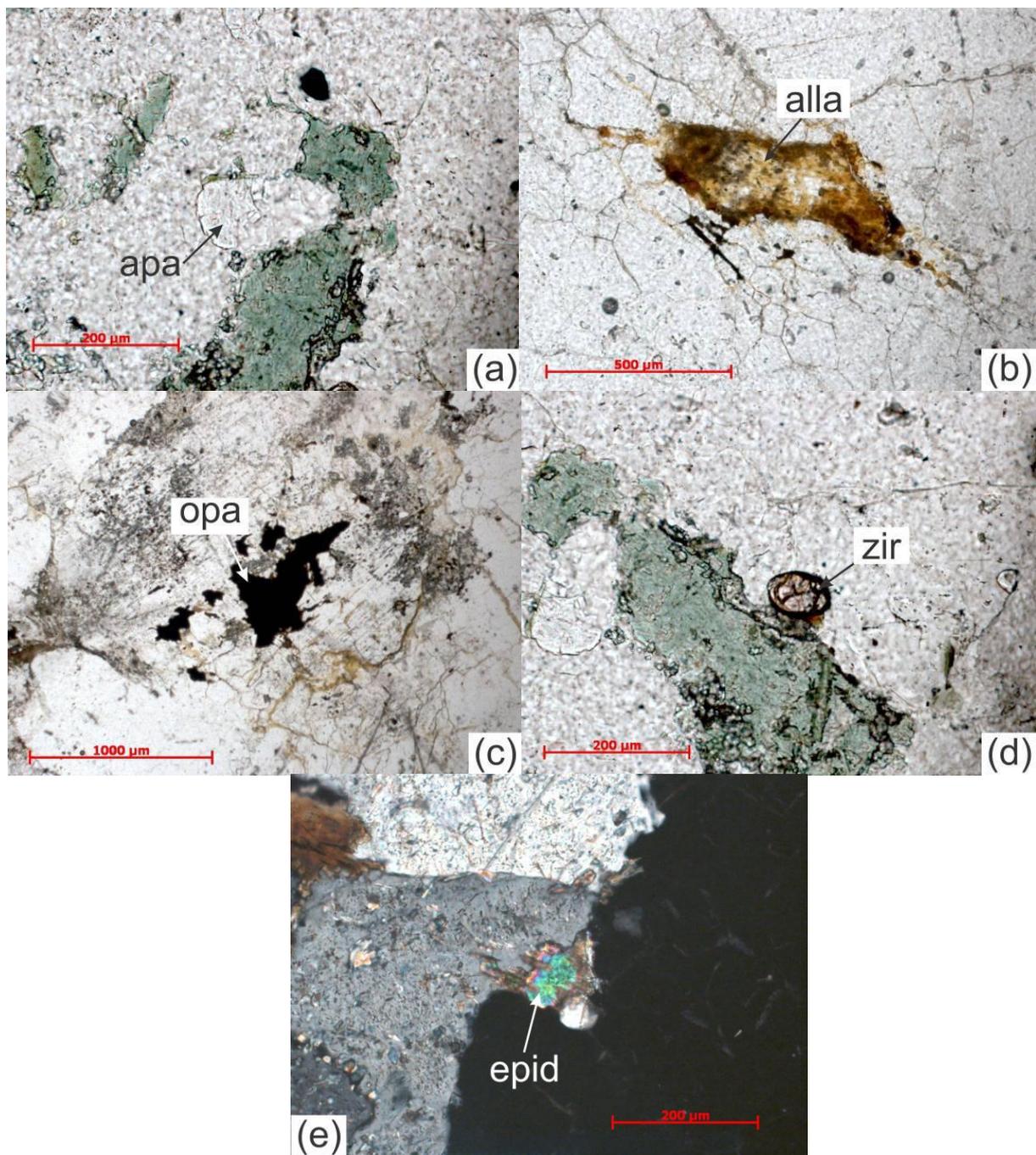
porfiroclastos de microclina, seu índice de cor varia entre 1 e 5 (em média 2,5). Sua mineralogia principal é composta por quartzo, microclina, plagioclásio (oligoclásio) e biotita<sub>1</sub>; sua mineralogia acessória é representada por apatita, allanita, minerais opacos e raro zircão e epidoto<sub>1</sub>, enquanto a mineralogia secundária por sericita, epidoto<sub>2</sub>, biotita<sub>2</sub>, clorita, titanita, calcita e moscovita (Figuras 73, 74 e 75).

**Tabela 10:** Contagem modal para as amostras do litótipo 4 do ortogneisse granítico São Tiago.

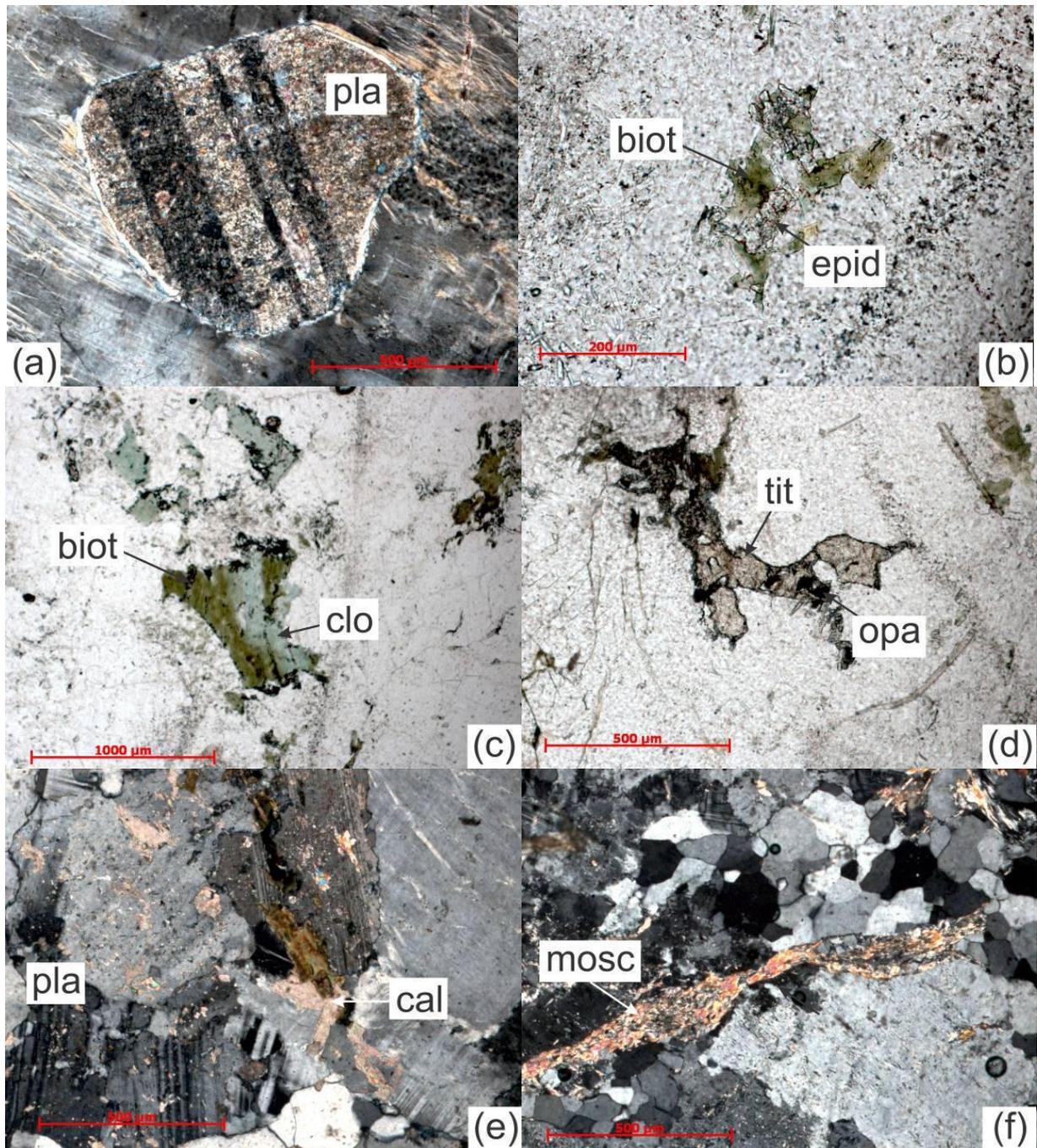
Lâmina	Quartzo	Microclina	Plagioclásio	Biotita	Hornblenda	Acessórios
FR-215	29	31	35	5	0	0
FR-365A	27	44	28	1	0	0
FR-401C	26	29	44	0	0	1
ST-06A	27	34	38	1	0	0
ST-06B	30	32	37	1	0	0
ST-65A	31	44	22	3	0	0
ST-65C	23	37	34	5	0	1
ST-65Y	18	47	32	3	0	0



**Figura 73:** Lâmina ST-65Y, referente ao litótipo 4 do ortogneisse granítico São Tiago. Presença de biotita<sub>1</sub> (biot), magmática, em grãos anédricos ocupando os espaços intersticiais entre os cristais de plagioclásio (pla), microclina (mic) e quartzo (qtz). Nicóis paralelos.



**Figura 74:** Mineralogia acessória do litótipo 4 do ortogneiss granítico São Tiago. (a) apatita (apa), FR-365A; (b) allanita (alla), FR-401C; (c) minerais opacos (opa), ST-06A; (d) zircão (zir), FR-365A; (e) epidoto<sub>1</sub> (epid), FR-215. Nicóis paralelos em (a), (b), (c), e (d). Nicóis cruzados em (e).



**Figura 75:** Mineralogia secundária do litótipo 4 do ortogneisse granítico São Tiago. (a) plagioclásio sericitizado (pla), ST-65A; (b) epidoto<sub>2</sub> (epid) na borda da biotita<sub>1</sub> (biot), FR-365A; (c) clorita (clo) substituindo a biotita<sub>1</sub> (biot), FR-365A; (d) titanita (tit) substituindo mineral opaco (opa), FR-326A; (e) calcita (cal) substituindo o plagioclásio (pla), FR-365A; (f) moscovita (mosc), ST-06A. Nicóis paralelos em (b), (c), e (d). Nicóis cruzados em (a), (e) e (f).

O quartzo ocorre em cristais anédricos de tamanho variando entre 0,01 mm e 6,3 mm (média 2,5 mm). Comumente apresenta extinção ondulante e recristalização, formando

agregados monominerálicos (Figura 76), com tamanho médio de 3,2 mm. Possui inclusões de apatita, zircão, plagioclásio e biotita<sub>1</sub>.

O plagioclásio (oligoclásio) ocorre como cristais subédricos a anédricos com tamanho entre 0,09 mm e 5,5 mm (média 2,2 mm). Comumente se encontram alterados para sericita, epidoto, biotita<sub>2</sub>, calcita e moscovita. Possui inclusões de biotita<sub>1</sub>, epidoto<sub>1</sub>, zircão, apatita, allanita, minerais opacos e quartzo. Quando em contato com a microclina, podem ocorrer bordas de reação (Figura 77). Raras estruturas de deformação são visíveis, como bandas de deformação e deslocamento nas linhas da geminação polissintética (Figuras 78 e 79).



Figura 76: Agregado monominerálico de quartzo, mostrando recrystalização devido à deformação. Lâmina FR-215. Nicóis cruzados.

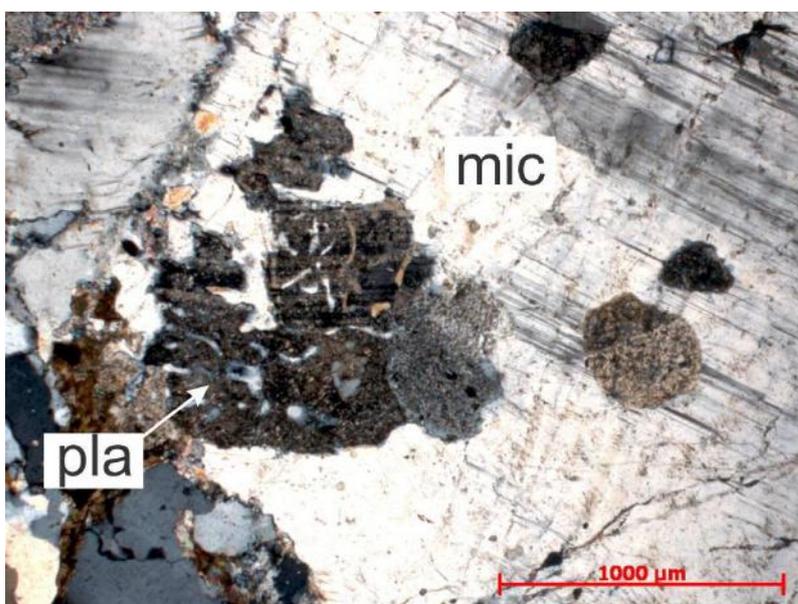
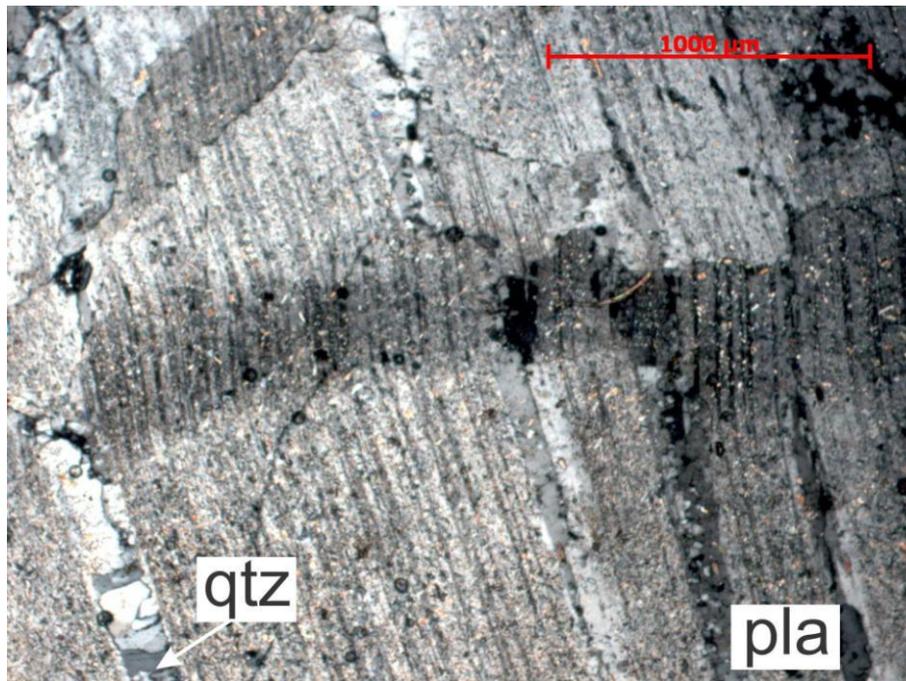
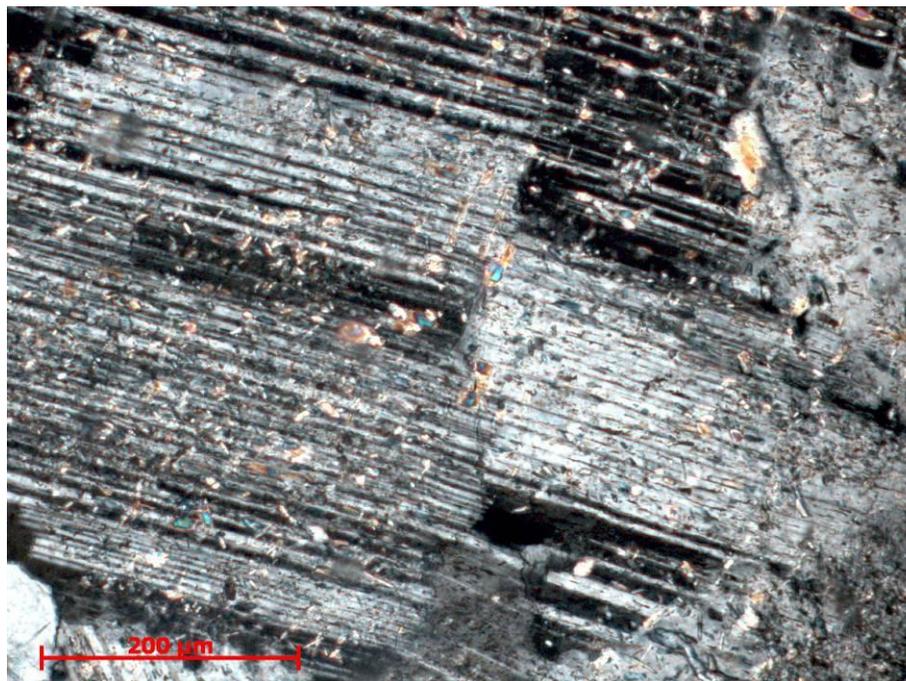


Figura 77: Bordas de reação entre a microclina (mic) e o plagioclásio (pla) ocasionando a formação de mimerquita. Lâmina FR-215. Nicóis cruzados.



**Figura 78:** Cristal de plagioclásio (pla) mostrando banda de deformação e veios de quartzo (qtz). Lâmina FR-401C. Nicóis cruzados.



**Figura 79:** Cristal de plagioclásio deformado com o deslocamento em sua geminação polissintética. Lâmina FR-401C. Nicóis cruzados.

Os cristais de microclina são subédricos, com tamanho entre 0,2 mm e 6,5 mm (em média 2,6 mm). Das 8 amostras do litótipo 4, apenas uma delas apresenta um fenocristal de 10,6 mm. Comumente apresenta geminação tartan e intercrescimento perítico, este podendo ser em chama (*flame*), corda (*string*), *stringlet*, interpenetrante ou composto (Figuras 80, 81,

82, 83 e 84). Pode ocorrer ainda um intercrescimento simplectítico com o plagioclásio formando mirmequita (Figura 85). Possui inclusões de biotita<sub>1</sub>, quartzo, minerais opacos, apatita, zircão e plagioclásio e apresenta frequentemente fraturas percoladas por calcita e quartzo (Figura 86).



Figura 80: Microclina com pertitas do tipo chama (*flame*). Lâmina FR-365A. Nicóis cruzados.

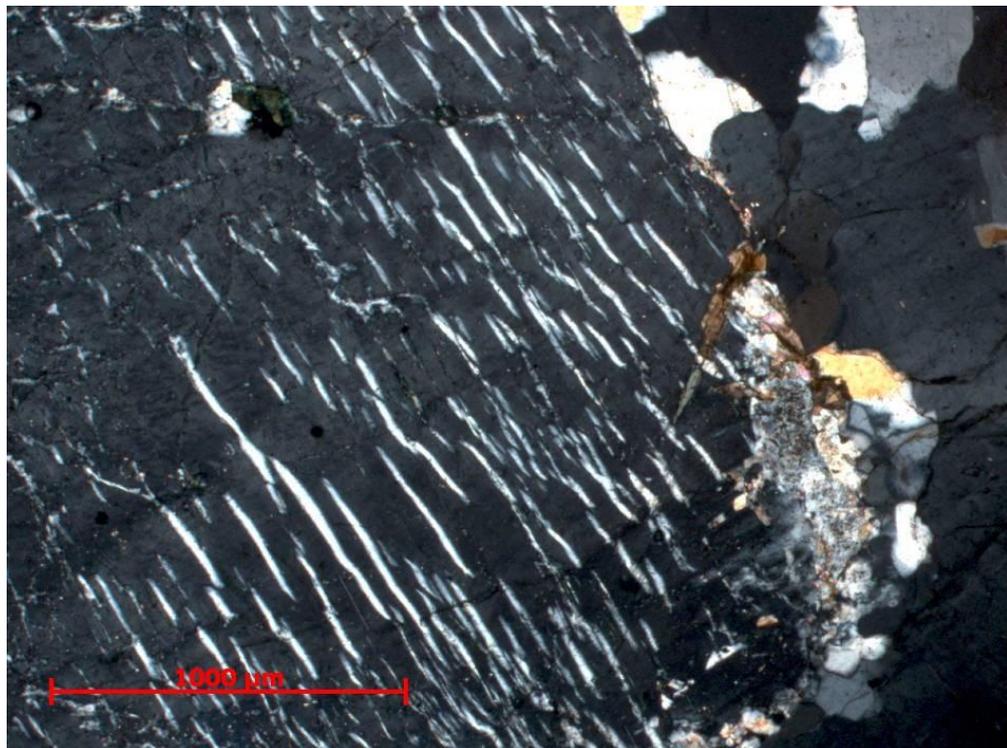


Figura 81: Microclina com pertitas do tipo corda (*string*). Lâmina FR-215. Nicóis cruzados.

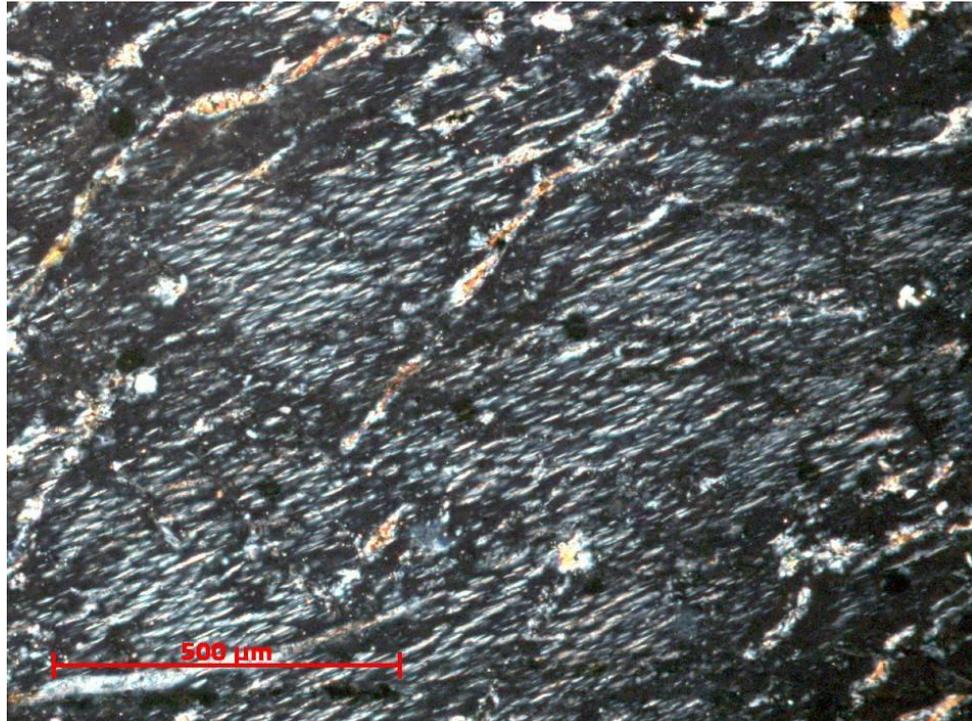


Figura 82: Microclina com pertitas do tipo *stringlet*. Lâmina FR-215. Nicóis cruzados.

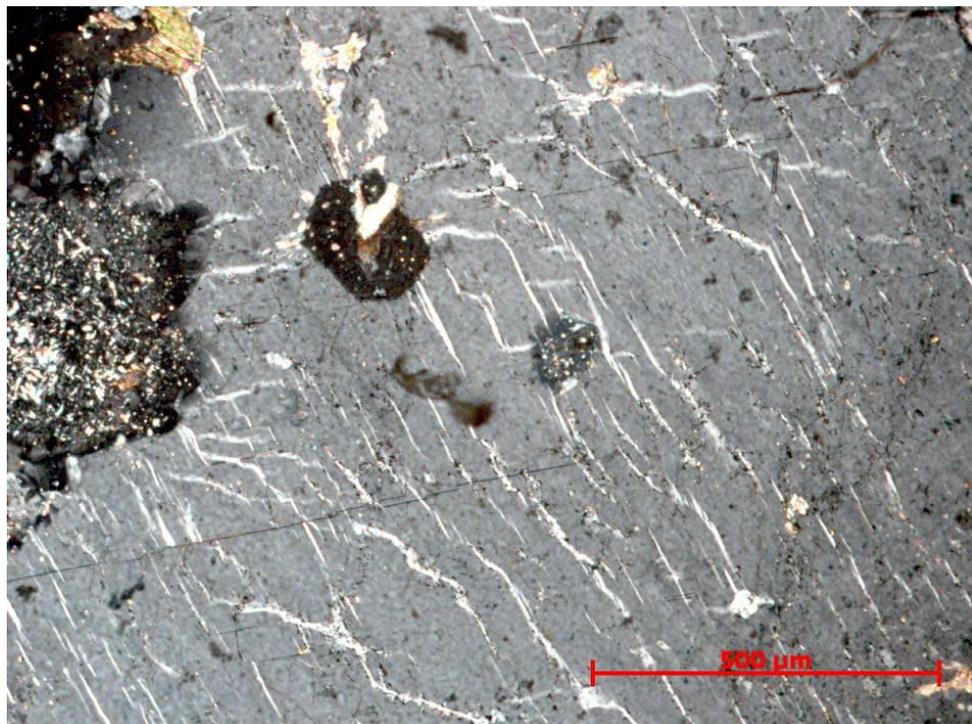


Figura 83: Microclina com pertitas do tipo interpenetrante. Lâmina ST-65C. Nicóis cruzados.

A biotita se divide em dois grupos: uma primária (biotita<sub>1</sub>) e outra secundária (biotita<sub>2</sub>). A biotita<sub>1</sub>, magmática, ocorre como cristais subédricos a euédricos, podendo ser até mesmo anédricos, com tamanho entre 0,03 mm e 1,0 mm (média 0,5 mm), normalmente com

inclusões de minerais opacos, apatita e zircão, podendo estar associada estes e a allanita. Os cristais idiomórficos são encontrados comumente inclusos nos cristais de quartzo, microclina e plagioclásio (Figura 87). Normalmente substituída por titanita, epidoto<sub>2</sub> e clorita (Figura 88).

