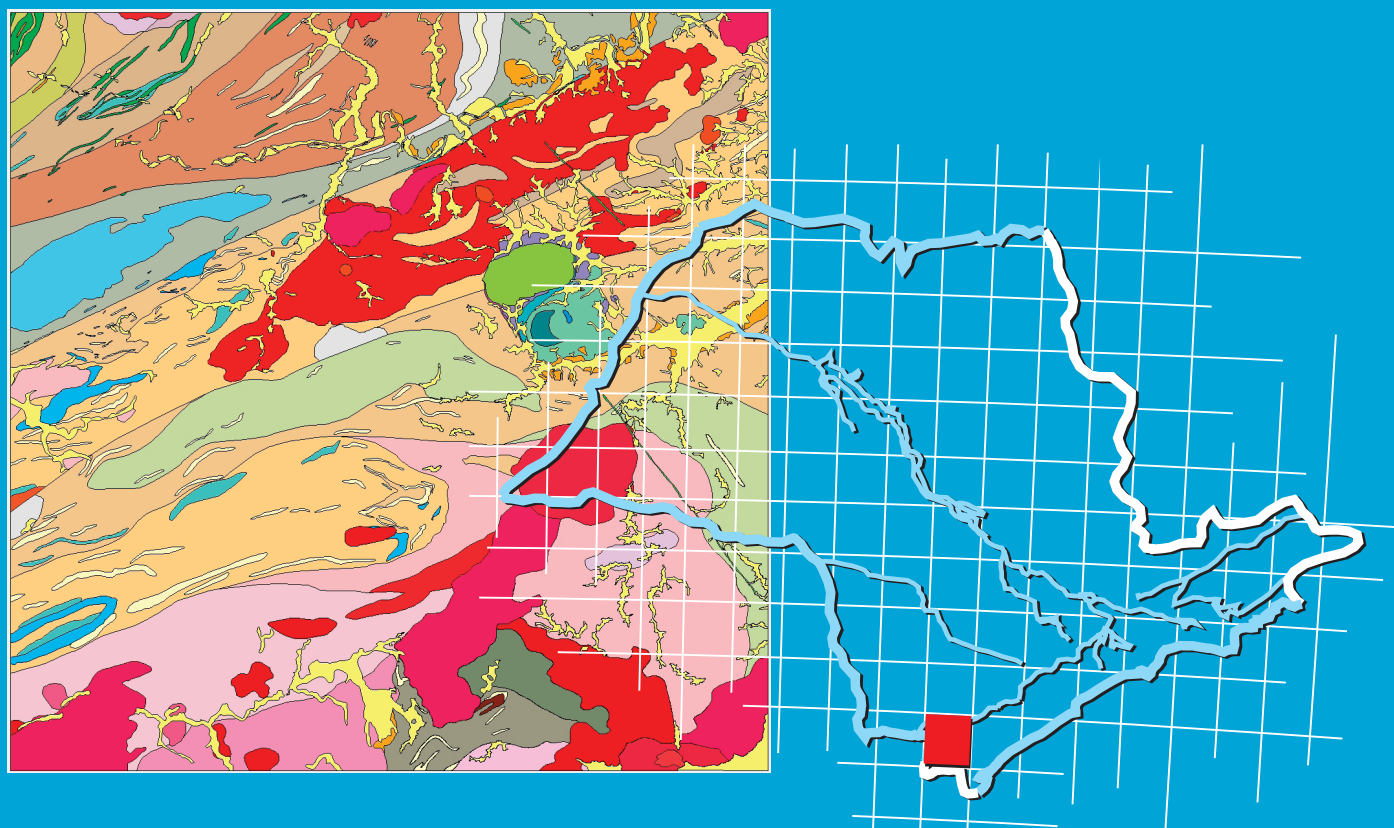


**Programa Geologia do Brasil**  
**Levantamentos Geológicos Básicos**

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA**  
**FOLHA ELDORADO PAULISTA**  
**SG.22-X-B-VI**



Escala 1:100.000  
2013

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

**Programa Geologia do Brasil**

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS**  
**DA FOLHA ELDORADO PAULISTA**  
**SG.22-X-B-VI**

**ESCALA 1:100.000**

**ESTADOS DE SÃO PAULO E PARANÁ**



SÃO PAULO  
2013



CPRM – SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO  
RUA COSTA, 55 – CERQUEIRA CÉSAR  
SÃO PAULO – SP – 01304-010  
FAX: (11) 3775-5165  
TEL.: (11) 3775-5101  
HTTP://WWW.CPRM.GOV.BR

Geologia e recursos minerais da folha Eldorado Paulista – SG.22-X-B-VI, estado de São Paulo, Escala 1:100.000 / Frederico Meira Faleiros ... [et al.] – São Paulo: CPRM, 2013.  
128 p.: il. color.

Programa Geologia do Brasil (PGB). Integração e Difusão de Dados de Geologia do Brasil.  
ISBN 978-85-7499-174-0

1. Geologia Regional – São Paulo. 2. Recursos Minerais – São Paulo. 3. Estratigrafia – São Paulo. 4. Geotectônica – São Paulo. 5. Petrologia – São Paulo. I. Faleiros, Frederico Meira.