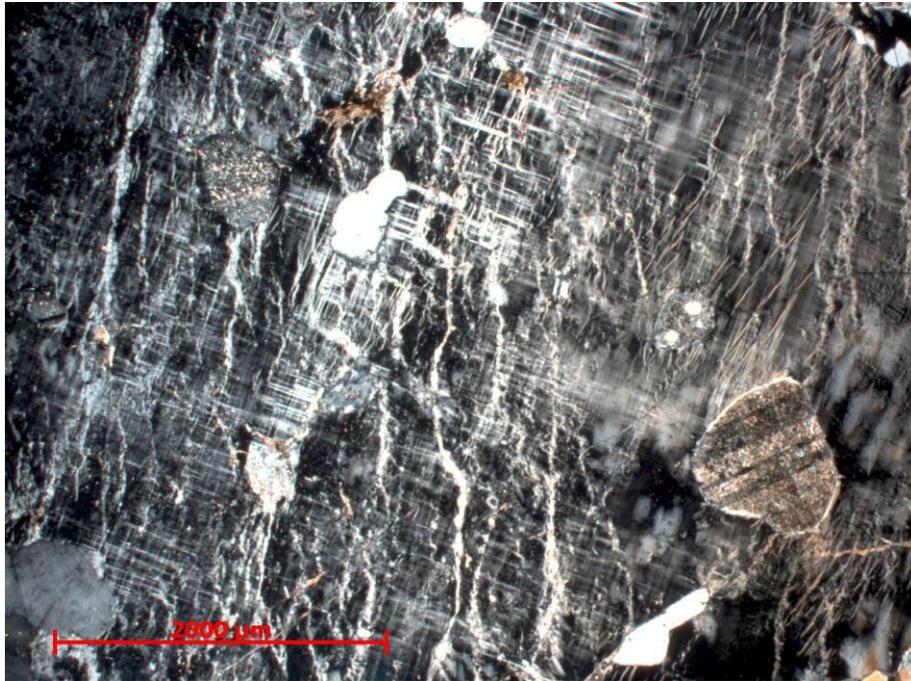


Figura 84: Microclina com pertitas do tipo composto. Lâmina ST-65A. Nicóis cruzados.

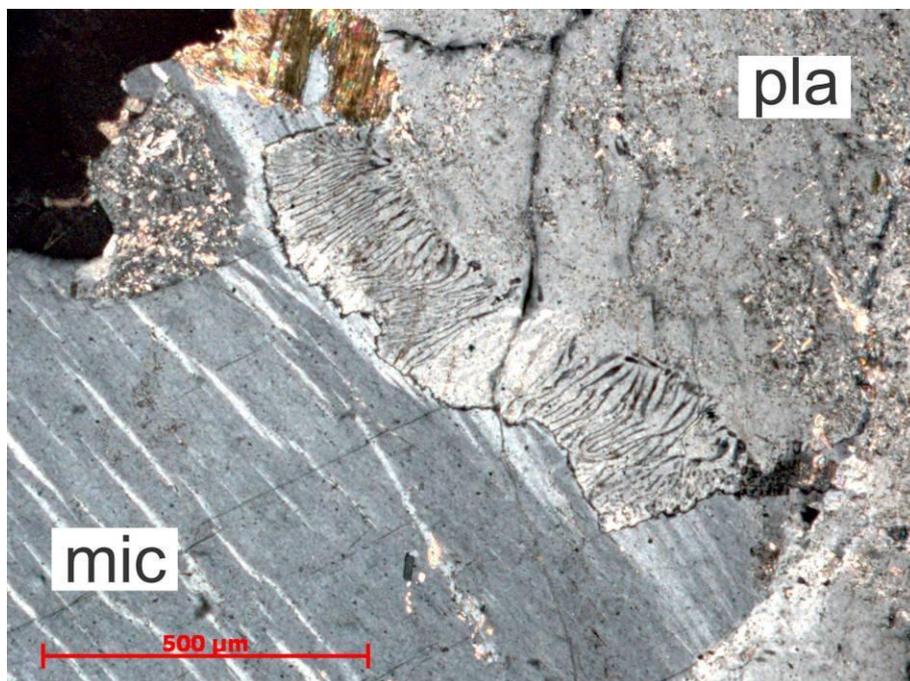
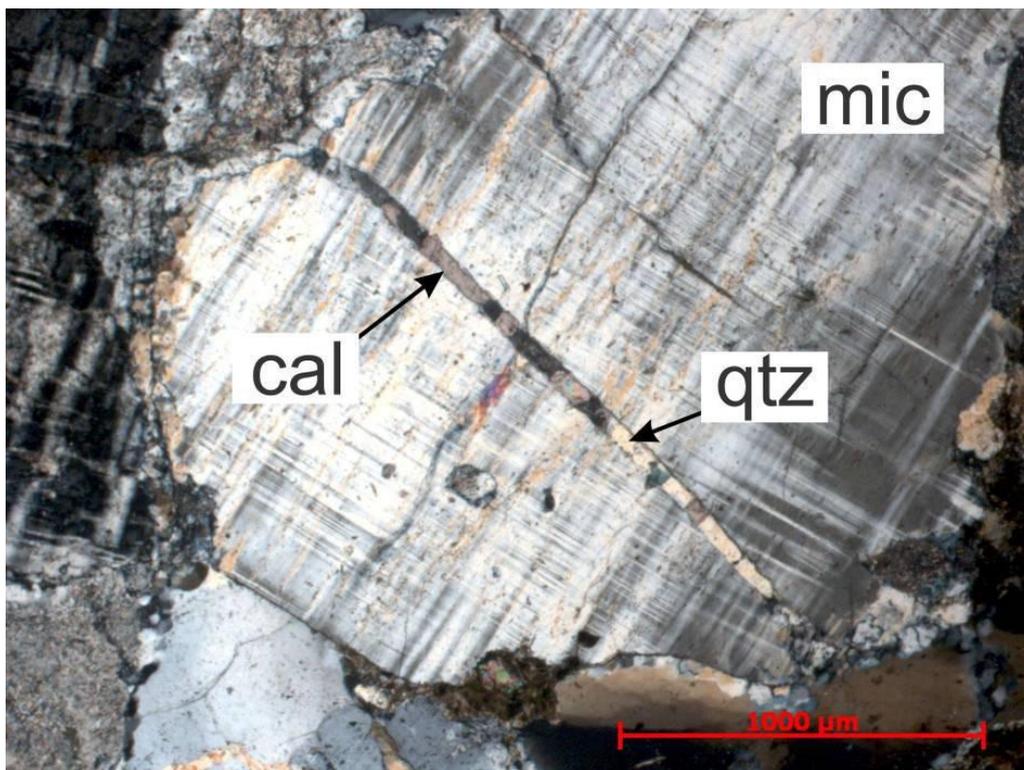
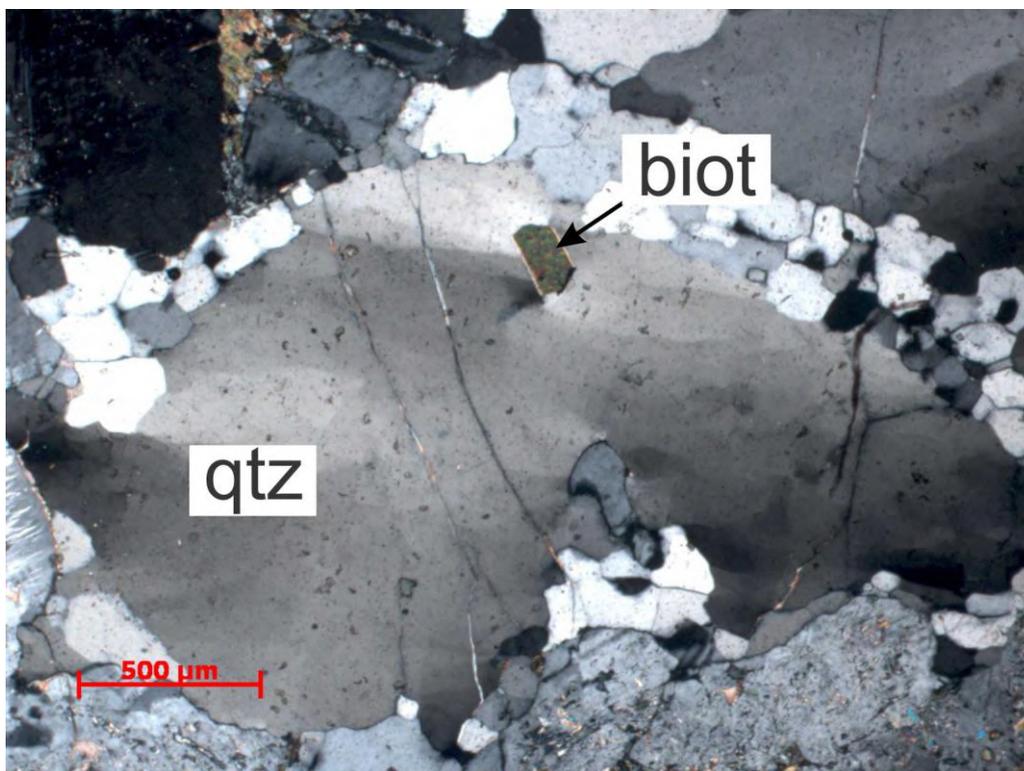


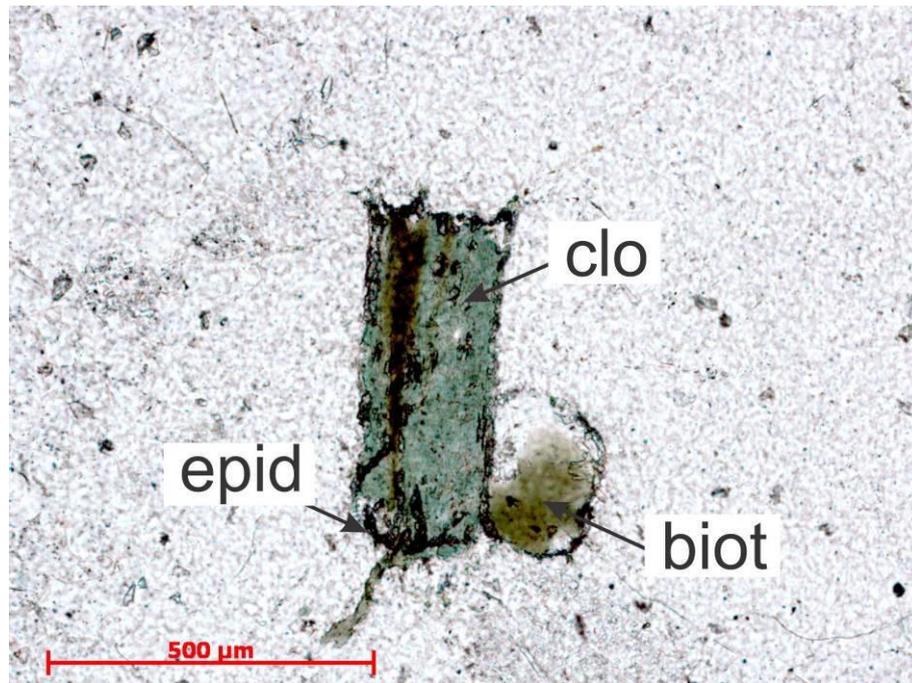
Figura 85: Intercrescimento simplectítico (mirmequita) entre a microclina (mic) e o plagioclásio (pla). Lâmina ST-65C. Nicóis cruzados.



**Figura 86:** Cristal de microclina (mic) com fratura preenchida por calcita (cal) e quartzo (qtz). Lâmina ST-65A. Nicóis cruzados.

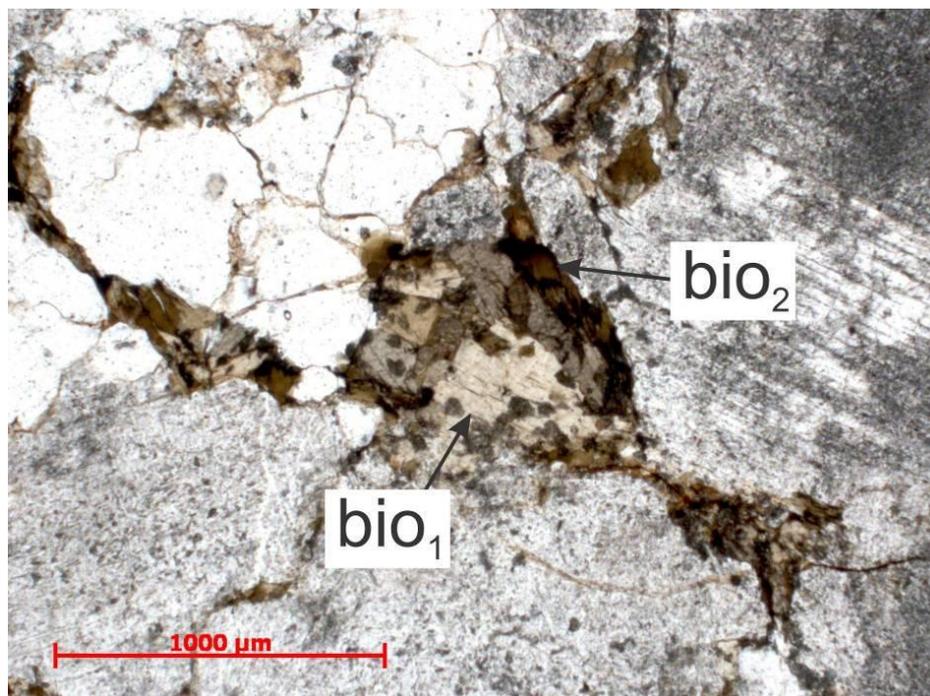


**Figura 87:** Cristal idiomórfico de biotita<sub>1</sub> (biot) incluído no quartzo (qtz) deformado e com extinção ondulante. Lâmina FR-365A. Nicóis cruzados.

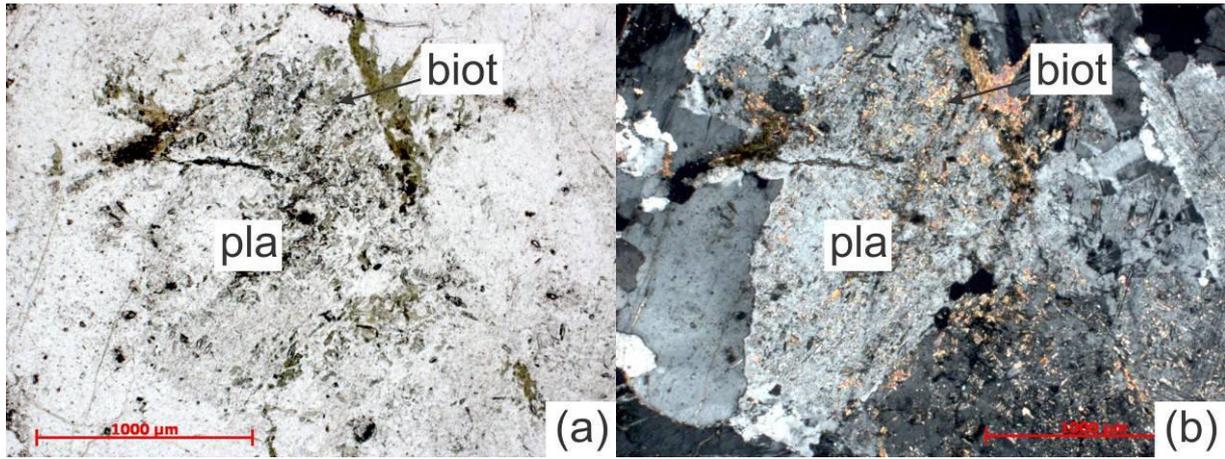


**Figura 88:** Biotita<sub>1</sub> (biot) substituída por epidoto (epid) em suas bordas e fortemente transformada para clorita (clo). Lâmina FR-365A. Nicóis paralelos.

A biotita<sub>2</sub> se apresenta em raros cristais anédricos, com tamanho variando entre 0,01 mm e 0,8 mm (média 0,4 mm). Pode estar associada à sericita, ao epidoto<sub>2</sub>, à moscovita, à apatita e aos opacos. Ocorre substituindo a biotita<sub>1</sub> ou o plagioclásio (Figuras 89 e 90), sendo comumente substituída por clorita, epidoto<sub>2</sub> e titanita.



**Figura 89:** Biotita<sub>2</sub> (bio<sub>2</sub>) substituindo a biotita<sub>1</sub> (bio<sub>1</sub>). Lâmina FR-215. Nicóis paralelos.



**Figura 90:** Biotita<sub>2</sub> (biot) substituindo o plagioclásio (pla). Lâmina FR-365A. (a) Nicóis paralelos. (b) Nicóis cruzados.

### 8.3.3 GEOQUÍMICA

Para a caracterização geoquímica preliminar foram utilizadas 3 amostras do ortognaisse granítico São Tiago, sendo 2 amostras do litótipo 1 (porção com estrutura gnáissica e composição monzogranítica a granodiorítica, e mais raramente quartzo monzonítica) e 1 amostra do litótipo 4 (porção granítica com composição granodiorítica a sienogranítica, predominantemente monzogranítica, e mais raramente quartzo monzonítica), além de 1 amostra do ortognaisse tonalítico que ocorre como xenólito no ponto ST-06. As amostras foram selecionadas segundo critérios de campo e petrográficos, sendo o principal deles, o estado de alteração intempérica. Nas análises geoquímicas foram quantificados os elementos maiores, menores e traços (Tabela 11), bem como foi calculada sua norma CIPW (Tabela 12).

**Tabela 11:** Análise geoquímica de rochas do litótipo 1 (ST-03 e ST-06C) e 4 (ST-06A) do ortognaisse granítico São Tiago, de um xenólito de ortognaisse tonalítico (ST-06X), e a média das análises do ortognaisse tonalítico Bandeira e ortognaisse trondhjemítico Canoas.

	<b>ST-03</b>	<b>ST-06A</b>	<b>ST-06C</b>	<b>ST-06X</b>	<b>Bandeira</b>	<b>Canoas</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	70,63	73,04	72,52	61,49	68,39	69,31
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,49	0,07	0,25	0,70	0,33	0,29
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14,63	15,33	15,18	16,06	16,19	15,92
<b>FeOt</b>	3,37	0,67	1,82	6,37	3,12	2,79
<b>MnO</b>	0,06	0,01	0,03	0,11	0,04	0,04
<b>MgO</b>	0,99	0,15	0,57	3,11	0,84	0,63
<b>CaO</b>	1,86	1,53	1,92	4,80	3,3	3,13
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	4,27	4,55	4,69	4,14	5,41	5,19
<b>K<sub>2</sub>O</b>	3,34	4,33	3,11	1,92	1,11	1,19
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,11	0,01	0,06	0,21	0,11	0,11
<b>L.O.I.</b>	0,33	0,67	0,42	1,00	0,57	0,69
<b>Total</b>	100,09	100,35	100,57	99,91	99,41	99,27
<b>Ba</b>	798	1094	822	673	928	854
<b>Co</b>	13	< 3	6	27	25	36
<b>Cr</b>	< 5	< 5	< 5	52	14	8
<b>Ga</b>	28	28	28	23	23	22
<b>Nb</b>	41	24	26	22	8	5
<b>Ni</b>	40	42	41	44	18	10
<b>Rb</b>	213	170	150	113	58	59
<b>Sr</b>	186	466	451	301	858	881
<b>V</b>	50	10	28	75	35	32
<b>Y</b>	31	24	23	24	33	27
<b>Zn</b>	88	47	64	91	62	52
<b>Zr</b>	330	113	172	145	167	175

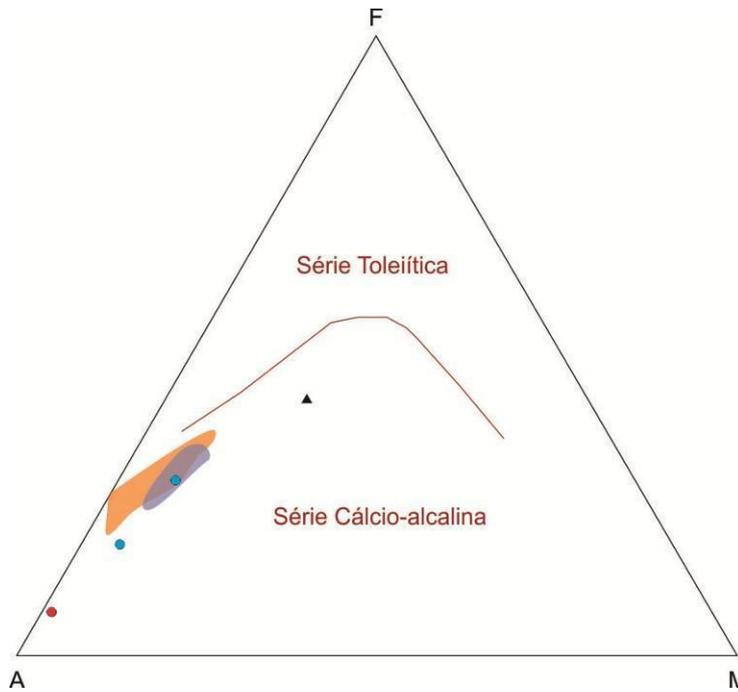
**Tabela 12:** Norma CIPW para as rochas do litótipo 1 (ST-03 e ST-06C) e 4 (ST-06A) do ortogneisse granítico São Tiago, de um xenólito de ortogneisse tonalítico (ST-06X), e a média das análises do ortogneisse tonalítico Bandeira e ortogneisse trondhjemítico Canoas. Qtz: quartzo; C: coríndon; Or: ortoclásio; Ab: albita; An: anortita; Di: diopsídio; Hy: Hiperstênio; Il: ilmenita; Tn: titanita; Ru: rutilo; Ap: apatita.

	ST-03	ST-06A	ST-06C	ST-06X	Bandeira	Canoas
<b>Qtz</b>	27,86	26,53	28,54	16,35	24,69	27,26
<b>C</b>	0,87	0,40	0,75	0,00	0,36	0,68
<b>Or</b>	19,74	25,59	18,38	11,35	6,56	7,00
<b>Ab</b>	36,13	38,50	39,69	35,03	45,77	43,91
<b>An</b>	8,51	7,53	9,13	19,57	15,62	14,79
<b>Di</b>	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00
<b>Hy</b>	2,47	0,37	1,42	7,43	2,09	1,56
<b>Il</b>	0,13	0,02	0,06	0,24	0,09	0,08
<b>Tn</b>	0,00	0,00	0,00	1,41	0,00	0,00
<b>Ru</b>	0,42	0,06	0,22	0,00	0,28	0,25
<b>Ap</b>	0,26	0,02	0,14	0,50	0,27	0,26
<b>Total</b>	96,39	99,02	98,33	92,55	95,73	95,80

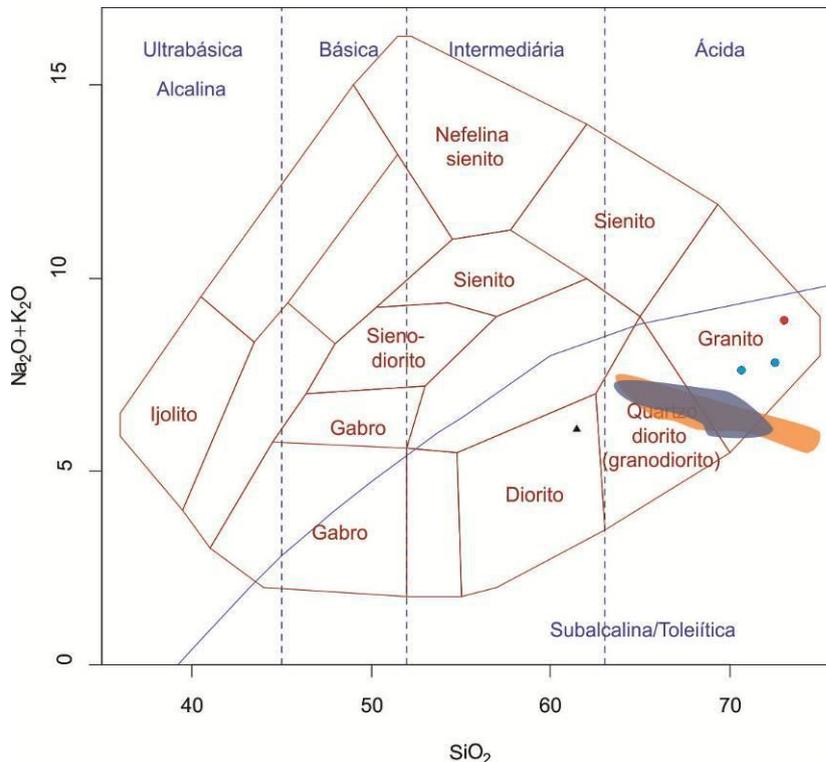
Nos diversos diagramas envolvendo as rochas do ortogneisse granítico São Tiago estão representados também os campos referentes às análises geoquímicas dos ortogneisses tonalíticos Bandeira (em marrom) e trondhjemítico Canoas (em laranja), presentes na monografia do estudante Filipe Vidal Cunha Santa Rosa Soares de Oliveira, que versa sobre esses corpos. As análises destes corpos foram utilizadas para referenciar as diferenças em campo e petrográficas observadas entre os ortogneisses, permitindo a comparação dos mesmos com o ortogneisse granítico São Tiago.

No diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971) (Figura 91) as análises se alinham segundo o *trend* da série cálcio-alcálica, caracterizada pelo enriquecimento em álcalis ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) e depleção em FeO e MgO. Neste diagrama caracterizou-se que o litótipo 4 representa uma fase mais tardia (mais evoluída) na evolução de um magma cálcio-alcálico e o xenólito do ortogneisse tonalítico uma fase precoce (menos evoluída). Os ortogneisses tonalítico Bandeira e trondhjemítico Canoas também se alinham ao *trend* da série cálcio-alcálica, mostrando composições menos evoluídas, assim como o litótipo 1 do ortogneisse granítico São Tiago.

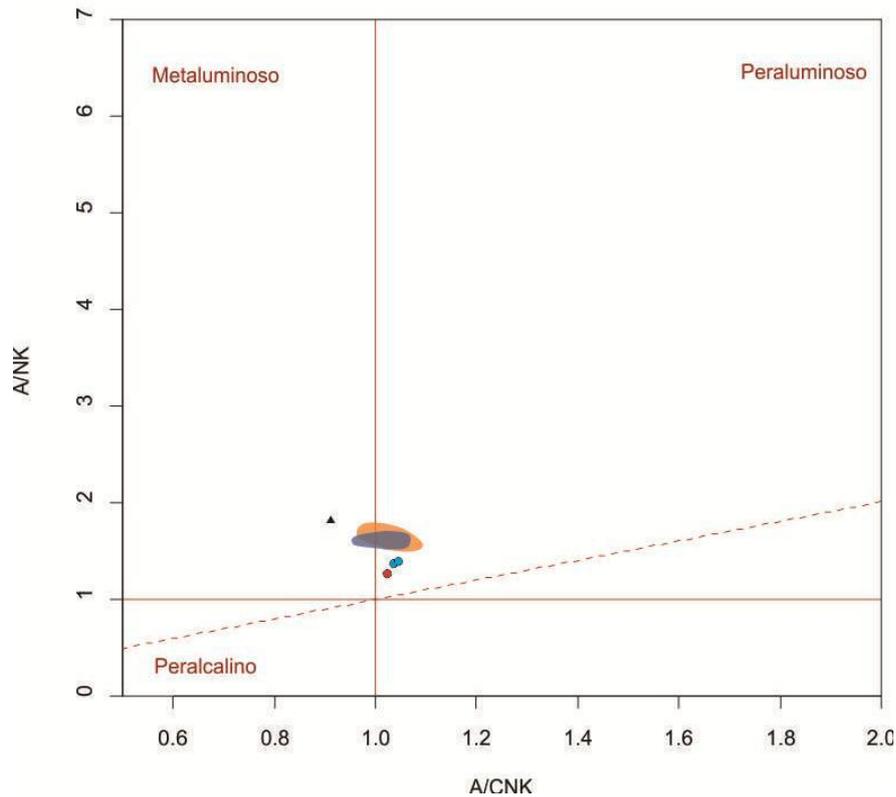
No diagrama TAS para a classificação de rochas ígneas (Cox *et al.*, 1979) todas as análises do ortogneisse granítico São Tiago plotam no campo dos granitos (Figura 92), enquanto o xenólito de ortogneisse tonalítico plota no campo dos dioritos. Quanto ao índice de aluminosidade (Figura 93), as rochas do ortogneisse granítico São Tiago são peraluminosas, enquanto o xenólito de ortogneisse tonalítico é metaluminoso.



**Figura 91:** Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971) para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortogneisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortogneisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortogneisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortogneisse tonalítico Bandeira. A –  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ; M –  $\text{MgO}$ ; F –  $\text{FeOt}$ .



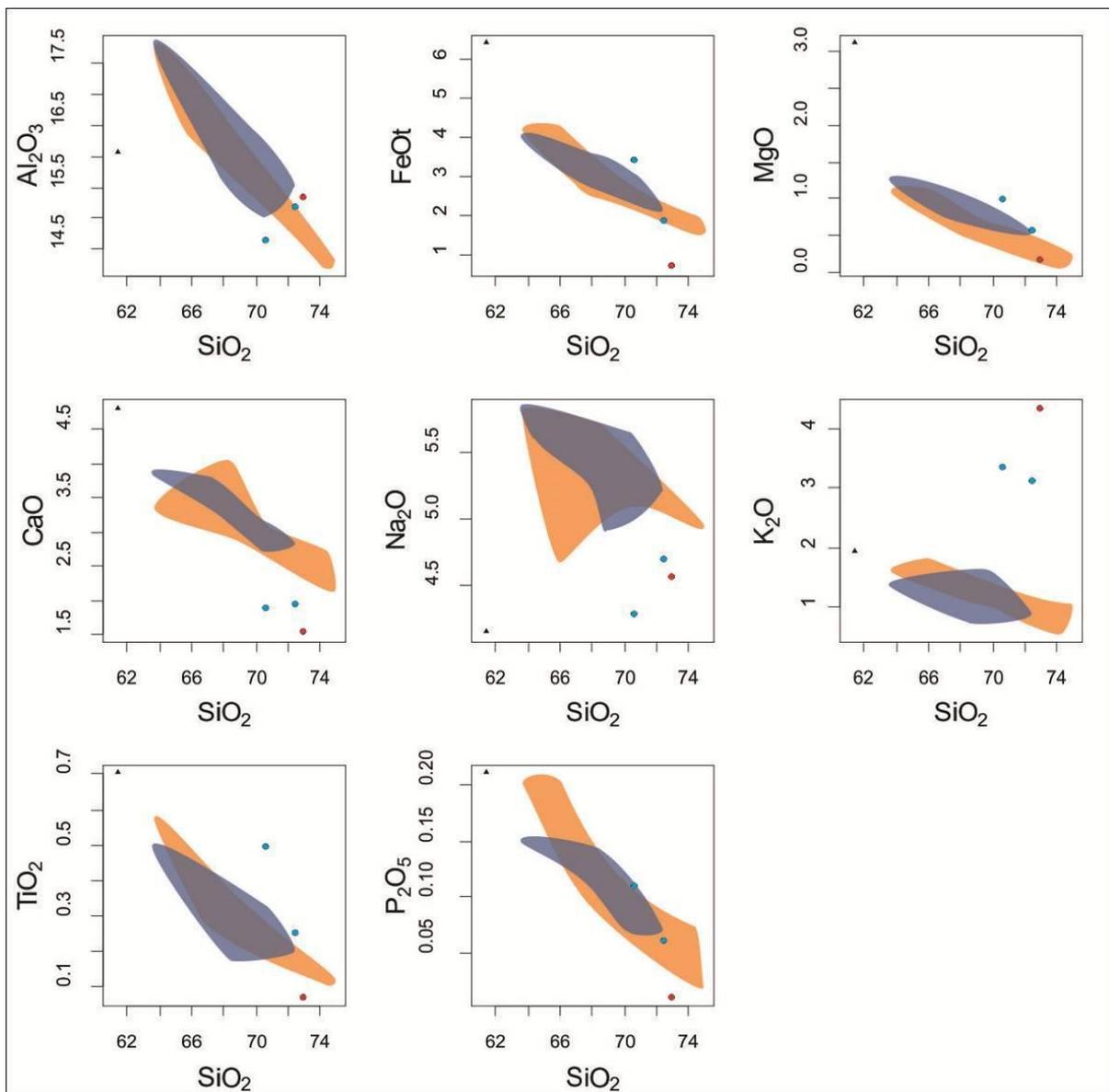
**Figura 92:** Diagrama TAS (Cox *et al.*, 1979) para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortogneisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortogneisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortogneisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortogneisse tonalítico Bandeira.



**Figura 93:** Diagrama  $\left[ \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})} \right]_{\text{mol}} \times \left[ \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})} \right]_{\text{mol}}$  (Shand, 1943) para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortognaisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortognaisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortognaisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortognaisse tonalítico Bandeira.

Nos diagramas de  $\text{SiO}_2$  versus elementos maiores e menores (Figura 94) é notável a diferenças entre as amostras analisadas e os campos dos ortognaisses Canoas e Bandeira, principalmente em relação aos álcalis ( $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) e ao  $\text{CaO}$ , onde as amostras do ortognaisse granítico São Tiago mostraram valores inferiores em  $\text{CaO}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$  e superiores em  $\text{K}_2\text{O}$ .

No diagrama  $\text{SiO}_2 \times \text{K}_2\text{O}$  (Peccerillo & Taylor, 1976 – Figura 95) as amostras do ortognaisse granítico São Tiago plotam nos campos da série cálcio-alcálica de alto K e no limite desta com o da série cálcio-alcálica diferentemente do xenólito de ortognaisse tonalítico, que se enquadra no campo da série cálcio-alcálica. Destaca-se, ainda, a grande diferença entre as rochas do ortognaisse granítico São Tiago e dos ortognaisse tonalíticos Canoas e Bandeira, que compreendem parte dos campos da série cálcio-alcálica e da série toleítica.

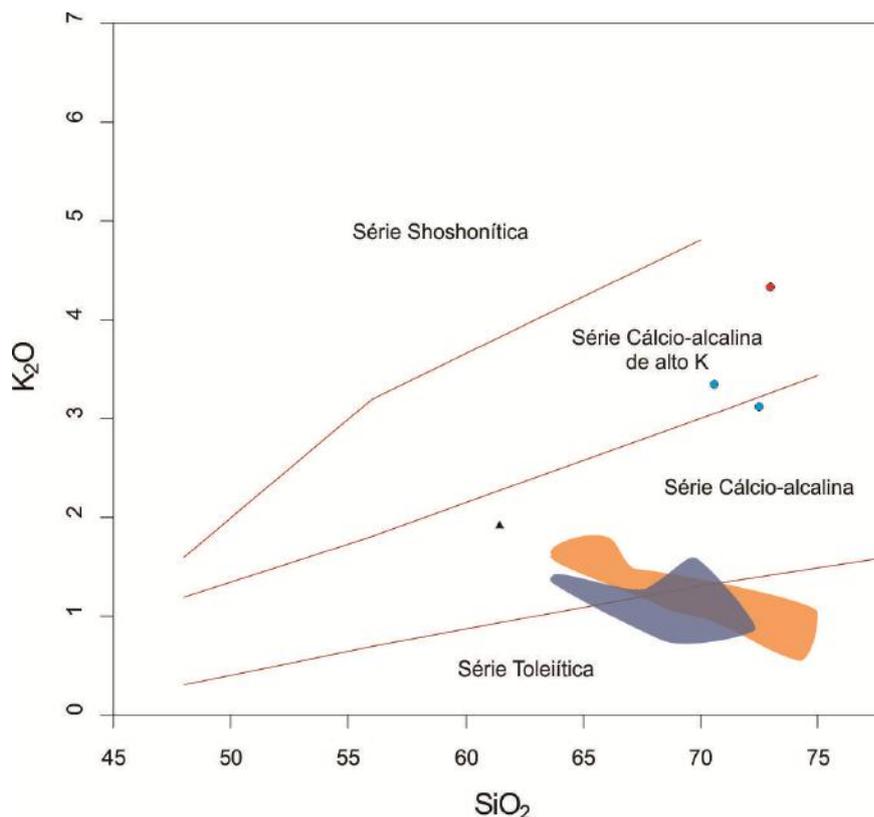


**Figura 94:** Diagramas de  $\text{SiO}_2$  versus elementos maiores e menores, para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortognaisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortognaisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortognaisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortognaisse tonalítico Bandeira.

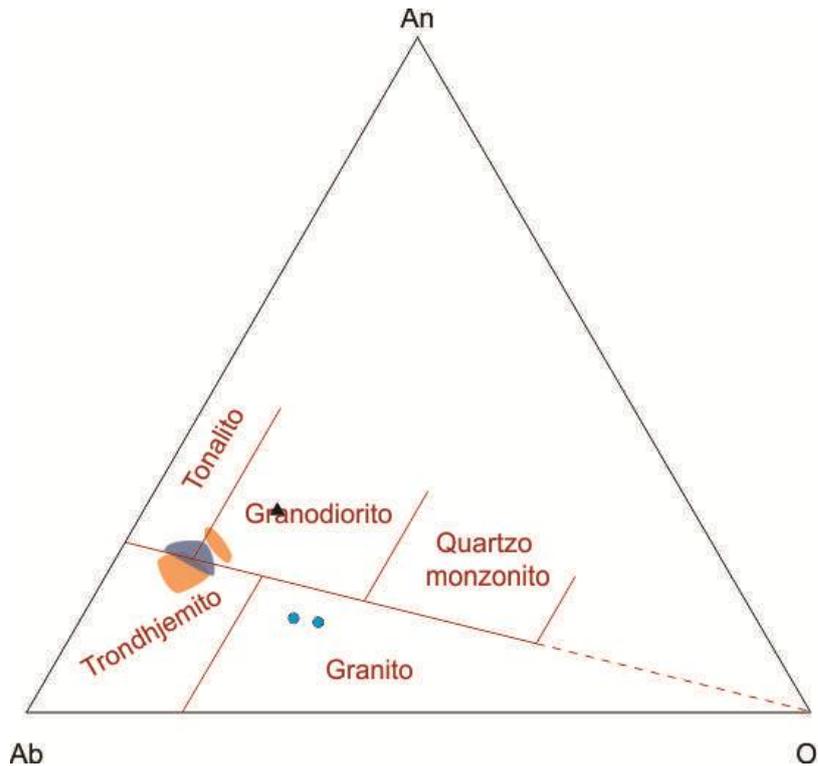
No diagrama triangular de feldspatos normativos (O'Connor, 1965 – **Figura 96**) as análises de ambos os litótipos do ortognaisse granítico São Tiago plotam no campo dos granitos, enquanto o xenólito de ortognaisse plota no campo do granodiorito, e os ortognaises Canoas e Bandeira, respectivamente no campo do trondhjemito e do tonalito. Comparando o diagrama triangular de feldspatos normativos com o diagrama TAS para a classificação de rochas ígneas (**Figura 92**) e com a petrografia, ocorre uma diferença na classificação da amostra do xenólito de ortognaisse. Tal diferença seria causada pelo excesso de biotita (que contém K e Al) visto na petrografia, com cerca de 30% da moda, que seria

adicionada aos valores de ortoclásio (Or) no gráfico de O'Connor (1965). Enquanto que no diagrama TAS, não existe um campo específico para as rochas de composição tonalítica, pois os valores plotados são resultados da soma dos álcalis ( $K_2O + Na_2O$ ), não distinguindo os álcali-feldspatos dos plagioclásios.

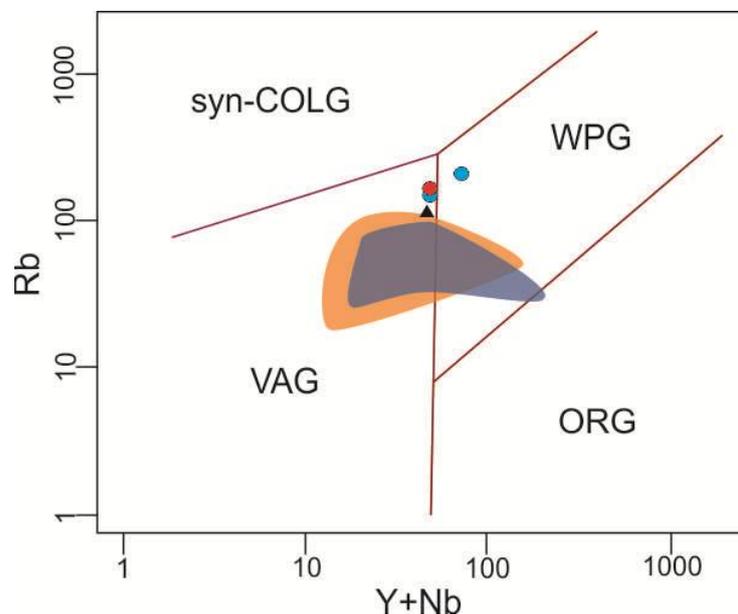
Em termos de ambiência tectônica no diagrama discriminante (Y+Nb) x Rb (Pearce *et al.*, 1984 – Figura 97) as amostras se localizam no limite dos campos dos granitos intraplaca e dos granitos de arco vulcânico.



**Figura 95:** Diagrama  $SiO_2$  x  $K_2O$  (Peccerillo & Taylor, 1976) para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortognaisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortognaisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortognaisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortognaisse tonalítico Bandeira.



**Figura 96:** Diagrama triangular de feldspatos normativos de O'Connor (1965) para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortogneisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortogneisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortogneisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortogneisse tonalítico Bandeira.



**Figura 97:** Diagrama (Y+Nb) x Rb de Pearce *et al.* (1984) para as rochas dos litótipos 1 e 4 do ortogneisse granítico São Tiago e para o xenólito de um ortogneisse tonalítico. Círculos azuis – Litótipo 1; Círculo vermelho – Litótipo 4; Triângulo preto – Xenólito tonalítico; Campo laranja – Ortogneisse tonalítico Canoas; Campo azul escuro – ortogneisse tonalítico Bandeira. syn-COLG – granito sin-colisional; WPG – granito intraplaca; VAG – granito de arco vulcânico; ORG – granito de dorsal oceânica.

## 8.6 – SEQUÊNCIA METASSEDIMENTAR

As rochas metassedimentares ocorrem próximo ao contato do *greenstone belt* com o ortognaisse granítico São Tiago, são representadas por quartzitos (Figura 98), xistos (Figura 99), gonditos (Figura 100) e FFBs (Formação Ferrífera Bandada), e afloram principalmente na porção norte da serra Bandeira. A FFB é composta principalmente por magnetita e quartzo (Figuras 101 e 102), mas pode apresentar rara hematita, granada e epidoto. Ocorre comumente junto ao gondito, sendo muito difícil individualizá-los na escala de mapeamento utilizada. Teixeira *et al.* (2011) obtiveram idades de deposição máxima de cerca de 2,4 Ga para as FFBs da serra Bandeira, correlacionando-a temporalmente ao supergrupo Minas.



Figura 98: Afloramento de quartzito micáceo na serra Bandeira. Ponto ST-151.



**Figura 99:** Dobras em quartzo xisto na serra Bandeira. Ponto ST-151.



**Figura 100:** Blocos *in situ* de gondito no leito da estrada que leva à torre de televisão. Ponto ST-68.



**Figura 101:** Afloramento de FFB em corte de estrada entre São Tiago e Resende Costa. Ponto ST-152.



**Figura 102:** Detalhe do bandamento em amostra de FFB. Ponto ST-152.

#### 8.4 – ORTOGNAISSES TONALÍTICOS BANDEIRA E SERRA E TRONDHJEMÍTICO CANOAS

Os ortognaisses tonalíticos Bandeira e Serra, bem como o ortognaisse trondhjemítico Canoas afloram em meio à sequência *greenstone belt* e foram pela primeira vez individualizados no presente estudo. O ortognaisse trondhjemítico Canoas possui foliação incipiente (Figura 103) e é hololeucocrático (IC: 2-8), enquanto o ortognaisse tonalítico Bandeira é leucocrático (IC: 8-14) e possui foliação marcante (Figura 104). Já o ortognaisse tonalítico Serra é leucocrático (IC: 8-12) possui foliação bem marcada e é cortado por diversas zonas de cisalhamento (Figura 105).



Figura 103: Ortognaisse trondhjemítico Canoas com índice de cor extremamente baixo e foliação incipiente. Ponto ST-262.



Figura 104: Ortognaisse tonalítico Bandeira com foliação marcada pela orientação dos cristais de biotita. Destaca-se a presença de duas fases pegmatíticas distintas, sendo que uma está dobrada juntamente com a foliação, enquanto a outra trunca a foliação. Ponto ST-136.



**Figura 105:** Feição geral do ortogneisse tonalítico Serra onde se destacam veios pegmatíticos dobrados junto com a foliação. Ponto ST-173.

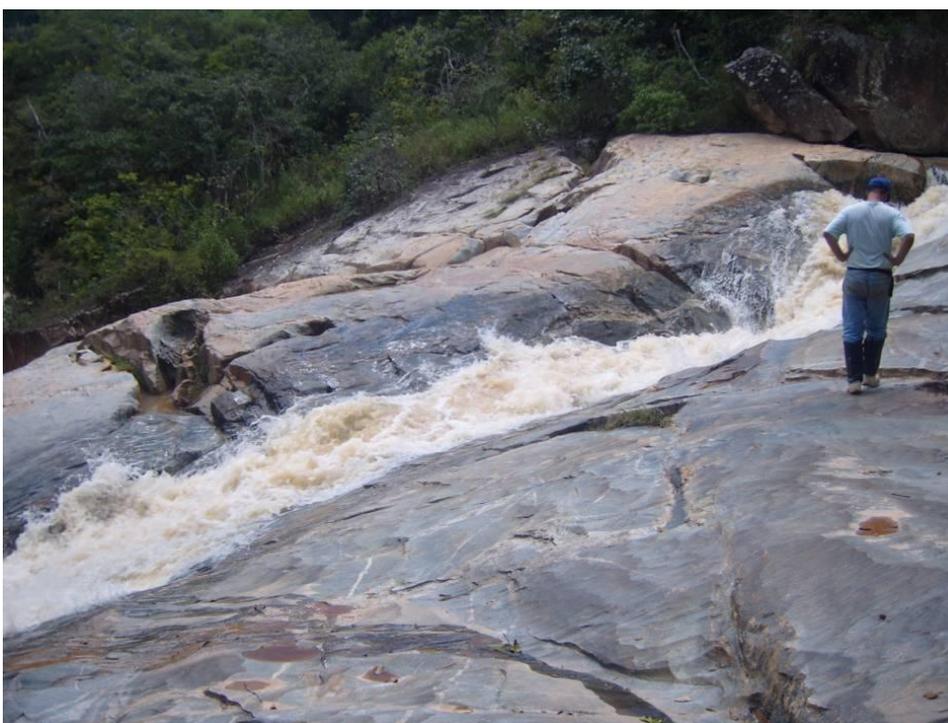
Em campo, estes ortogneisses afloram em grandes lajedos no alto de morros (**Figuras 106 e 107**), em cachoeiras (**Figura 108**) e leitos de drenagem. Estes ortogneisses foram diferenciados do ortogneisse granítico São Tiago por não possuírem bandamento gnáissico, bem como pela ausência de estrutura migmatítica.



**Figura 106:** Lajedo do ortogneisse trondhjemítico Canoas. Ponto ST-266.



**Figura 107:** Lajedo do ortognaisse tonalítico Serra. Ponto ST-173.



**Figura 108:** Lajedo do ortognaisse tonalítico Bandeira. Ponto ST-217.

O ortognaisse trondhjemítico Canoas possui textura predominantemente granolepidoblástica, localmente porfirítica, e é composto por quartzo, plagioclásio (oligoclásio) e biotita<sub>1</sub>, tendo como mineralogia acessória allanita, zircão, apatita e minerais opacos. Os minerais secundários são representados por biotita<sub>2</sub>, sericita, epidoto<sub>1</sub>, titanita, moscovita e clorita. Os cristais de quartzo apresentam bandas de deformação e podem estar

recristalizados. O plagioclásio encontra-se alterado para sericita e epidoto<sub>2</sub>, principalmente em suas bordas, mostrando um zonamento normal.

O ortognaisse tonalítico Bandeira possui textura inequigranular seriada granolepidoblástica, mineralogia principal representada por quartzo, plagioclásio (oligoclásio) e biotita<sub>1</sub>, tendo como mineralogia acessória allanita, zircão, apatita, opacos e hornblenda. Sua mineralogia secundária é representada por biotita<sub>2</sub>, sericita, epidoto, titanita e moscovita. O plagioclásio encontra-se comumente alterado para sericita e algumas vezes para epidoto<sub>2</sub>. Os cristais de hornblenda são escassos e são substituídos parcial ou totalmente pela biotita<sub>2</sub>.

O ortognaisse tonalítico Serra possui textura inequigranular seriada granolepidoblástica, e encontra-se extremamente deformado, com textura protomilonítica, localmente milonítica. Sua mineralogia principal é representada por quartzo, plagioclásio (oligoclásio) e biotita<sub>1</sub>, tendo como minerais acessórios zircão, allanita, opacos e moscovita<sub>1</sub>, e secundários biotita<sub>2</sub>, sericita, epidoto, titanita, clorita e moscovita<sub>2</sub>.

## 8.5 – GNAISSE BIOTÍTICO

O gnaiss biotítico aflora na porção sul da área estudada e também não havia sido identificado nos trabalhos anteriores (Quéméneur Baraud, 1982; Pires & Porto Júnior, 1986), pois fora reunido por esses autores com o ortognaiss São Tiago. Esse corpo ocorre em lajedos e blocos *in situ* ao noroeste do vilarejo de Monte Pio, na margem leste do rio do Peixe. Possui índice de cor variando entre 30 e 50, granulação média a grossa, foliação bem marcada e um forte bandamento gnáissico (Figura 109).