CDD 558.16

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

**Programa Geologia do Brasil**

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS**  
**DA FOLHA ELDORADO PAULISTA**  
**SG.22-X-B-VI**

**ESTADO DE SÃO PAULO E PARANÁ**

**Frederico Meira Faleiros**  
**Mauricio Pavan**



SÃO PAULO  
2013

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

**Programa Geologia do Brasil**

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS**  
**DA FOLHA ELDORADO PAULISTA**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

Edison Lobão

*Ministro de Estado*

Márcio Pereira Zimmermann

*Secretário Executivo*

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Carlos Nogueira da Costa Júnior

*Secretário*

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM**

Manoel Barretto da Rocha Neto

*Diretor-Presidente*

Roberto Ventura Santos

*Diretor de Geologia e Recursos Minerais*

Thales de Queiroz Sampaio

*Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial*

Antônio Carlos Bacelar Nunes

*Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

Eduardo Santa Helena da Silva

*Diretor de Administração e Finanças*

Reginaldo Alves dos Santos

*Chefe do Departamento de Geologia*

Francisco Valdir Silveira

*Chefe do Departamento de Recursos Minerais*

Edilton José dos Santos

*Chefe da Divisão de Geologia Básica*

Mônica Mazzini Perrotta

*Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto*

João Henrique Gonçalves

*Chefe da Divisão de Geoprocessamento*

Paulo Roberto Macedo Bastos

*Chefe da Divisão de Cartografia*

Ernesto von Sperling

*Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação*

José Márcio Henriques Soares

*Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação*

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO**

José Carlos Garcia Ferreira

*Superintendente Regional*

Elizete Domingues Salvador

*Gerente de Geologia e Recursos Minerais*

Lauro Gracindo Pizzato

*Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

**CRÉDITOS AUTORAIS**

Frederico Meira Faleiros

Mauricio Pavan

---

**CRÉDITOS DE AUTORIA DO RELATÓRIO**

**RESUMO**

Frederico Meira Faleiros  
Mauricio Pavan

**ABSTRACT**

Frederico Meira Faleiros  
Mauricio Pavan

**1. INTRODUÇÃO**

Frederico Meira Faleiros  
Luiz Antônio Chierregati

**2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL**

Frederico Meira Faleiros

**3. GEOFÍSICA**

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

**4. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**

Frederico Meira Faleiros  
Mauricio Pavan  
Vidyã Vieira de Almeida

**5. GEOLOGIA ESTRUTURAL**

Frederico Meira Faleiros  
Mauricio Pavan

**6. RECURSOS MINERAIS**

Mauricio Pavan  
Frederico Meira Faleiros

**7. GEOQUÍMICA PROSPECTIVA**

Viviane Carillo Ferrari

**8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Frederico Meira Faleiros  
Mauricio Pavan

**CRÉDITOS DE AUTORIA DA CARTOGRAFIA GEOLÓGICA**

Frederico Meira Faleiros (Chefe do Projeto)  
Mauricio Pavan

**RECURSOS MINERAIS**

Mauricio Pavan  
Frederico Meira Faleiros

**GEOQUÍMICA PROSPECTIVA**

Viviane Carillo Ferrari

**GEOFÍSICA**

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

**SIG GEOLÓGICO**

Mauricio Pavan  
Frederico Meira Faleiros  
Fabrizio Prior Caltabeloti

**COLABORAÇÃO**

Sérgio Wilians de Oliveira Rodrigues  
Fabrizio Prior Caltabeloti  
Vicente Sérgio Costa

**APOIO TÉCNICO**

Roylane Barbosa  
(Técnico Geoquímica Prospectiva – SUREG-SP)  
Mariana Silvatti  
(Estagiária de Geologia – SUREG-SP)  
Marília Maria Vinier Brustolini  
(Estagiária Técnica de Mineração – SUREG-SP)

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

**Programa Geologia do Brasil**

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS**  
**DA FOLHA ELDORADO PAULISTA**

**APOIO TÉCNICO DA CPRM**

REGINALDO ALVES DOS SANTOS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

FREDERICO MEIRA FALEIROS  
CHEFE DO PROJETO E SUPERVISOR DE GEOLOGIA

EDILTON JOSÉ DOS SANTOS  
DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA-DIGEOB

VIVIANE CARILLO FERRARI  
SUPERVISORA DE RECURSOS MINERAIS

MÔNICA MAZZINI PERROTTA  
DIVISÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO-DISERE

VIDYÃ VIEIRA DE ALMEIDA  
MAURICIO PAVAN  
FREDERICO MEIRA FALEIROS  
PETROGRAFIA

JOÃO HENRIQUE GONÇALVES  
DIVISÃO DE GEOPROCESSAMENTO-DIGEOP

VIVIANE CARILLO FERRARI  
GEOQUÍMICA

ANTONIO CARLOS BACELAR NUNES  
DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DESENVOLVIMENTO

MARIANA SILVATTI  
MARÍLIA MARIA VINIER BRUSTOLINI  
ESTAGIÁRIOS

ERNESTO VON SPERLING  
DEPARTAMENTO DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DIVULGAÇÃO

JOSÉ MÁRCIO HENRIQUES SOARES  
DIVISÃO DE MARKETING-DIMARK

SUELI CARDOSO DE ARAÚJO  
REVISÃO LINGUÍSTICA

ELIZETE DOMINGUES SALVADOR  
GERÊNCIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
(GEREMI/SUREG-SP)

ELIAS BERNARD DA SILVA DO ESPIRITO SANTO  
PROJETO DE MULTIMÍDIA E ARCEXIBE

LAURO GRACINDO PIZZATTO  
GERÊNCIA DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS  
E DESENVOLVIMENTO  
(GERIDE/SUREG-SP)

MARCOS EVARISTO DA SILVA  
GERÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS  
(GERAFI/SUREG-SP)

# APRESENTAÇÃO

---

O Programa Geologia do Brasil (PGB), desenvolvido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), responsável pela retomada dos levantamentos geológicos básicos do país, teve início no estado de São Paulo, a partir de 2007. A Folha Eldorado Paulista é a terceira a ser concluída no âmbito desse programa no estado de São Paulo.

O mapeamento geológico dessa folha na escala 1:100.000 integra, assim como os demais levantamentos geoquímicos e geofísicos realizados nos estados de São Paulo e Paraná, o planejamento de ações governamentais que visam à aceleração do conhecimento geológico do território brasileiro. Esse mapeamento tem como finalidade fornecer subsídios geológicos que contribuam para o entendimento e avanço da pesquisa mineral, dos recursos hídricos e da gestão territorial, além de demais atividades aplicadas ao interesse social.

Os resultados alcançados demonstram verdadeiro avanço na cartografia geológica regional com refinamento na escala de trabalho adotada, a qual pode vir a contribuir na instalação de empreendimentos mineiros que resultem em geração de oportunidades de renda e empregabilidade.

O projeto foi totalmente desenvolvido em ambiente SIG e vinculado ao GEOBANK (sistema de bancos de dados geológicos corporativo da CPRM/SGB), incorporando as atualizações mapeadas por meio de técnicas de geoprocessamento aplicadas à cartografia geológica. Também se encontra disponível para consulta e *download* no portal da CPRM/SGB - [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br) - o mapa em formato pdf. do Projeto Geologia e Recursos Minerais da Folha Eldorado Paulista.

A Nota Explicativa e o Mapa Geológico (escala 1:100.000) da Folha Eldorado Paulista (SG.22-X-B-VI), localizada na divisa dos estados de São Paulo e Paraná, em ambiente SIG, foram executados pela Superintendência Regional de São Paulo e encontram-se disponíveis, conjuntamente, no CD-ROM que acompanha este Relatório Final impresso.

MANOEL BARRETTO DA ROCHA NETO  
Diretor Presidente

ROBERTO VENTURA SANTOS  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais



## RESUMO

---

A Folha Eldorado Paulista (SG.22-X-B-VI) abrange parte dos estados de São Paulo e Paraná, sudeste do Brasil, sendo limitada pelos meridianos 48°30'W e 48°00'W e paralelos 24°30'S e 25°00'S. O mapeamento geológico na escala 1:100.000 permitiu uma reformulação substancial da estratigrafia regional, com o refino de unidades previamente definidas e a cartografia de novas unidades. Em termos geológicos regionais, as unidades se relacionam aos terrenos (ou domínios tectônicos) Apiaí, Curitiba, Paranaguá e Luís Alves. Os três primeiros são segmentos do Cinturão Ribeira Meridional (Província Mantiqueira), enquanto o último representa um fragmento cratônico não afetado pela Orogenia Brasileiro-Pan-Africana.

O Terreno Apiaí é dominado por sequências de rochas supracrustais, incluindo unidades metavulcanossedimentares e metassedimentares de fácies xisto-verde a anfíbolito, inseridas no Supergrupo Açungui, considerado como um terreno composto. O Supergrupo Açungui é dividido em duas unidades, com subdivisões internas: (i) Grupo Votuverava (ca. 1450-1480 Ma), formado por metapelitos rítmicos (ardósia e filito) com intercalações de rochas metavulcânicas básicas e lentes de quartzito e rochas calcissilicáticas, subdividido nas formações Nhunguara, Piririca, Rubuquara e Ribeirão das Pedras; (ii) Sequência Serra das Andorinhas (Calimiano?), composta por filito rítmico e micaxisto, mármore e rochas calcissilicáticas, subdividida em Unidade Metapelítica e Mármore da Tapagem.

O Terreno Curitiba é formado por rochas de embasamento representadas pelo Gnaiss Bandado Barra do Azeite (Complexo Atuba) e por sequências supracrustais das formações Capiru e Turvo-Cajati. O Gnaiss Bandado Barra do Azeite (ca. 2200-2100 Ma) é constituído por ortognaiss bandado migmatizado em condições de fácies anfíbolito alto e milonitizado em condições de fácies xisto-verde. A Formação Capiru, de idade máxima de sedimentação de ca. 800-850 Ma, é composta por rochas metassedimentares siliciclásticas (ardósia e filito rítmicos) e carbonáticas, metamorizadas em condições de fácies xisto-verde inferior. A Formação Turvo-Cajati, de idade máxima de sedimentação de ca. 850-900 Ma, é composta por rochas metassedimentares siliciclásticas e carbonáticas metamorizadas em condições de fácies xisto-verde a granulito. Essa formação é subdividida em Unidade de Filito (filito e ardósia rítmicos – metassilito, metargilito e metarenito), Unidade de Micaxisto (micaxisto grosso comumente com granada e, localmente, com estauroлита e cianita) e Unidade Paragnáissica (silimanita-granada-paragnaisse, micaxistos grossos anatéticos, localmente cianita-granada-paragnaisse). O Terreno Curitiba apresenta, ainda, duas bacias vulcanossedimentares de transição Proterozoico-Fanerozoico associadas a zonas de cisalhamento (formações Indaiatuba e Quatis).

O Terreno Luís Alves é formado pelo Complexo Serra Negra, de idade arqueana a paleoproterozoica, unidade mais antiga da folha, e por rochas supracrustais da Formação Rio das Minas. O Complexo Serra Negra é constituído, predominantemente, por rochas gnáissico-granulíticas de composição básica a intermediária (gabroides, tonalito, granodiorito), preservadas ou parcialmente retrometamorizadas em condições de fácies xisto-verde superior a anfíbolito. A Formação Rio das Minas (redefinição da Sequência Cachoeira) é composta por rochas metassedimentares siliciclásticas metamorizadas em condições de fácies xisto-verde inferior a anfíbolito alto, subdividida em Unidade de Ardósia e Filito, Unidade de Micaxisto e Unidade Paragnáissica. Destacam-se na Unidade de Ardósia e Filito lentes de rochas metavulcânicas ultramáficas (talco-xisto, serpentinito, tremolita-serpentina-talco-xisto) e formações ferríferas bandadas do tipo itabirito.