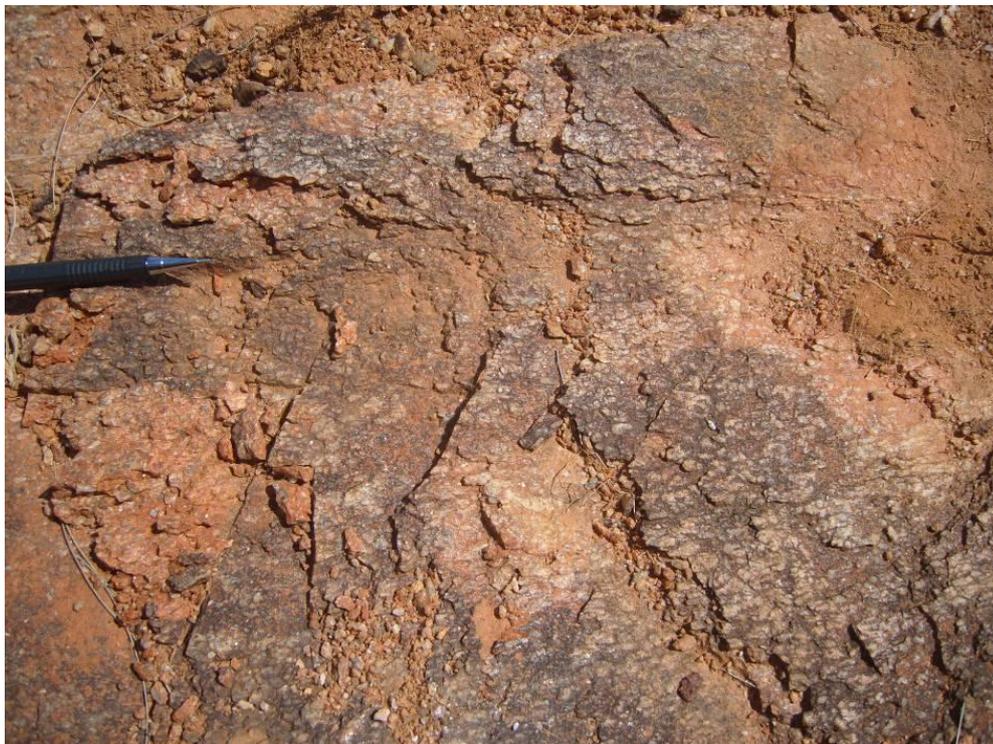


**Figura 109:** Bloco *in situ* do gnaiss biotítico com bandamento metamórfico e veios pegmatíticos. Destaca-se a presença de níveis ricos em biotita. Ponto ST-396.

O gnaiss biotítico é cortado por veios pegmatíticos concordantes a foliação que estão boudinados (Figura 110), bem como os cristais de quartzo estão alinhados segundo uma direção de lineação de estiramento (Figura 111). Destaca-se, ainda, a presença de porfiroclastos de feldspato rotacionados nos veios pegmatíticos que cortam o gnaiss biotítico (Figura 112).



**Figura 110:** Gnaiss biotítico com veios pegmatíticos boudinados. Ponto ST-414.



**Figura 111:** Gnaiss biotítico com lineação de estiramento marcada pelo alongamento dos cristais de quartzo. Ponto ST-396.



**Figura 112:** Gnaise biotítico cortado por veio pegmatítico concordante com grande porfiroclasto de feldspato rotacionado com movimento dextral. As setas pretas mostram o sentido do movimento. Ponto ST-395.

## 8.7 – GRANITÓIDE RITÁPOLIS

O granitóide Ritápolis é diferenciado em campo dos demais corpos plutônicos félsicos da área estudada por ser o único que não possui foliação metamórfica fortemente penetrativa orientando o quartzo e o feldspato. Costuma ser encontrado em lajedos na encosta de morros (Figura 113) ou como blocos métricos arredondados *in situ* (Figura 114).



**Figura 113:** Lajedo do granitóide Ritápolis na encosta do morro, ao lado do rio do Peixe. Ponto ST-399.

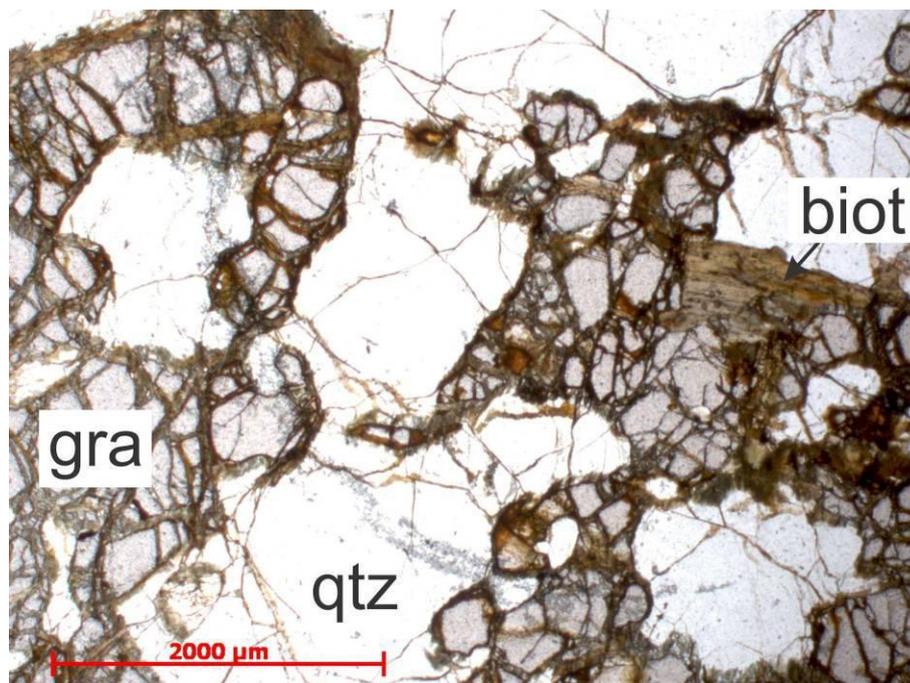


**Figura 114:** Blocos do granitóide Ritápolis *in situ*. Ponto ST-126.

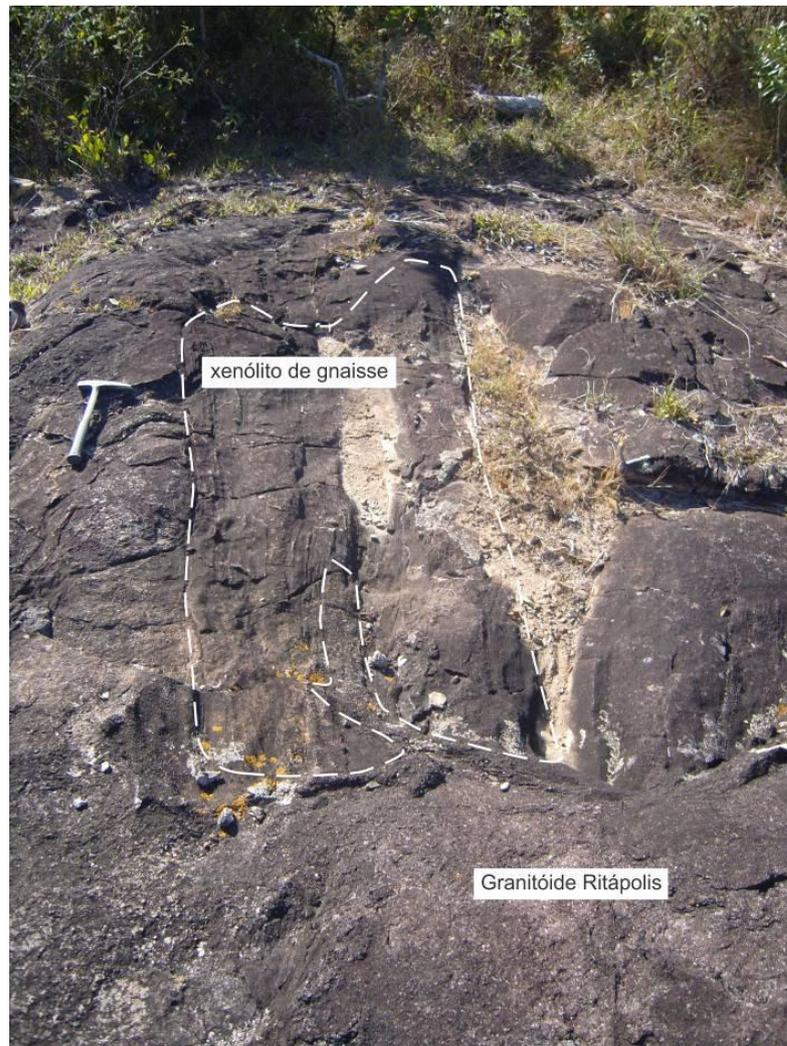
Em mapa, apresenta formato elíptico de não mais que dois quilômetros de comprimento (**Anexo I – Mapa geológico**) e localmente possui xenólitos arredondados de gondito, compostos por granada, quartzo e biotita cloritizada (**Figuras 115 e 116**) e de gnaiss (**Figura 117**).



**Figura 115:** Bloco do granitóide Ritápolis com xenólitos arredondados de gondito. Ponto ST-90.



**Figura 116:** Lâmina do xenólito de gondito do ponto ST-90. Composto por granada (gra), quartzo (qtz) e biotita cloritizada (biot).



**Figura 117:** Lajedo do granitóide Ritápolis com xenólito de gnaissse. Ponto ST-399.

Petrograficamente, na área de estudo, o granitóide Ritápolis possui composição monzogranítica a sienogranítica (Figura 118), textura equigranular xenomórfica a heterogranular porfirítica (Figura 119), granulação média a grossa e índice de cor entre 5 e 15. Sua mineralogia principal é composta por quartzo, microclina, plagioclásio (oligoclásio) e biotita<sub>1</sub>, tendo como minerais acessórios allanita, zircão, apatita e minerais opacos e como secundários sericita, biotita<sub>2</sub>, epidoto<sub>2</sub>, clorita e moscovita.

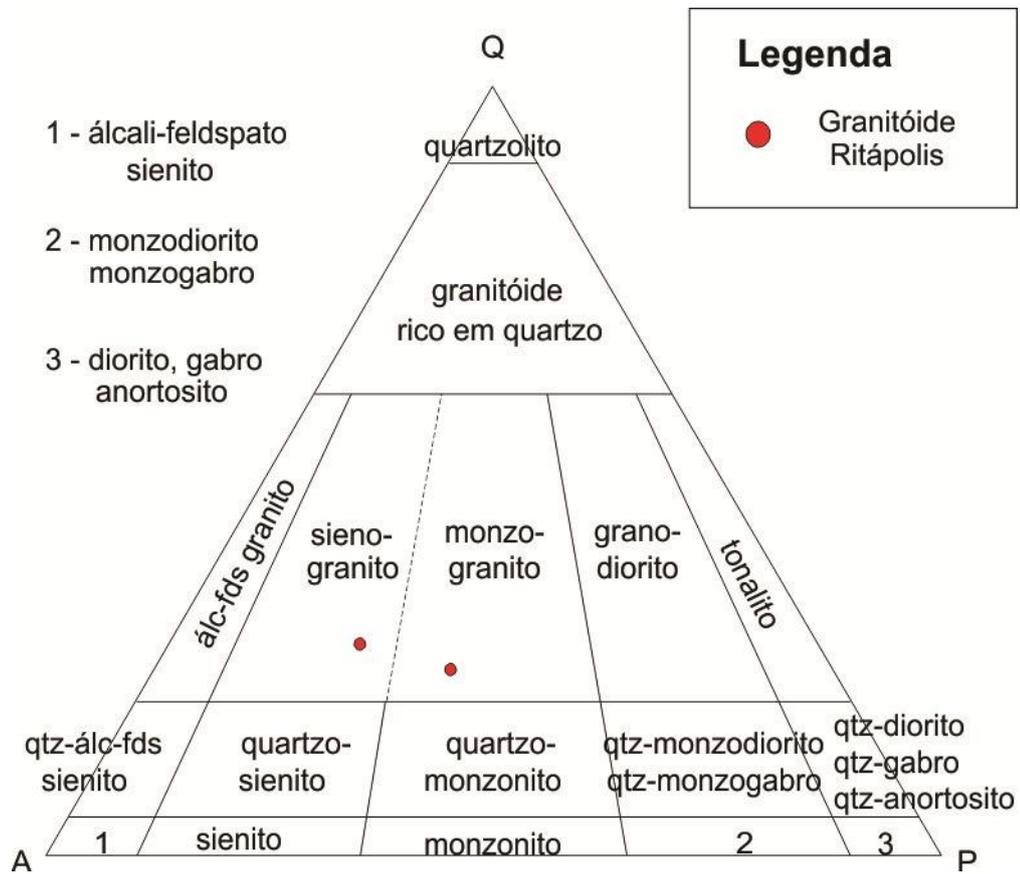


Figura 118: Gráfico QAP para as rochas supersaturadas em sílica, mostrando a composição de duas lâminas do granitóide Ritápolis.

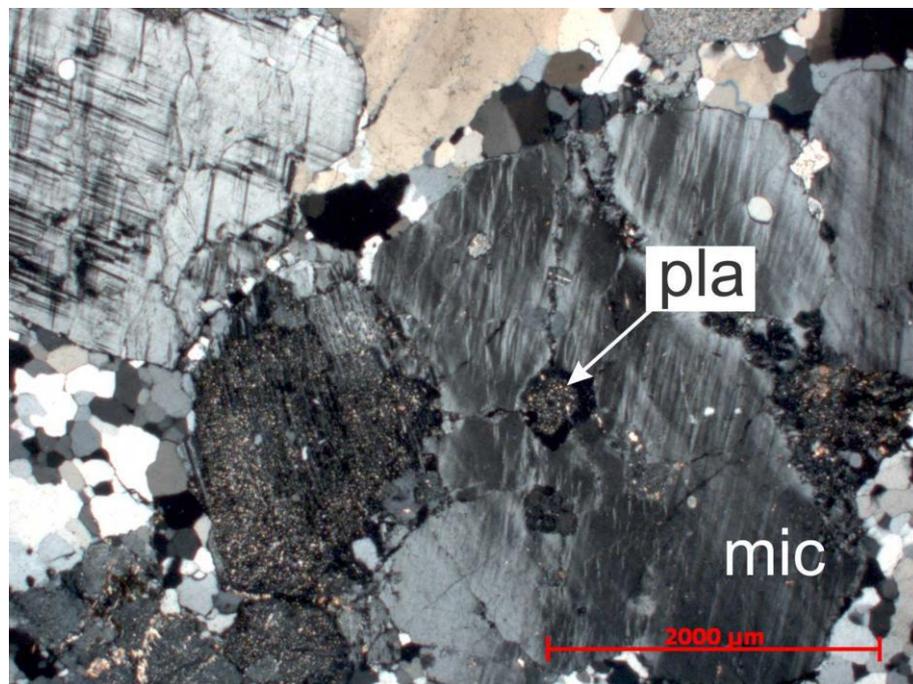


Figura 119: Lâmina do ponto ST-399A, mostrando textura porfirítica, com pórfiros de microclina (mic) com inclusão de plagioclásio sericitizado (pla).

## 8.8 – PEGMATITOS

Ocorre na área estudada uma série de corpos pegmatitos onde foi possível a caracterização de pelo menos três gerações distintas. A primeira geração intrude o ortogneisse granítico São Tiago e está, localmente, concordante à foliação metamórfica (Figura 120), podendo ser também observada dobrada conjuntamente com a foliação (Figura 121) e até mesmo truncando esta. Esta geração possui espessuras que raramente ultrapassam 10 cm, sua mineralogia, vista em amostra de mão, é composta por quartzo, microclina, plagioclásio, biotita e allanita e foi correlacionada temporalmente ao ortogneisse granítico São Tiago.



**Figura 120:** Pegmatitos (Peg) da primeira geração com orientação concordante com a foliação impressa no ortogneisse granítico São Tiago. Ponto ST-237.



**Figura 121:** Ortogneisse granítico São Tiago cortado por pegmatito referente à primeira geração (Peg1) que está dobrado, e por pegmatito não-deformado (Peg2), referente à terceira geração. Ponto ST-59.

A segunda geração de pegmatitos é intrusiva no ortognaisse tonalítico Bandeira e em nenhum ponto foi caracterizada como concordante a foliação presente neste. Porém tanto o pegmatito como o ortognaisse foram deformados conjuntamente (Figura 104), apontando que a gênese desta geração estaria associada ao próprio ortognaisse tonalítico Bandeira. Esta geração possui espessuras inferiores a 1,0 m e sua mineralogia é composta por quartzo, microclina, plagioclásio, moscovita e magnetita. Somente em um local foi observado um corpo com espessura superior a 5,0 m, sendo que este é intrusivo nos quartzitos (Figura 122) e nas FFBs.



**Figura 122:** Núcleo quartzoso de pegmatito da segunda geração que corta quartzitos e quartzos xistos da seqüência metassedimentar aflorante na Serra Bandeira. Ponto ST-151.

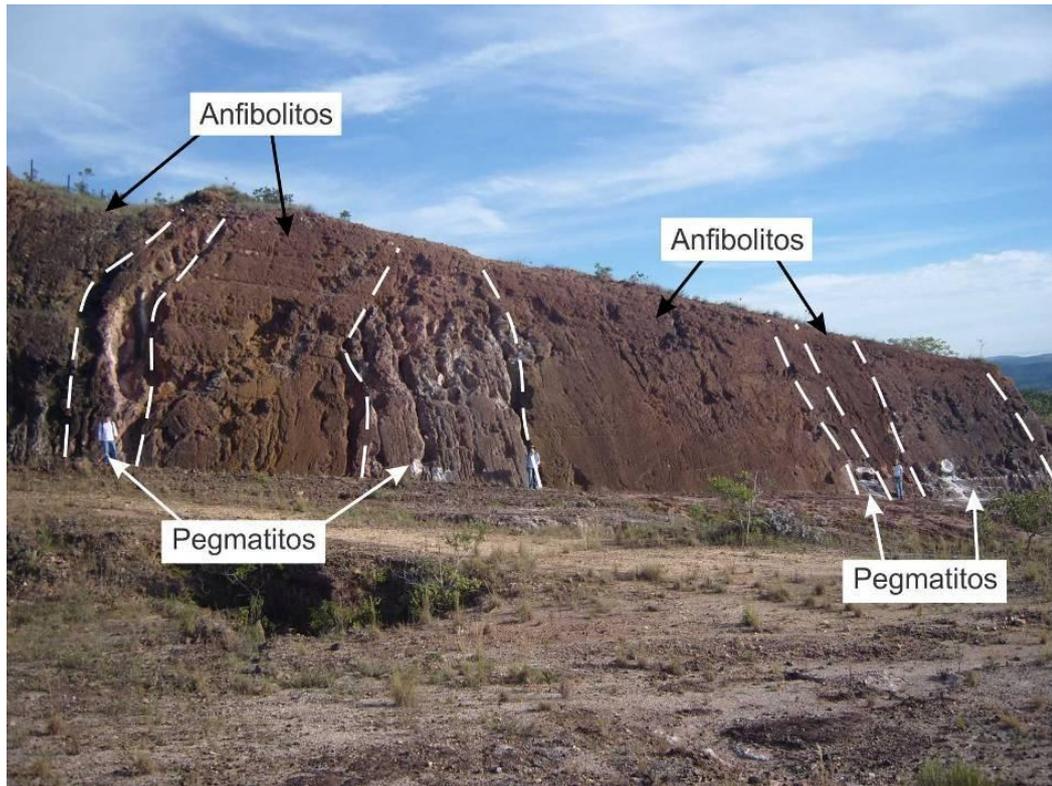
A terceira geração de pegmatitos é intrusiva na grande maioria dos litótipos estudados (com exceção dos diques de norito e de diabásio), inclusive truncando a foliação presente nestes (Figuras 123, 124 e 125). Estes corpos possuem espessuras que variam de cerca de 20 cm até 3,0 m, são constituídos predominantemente por quartzo, plagioclásio e microclina, tendo como minerais acessórios magnetita, ilmenita, granada, monazita, rutilo, zircão, xenotímio, moscovita, biotita, titanita, espinélio, columbita-tantalita, epidoto, pirita limonitizada e apatita. Admite-se que a terceira geração estaria correlacionada ao granitóide Ritópolis,



**Figura 123:** Pegmatito, com núcleo quartzoso da terceira geração truncando a foliação impressa no ortognaisse tonalítico Bandeira. Ponto ST-217.



**Figura 124:** Detalhe do pegmatito da terceira geração com textura gráfica truncando a foliação impressa no ortognaisse tonalítico Bandeira. Ponto ST-197.



**Figura 125:** Pegmatitos da terceira geração cortando o anfibolito do *greenstone belt*. Ponto ST-07.

### 8.9 – DIQUE NORÍTICO

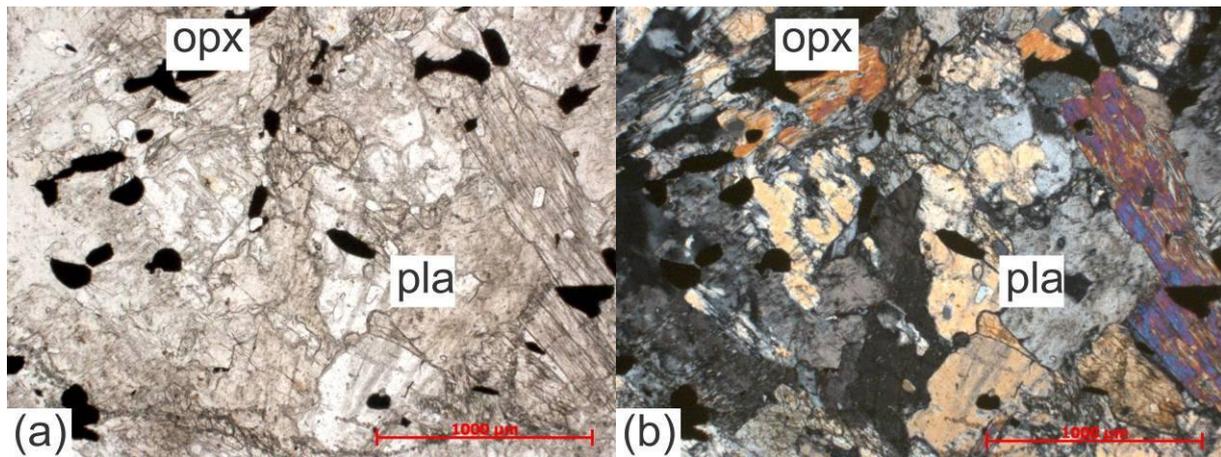
O dique de norito limita-se ao ponto ST-70, onde é observado em vários blocos *in situ* (Figura 126) e em dois afloramentos, com direção 170°-350° encaixados no ortognaisse tonalítico Serra. Este dique possui orientação de fluxo magmático marcada pela direção de maior alongamento dos cristais de ortopiroxênio (Figura 127), seu índice de cor (IC) varia entre 50 e 60 e é composto por plagioclásio e ortopiroxênio (Figura 128).



Figura 126: Bloco *in situ* de norito na encosta do morro. Ponto ST-70.



Figura 127: Bloco *in situ* do norito com cristais de ortopiroxênio orientados conforme a direção de fluxo magmático. Ponto ST-70.



**Figura 128:** Lâmina do norito do ponto ST-70, mostrando plagioclásio (pla) e ortopiroxênio (opx). (a) Nicóis paralelos. (b) Nicóis cruzados.

### 8.10 – DIQUES MÁFICOS

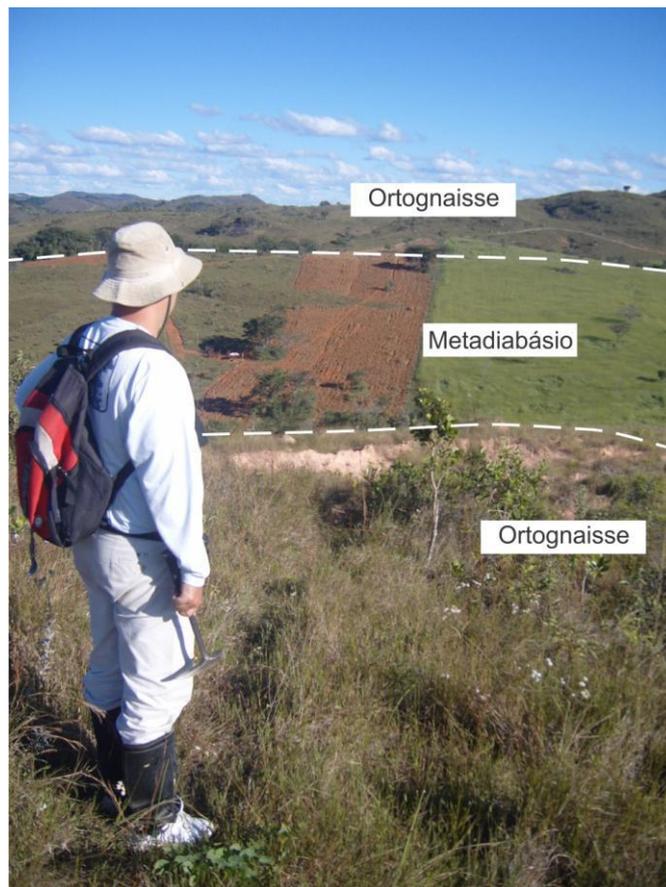
Nesta unidade foram englobados diques de diabásio e de metadiabásio que cortam as demais rochas estudadas. Os diques de diabásio apresentam diferentes *strikes* ( $070^{\circ}$ - $250^{\circ}$  e  $030^{\circ}$ - $210^{\circ}$ ), espessuras de cerca de 1 m e são intrusivos na sequência *greenstone belt*, no ortognaisse granítico São Tiago, na sequência metassedimentar (quartzitos) e no ortognaisse tonalítico Bandeira, enquanto o dique de metadiabásio possui *strike*  $110^{\circ}$ - $290^{\circ}$ , espessura de vários metros e corta o ortognaisse granítico São Tiago (**Anexo I – Mapa geológico**). Ocorrem como blocos *in situ* ou como saprólitos e solos avermelhados na encostas de morros, drenagens, leitos e cortes de estradas (**Figuras 129, 130 e 131**).