Apenas uma pequena porção do Terreno Paranaguá aflora na Folha Eldorado Paulista, representada por gnaisses bandados miloníticos do Complexo São Francisco do Sul (ca. 2150-2100 Ma).

Os quatro terrenos tectônicos foram intrudidos por corpos graníticos ediacaranos de diferentes naturezas. O Terreno Apiaí é dominado por corpos de granito calcialcalino de alto potássio, tipo-I, tal como o Granito Agudos Grandes. O Terreno Curitiba apresenta batólitos e *stocks* graníticos de várias naturezas e formas, incluindo *stocks* de biotita-muscovita-leucogranito e turmalina-granito (tipo-S), *stocks* de granito calcialcalino de alto potássio (tipo-I), geralmente gnáissicos, tal como o Granito Alto Jacupiranguinha, além de batólitos ainda pouco estudados, como a Suíte Intrusiva Itapeúna. No Terreno Luís Alves ocorrem plútons graníticos sinorogênicos ainda pouco estudados (Suíte Intrusiva Rio Cachorro) e de granito alcalino tipo-A (Granito Alto Turvo, Província Graciosa). Os granitos Rio Guaraú e Mandira, ambos granitos alcalinos do tipo-A da Província Graciosa, intrudiram mais de um terreno tectônico, sendo marcos de suas colagens orogênicas. O Granito Rio Guaraú intrudiu os terrenos Luís Alves e Curitiba, enquanto o Granito Mandira intrudiu os terrenos Curitiba e Paranaguá.

Os principais recursos minerais da Folha Eldorado Paulista compreendem: (i) fosfato para insumos agrícolas (Suíte Intrusiva Jacupiranga); (ii) carbonatito usado na indústria do cimento (Suíte Intrusiva Jacupiranga); (iii) mineralizações de ouro hidrotermal em veios de quartzo (Grupo Votuverava, principalmente na Formação Piririca); (iv) ocorrências de ouro e depósito de ferro relacionado a formações ferríferas bandadas tipo itabirito (Formação Rio das Minas); (v) depósitos e ocorrências de talco associadas a rochas metaultramáficas (Gnaisse Bandado Barra do Azeite); (vi) calcário utilizado na indústria de cimento e como corretivo de solo (Formação Turvo-Cajati e Sequência Serra das Andorinhas); (vii) granito e quartzito usados como rochas ornamentais (Granito Rio Guaraú e Sequência Serra das Andorinhas, respectivamente); (viii) ocorrências de cassiterita, columbita e tantalita (Granito Rio Guaraú).

A área apresenta, ainda, atividade de ecoturismo espeleológico (Parque Estadual Caverna do Diabo), relacionada ao Mármore da Tapagem.

## ABSTRACT

---

The Eldorado Paulista Sheet (SG.22-X-B-VI) comprises part of the states of São Paulo and Paraná, southeastern Brazil. It is bounded by longitudes 48°30'W and 48°00'W and latitudes 24°30'S and 25°00'S. Geologic mapping at 1:100,000 scale allowed for a substantive reformulation of the regional stratigraphy with refinement of previously defined units and mapping of new units. The geolocial units are related with the terranes (or tectonic domains) Apiaí, Curitiba, Paranaguá and Luís Alves. The first three are segments of the southeastern Ribeira Belt (Mantiqueira Province), while the latter represents a cratonic fragment did not affect by the Brasiliano-Pan African Orogeny.

The Apiaí Terrane is dominated by supracrustal rock sequences including metavolcanosedimentary and metasedimentary rock units metamorphosed under lower greenschist to amphibolite facies conditions included in the Açungui Supergroup, considered as a composite terrane. The Açungui Supergroup is divided into two units, with internal subdivisions: (i) the Votuverava Group (ca. 1450-1480 Ma), composed of rhythmic metapelites (slate and phyllite) with intercalations of basic metavolcanic rocks, lenses of quartzite and calc-silicated rocks, subdivided into the Nhunguara, the Piririca, the Rubuquara and the Ribeirão das Pedras formations; (ii) the Serra das Andorinhas Sequence (Calymmian?), composed of rhythmic phyllite and micaschist, marble and calc-silicatic rocks, subdivided into a metapelitic unit and the Tapagem Marble.

The Curitiba Terrane is composed of basement rocks of the Barra do Azeite Banded Gneiss (Atuba Complex) and supracrustal sequences of the Capiru and Turvo-Cajati formations. The Barra do Azeite Banded Gneiss (ca. 2200-2100 Ma) is composed of banded orthogneiss migmatized under upper amphibolite facies conditions and mylonitized under greenschist facies conditions. The Capiru Formation, maximum age of sedimentation of ca. 800-850 Ma, is composed of siliciclastic and carbonate metasedimentary rocks, metamorphosed under lower greenschist facies conditions. The Turvo-Cajati Formation, with maximum age of sedimentation of ca. 850-900 Ma, is composed of siliciclastic and carbonate metasedimentary rocks metamorphosed under greenschist to granulite facies conditions. It is subdivided into a phyllite unit (rhythmic phyllite and slate – metasiltstone, meta-argillite and metasandstone), a micaschist unit (coarse-grained micaschist with garnet and locally staurolite and kyanite) and a paragneiss unit (sillimanite-garnet paragneiss, coarse-grained anatetic micaschist and locally kyanite-garnet paragneiss). The Curitiba Terrane also includes two volcanosedimentary basins of Proterozoic-Fanerozoic transition, related with shear zones (Indaiatuba and Quatis formations).

The Luís Alves Terrane is formed by the Serra Negra Complex, of Archean to Paleoproterozoic age, the oldest unit of the Eldorado Paulista Sheet, and by supracrustal rocks of the Rio das Minas Formation. The Serra Negra Complex is composed primarily of gneissic-granulitic rocks of basic to intermediate composition (gabbroids, tonalite, granodiorite) preserved or partially retrometamorphosed under upper greenschist to amphibolite facies conditions. The Rio das Minas Formation (redefinition of the Cachoeira Sequence) is composed of siliciclastic metasedimentary rocks metamorphosed under lower greenschist to upper amphibolite facies conditions. It is subdivided into a unit of slate and phyllite, a micaschist unit and a paragneiss unit. The presence of lenses of ultramafic

metavolcanic rocks (talc schist, serpentinite, tremolite-serpentine-talc schist) and itabirite-type banded iron formation in the unity of slate and phyllite are noteworthy. Only a small portion of Paranaguá Terrane occurs in Eldorado Paulista Sheet, being represented by milonitic banded gneiss from São Francisco do Sul Complex (ca. 2150-2100 Ma).

The four tectonic terranes were intruded by ediacaran granitic bodies of distinct origin. The Apiaí Terrane is dominated by I-type high-K calc-alkaline granite bodies, as the Agudos Grandes Granite. The Curitiba Terrane show granitic batholiths and stocks of varied origin and shape, including stocks of biotite-muscovite leucogranite e turmaline granite (S-type), stocks of I-type high-K calc-alkaline granite, generally gneissic, as the Alto Jacupiranguinha Granite, and poorly studied batholiths as the Itapeúna Intrusive Suite. Within the Luís Alves Terrane occur yet poorly studied synorogenic granitic plutons (Rio Cachorro Intrusive Suite), and type-A alkaline granite plutons (Alto Turvo Granite, Graciosa Province). The Rio Guaraú and Mandira granites, both A-type alkaline granites from the Graciosa Province, intruded more than one tectonic terrane, being marks of their orogenic collage. The Rio Guaraú Granite intruded the Luís Alves and the Curitiba terranes, while the Mandira Granite intruded the Curitiba and the Paranaguá terranes.

The main mineral resources of the Eldorado Paulista Sheet include: (i) phosphate for agricultural inputs (Jacupiranga Intrusive Suite); (ii) carbonatite used in the cement industry (Jacupiranga Intrusive Suite); (iii) hydrothermal Au mineralizations in quartz veins (Votuverava Group, primarily in the Piririca Formation); (iv) Au occurrences and Fe deposit related with itabirite-type banded iron formation (Rio das Minas Formation); (v) talc deposits and occurrences associated with metaultramafic rocks (Barra do Azeite Banded Gneiss); (vi) limestone used for soil correctives and cement industry (Turvo-Cajati Formation and Serra das Andorinhas Sequence); (vii) granite and quartzite used as onamental stone (Rio Guaraú Granite and Serra das Andorinhas Sequence, respectively) (viii) occurrences of cassiterite, columbite and tantalite (Rio Guaraú Granite).

The area still has activity of speleological ecotourism (Caverna do Diabo State Park), related to the Tapagem Marble.

# SUMÁRIO

---

RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	11
1 INTRODUÇÃO .....	19
2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL .....	21
3 GEOFÍSICA .....	25
3.1 Considerações Iniciais .....	25
3.2 Levantamento Aerogeofísico .....	25
3.2.1 Dados Utilizados .....	25
3.3 Interpretação Aerogeofísica Qualitativa.....	25
3.3.1 Magnetometria .....	26
3.3.1.1 Campo magnético total .....	26
3.3.1.2 Sinal analítico .....	27
3.3.1.3 Primeira derivada .....	27
3.3.2 Gamaespectrometria.....	28
3.3.3 Mapas de interpretação aerogeofísica de dados magnetométricos e gamaespectrométricos .....	30
4 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.....	33
4.1 Considerações Iniciais.....	33
4.2 Terreno Apiaí.....	33
4.2.1 Supergrupo Açungui.....	33
4.2.1.1 Grupo Votuverava .....	33
4.2.1.2 Sequência Serra das Andorinhas .....	38
4.3 Terreno Curitiba.....	39
4.3.1 Complexo Atuba .....	39
4.3.1.1 Gnaiss Bandado Barra do Azeite (PP2ba) .....	40
4.3.1.2 Augengnaiss Pindaúva do Meio (PP2pdm).....	42
4.3.2 Formação Turvo-Cajati (NPtc).....	42
4.3.2.1 Unidade de Filito (NPtcf) .....	42
4.3.2.2 Unidade de Micaxisto (NPtcx).....	43
4.3.2.3 Unidade Paragnáissica (NPtcp).....	43
4.3.3 Bacias do estágio de transição Proterozoico-Fanerozoico (“bacias molassoides”)...	45
4.3.3.1 Formação Indaiatuba (NP3id) .....	45
4.3.3.2 Formação Quatis (NP3ε1q) .....	45
4.4 Terreno Luís Alves .....	46
4.4.1 Complexo Serra Negra .....	46
4.4.1.1 Gnaiss Granulítico (A4sngg).....	47
4.4.1.2 Gnaiss Anfibolítico (A4snga) .....	48
4.4.1.3 Gnaiss Granítico (A4sng) .....	49
4.4.1.4 Litogeoquímica .....	50
4.4.1.5 Geocronologia.....	56
4.4.2 Formação Rio das Minas (PRrm) .....	57
4.4.2.1 Unidade de Ardósia e Filito (PRrmaf) .....	57
4.4.2.2 Unidade de Granada-Micaxisto (PRrmx) .....	58