**Figura 129:** Bloco de diabásio onde se destaca a presença de uma camada envoltória de coloração amarelada, representativa da alteração intempérica. Ponto ST-144.



**Figura 130:** “Mar de blocos” de diabásio na encosta do morro. Ponto ST-145.



**Figura 131:** Variação da cor do solo, devido ao dique de metadiabásio (solo com coloração marrom) que corta o ortognaisse granítico São Tiago (solo com coloração esbranquiçada). Ponto ST-280.

## 9 – GEOLOGIA ESTRUTURAL

Nas rochas que compõem a sequência *greenstone belt* estudada foi caracterizada a presença de pelo menos uma fase de deformação, que dá origem a uma foliação aproximadamente NNE-SSW desta faixa (Figura 132). Mas a falta de afloramentos e o estado de alteração intempérica das rochas da sequência *greenstone* dificultaram a visualização de outras fases de deformação, que precederiam a mesma.

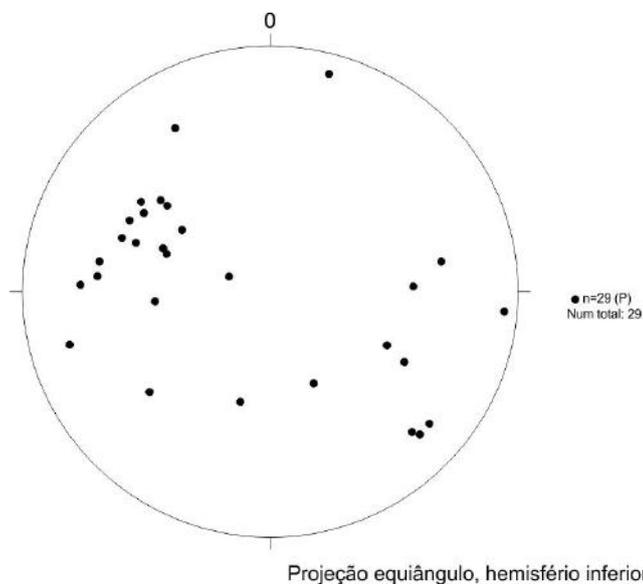


Figura 132: Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos nas rochas da sequência *greenstone belt*.

No ortognaisse granítico São Tiago foram encontradas estruturas indicativas de pelo menos três fases deformacionais representadas por: I) foliação e bandamento gnáissico ( $D_1$ ) (Figura 133); II) Dobras apertadas a isoclinais ( $D_2$ ) (Figura 134) subparalelas a  $D_1$ ; III) Dobras abertas ( $D_3$ ) (Figura 135), que deformam suavemente as fases anteriores.

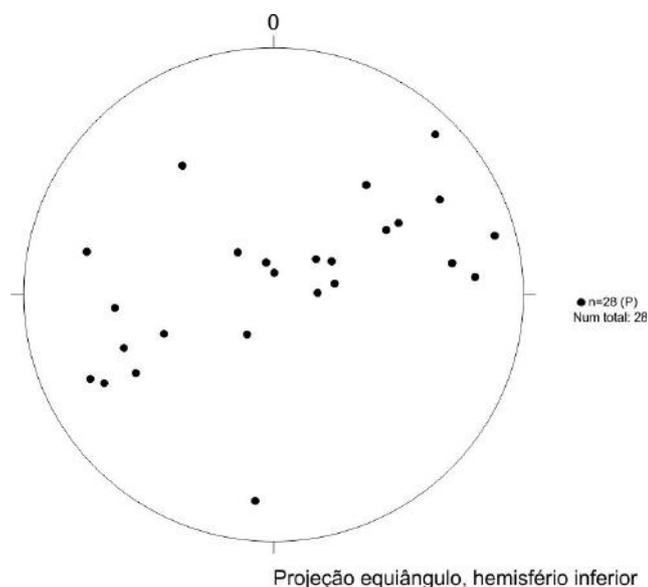
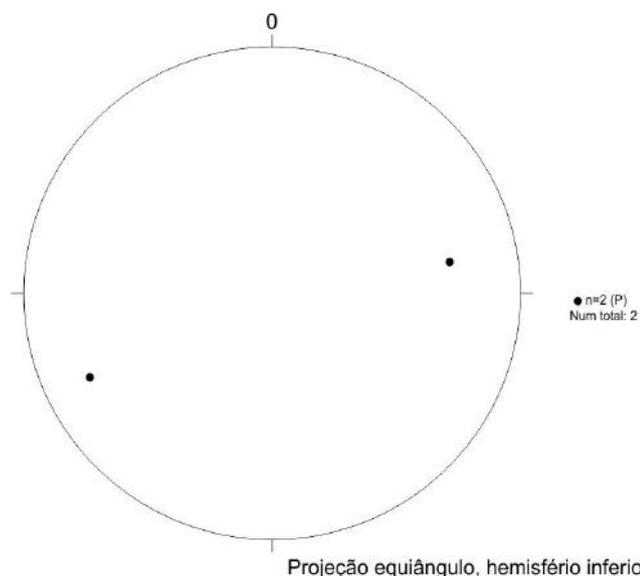
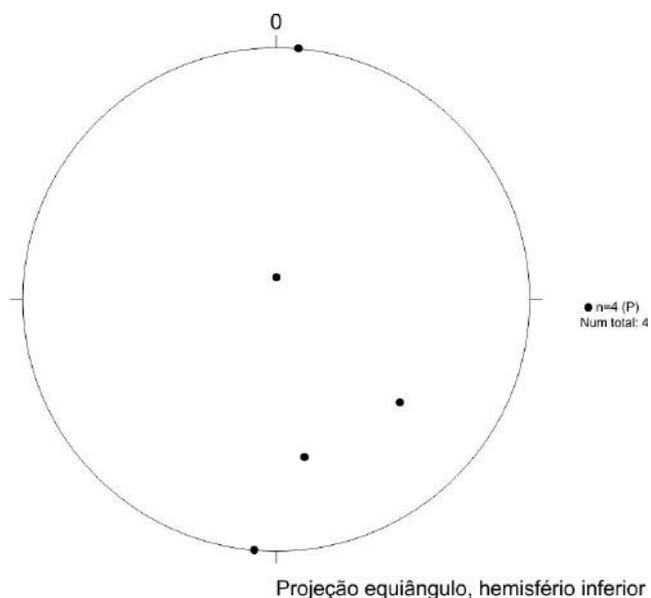


Figura 133: Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação  $D_1$  obtidos no ortognaisse granítico São Tiago.



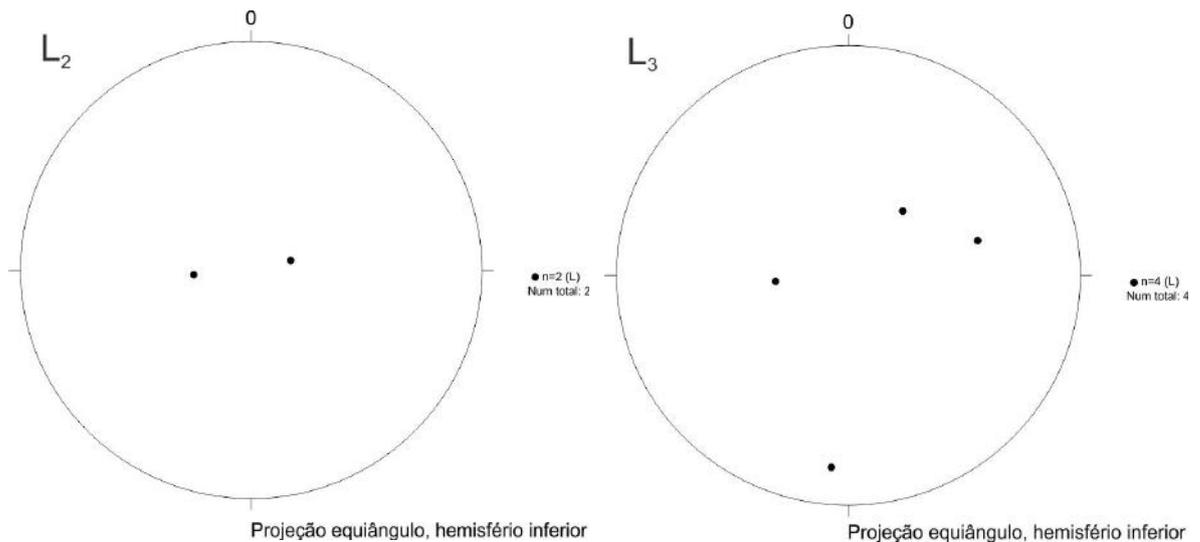
**Figura 134:** Estereograma mostrando os pólos dos planos axiais das dobras  $D_2$  obtidos no ortognaisse granítico São Tiago.



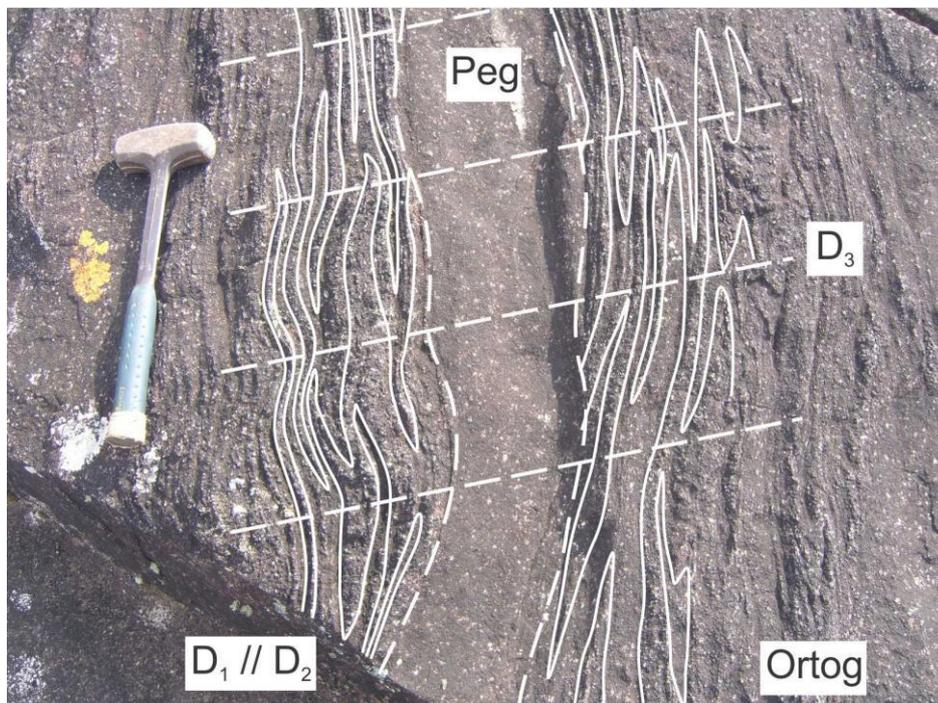
**Figura 135:** Estereograma mostrando os pólos dos planos axiais das dobras  $D_3$  obtidos no ortognaisse granítico São Tiago.

Localmente foi possível a medição de lineações de eixo de dobras  $L_2$  e  $L_3$  no ortognaisse granítico São Tiago (Figura 136), onde  $L_2$  orienta-se para E-W ( $77^\circ$  e  $265^\circ$ ) com mergulhos de  $62^\circ$  e  $70^\circ$ , enquanto  $L_3$  possui orientação predominante ENE-WSW (entre  $40^\circ$ - $75^\circ$  e  $265^\circ$ ) mergulhando entre  $30^\circ$  e  $55^\circ$ .

A deformação  $D_2$  impressa no ortognaisse granítico São Tiago, muitas vezes é subparalela à foliação  $D_1$ , dando origem a dobras apertadas com planos axiais paralelos a foliação principal da rocha (Figura 137), porém, em algumas porções do corpo, a deformação  $D_2$  pode apresentar alto ângulo (de até  $80^\circ$ ) com a deformação  $D_1$  (Figura 138).



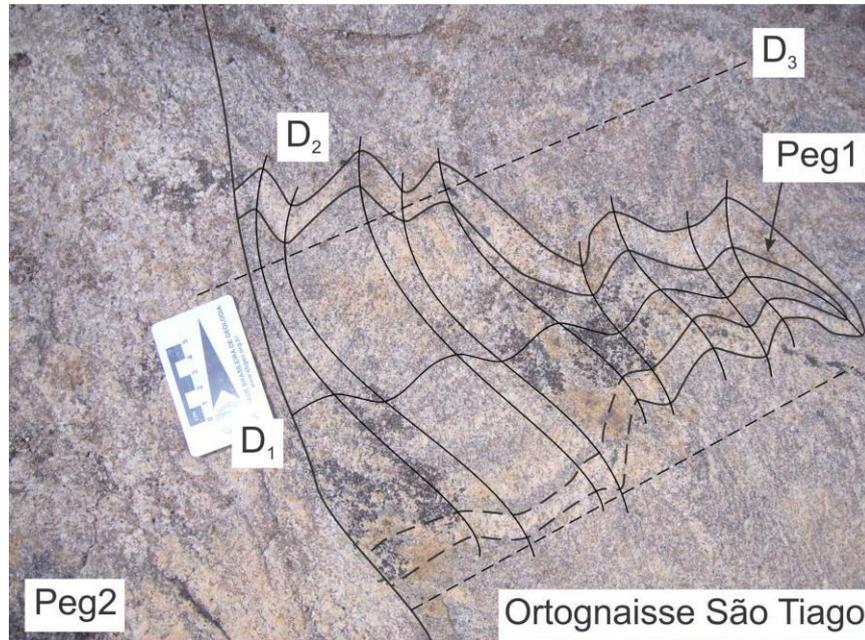
**Figura 136:** Estereogramas mostrando as lineações  $L_2$  e  $L_3$  obtidas no ortognaisse granítico São Tiago.



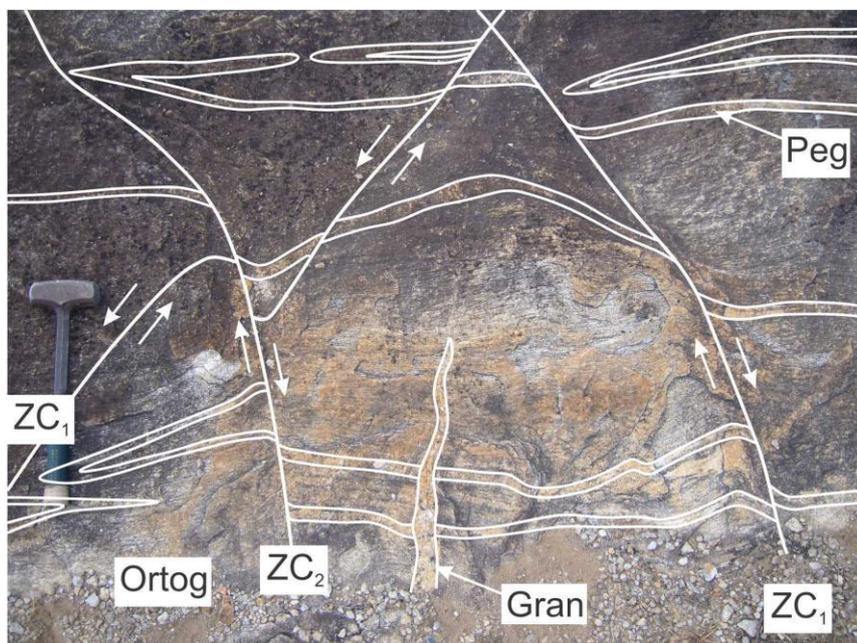
**Figura 137:** Ortognaisse granítico São Tiago (Ortog) mostrando a deformação  $D_2$  paralela a  $D_1$ . Ambas são dobradas pela deformação  $D_3$ . Destaca-se um pegmatito (Peg) que trunca a foliação  $D_1$  do ortognaisse e está deformado por  $D_3$ . Ponto ST-327.

Ocorrem ainda zonas de cisalhamento, que cortam o ortognaisse granítico São Tiago, podendo as mesmas serem dextrais ou sinistras, onde foram definidas 3 direções principais: E-W, NW-SE, e NNE-SSW. No ponto ST-327 (Figura 139) é possível observar uma estrutura formada por um par conjugado de zonas de cisalhamento ( $ZC_1$ ) com movimentos que mostram uma tensão dominante na direção NE-SW, que deformam a foliação e os veios pegmatíticos presentes entre as zonas de cisalhamento, evidenciando um comportamento

dúctil do corpo durante essa fase de deformação. No meio dessa estrutura, observa-se um aplito de composição granítica que ocorre no que foi interpretado como uma área de menor tensão durante a deformação. Posteriormente, uma das zonas de cisalhamento ( $ZC_1$ ) foi truncada por outra zona de cisalhamento ( $ZC_2$ ) de movimentação dextral.



**Figura 138:** Veio pegmatítico (Peg1), que corta o ortognaisse granítico São Tiago, dobrado segundo a deformação  $D_1$ , e redobrado pelas deformações  $D_2$  e  $D_3$ . Destacando-se um pegmatito (Peg2) que corta o veio pegmatítico (Peg1). Ponto ST-59.



**Figura 139:** Estrutura de deformação no ortognaisse granítico São Tiago (Ortog), que é cortado por diversos veios pegmatíticos (Peg), e por um par conjugado de zonas de cisalhamento ( $ZC_1$ ). Destaca-se a presença de uma zona de cisalhamento ( $ZC_2$ ) posterior e de um aplito de composição granítica (Gran) que ocorre, por meio de segregação, no meio da estrutura de deformação, em uma possível zona de baixa tensão. Ponto ST-327.

No ortognaisse tonalítico Bandeira a foliação têm direção principal NE-SW (Figura 140), enquanto no ortognaisse tonalítico Serra, têm direção NW-SE (Figura 141). Não foram feitas medidas de foliação no ortognaisse trondhjemítico Canoas, pois a falta de afloramentos e o elevado estado de alteração intempérica, bem como a falta de minerais marcadores de foliação impediram uma análise mais acurada dos esforços tectônicos atuantes neste corpo.

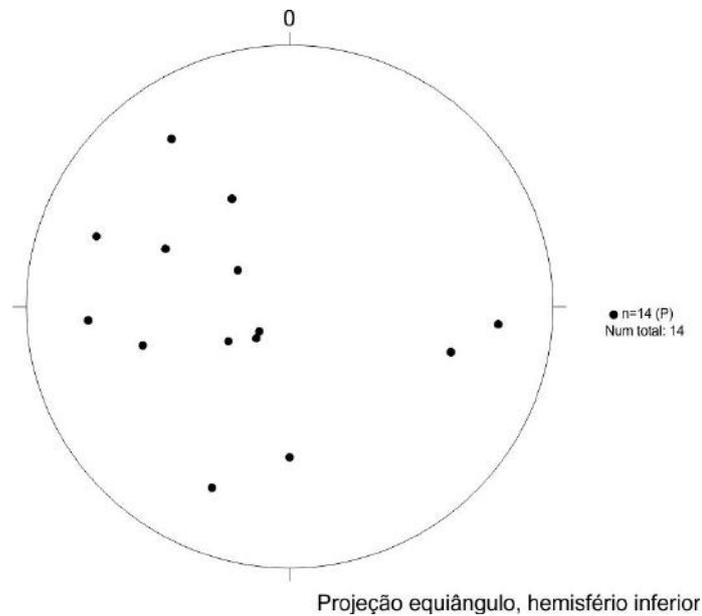


Figura 140: Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos no ortognaisse tonalítico Bandeira.

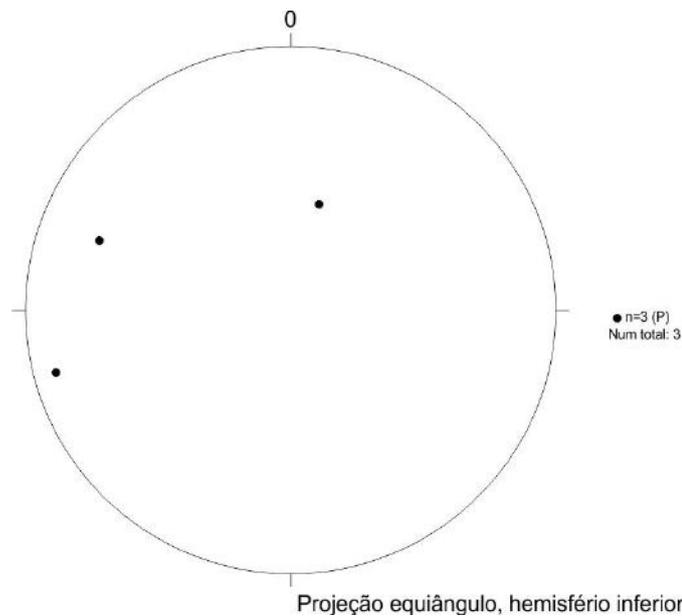


Figura 141: Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos no ortognaisse tonalítico Serra.

O gnaisse biotítico apresenta foliação anastomosada com direção predominante N-S (Figura 142), lineação de estiramento marcada pelo alongamento dos cristais de quartzo (Figura 106), bem como porfiroclastos de feldspato rotacionados, mostrando uma movimentação dextral (Figura 107).

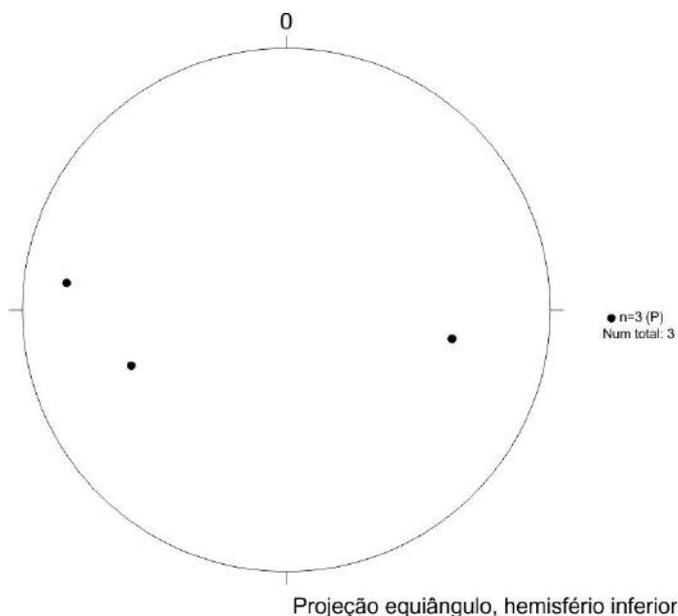


Figura 142: Estereograma mostrando os pólos dos planos de foliação obtidos no gnaisse biotítico.

Em campo, o granitóide Ritápolis não apresenta nenhuma estrutura de deformação visível, assim como os diques de diabásio e norito. Porém, os pegmatitos da terceira geração, interpretados como associados ao granitóide Ritápolis, se encontram dobrados de acordo com a deformação  $D_3$  (Figura 137), presente no ortognaisse granítico São Tiago, evidenciando, então, a presença de uma fase de deformação ( $D_3$ ) posterior a intrusão do granitóide Ritápolis.

O contato entre o ortognaisse granítico São Tiago e as rochas do *greenstone belt* (Anexo I – Mapa geológico) foi interpretado como associados a falhas, onde o bloco leste encontra-se rebaixado em relação ao bloco oeste. A presença dessa falha foi aferida devido à ausência de contato, em campo, entre as duas unidades, bem como a ausência de xenólitos da sequência *greenstone belt* no ortognaisse granítico São Tiago.

## 10 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

As relações de campo entre as rochas das diferentes unidades mapeadas na região, a presença (ou ausência) de eventos deformacionais em rochas de certas unidades, bem como as datações presentes na literatura permitiram a elaboração de uma sequência cronológica para a área estudada que é representada por (Anexo I – Mapa geológico; Anexo III – Seções geológicas):

- 1 – Sequência *greenstone belt*: representada por rochas metaultramáficas, metamáficas, metafélicas e metassedimentares, bem como por gnaisses e epidiositos;
- 2 – Ortognaisse granítico São Tiago e pegmatitos: representado por um grande corpo gnáissico com diversos litótipos associados, bem como pegmatitos, cujas idades de cristalização correspondem a  $2.701 \pm 38$  Ma (leucossoma) e  $2.667 \pm 43$  Ma (mesossoma) (Toledo *et al.*, 2010);
- 3 – Sequência metassedimentar: representada por FFBs, gonditos e quartzitos, que devido à idade máxima de deposição de cerca de 2,4 Ga dos FFBs (Teixeira *et al.*, 2011) foi correlacionada ao supergrupo Minas;
- 4 – Ortognaises tonalíticos Bandeira e Serra e ortognaisse trondhjemítico Canoas (com pegmatitos associados): corpos compostos por feldspato e quartzo, onde a biotita pode alcançar até cerca de 15% nos gnaisses tonalíticos e <10% no gnaisse trondhjemítico;
- 5 – Gnaisse biotítico composto por feldspato e quartzo, onde a biotita alcança até cerca de 30%;
- 6 – Granitóides e pegmatitos correlacionados ao granitóide Ritápolis: rochas compostas por feldspato, quartzo e rara biotita, que apresentam foliação de fluxo magmático, bem como localizadamente foliação metamórfica;
- 7 – Diques noríticos;
- 8 – Diques máficos: sob essa designação foram reunidos pelo menos sete corpos intrusivos tabulares distintos (metadiabásio e diabásio).