4.4.2.3	Unidade de Paragneisse (PRrmp)	58
4.5	Terreno Paranaguá	58
4.5.1	Complexo São Francisco do Sul (PP2sfs)	58
4.6	Magmatismo Neoproterozoico	58
4.6.1	Granito Serra do Ipiranguinha (NP3γsi)	58
4.6.2	Granito Agudos Grandes (NP3γ1ag)	62
4.6.3	Granito Alto Jacupiranguinha (NP3γ1aj)	62
4.6.4	Suíte Intrusiva Rio Cachorro (NP3γrch)	65
4.6.5	Suíte Intrusiva Itapeúna (NP3γ1it)	65
4.6.5.1	Biotita-Granito Porfírico Cinza (NP3γ1itgp)	66
4.6.5.2	Turmalina-Granito (NP3γ1ittg)	66
4.6.5.3	Litogeoquímica	67
4.6.5.4	Geocronologia	67
4.6.6	Suíte Intrusiva Graciosa	70
4.6.6.1	Granito Alto Turvo (NP3γ3atu)	71
4.6.6.2	Granito Rio Guaraú (NP3γ3rg)	71
4.6.6.3	Granito Mandira (NP3γ3md)	73
4.6.6.4	Litogeoquímica dos plútons da Suíte Intrusiva Graciosa	75
4.6.7	Granito Barra do Braço (NP3γ3bb)	75
4.6.8	Granito Córrego Arrelá (NP3γ3ar)	75
4.6.9	Granito Votupoca (NP3γ3v)	79
4.7	Magmatismo Mesozoico	79
4.7.1	Suíte Intrusiva Jacupiranga (K1λja)	80
4.7.1.1	Silexito (K1λjasx)	81
4.7.1.2	Fenito sienítico (K1λjafs)	81
4.7.1.3	Olivina-monzonito (K1λjaom)	81
4.7.1.4	Diorito (K1λjadi)	81
4.7.1.5	Carbonatito (K1λjaca)	81
4.7.1.6	Ijolito (K1λjai)	82
4.7.1.7	Magnetita-clinopiroxenito, melteigito e flogopita-nefelina-clinopiroxenito (K1λjap e K1λjanp)	82
4.7.1.8	Dunito (K1λjad)	82
4.7.1.9	Gabro Itapuvucu (K1λit)	83
4.8	Sedimentação Cenozoica	83
4.8.1	Formação Pariquera-Açu (N1pq)	83
4.8.2	Depósitos aluvionares (Q2a)	84
<b>5</b>	<b>GEOLOGIA ESTRUTURAL</b>	<b>85</b>
5.1	Terreno Apiaí	85
5.1.1	Grupo Votuverava	85
5.1.2	Sequência Serra das Andorinhas	85
5.2	Terreno Curitiba	87
5.2.1	Complexo Atuba	87
5.2.2	Formação Turvo-Cajati	88
5.2.3	Suíte Itapeúna	91
5.3	Terreno Luís Alves	91
5.3.1	Complexo Serra Negra	91
<b>6</b>	<b>RECURSOS MINERAIS</b>	<b>93</b>
6.1	Metais Nobres	98
6.1.1	Ouro	98
6.1.2	Prata	98
6.2	Metais Ferrosos	98
6.2.1	Ferro	98
6.3	Metais Não Ferrosos e Semimetais	99

6.3.1 Cobre.....	99
6.3.2 Chumbo.....	99
6.3.3 Manganês.....	99
6.3.4 Níquel.....	99
6.3.5 Zinco.....	100
6.4 Rochas e Minerais Industriais.....	100
6.4.1 Ardósia.....	100
6.4.2 Areia.....	100
6.4.3 Argila.....	100
6.4.4 Brita.....	100
6.4.5 Cascalho.....	100
6.4.6 Columbita e cassiterita.....	100
6.4.7 Dolomito e mármore.....	100
6.4.8 Fluorita.....	101
6.4.9 Granito.....	101
6.4.10 Quartzito.....	101
6.4.11 Saibro.....	101
6.4.12 Sulfetos.....	101
6.4.13 Talco.....	101
6.5 Complexo Alcalino de Jacupiranga.....	101
<b>7 GEOQUÍMICA PROSPECTIVA.....</b>	<b>103</b>
7.1 Métodos.....	104
7.1.1 Generalidades.....	104
7.1.2 Métodos de campo.....	104
7.1.3 Métodos analíticos.....	104
7.1.3.1 Sedimentos de corrente.....	104
7.1.3.2 Concentrados de bateia.....	104
7.2 Tratamento dos Dados e Resultados.....	104
7.2.1 Sedimentos de corrente.....	104
7.2.1.1 Estudo de variância.....	105
7.2.1.2 Sumário dos estimadores.....	106
7.2.1.3 Histogramas e tipos de distribuição.....	109
7.2.1.4 Correlações e análise de agrupamentos.....	113
7.2.1.5 Distribuição dos elementos e cálculo das anomalias.....	115
7.2.2 Concentrados de bateia.....	115
7.2.2.1 Destaques mineralógicos.....	117
7.3 Mapa Geoquímico.....	117
7.4 Conclusões e Recomendações.....	118
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>119</b>
<b>9 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>121</b>



**PROJETO GEOLOGIA E RECURSOS MIN-  
ERAIS DA FOLHA ELDORADO PAULISTA  
ESTADOS DE SÃO PAULO E PARANÁ**

---





# 1 – INTRODUÇÃO

A Folha Eldorado Paulista (SG.22-X-B-VI) abrange a porção extremo-sul do estado de São Paulo (SP) e uma pequena parte do leste do estado do Paraná (PR). Limitada pelos meridianos 48°30'W e 48°00'W e paralelos 24°30'S e 25°00'S, totaliza cerca de 2.800 km<sup>2</sup> de superfície. A região da folha é drenada pelos rios Ribeira e Turvo, abrangendo parte dos municípios paulistas de Eldorado Paulista, Jacupiranga, Cajati, Cananeia, Iporanga, Barra do Turvo, e parte do município paranaense de Guaraqueçaba. O principal acesso viário é pela Rodovia Régis Bittencourt (BR-116), que liga a cidade de São Paulo à região sul brasileira (Figura 1.1).