A sequência *greenstone belt* provavelmente corresponde à unidade mais velha da região, pois é encontrada como xenólitos no ortognaisse tonalítico Bandeira e no granitóide Ritápolis. Embora não tenham sido reconhecidas relações de campo desta unidade com o ortognaisse granítico São Tiago, admite-se que a mesma seria mais antiga que o referido ortognaisse, tendo em vista que a sequência *greenstone belt* foi correlacionada ao *greenstone belt* Rio das Velhas, que possui idade de formação da sua fácies félsica variando entre  $2.792 \pm 11$  Ma e  $2.751 \pm 9$  Ma (Noce *et al.*, 2005). Está correlação se baseia no fato de que a sequência *greenstone belt* estudada é sobreposta pela FFB, que apresentou idade máxima de deposição

de 2,4 Ga (Teixeira *et al.*, 2011) e que foi correlacionada ao Supergrupo Minas. Neste contexto, o *greenstone belt* Rio das Velhas a única faixa com idade superior a 2,4 Ga que ocorre próximo à área estudada.

As rochas metassedimentares apresentam idade máxima de deposição de 2,4 Ga sendo desta maneira correlacionadas ao Supergrupo Minas (Teixeira *et al.*, 2011) e são cortadas por diversos corpos pegmatíticos, que foram interpretados como fazendo parte da segunda geração de pegmatitos, correlacionados ao ortognaisse tonalítico Bandeira.

Os ortognaisses tonalíticos Bandeira e Serra, e o ortognaisse trondhjemítico Canoas são intrusivos nas rochas da sequência *greenstone belt*, pois os mesmos apresentam xenólitos de anfibólitos e, no caso do ortognaisse tonalítico Bandeira, contatos irregulares de caráter intrusivo com estes. Além disso, os pegmatitos correlacionados ao ortognaisse tonalítico Bandeira cortam a sequência metassedimentar, que possui idade de 2,4 Ga.

Em relação ao gnaisse biotítico não foi possível de se estabelecer, a partir dos dados de campo, a sua relação temporal com as rochas que ocorrem ao seu redor, sendo arbitrada uma idade próxima à dos ortognaisses tonalíticos Bandeira e Serra e trondhjemítico Canoas, pois este corpo apresenta deformação similar a aquela dos ortognaisses e não apresenta a estrutura migmatítica encontrada no ortognaisse granítico São Tiago.

Quanto ao granitóide Ritápolis, caracterizou-se a presença de diversas apófises elípticas deste corpo com xenólitos de gnaisse (Figura 117) e de gondito (Figura 115). Caracterizou-se, ainda, a presença de uma geração de pegmatitos associada ao granitóide Ritápolis, onde estes encontram-se levemente dobrados pela deformação D<sub>3</sub> presente no ortognaisse granítico São Tiago (Figura 137), evidenciando que existe uma fase de deformação pós-intrusão do granitóide Ritápolis. Desta forma o granitóide Ritápolis é mais novo que as rochas da sequência *greenstone belt*, do ortognaisse granítico São Tiago, dos ortognaisses tonalíticos Bandeira e Serra, do ortognaisse trondhjemítico Canoas e do gnaisse biotítico, sendo somente mais velho que os diques de diabásio-metadiabásio. Cabe destacar que Souza (2009) descreveu um xenólito do chamado “gnaisse São Tiago” no granitóide Ritápolis. Porém neste estudo foi caracterizado que o xenólito estudado por Souza (2009) corresponderia, na verdade, ao ortognaisse trondhjemítico Canoas.

O dique de norito é intrusivo no ortognaisse tonalítico Serra, porém não é encontrado cortando nenhuma outra unidade. Segundo Pinese *et al.* (1997), os diques máficos de composição básica-norítica que ocorrem na região de Lavras – Bom Sucesso (a leste da área estudada) possuem idade modelo Sm-Nd igual a  $2.658 \pm 44$  Ma. Se o norito aflorante na região estudada fizer parte do mesmo enxame de diques, o ortognaisse tonalítico Serra teria que ser necessariamente mais velho que o dique, sendo portanto correlacionado ao arqueano e

possivelmente correlato ao ortognaisse granítico São Tiago. Porém, um estudo mais detalhado a cerca do ortognaisse tonalítico Serra e do dique de norito é necessário, a fim de estabelecer mais precisamente seu posicionamento temporal em relação às rochas circundantes.

Os diques de diabásio são interpretados como sendo a unidade mais nova dentre as mapeadas, pois não apresentam feições de deformação e são intrusivas na sequência *greenstone belt*, no ortognaisse granítico São Tiago, nas rochas metassedimentares e no ortognaisse tonalítico Bandeira. Porém existem duas possibilidades para o dique de metadiabásio, que possui direção 110°-290° e que só foi encontrado cortando o ortognaisse granítico São Tiago (**Anexo I – Mapa geológico**):

- 1) este seria mais antigo que o cisalhamento que ocorre na região de contato entre o ortognaisse granítico São Tiago e o *greenstone belt* Rio das Velhas, sendo então truncado pelo contato tectônico, não aflorando na sequência *greenstone*;
- 2) este seria mais novo que o cisalhamento, cortando então o contato entre ambas as unidades.

Pela falta de indícios que corroborassem com a primeira hipótese, optou na presente monografia pela opção de continuidade física do dique, sendo o mesmo mais novo que o ortognaisse granítico São Tiago e que o *greenstone belt* Rio das Velhas.

Com base nos aspectos de campo e petrográficos do ortognaisse granítico São Tiago foi possível a separação do mesmo em quatro litótipos diferentes:

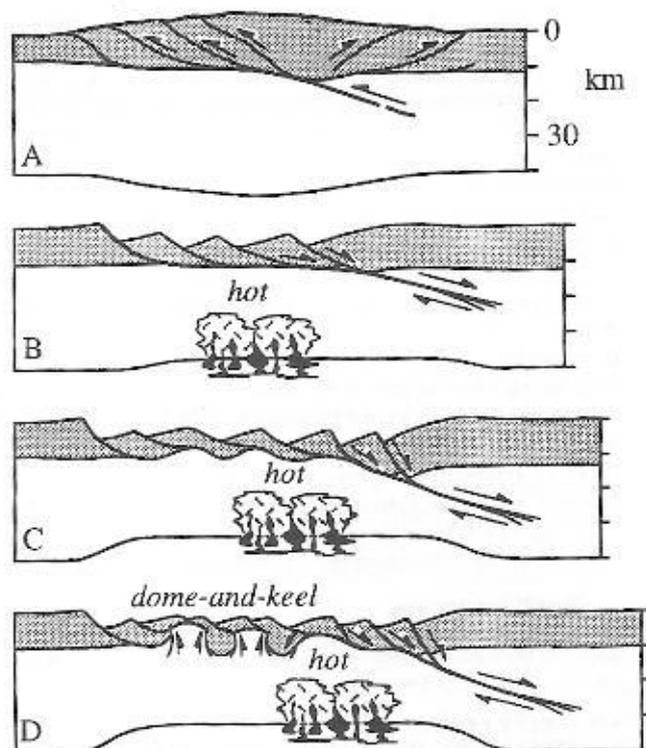
- i) Litótipo 1: ortognaisse fino a médio, esbranquiçado, foliado, variando de hololeucocrático a leucocrático, bandado (níveis félsicos e máficos) e de composição monzogranítica a granodiorítica, e mais raramente quartzo monzonítica;
- ii) Litótipo 2: ortognaisse fino a médio, acinzentado, foliado, leucocrático a mesocrático, anastomosado, de composição tonalítica e com maior proporção de biotita;
- iii) Litótipo 3: pegmatito grosso, homogêneo, hololeucocrático e composto por feldspato, quartzo e rara moscovita;
- iv) Litótipo 4: granitóide médio, homogêneo, hololeucocrático e de composição monzogranítica, localmente sienogranítica e quartzo monzonítica.

As rochas dos diferentes litótipos apresentam praticamente a mesma assembléia mineralógica, que consiste em quartzo, plagioclásio (oligoclásio), microclina (que pode estar ausente ou ser rara no litótipo 2), biotita<sub>1</sub>, apatita, zircão, allanita, minerais opacos, epidoto<sub>1</sub> e rutilo (exceto no litótipo 4). Somente em uma lâmina do litótipo 1, foi observada a presença de hornblenda (**Figura 47**). As relações entre os minerais observados indicaram uma ordem de cristalização magmática dada por zircão, allanita, apatita, epidoto<sub>1</sub>, rutilo, minerais opacos, biotita<sub>1</sub>, plagioclásio, microclina e quartzo.

Foram identificadas três paragêneses pós-magmáticas em todos os litótipos do ortogneisse granítico São Tiago. A primeira consiste na sericitização do plagioclásio com sobrecrecimento de sericita, moscovita, biotita<sub>2</sub>, epidoto<sub>2</sub> e calcita. A segunda paragênese refere-se à alteração metamórfica de biotita<sub>1</sub> para biotita<sub>2</sub> (Figura 60). Por fim, a terceira paragênese consiste na alteração de biotita<sub>1</sub> e de biotita<sub>2</sub> em clorita, titanita e epidoto<sub>2</sub>, bem como a alteração de minerais opacos para titanita.

Em todos os litótipos do ortogneisse granítico São Tiago foram identificadas feições de deformação como, por exemplo, pertitas em chama (*flame*) em microclina (Figuras 55 e 80), além de plagioclásio deformado, mostrando bandas de deformação e deslocamento em sua geminação polissintética (Figuras 78 e 79). Foram observadas também fraturas em cristais de microclina, as quais foram preenchidas por quartzo e calcita (Figura 86), e agregados monominerálicos de quartzo recristalizado (Figura 66). Por vezes o quartzo se apresentava em grãos de maior tamanho em lâminas onde o plagioclásio se encontrava deformado (Figura 50), essa feição foi interpretada como uma recristalização dos agregados de quartzo, com a consequente formação de um único cristal com contatos poligonizados, já que a temperatura e pressão necessárias para deformar o plagioclásio são superiores as necessárias para deformar o quartzo.

Baseado nas idades obtidas por Toledo *et al.* (2010), o ortogneisse granítico São Tiago, foi correlacionado ao Arqueano, com uma idade entre 2,6 e 2,7 Ga. Por existir na área somente a sequência *greenstone* como mais velha que o ortogneisse granítico São Tiago, admite-se que este seria intrusivo nas rochas dessa sequência. Porém não foi observada nenhuma feição conclusiva em relação a esta proposta. Além disso, o ortogneisse granítico São Tiago é interpretado como tendo sofrido um processo de exumação (Toledo *et al.*, 2010), onde ascenderia por meio de zonas de cisalhamento de alto ângulo, de acordo com o modelo de domos-e-quilhas de Marshak *et al.* (1992 e 1997) (Figura 143). Tal processo teria sido desencadeado por um alívio de carga ocasionado por um colapso orogênico, bem como pela diferença de densidade gerada pelo aquecimento das rochas da base da crosta, num ambiente extensional. A ascensão de um desses domos, correlacionado ao ortogneisse granítico São Tiago, teria ocasionado a fusão parcial em suas bordas, por alívio de pressão, dando origem a um magma granítico que intrudira nas próprias rochas do ortogneisse granítico São Tiago, ocasionando a estrutura migmatítica que ocorre próximo ao contato com a sequência *greenstone belt* (Figura 39). A idade de 2.050±12 Ma obtida por Silva *et al.* (2002) poderia estar relacionada a esse processo e ao magma granítico, resultante do processo de exumação do domo.

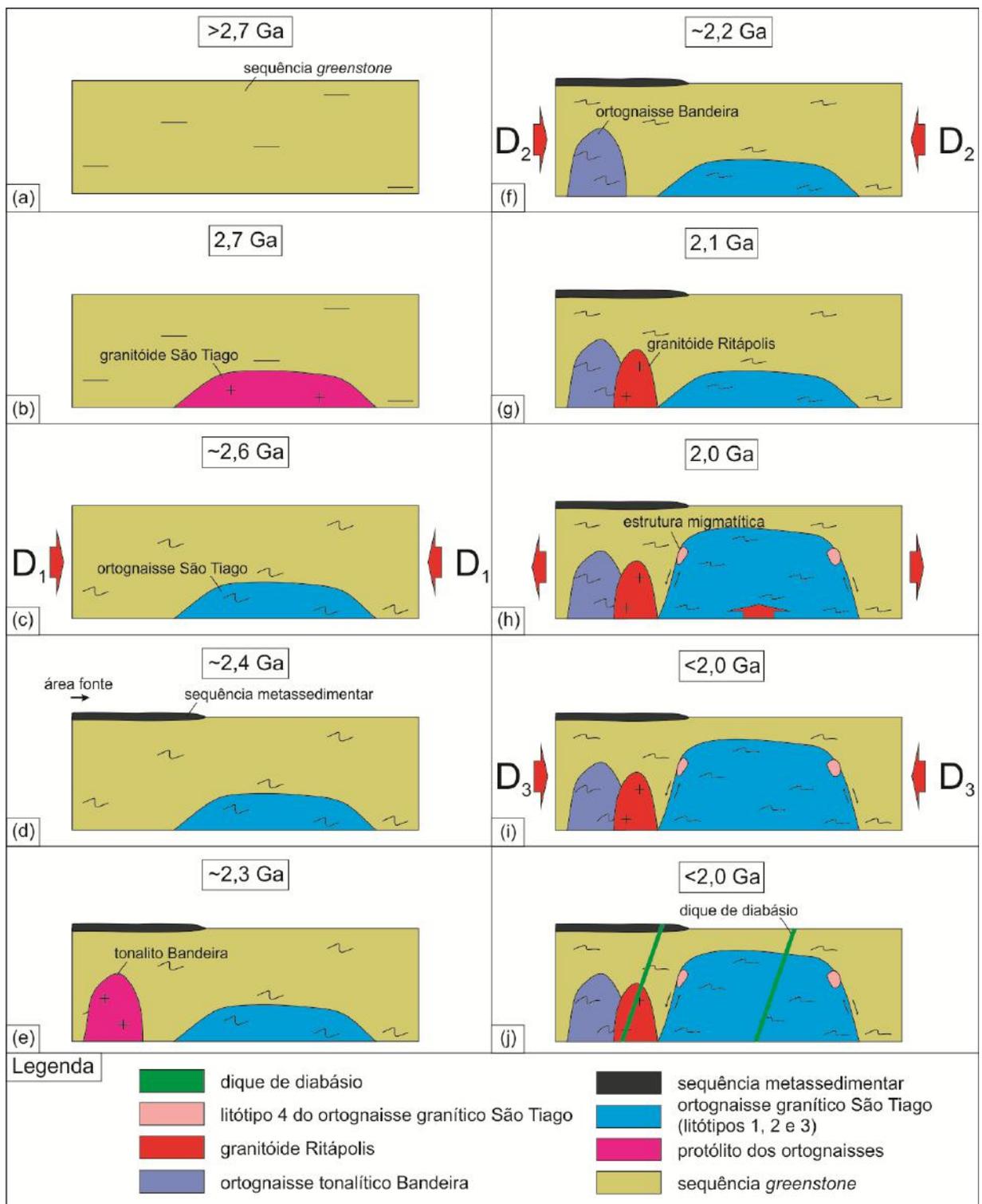


**Figura 143:** Modelo de Marshak *et al.* (1997) para o desenvolvimento de províncias paleoproterozoicas do tipo domos-e-quilhas (*dome-and-keel*). A porção superior (cinza) representa as seqüências supracrustais, enquanto a porção inferior (branca) representa o embasamento. A escala é aproximada. A – Orógeno contracional pré-existente; B – Extensão inicial; C – Formação inicial do domo; D – Estágio tardio de formação do domo.

A partir da interpretação destes dados, foi possível a elaboração de um modelo esquemático para a evolução geológica das rochas da área estudada (Figura 144). Primeiramente já existiam as rochas da seqüência *greenstone*, correlacionadas aqui ao *greenstone belt* Rio das Velhas (Figura 144 a), que foram intrudidas por um granitóide que corresponde ao protólito do ortognaisse granítico São Tiago a cerca de 2,7 Ga (Figura 144 b). Após a intrusão desse corpo, ocorreu uma primeira deformação (D<sub>1</sub>) que afetou a seqüência *greenstone belt* Rio das Velhas e esse granitóide, gerando um ortognaisse (Figura 144 c), a aproximadamente 2,6 Ga. Os sedimentos que deram origem à seqüência metassedimentar foram então depositados (Figura 144 d) por volta de 2,4 Ga e, posteriormente, ocorreu a intrusão dos protólitos do demais corpos plutônicos foliados que ocorrem na região estudada (ortognaises Bandeira, Serra e Canoas) a cerca de 2,3 Ga (Figura 144 e). Processou-se, então, a segunda fase de deformação (D<sub>2</sub>) que dá origem a foliação gnáissica vista nestes corpos (Figura 144 f). Em seguida o granitóide Ritápolis intrude as rochas gnaissificadas, bem como a seqüência *greenstone* a cerca de 2,1 Ga (Figura 144 g), ocorrendo então a exumação do domo composto pelo ortognaisse granítico São Tiago (Figura 144 h). Por volta de 2,0 Ga a descompressão gerada pelo soerguimento do corpo causa a fusão parcial em suas bordas,

dando origem a uma fase granítica (litótipo 4) que intrude os litótipos 1, 2 e 3 do ortogneise granítico São Tiago, originando a estrutura migmatítica encontrada na borda do mesmo. Após essa exumação, as rochas estudadas foram submetidas a uma deformação ( $D_3$ ), que as dobrou levemente (Figura 144 i). Por fim, todo o conjunto foi cortado por diques de diabásio, que não apresentam evidências de nenhuma fase de deformação (Figura 144 j).

O dique de norito não consta do modelo proposto, pois seu posicionamento temporal é incerto em relação às litologias circundantes. De forma semelhante, os pegmatitos não foram inseridos no modelo a fim de facilitar a visualização do mesmo, pois existem pelo menos três gerações destes.



**Figura 144:** Modelo esquemático da evolução geológica da área estudada. O ortogneisse tonalítico Bandeira representa os outros corpos gnaissificados (ortogneisse Tonalítico Serra, ortogneisse trondhjemítico Canoas e gnaiss biotítico).

## 11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim F.F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. *In: V.M. Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B.B. Neves (eds). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* Beca, São Paulo, p.17-35.
- Almeida F.F.M. 1977. O cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**:349-364.
- Almeida F.F.M. 1981. O cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. *In: Simpósio sobre o cráton do São Francisco e suas faixas marginais, Salvador, Anais*, p.1-10.
- Almeida F.F.M., Hasuy H., Neves B.B.B., Fuck R.A. 1977. Províncias estruturais brasileiras. *In: SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste*, **8**, Campina Grande, p.363-391.
- Ávila C.A. 2000. *Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos Paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton São Francisco, região de São João Del Rei, Minas Gerais.* Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 401 p.
- Ávila C.A., Teixeira W., Pereira R.M. 2004. Geologia e petrografia do Quartzo Monzodiorito Glória, Cinturão Mineiro, porção sul do Cráton São Francisco, Minas Gerais. Rio de Janeiro. *Arquivos do Museu Nacional*, **62**:267-284.
- Ávila C.A., Teixeira W., Cordani U.G., Moura C.A.V., Pereira R.M. 2010. Rhyacian (2.23–2.20 Ga) 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.
- Bard J.B. 1985. *Microtexturas de rocas magmáticas y metamórficas.* Barcelona, Masson, 181 p.
- Brito Neves B.B., Alkmim F.F. 1993. Cráton: A evolução de um conceito. *In: Dominguez J.M.L., Misi A. (eds) O Cráton do São Francisco.* Salvador, SBG/SGM/CNPq, p.1-10.
- Campos M.T.R., Pinheiro V.A., Stohler R.C., Oliveira F.V.C.S.R.S. 2009. Comparação entre os minerais pesados de saprólitos do gnaiss São Tiago, do granitóide Ritópolis e de corpos pegmatíticos, região de São Tiago, estado de Minas Gerais. *In: XXXI Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultural – Rio de Janeiro.* Universidade Federal do Rio de Janeiro, *Livro de Resumos*, p. 479.
- Cherman A.F. 2004. Geologia, petrografia e geocronologia de ortognaisses paleoproterozoicos da borda meridional do cráton São Francisco, na Região entre

- Itumirim e Nazareno, Minas Gerais. Dissertação de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 259 p.
- Cobbing E.J., Pitcher W.S. 1972. The Coastal Batholith of Central Peru. *Journal of the Geological Society of London*, **128**:421-460.
- Cobbing E.J., Pitcher W.S., Taylor W.P. 1977. Segments and super-units in the Coastal Batholith of Peru. *Journal of Geology*, **85**:625-631.
- Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG). 2000. *Airbone Geophysical Survey Minas Gerais – Brazil*. 1.ed., Minas Gerais, Target Multimídia, 1 CD-ROM.
- Companhia Mineradora de Minas Gerais (COMIG). 2003. *Mapa geológico do estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, mapa geológico, escala 1:1.000.000.
- Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A. Campos D.A. 2000. In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A. Campos D.A. (eds) *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, 31<sup>st</sup> Int. Geol. Congr., p.101-137.
- Costa, L.B.F. 2010. *Mapeamento geológico e caracterização petrográfica da porção nordeste do granitóide Ritópolis na região de Resende Costa, estado de Minas Gerais*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 101 p.
- Dana J.D. (ed) 1969. *Manual de mineralogia; revisto por Cornelius S. Hurlbut, Jr., tradução de Rui Ribeiro Franco*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 642 p.
- Didier J., Barbarin B. 1991. The different types of enclaves in granites – Nomenclature. In: Didier J & Barbarin B. (eds.) *Enclaves and Granite Petrology*. Netherlands, Elsevier, p.19-23.
- Figueiredo M.C.H. 1989. Geochemical evolution of eastern Bahia, Brazil: A probably Early-Proterozoic subduction-related magmatic arc. *Journal of South American Earth Sciences*, **2**(2):131-145.
- Guimarães E.H.A. 2010. *Anfibolitos do greenstone belt Rio das Mortes e diques de metagabro-diabásio da região de Resende Costa, estado de Minas Gerais*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 100 p.
- Hall A. 1989. *Igneous Petrology*. Nova Iorque. John Wiley and Sons, 573p.
- Hartmann L.A., Endo I., Suita M.T.F. Santos J.O.S., Frantz J.C., Carneiro M.A., McNaughton N.J., Barley M.E. 2006. Provenance and age delimitation of Quadrilátero Ferrífero sandstones based on zircon U–Pb isotopes. *Journal of South America Earth Sciences*, **20**:273-285.

- Jordan T.H. 1978. Composition and development of the continental tectosphere. *Nature*, **274**:544-548.
- London D. 2008. *Pegmatites*. Québec, Mineralogical Association of Canada, 368 p.
- Marshak S., Alkmim F.F., Jordt-Evangelista H. 1992. Proterozoic crustal extension and the generation of dome-and-keel structure in an Archean granite-greenstone terrane. *Nature*, **357**:491-493.
- Marshak S., Tinkham D., Alkmim F.F., Brueckner H., Bornhorst T. 1997. Dome-and-keel provinces formed during Paleoproterozoic orogenic collapse – core complexes, diapirs, or neither?: Examples from the Quadrilátero Ferrífero and the Penokean orogen. *Geology*, **25**(5):415-418.
- Neves B.B.B., Alkmim F.F. 1993. Cráton: A evolução de um conceito. In: J.M.L. Dominguez, A. Misi (eds). *O Cráton do São Francisco*. SBG/SGM/CNPq, Salvador, p.1-10.
- Noce C.M., Teixeira W., Quéméneur J.J.G., Martins V.T.S., Bolzachini E. 2000. Isotopic signatures of Paleoproterozoic granitoids from the southern São Francisco Craton and implications for evolution of the Transamazonian Orogeny. *Journal of South American Earth Sciences*, **13**:225-239.
- Noce C.M., Zuccheti M., Baltazar O.F., Armstrong R., Dantas E., Renger F.E., Lobato L.M. 2005. Age of felsic volcanism and the role of ancient continental crust in the evolution of the Neoproterozoic Rio das Velhas Greenstone belt (Quadrilátero Ferrífero, Brazil): U-Pb zircon dating of volcanoclastic graywackes. *Precambrian Research*, **141**:67-82.
- 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*. Belo Horizonte, COMIG, mapa geológico, escala 1:50.000.
- Petri S., Coimbra A.M., Amaral G., Ponçano W.L. 1986. Guia de Nomenclatura Estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, **16**(4):376-415
- Pinese J.P.P., Teixeira W., Quéméneur J.J.G., Piccirillo E.M., Petrini R., Bellieni G. 1997. Geochemistry and isotope geology of the basic-noritic dykes in the southern part of the São Francisco cráton. In: South-American Symposium on Isotope Geology, Brasil, Anais, p.240-241.
- Pires F.R.M., Porto Jr. R. 1986. A mineralização de Sn-Ta-Nb-Li e o granito Santa Rita, São João del Rey, Minas Gerais. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia, Anais, V.5 p.2023-2034.
- Pitcher W.S. 1978 The anatomy of a batholith. *Journal of the Geological Society of London*, **135**:157-182.

- Pitcher W.S., Berger A.R. (eds) 1972. *The Geology of Donegal: a Study of Granite Emplacement and Unroofing*. Nova Iorque, Wiley-Interscience, 435 p.
- Quéméneur J., Baraud E.R. 1982. Geologia da área pegmatítica de São João del Rey, Minas Gerais, Brasil. *In: Quinto Congresso Latinoamericano de Geologia, Argentina, Actas, I:39-53.*
- Quéméneur J., Baraud E.R. 1983. Estrutura do embasamento arqueano e geologia econômica da área pegmatítica de São João del Rei – MG. *In: II Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte, Anais, p.449-460.*
- Quéméneur J., Garcia D. 1993. Os Maciços de Tabuões e Ritópolis na região de São João del Rei, granitóides transamazônicos com a associação granito trondhjemitó-pegmatito. *In: VII Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte, Anais, Bol. 12, p.105-107.*
- Silva L.C., Armstrong R., Noce C.M., Carneiro M.A., Pimentel M., Pedrosa-Soares A.C., Leite C.A., Vieira V.S., Silva M.A., Paes V.J.C., Cardoso Filho J.M. 2002. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte II: orógeno Araçuaí, cinturão Mineiro e cráton São Francisco Meridional. *Revista Brasileira de Geociências, 32(4):513-528.*
- Souza A.N. 2009. *Evolução petrográfica e geoquímica do granitóide Ritópolis, borda meridional do cráton São Francisco*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 118p.
- Streckeisen A. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth-Science Review, 12:1-33.*
- Teixeira W., Ávila C.A. 2007. Evolução geodinâmica do Cinturão Mineiro: revisão do conhecimento após duas décadas de estudos. *In: IX Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Diamantina, Anais, V.1 p.84.*
- Teixeira W., Cordani U.G., Nutman A.P., Sato K. 1998. Polyphase Archean evolution in the Campo Belo metamorphic complex, Southern São Francisco Craton, Brazil: SHRIMP U-Pb zircon evidence. *Journal of South American Earth Sciences, 11(3):279-289.*
- 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.*
- Teixeira W., Sabaté P., Barbosa J., Noce C.M., Carneiro M.A. 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco craton, Brazil. *In: U.G.*
- Toledo C.L.B. 2002. *Evolução geológica das rochas máficas e ultramáficas no Greenstone Belt Barbacena, região de Nazareno, MG*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 307 p.

- Toledo C.L.B., Silva A.M., Hackspacher P.C., Beghelli Jr. L.P. 2010. Novas evidências para a arquitetura de domos e quilhas na borda meridional do cráton São Francisco. *In: 45º Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, Anais*, p. 91.
- Ulbrich H.H.G.J., Vlach S.R.F., Janasi V.A. 2001. O mapeamento faciológico em rochas ígneas plutônicas. *Revista Brasileira de Geociências*, **31**(2):163-172.
- Vasques F.S.G. 2009. *Mapeamento geológico, petrografia, geoquímica das rochas anfíbolíticas do greenstone belt Rio das Mortes e estudo de diques metabasíticos e de gabro-diabásio, região de Cassiterita – Ritópolis, Estado de Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 109 p.
- 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 anfíbolíticas do *greenstone belt* Dores de Campos, Minas Gerais. *In: 45º Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, Anais*, p. 56.
- Vasques F.S.G., Ávila C.A., Teixeira W., Mendes J.C., Guimarães E.H.A. 2010b. Caracterização petrográfica, geoquímica e isotópica de anfíbolitos do *greenstone belt* Rio das Mortes, estado de Minas Gerais. *In: 45º Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, Anais*, p. 58.
- White A.J.R., Chappell B.W., Cleary J.R. 1974. Geologic setting and emplacement of some Australian Paleozoic batholiths and implication for intrusive mechanisms. *Pacific Geology*, **8**:71-159.
- Williams H., Turner F., Gilbert C.M. 1970. Petrografia. *In: Textura e classificação de rochas ígneas* (eds.) USP, p.13-38.

# Anexo I - Mapa Geológico



Universidade Federal do Rio de Janeiro  
 Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza  
 Instituto de Geociências  
 Departamento de Geologia  
 Autor: Rômulo de Campos Stohler  
 Orientadores: Ciro Alexandre Ávila  
 Everton Marques Bongioiolo



0546000

0548000

0550000

0552000

0554000

0556000

0558000

0560000

7692000

7690000

7688000

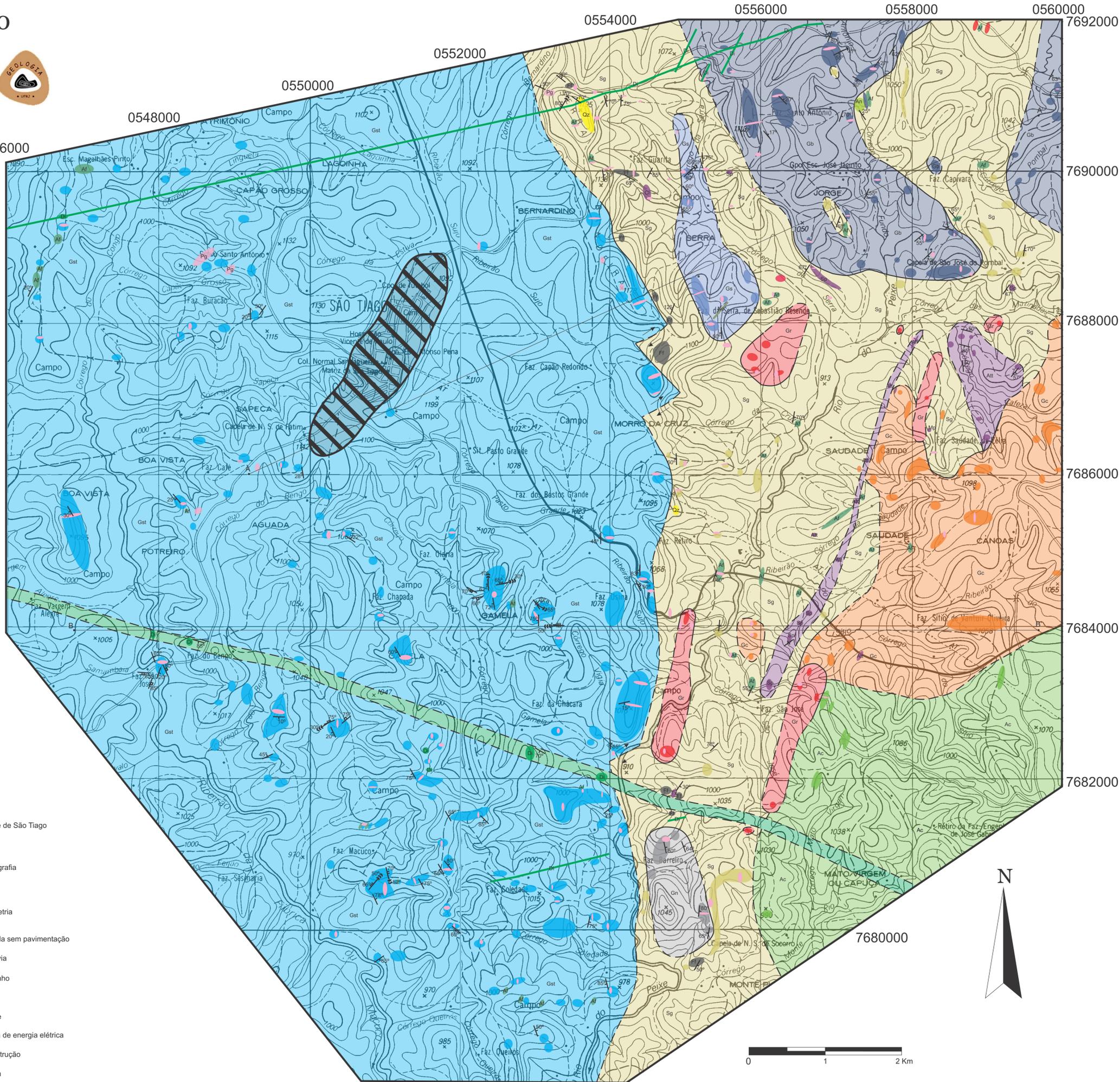
7686000

7684000

7682000

## Legenda Litoestratigráfica

- Diques de Diabásio-Metacliabásio**
- Dique de Norito**
- Pg Pegmatitos Indiferenciados
  - Corpos plutônicos félsicos sem foliação**
  - Gr Granitóide Ritápolis
  - Corpos plutônicos félsicos foliados**
  - Gn Gnaiss biotítico
  - Gc Ortognaisse trondhjemítico Canoas
  - Gb Ortognaisse tonalítico Bandeira
  - Gs Ortognaisse tonalítico Serra
  - Anfibolito Capuça**
  - Ac Anfibolito Capuça
  - Sequência metassedimentar**
  - Qz Quartzitos e quartzo xistos
  - FFBs e Gonditos
  - Ortognaisse granítico São Tiago**
  - Gst Ortognaisse granítico São Tiago
  - Sequência Greenstone Belt**
  - Sg Rochas metassedimentares, metafélsicas, metamáficas, metaultamáficas e gnaiss indiferenciados
  - Rochas metafélsicas**
  - An Metandesito
  - Rochas metamáficas**
  - Af Anfibolito
  - Rochas metaultamáficas**
  - Cloritito (Cl), talco xisto (Tx), serpentinito (Sp), metapiroxenito (mp) e anfibolitito (Att)



## Legenda Estrutural

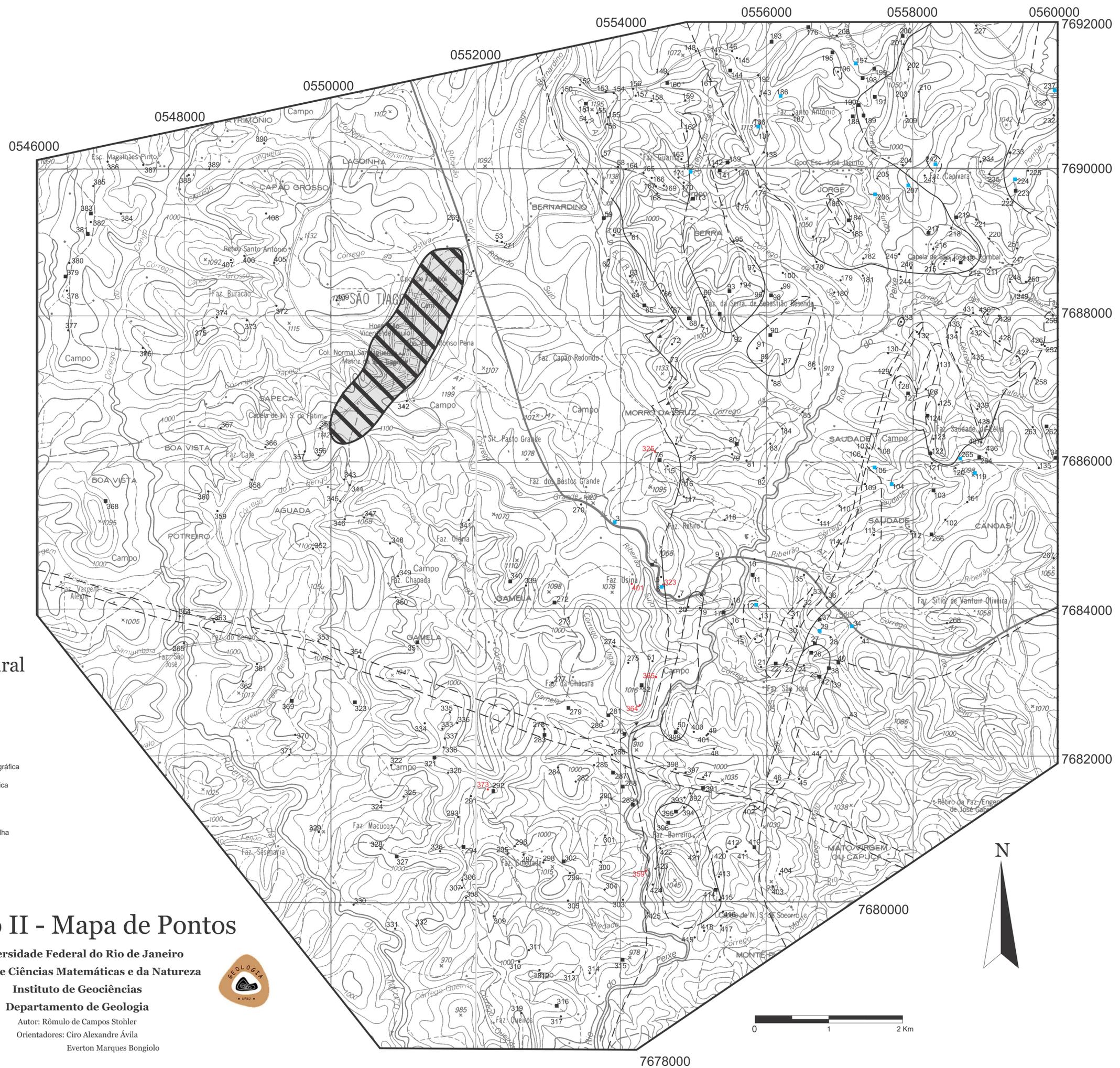
- Contato
- Contato Inferido
- Acamamento sedimentar
- Foliação metamórfica S<sub>1</sub>
- Foliação metamórfica S<sub>1</sub> com mergulho de 90°
- Eixo de dobras D<sub>1</sub>
- Foliação metamórfica S<sub>2</sub>
- Eixo de dobras D<sub>2</sub>
- Foliação metamórfica S<sub>3</sub>
- Foliação metamórfica S<sub>3</sub> com mergulho de 90°
- Eixo de dobras D<sub>3</sub>
- Zona de Cisalhamento
- Movimentação transcorrente em falha
- Seção geológica A-A' (Anexo III)

## Legenda

- Cidade de São Tiago
- Hidrografia
- Altimetria
- Estrada sem pavimentação
- Rodovia
- Caminho
- Trilha
- Ponte
- Linha de energia elétrica
- Construção
- Igreja
- Escola



7678000



### Legenda

-  Cidade de São Tiago
-  Hidrografia
-  Altimetria
-  Estrada sem pavimentação
-  Rodovia
-  Caminho
-  Trilha
-  Ponte
-  Linha de energia elétrica
-  Construção
-  Igreja
-  Escola

### Legenda Estrutural

-  Contato
-  Contato Inferido
-  Ponto geológico 'ST-267'
-  Ponto geológico com lâmina petrográfica
-  Ponto geológico com análise química
-  Ponto geológico 'FR-365'
-  Movimentação transcorrente em falha

## Anexo II - Mapa de Pontos



Universidade Federal do Rio de Janeiro  
 Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza  
 Instituto de Geociências  
 Departamento de Geologia



Autor: Rômulo de Campos Stohler  
 Orientadores: Ciro Alexandre Ávila  
 Everton Marques Bongiolo

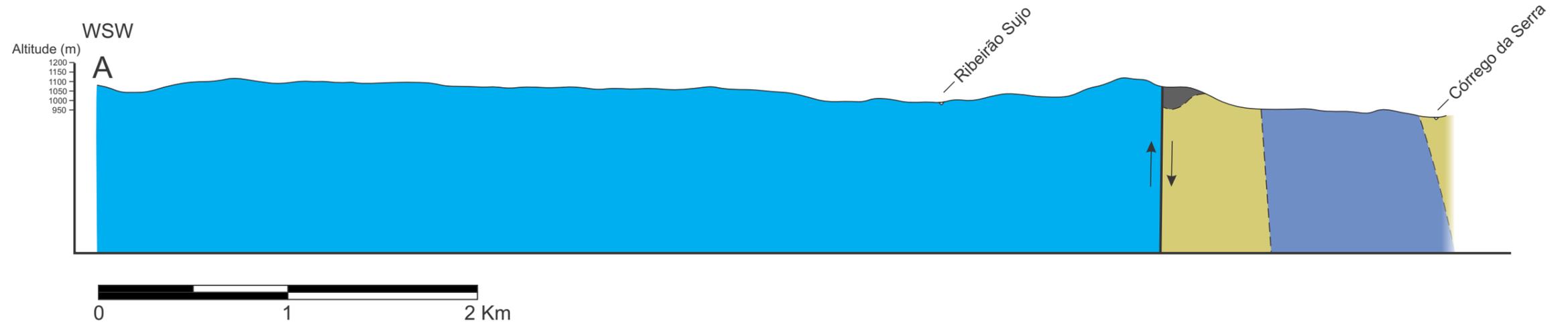


7678000

# Anexo III - Seções Geológicas

Autor: Rômulo de Campos Stohler Orientadores: Ciro Alexandre Ávila e Everton Marques Bongioiolo

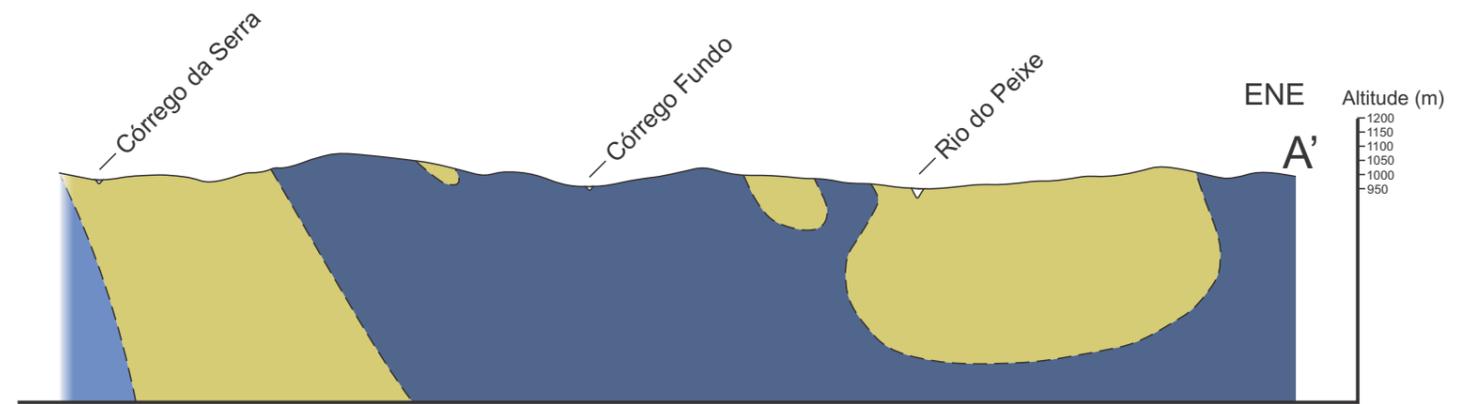
## Seção A - A'



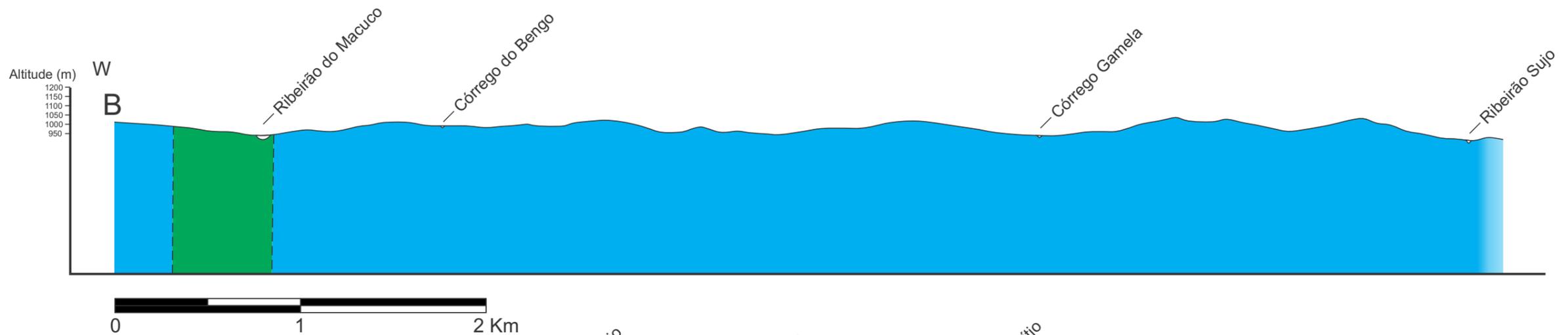
## Legenda

- Ortognaisse tonalítico Bandeira
- Ortognaisse tonalítico Serra
- FFBs e Gonditos
- Ortognaisse granítico São Tiago
- Sequência *Greenstone Belt*

- Contato Inferido
- Falha de rejeito vertical



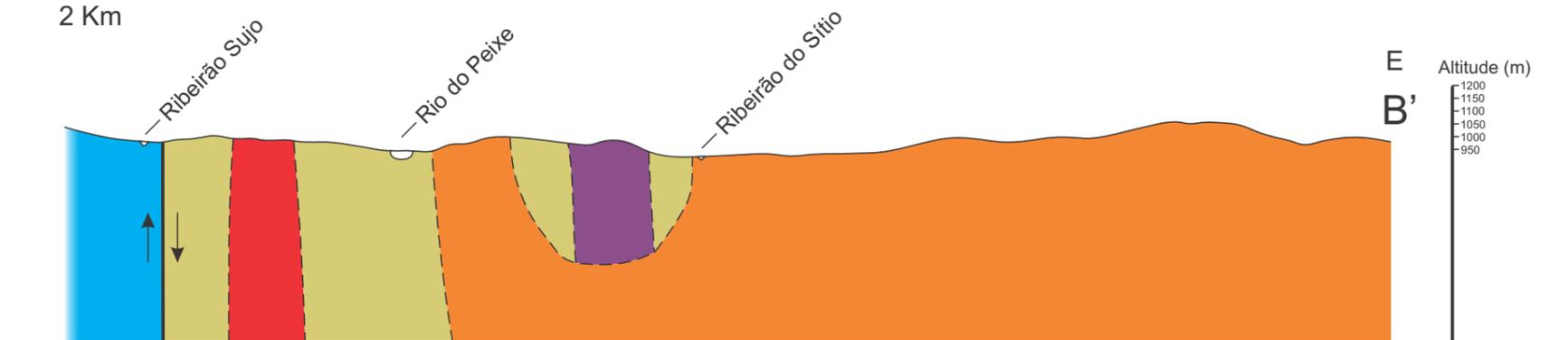
## Seção B - B'



## Legenda

- Granitóide Ritápolis
- Ortognaisse trondhjemítico Canoas
- Ortognaisse granítico São Tiago
- Rochas metaultramáficas
- Sequência *Greenstone Belt*
- Dique de Metadiabásio

- Contato Inferido
- Falha de rejeito vertical



Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-01	551802	7688050					
ST-02	551925	7688554	Ortognaisse São Tiago				
ST-03	553934	7685155	Ortognaisse São Tiago	Pegmatito		1	1
ST-04	554389	7684703	Ortognaisse São Tiago			1	1
ST-05	554482	7684597	Ortognaisse São Tiago				
ST-06	554523	7684368	Ortognaisse São Tiago			6	6
ST-07	554771	7684146	Ortognaisse São Tiago	Anfibolito			
ST-08	555079	7684317	Granitóide Ritápolis	Anfibolito			
ST-09	555352	7684672	Anfibolito	Pegmatito	S <sub>1</sub> :110°/60°		
ST-10	555783	7684680	Anfibolito	Gnaise			
ST-11	555871	7684501	Ortognaisse	Epidosito		1	1
ST-12	555843	7684093	Ortognaisse Canoas	Pegmatito		3	3
ST-13	555875	7683891	Ortognaisse Canoas	Pegmatito			
ST-14	555805	7683561	Ortognaisse Canoas				
ST-15	555654	7683629	Anfibolito	Pegmatito			
ST-16	555481	7683814	Ortognaisse				
ST-17	555421	7683896	Ortognaisse Anfíbolítico		S <sub>1</sub> :275°/87°	2	2
ST-18	555530	7684124	Ortognaisse				
ST-19	555102	7684105	Ortognaisse	Pegmatito			
ST-20	554931	7684069	Ortognaisse	Pegmatito			
ST-21	556054	7683207	Ortognaisse	Anfibolito	S <sub>1</sub> :295°/55°		
ST-22	556054	7683229	Metaultramáfica			2	2
ST-23	556262	7683277	Ortognaisse				
ST-24	556521	7683268	Granitóide Ritápolis	Pegmatito			
ST-25	556690	7683105	Granitóide Ritápolis			1	1
ST-26	556582	7683390	Granitóide Ritápolis	Ortognaisse Canoas		1	1
ST-27	556702	7683553	Granitóide Ritápolis	Ortognaisse Canoas		1	1
ST-28	556802	7683615	Ortognaisse Canoas				
ST-29	556728	7683658	Granitóide Ritápolis				
ST-30	556459	7683681	Metaultramáfica				
ST-31	556397	7683839	Metaultramáfica				
ST-32	556508	7684140	Metaultramáfica		S <sub>1</sub> :150°/75°		
ST-33	556581	7684287	Metaultramáfica				

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-34	557046	7683763	Ortognaisse Canoas			1	1
ST-35	556500	7684496	Ortognaisse Canoas	Anfibolito			
ST-36	556752	7684221	Ortognaisse Canoas	Anfibolito			
ST-37	556775	7683785	Ortognaisse Canoas			1	1
ST-38	556840	7683194	Metaultramáfica			2	2
ST-39	556834	7683074	Anfibolito	Metaultramáfica			
ST-40	556894	7683315	Epidosito			1	1
ST-41	557203	7683599	Anfibolito	Metaultramáfica			
ST-42	556723	7683122	Metaultramáfica	Granitóide Ritápolis			
ST-43	557055	7682594	Metaultramáfica				
ST-44	556681	7682048	Metaultramáfica				
ST-45	556434	7681705	Filonito ultramáfico				
ST-46	556200	7681701	Granitóide Ritápolis				
ST-47	555115	7681669	Anfibolito			1	
ST-48	555275	7682174	Anfibolito				
ST-49	555151	7682356	Milonito		S <sub>1</sub> :315°/78°		
ST-50	554838	7682331	Granitóide Ritápolis				
ST-51	554499	7683278	Ortognaisse São Tiago				
ST-52	554335	7682954	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :167°/15°	4	2
ST-53	552179	7688985	Ortognaisse São Tiago				
ST-54	553451	7690687	Anfibolito				
ST-55	553691	7690651	Quartzito				
ST-56	553736	7690367	Quartzito		S <sub>1</sub> :180°/70°		
ST-57	553735	7690070	Anfibolito	Pegmatito			
ST-58	553907	7690005	Quartzito	Ortognaisse São Tiago	S <sub>1</sub> :180°/70°		
ST-59	553822	7689390	Ortognaisse São Tiago			1	1
ST-60	553882	7688983	Anfibolito				
ST-61	554140	7689052	FFB	Gondito			
ST-62	553810	7688740	Ortognaisse São Tiago				
ST-63	554109	7688486	Ortognaisse São Tiago				
ST-64	554135	7688311	Ortognaisse São Tiago				
ST-65	554325	7688157	Ortognaisse São Tiago			9	9
ST-66	554553	7688280	Ortognaisse São Tiago	FFB			