A economia da região baseia-se na agricultura e pecuária, em propriedades de pequeno a médio porte, e na mineração (notadamente, fosfato e calcário para cimento), além do comércio urbano. Nesse cenário, destacam-se o ecoturismo e o turismo de aventura, que começam a se estruturar na região.

A região da Folha Eldorado Paulista, bem como das folhas adjacentes, constitui uma das áreas brasileiras mais intensamente estudadas, do ponto de vista geológico, desde o final do século XIX, em decorrência de sua potencialidade para ouro, chumbo, zinco, prata e outros metais-base, além de bens não metálicos. Entretanto, tais informações, coletadas por diversas instituições, em escalas diferenciadas e com objetivos diferentes, geraram um acervo de dados heterogêneo, fragmentário e

desconexo, além de não terem sido disponibilizadas ao público de forma ampla e irrestrita. Acrescente-se a isso o fato de a maioria dessas informações encontrar-se desatualizada em um período de tempo superior a 20 anos.

Ressalta-se que parte significativa da folha é recoberta por matas protegidas pelo antigo Parque Estadual de Jacupiranga (São Paulo), atualmente desmembrado nos parques do Rio Turvo, Caverna do Diabo e do Lagamar de Cananeia, correspondendo a uma das maiores extensões de Mata Atlântica do estado de São Paulo e a uma vasta região anteriormente com quase nenhuma informação do meio físico.

Em termos geológicos, a região representa uma área-chave no contexto tectônico regional, onde ocorre a articulação entre o fragmento cratônico Luís Alves e os domínios Apiaí, Curitiba e Paranaguá do Cinturão Ribeira Meridional.

O trabalho ora apresentado traz homogeneização de informações e atualização geológica de acordo com novos conhecimentos, além de novos levantamentos geoquímicos prospectivos. Os resultados alcançados e sintetizados neste relatório passam a fazer parte do SIG geológico final e do sistema de bancos de dados geológicos corporativo da CPRM/SGB (GEOBANK), estando disponibilizados ao público de forma irrestrita.

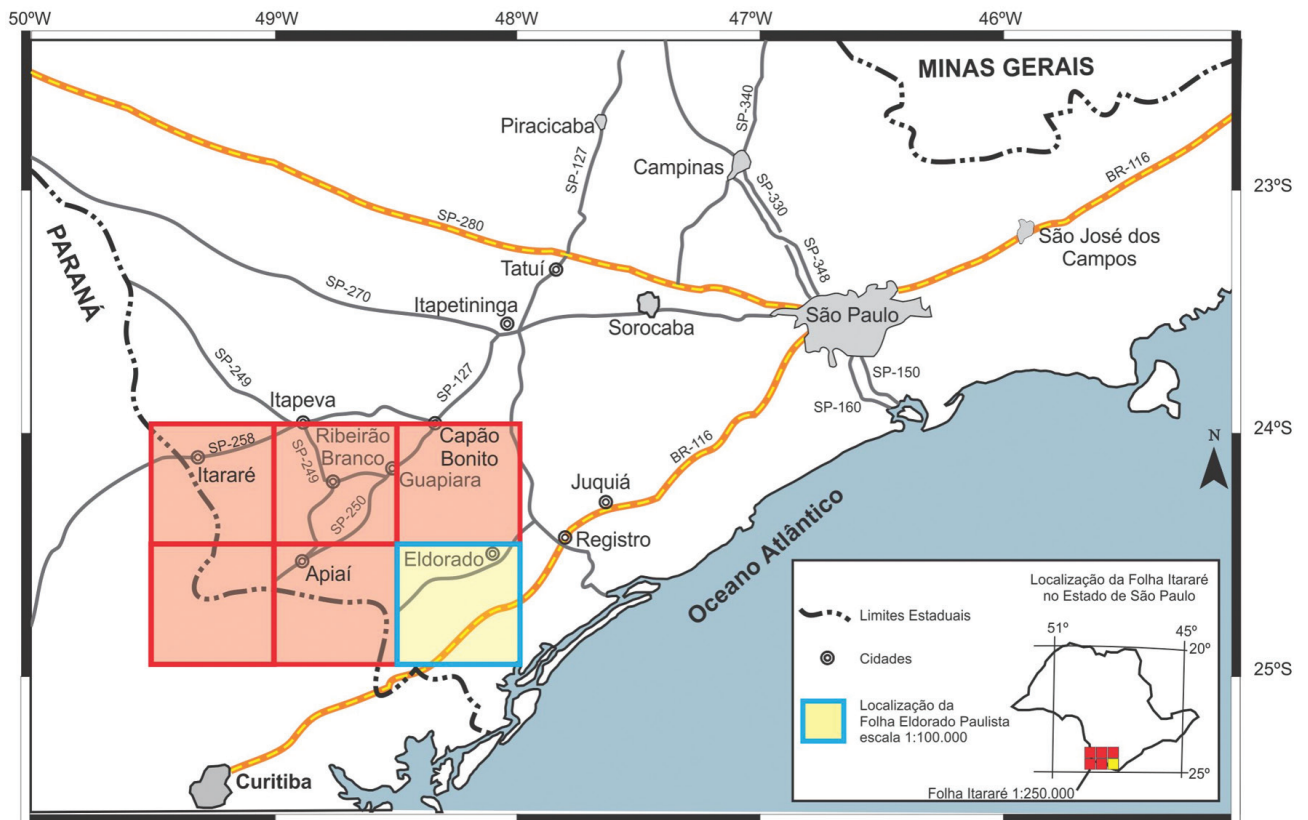


Figura 1.1 – Principais acessos rodoviários para a área da folha Eldorado Paulista (SG.22-X-B-VI) e sua articulação em relação às cartas em escala 1:100.000 que compõem a folha Itararé (escala 1:250.000).