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-67	554687	7688017	Gondito		S <sub>0</sub> :290°/12°		
ST-68	554977	7687931	Xisto	Ortognaise		2	2
ST-69	555103	7688207	Ortognaise Serra				
ST-70	555376	7687995	Ortognaise Serra	Norito		6	4
ST-71	555122	7687813	Ortognaise Serra	Anfibolito			
ST-72	554727	7687733	FFB				
ST-73	554627	7687376	Ortognaise São Tiago	FFB			
ST-74	554623	7687089	Ortognaise São Tiago				
ST-75	554700	7686670	Anfibolito				
ST-76	554506	7686085	Ortognaise São Tiago			1	1
ST-77	554767	7686216	Xisto		S <sub>1</sub> :268°/60°		
ST-78	554977	7686155	Anfibolito	Pegmatito			
ST-79	555489	7686149	Anfibolito	Pegmatito			
ST-80	555585	7686246	Anfibolito			1	1
ST-81	555783	7686008	Anfibolito	Pegmatito			
ST-82	555937	7685830	Granitóide Ritápolis				
ST-83	556079	7686246	Metamáfica				
ST-84	556204	7686466	Anfibolito				
ST-85	556531	7686674	Metamáfica		S <sub>1</sub> :100°/70°		
ST-86	556695	7687223	Metamáfica				
ST-87	556266	7687329	Ortognaise				
ST-88	556089	7687075	Metamáfica				
ST-89	555939	7687349	Granitóide Ritápolis				
ST-90	556071	7687679	Granitóide Ritápolis	Xisto		2	2
ST-91	555956	7687445	Granitóide Ritápolis	Anfibolito			
ST-92	555541	7687675	Anfibolito	Pegmatito			
ST-93	555484	7688296	Ortognaise Serra	Norito		1	1
ST-94	555668	7688388	Metamáfica				
ST-95	555668	7688861	Xisto				
ST-96	555796	7688291	Ortognaise Serra				
ST-97	555888	7688381	Anfibolito				
ST-98	556014	7688252	Anfibolito			1	1
ST-99	556139	7688241	Anfibolito				

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-100	556205	7688562	Granitóide Ritápolis				
ST-101	558795	7685483	Ortognaisse Canoas				
ST-102	558425	7685272	Ortognaisse Canoas				
ST-103	558318	7685662	Ortognaisse Canoas			1	1
ST-104	557722	7685794	Ortognaisse Canoas			1	1
ST-105	557465	7685910	Ortognaisse Canoas	Anfibolito		1	1
ST-106	557345	7686132	Ortognaisse Canoas				
ST-107	557406	7686209	Anfibolito				
ST-108	557570	7686218	Ortognaisse Canoas				
ST-109	557372	7685749	Anfibolito				
ST-110	557070	7685439	Anfibolito				
ST-111	556741	7685250	Metaultramáfica				
ST-112	557986	7685139	Anfibolito				
ST-113	557465	7685084	Metamáfica				
ST-114	557028	7684986	Metaultramáfica				
ST-115	554561	7686012	Ortognaisse Canoas				
ST-116	554843	7685822	Metamáfica				
ST-117	554810	7685596	Quartzito	FFB			
ST-118	555399	7685288	Anfibolito	Ortognaisse			
ST-119	558836	7685886	Ortognaisse Canoas	Granitóide Ritápolis		1	1
ST-120	558593	7685953	Metamáfica				
ST-121	558271	7685999	Ortognaisse Canoas				
ST-122	558177	7686136	Metaultramáfica	Anfibolito		2	2
ST-123	558298	7686379	Ortognaisse Canoas				
ST-124	558238	7686655	Metaultramáfica			1	1
ST-125	558401	7686768	Ortognaisse Canoas				
ST-126	558196	7686926	Ortognaisse Canoas	Granitóide Ritápolis			
ST-127	557951	7686891	Ortognaisse Canoas			1	1
ST-128	557852	7687075	Granitóide Ritápolis				
ST-129	557750	7687145	Metaultramáfica	Anfibolito			
ST-130	557696	7687416	Anfibolito				
ST-131	558370	7687251	Ortognaisse Canoas	Granitóide Ritápolis			
ST-132	558080	7687767	Metaultramáfica	Metamáfica			
ST-133	557858	7687817	Granitóide Ritápolis				

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-134	559936	7686017	Ortognaisse Canoas			1	1
ST-135	559770	7685877	Ortognaisse Canoas				
ST-136	555817	7690480	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :275°/77°	2	1
ST-137	555969	7690450	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :050°/17°		
ST-138	555905	7690228	Ortognaisse Bandeira				
ST-139	555478	7690046	Metaultramáfica			1	1
ST-140	555548	7689919	Metaultramáfica				
ST-141	555366	7689906	Anfibolito			1	1
ST-142	555244	7689949	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :086°/75°		
ST-143	555827	7690977	Ortognaisse Bandeira				
ST-144	555436	7691298	Diabásio			1	1
ST-145	555525	7691479	Diabásio				
ST-146	555417	7691540	Ortognaisse Bandeira				
ST-147	555337	7691480	Ortognaisse Bandeira	Diabásio			
ST-148	555046	7691568	Diabásio				
ST-149	554614	7691307	Diabásio				
ST-150	553200	7690957	Pegmatito		S <sub>1</sub> :295°/85°	1	
ST-151	553622	7690859	Quartzito		S <sub>1</sub> :330°/75°	1	1
ST-152	553465	7691146	FFB				
ST-153	553743	7691039	FFB				
ST-154	553875	7691004	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :075°/60°		
ST-155	553792	7690668	Pegmatito				
ST-156	554011	7691030	Diabásio				
ST-157	554134	7691034	Pegmatito		S <sub>1</sub> :092°/75°		
ST-158	554381	7690889	Gondito	FFB			
ST-159	554896	7690913	Metassedimentar				
ST-160	554619	7691141	Ortognaisse Serra		S <sub>1</sub> :195°/45°	1	1
ST-161	555166	7691379	Diabásio	Ortognaisse Bandeira			
ST-162	554890	7690506	Ortognaisse_fino				
ST-163	554812	7690107	Anfibolito				
ST-164	554016	7689962	FFB	Xisto			
ST-165	554274	7689894	Xisto		S <sub>1</sub> :207°/65°	1	

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-166	554377	7689807	Xisto	Anfibolito	S <sub>1</sub> :117°/65°		
ST-167	554489	7689672	Metaultramáfica				
ST-168	554442	7689576	Metaultramáfica	Pegmatito			
ST-169	554578	7689772	Filito		S <sub>1</sub> :125°/65°		
ST-170	554795	7689703	Metaultramáfica		S <sub>1</sub> :075°/80°		
ST-171	554785	7689762	Ortognaisse Serra	Pegmatito	S <sub>1</sub> :110°/75°		
ST-172	554883	7689876	Ortognaisse Serra				
ST-173	554940	7689533	Ortognaisse Serra		S <sub>1</sub> :075°/85°	4	4
ST-174	555904	7689673	Metamáfica	Gondito			
ST-175	555589	7689455	Anfibolito	Filito			
ST-176	556510	7691919	Diabásio			1	1
ST-177	556615	7689006	Ortognaisse Bandeira	Pegmatito			
ST-178	556652	7688716	Talco Xisto		S <sub>1</sub> :298°/63°		
ST-179	557037	7688425	Metamáfica				
ST-180	556925	7688292	Metaultramáfica				
ST-181	557388	7688556	Planície aluvial				
ST-182	557346	7688763	Ortognaisse Bandeira				
ST-183	557153	7689036	Metamáfica	Metaultramáfica			
ST-184	557122	7689212	Metamáfica	Ortognaisse Bandeira	S <sub>1</sub> :110°/48°	1	1
ST-185	556840	7689532	Filito		S <sub>1</sub> :095°/70°		
ST-186	556206	7690985	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :046°/20°	3	3
ST-187	556363	7690716	Ortognaisse Bandeira				
ST-188	557238	7690514	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :110°/76°	2	2
ST-189	557329	7690657	Anfibolito			1	1
ST-190	557208	7690869	Metandesito		S <sub>1</sub> :055°/25°	5	5
ST-191	557492	7690902	Anfibolito			1	1
ST-192	555842	7691257	Ortognaisse Bandeira				
ST-193	556059	7691734	Diabásio			1	1
ST-194	556284	7692163	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :000°/60°	1	1
ST-195	556875	7691619	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :286°/65°	1	1

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-196	556978	7691288	Filito		S <sub>1</sub> :260°/70°		
ST-197	557218	7691431	Ortognaisse Bandeira			1	1
ST-198	557368	7691273	Ortognaisse Bandeira			1	1
ST-199	557485	7691395	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :125°/27°	4	4
ST-200	557804	7691813	Ortognaisse Bandeira			1	1
ST-201	557857	7691743	Anfibolito		S <sub>1</sub> :122°/62°		
ST-202	557884	7691316	Metamáfica				
ST-203	557804	7690967	Metamáfica				
ST-204	557829	7690009	Metamáfica				
ST-205	557549	7689833	Ortognaisse Bandeira				
ST-206	557453	7689655	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :115°/55°	3	3
ST-207	557993	7689785	Ortognaisse Bandeira			2	2
ST-208	556921	7691870	Filito	Ortognaisse Bandeira	S <sub>1</sub> :110°/65°		
ST-209	557917	7690892	Metamáfica				
ST-210	558049	7690947	Metamáfica				
ST-211	559074	7688635	Metamáfica				
ST-212	558780	7688593	Granitóide Ritápolis	Filito			
ST-213	558619	7688616	Granitóide Ritápolis	Ortognaisse Bandeira		2	2
ST-214	558418	7688693	Anfibolito				
ST-215	558224	7688644	Ortognaisse Bandeira				
ST-216	558272	7688952	Xisto	Ortognaisse Bandeira	S <sub>1</sub> :130°/60°		
ST-217	558200	7689047	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :152°/50°	1	1
ST-218	558504	7689153	Ortognaisse Bandeira	Metamáfica	S <sub>1</sub> :023°/74°		
ST-219	558646	7689471	Anfibolito		S <sub>1</sub> :050°/65°	1	1
ST-220	558987	7688996	Metamáfica				
ST-221	558828	7689338	Metamáfica			1	
ST-222	559268	7689585	Metamáfica				
ST-223	559409	7689714	Metaultramáfica	Ortognaisse Bandeira		1	1
ST-224	559422	7689829	Ortognaisse Bandeira			4	4
ST-225	559573	7689971	Ortognaisse Bandeira				
ST-226	558481	7692168	Ortognaisse Bandeira				
ST-227	558832	7691928	Granitóide Ritápolis	Ortognaisse Bandeira		3	3

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-228	559061	7692000	Granitóide Ritápolis	Ortognaisse Bandeira			
ST-229	559312	7692229	Granitóide Ritápolis	Ortognaisse Bandeira	S <sub>1</sub> :150°/50°		
ST-230	559897	7692318	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :145°/76°	3	2
ST-231	560420	7691342	Metamáfica	Ortognaisse Bandeira			
ST-232	559932	7690747	Ortognaisse Bandeira	Pegmatito			
ST-233	559332	7690300	Ortognaisse Bandeira				
ST-234	558978	7691078	Metamáfica		S <sub>1</sub> :310°/80°		
ST-235	559066	7689837	Metamáfica				
ST-236	560132	7691219	Metamáfica				
ST-237	559955	7691017	Ortognaisse Bandeira			2	2
ST-238	559791	7690875	Ortognaisse Bandeira				
ST-239	560150	7691992	Ortognaisse Bandeira				
ST-240	560139	7691796	Ortognaisse Bandeira	Metamáfica			
ST-241	559977	7692835	Ortognaisse Bandeira				
ST-242	558367	7690150	Ortognaisse Bandeira	Metamáfica		3	2
ST-243	558196	7689941	Metamáfica				
ST-244	557847	7688529	Metamáfica				
ST-245	557848	7688812	Metamáfica				
ST-246	557986	7688605	Ortognaisse Bandeira				
ST-247	559338	7688627	Metamáfica			1	
ST-248	559364	7688344	Metaultramáfica		S <sub>1</sub> :125°/47°		
ST-249	559507	7688321	Metamáfica				
ST-250	559579	7688507	Metamáfica				
ST-251	559558	7688844	Metamáfica		S <sub>1</sub> :100°/70°		
ST-252	560705	7688760	Ortognaisse Bandeira			1	1
ST-253	560775	7688153	Ortognaisse Bandeira		S <sub>1</sub> :060°/30°	1	1
ST-254	560327	7688058	Granitóide Ritápolis	Ortognaisse Bandeira			
ST-255	560116	7688131	Ortognaisse Bandeira	Metamáfica			
ST-256	559829	7687839	Ortognaisse Canoas				
ST-257	559802	7687563	Metamáfica				
ST-258	559697	7687144	Ortognaisse Canoas				
ST-259	560622	7687649	Granitóide Ritápolis	Ortognaisse Canoas		1	1

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-260	560415	7686674	Filito				
ST-261	560067	7686323	Metamáfica				
ST-262	559862	7686418	Granitóide Ritápolis	Ortognaisse Canoas		1	1
ST-263	559610	7686465	Granitóide Ritápolis	Ortognaisse Canoas			
ST-264	558909	7686071	Ortognaisse Canoas			1	1
ST-265	558619	7686021	Ortognaisse Canoas			1	1
ST-266	558296	7685030	Ortognaisse Canoas			1	1
ST-267	559979	7684756	Ortognaisse Canoas				
ST-268	558444	7683777	Ortognaisse Canoas				
ST-269	551724	7689146	Ortognaisse São Tiago				
ST-270	553388	7685391	Veio de quartzo				
ST-271	556429	7684525	Ortognaisse São Tiago				
ST-272	553041	7684165	Ortognaisse São Tiago		$S_1:265^\circ/78^\circ; S_3:185^\circ/90^\circ; L_3:265^\circ/55^\circ$	1	1
ST-273	553268	7683912	Ortognaisse São Tiago				
ST-274	553815	7683566	Ortognaisse São Tiago				
ST-275	554166	7683446	Ortognaisse São Tiago				
ST-276	554041	7682444	Ortognaisse São Tiago		$S_1:85^\circ/65^\circ$	1	1
ST-277	552993	7683023	Veio de quartzo				
ST-278	552896	7682356	Metamáfica		$S_1:210^\circ/70^\circ$		
ST-279	553247	7682650	Ortognaisse São Tiago			1	1
ST-280	553723	7682481	Ortognaisse São Tiago				
ST-281	553734	7682576	Ortognaisse São Tiago			1	1
ST-282	553325	7681614	Ortognaisse São Tiago				
ST-283	552926	7682259	Ultramáfica			1	1
ST-284	553027	7681817	Ortognaisse São Tiago				
ST-285	553544	7681840	Ortognaisse São Tiago				
ST-286	553802	7682035	Metamáfica	Metaultramáfica			
ST-287	553807	7681760	Ortognaisse São Tiago			1	1
ST-288	553997	7681615	Ortognaisse São Tiago		$S_1:140^\circ/25^\circ$	1	1
ST-289	554221	7681361	Ortognaisse São Tiago			2	2
ST-290	553739	7681414	Ortognaisse São Tiago				
ST-291	551935	7681468	Ortognaisse São Tiago		$S_1:060^\circ/65^\circ$		

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-292	552211	7681594	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :225°/85°	3	3
ST-293	551818	7681227	Ortognaisse São Tiago				
ST-294	551856	7680823	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :240°/55°	2	2
ST-295	552407	7680728	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :005°/80°		
ST-296	552494	7680797	Ortognaisse São Tiago				
ST-297	552612	7680721	Ortognaisse São Tiago				
ST-298	552843	7680582	Ortognaisse São Tiago				
ST-299	553223	7680446	Ortognaisse São Tiago				
ST-300	553649	7680657	Ortognaisse São Tiago				
ST-301	553631	7680967	Ortognaisse São Tiago				
ST-302	553138	7680592	Ortognaisse São Tiago			1	1
ST-303	553195	7680104	Ortognaisse São Tiago				
ST-304	553660	7680214	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :103°/75°		
ST-305	553915	7680114	Ortognaisse São Tiago				
ST-306	551949	7680387	Ortognaisse São Tiago				
ST-307	551862	7680251	Metamáfica				
ST-308	551819	7680075	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :220°/60°	1	
ST-309	552249	7679840	Ortognaisse São Tiago				
ST-310	552523	7679241	Cloritito				
ST-311	552760	7679461	Ortognaisse São Tiago				
ST-312	552821	7679198	Ortognaisse São Tiago				
ST-313	553236	7679192	Ortognaisse São Tiago				
ST-314	553513	7679157	Ortognaisse São Tiago				
ST-315	553958	7679217	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :255°/85°	1	1
ST-316	553123	7678752	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :070°/50°	1	1
ST-317	553165	7678503	Ortognaisse São Tiago				
ST-318	553238	7677895	Ortognaisse São Tiago				
ST-319	552706	7678633	Ortognaisse São Tiago				
ST-320	551616	7681850	Ortognaisse São Tiago				
ST-321	551456	7681994	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :240°/75°	1	1
ST-322	550888	7681856	Ortognaisse São Tiago				
ST-323	550355	7682704	Ortognaisse São Tiago			1	1

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-324	550756	7681382	Metamáfica				
ST-325	550998	7681527	Ortognaisse São Tiago				
ST-326	551545	7680775	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :062°/75°		
ST-327	550926	7680655	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :065°/78°; S <sub>2</sub> :077°/70°; S <sub>3</sub> :310°/65°; L <sub>3</sub> :040°/50°	2	2
ST-328	550689	7680770	Ortognaisse São Tiago				
ST-329	549840	7680999	Colúvio				
ST-330	550323	7680012	Ortognaisse São Tiago				
ST-331	550890	7679788	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :145°/65°		
ST-332	551158	7679723	Ortognaisse São Tiago				
ST-333	551466	7682349	Metamáfica				
ST-334	551337	7682485	Ortognaisse São Tiago				
ST-335	551605	7682494	Ortognaisse São Tiago				
ST-336	551690	7682465	Ortognaisse São Tiago				
ST-337	551521	7682265	Ortognaisse São Tiago				
ST-338	551524	7682168	Metamáfica				
ST-339	552769	7684453	Ortognaisse São Tiago				
ST-340	552478	7684511	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :260°/72°; S <sub>2</sub> :265°/62°; L <sub>2</sub> :000°/10°; S <sub>3</sub> :0350°/65°; L <sub>3</sub> :075°/30°	3	3
ST-341	551955	7685326	Ortognaisse São Tiago				
ST-342	551045	7686910	Ortognaisse São Tiago				
ST-343	550227	7685818	Ortognaisse São Tiago				
ST-344	550339	7685707	Ortognaisse São Tiago				
ST-345	550165	7685489	Ortognaisse São Tiago				
ST-346	550249	7685273	Pegmatito				
ST-347	550545	7685289	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :033°/22°		
ST-348	550868	7684947	Ortognaisse São Tiago				
ST-349	551004	7684583	Ortognaisse São Tiago				
ST-350	550898	7684187	Ortognaisse São Tiago				
ST-351	551183	7683539	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :240°/60°	3	3
ST-352	549686	7684830	Ortognaisse São Tiago				
ST-353	549827	7683529	Ortognaisse São Tiago				

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-354	550552	7683412	Ortognaisse São Tiago				
ST-355	549973	7686468					
ST-356	549926	7686078	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :260°/28°		
ST-357	549630	7686097	Ortognaisse São Tiago				
ST-358	548990	7685741	Ortognaisse São Tiago				
ST-359	548498	7685341	Ortognaisse São Tiago				
ST-360	548363	7685595	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :230°/25°		
ST-361	549013	7683218	Ortognaisse São Tiago				
ST-362	548810	7682959	Ortognaisse São Tiago				
ST-363	548446	7683765	Metabásica		S <sub>1</sub> :110°/20°		
ST-364	547992	7683859	Metabásica				
ST-365	548005	7683486	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :070°/65°		
ST-366	549165	7686135	Ortognaisse São Tiago				
ST-367	548577	7686470	Ortognaisse São Tiago				
ST-368	546905	7685210	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :240°/30°	2	2
ST-369	549455	7682736	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :182°/10°; S <sub>3</sub> :180°/10°; L <sub>3</sub> :185°/10°	2	2
ST-370	549488	7682303	Filonito		S <sub>1</sub> :335°/45°		
ST-371	549424	7682010	Ortognaisse São Tiago				
ST-372	549281	7688064	Ortognaisse São Tiago		S <sub>1</sub> :268°/20°		
ST-373	548836	7687812	Ortognaisse São Tiago	Metamáfica			
ST-374	548486	7687844	Ortognaisse São Tiago				
ST-375	548316	7687707	Ortognaisse São Tiago				
ST-376	547424	7687497	Ortognaisse São Tiago				
ST-377	546428	7687661	Ortognaisse São Tiago				
ST-378	546429	7688283	Ortognaisse São Tiago				
ST-379	546430	7688443	Gabro		S <sub>1</sub> :295°/20°	1	1
ST-380	546462	7688662	Gabro				
ST-381	546703	7689005	Biotitito			1	1
ST-382	546725	7689132	Ortognaisse São Tiago	Metamáfica			
ST-383	546758	7689288	Diabásio			1	1
ST-384	547126	7689225	Ortognaisse São Tiago				
ST-385	546750	7689616	Ortognaisse São Tiago				

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-386	546991	7689911	Metamáfica				
ST-387	547471	7689908	Ortognaisse São Tiago				
ST-388	548092	7689857	Ortognaisse São Tiago				
ST-389	548343	7689938	Ortognaisse São Tiago				
ST-390	549019	7690280	Ortognaisse São Tiago				
ST-391	555103	7681575	Metamáfica			2	2
ST-392	554951	7681511	Tremolitito			3	
ST-393	554872	7681463	Metamáfica			1	
ST-394	554810	7681384	Gnaisse biotítico		S <sub>1</sub> :070°/64°		
ST-395	554753	7681313	Gnaisse biotítico			2	2
ST-396	554610	7681184	Gnaisse biotítico			1	1
ST-397	554818	7681670	Metaultramáfica	FFB	S <sub>1</sub> :112°/50°		
ST-398	554764	7681788	FFB	Gondito			
ST-399	554790	7682369	Granitóide Ritápolis			3	3
ST-400	554954	7682321	Metamáfica				
ST-401	555183	7682393	Filonito		S <sub>1</sub> :314°/80°		
ST-402	555786	7681378	Granitóide Ritápolis				
ST-403	556040	7680313	Metamáfica				
ST-404	556111	7680438	Granitóide Ritápolis	Ortognaisse São Tiago			
ST-405	549234	7688651	Ortognaisse São Tiago				
ST-406	548876	7688763	Ortognaisse São Tiago				
ST-407	548678	7688709	Ortognaisse São Tiago				
ST-408	549162	7689275	Ortognaisse São Tiago				
ST-409	550097	7688142	Colúvio				
ST-410	555821	7680862	Metamáfica	FFB		1	1
ST-411	555541	7680759	Quartzo				
ST-412	555465	7680796	Metamáfica				
ST-413	555319	7680439	Cloritito				
ST-414	555306	7680270	Gnaisse biotítico		S <sub>1</sub> :097°/80°	2	2
ST-415	555310	7680127	Gnaisse biotítico		S <sub>1</sub> :280°/65°		
ST-416	555327	7679984	Cloritito				
ST-417	555363	7679784	Cloritito				

Ponto	X	Y	Litologia 1	Litologia 2	Estrutural	Amostras	Lâminas
ST-418	555137	7679630	FFB		S <sub>1</sub> :120°/50°		
ST-419	555026	7679561	Cloritito				
ST-420	555346	7680750	Cloritito	FFB			
ST-421	555008	7680772	Colúvio				
ST-422	554537	7680789	Gnaiss biotítico				
ST-423	554495	7680516	Cloritito				
ST-424	554421	7680317	Gnaiss biotítico	Metamáfica			
ST-425	554364	7679957	Colúvio				
ST-426	559833	7687502	Ortognaisse Canoas	Metaultramáfica			
ST-427	559404	7687409	Metaultramáfica		S <sub>1</sub> :130°/57°	1	
ST-428	559175	7687588	Epidosito			1	
ST-429	559163	7687942	Epidosito	Granitóide Ritápolis			
ST-430	559054	7687975	Granitóide Ritápolis			1	
ST-431	558860	7687933	Epidosito				
ST-432	558803	7687776	Tremolitito				
ST-433	558709	7687768	Tremolitito		S <sub>1</sub> :015°/50°		
ST-434	558685	7687645	Tremolitito		S <sub>1</sub> :195°/85°		
ST-435	558889	7687407	Tremolitito		S <sub>1</sub> :085°/50°		
ST-436	559015	7686094	Ortognaisse Canoas				
ST-437	558955	7686287	Ortognaisse Canoas				
ST-438	559021	7686469	Epidosito				
ST-439	558932	7686727	Tremolitito	Ortognaisse Canoas			