## **2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL**

A Folha Eldorado Paulista encontra-se inserida na porção meridional do Cinturão Ribeira (ALMEIDA et al., 1973), integrante da Província Mantiqueira (ALMEIDA et al., 1977, 1981) (Figura 2.1), sendo constituída, predominantemente, por rochas pré-cambrianas, com menor ocorrência de rochas intrusivas mesozoicas e unidades sedimentares fanerozoicas.

O Cinturão Ribeira compreende um largo segmento crustal paralelo à linha costeira do sudeste brasileiro (Figura 2.1), tendo sido amalgamado, deformado e metamorfozido durante a Orogenia Brasileiro-Pan-Africana (Neoproterozoico ao início do Paleozoico). Consiste em um complexo orógeno colisional, relacionado às colisões oblíquas entre os crátons Paranapanema, São Francisco e Congo e à consolidação do continente Gondwana Ocidental (BRITONEVES et al., 1999; CAMPANHA e BRITONEVES, 2004; FUCK et al., 2008). Atualmente, reconhece-se no Cinturão Ribeira a presença de diversos blocos retrabalhados de origens distintas, incluindo rochas antigas de embasamento alóctones, suítes de rochas vulcanossedimentares mesoproterozoicas e neoproterozoicas e suítes granitoides intrusivas de afinidades diversas.

Dentre as primeiras descrições e relatos geológicos históricos do Vale do Ribeira destacam-se os trabalhos de Derby (1878), Oliveira (1916, 1925, 1927), Moraes Rego (1933), Leonardos (1934, 1941), Carvalho e Pinto (1937), Martins (1938) e Barbosa (1941, 1948).

Propostas de subdivisões estratigráficas iniciam-se nas décadas de 1950, na porção paranaense (BIGARELLA e SALAMUNI, 1956a, 1956b, 1958a, 1958b; MARINI et al., 1967), e de 1970, na porção paulista (ALGARTE et al., 1974; MORGENTAL et al., 1975; SILVA et al., 1977, 1978).

Mapeamentos sistemáticos em escalas regionais (ALGARTE et al., 1974; CAMPANHA et al., 1988; SILVA et al., 1981; SILVA e ALGARTE, 1981a, 1981b) e de semidetalhe (CAMPANHA et al., 1985; MMAJ-JICA, 1981, 1982, 1983; VASCONCELOS et al., 1999) foram realizados, principalmente, entre as décadas de 1980 e 1990, bem como trabalhos acadêmicos ligados a universidades, resultando em notável avanço no conhecimento geológico da região.

Em termos de interpretações geotectônicas, os trabalhos regionais realizados na área de estudo

classicamente apresentavam um enfoque de certa maneira fixista, onde se tentava correlacionar as diversas sequências de rochas metassedimentares e gnáissicas separadas por zonas de cisalhamento (ver discussões em Faleiros, 2008). Conceitos modernos de tectônica de placas foram aplicados a partir do final da década de 1980 (BASEI et al., 1992; CAMPANHA, 1991; CAMPANHA e SADOWSKI, 1999; CAMPANHA et al., 1987; FASSBINDER, 1996; REIS NETO, 1994; SIGA JÚNIOR, 1995; SOARES, 1987, 1988; VASCONCELOS et al., 1999), embora nesses trabalhos, geralmente, se assumia que as relações espaciais atualmente observadas entre diferentes domínios tectônicos implicam relações genéticas e geográficas originais preservadas ou parcialmente preservadas.

No século XX, as unidades geológicas presentes na porção meridional do Cinturão Ribeira passaram a ser reinterpretadas segundo a concepção de terrenos tectonoestratigráficos (suspeitos e exóticos) (CONEY et al., 1980; HOWELL, 1995; JONES et al., 1983; MCWILLIAMS e HOWELL, 1982; SCHERMER et al., 1984), na qual um terreno constitui uma entidade geológica de extensão regional limitada por falhas e caracterizada por uma história geológica totalmente desvinculada da evolução de unidades adjacentes em períodos anteriores à justaposição entre elas. O principal conceito embutido no termo ‘terreno’ relaciona-se ao fato de que há incertezas com respeito às relações paleogeográficas originais entre duas ou mais unidades geológicas adjacentes, ou entre um terreno e um cráton adjacente (HOWELL, 1995). Um terreno composto seria formado pela colagem entre dois ou mais terrenos, cada qual com histórias geológicas distintas anteriores à colagem (HOWELL, 1995). Heilbron et al. (2004), Campanha e Faleiros (2005) e Faleiros (2008) são pioneiros na aplicação desse modelo para a região em apreço.

Segundo Faleiros (2008), a região da Folha Eldorado Paulista compreende, de norte para sul, os terrenos compostos Apiaí, Curitiba, Luís Alves e Paranaguá (Figura 2.2). No presente trabalho, a Folha Eldorado Paulista foi compartimentada segundo essa proposição.

O Terreno Apiaí (Figura 2.2) compreende sequências de rochas supracrustais, de baixo a médio grau metamórfico, originalmente designadas como Grupo Açungui e, posteriormente, elevadas

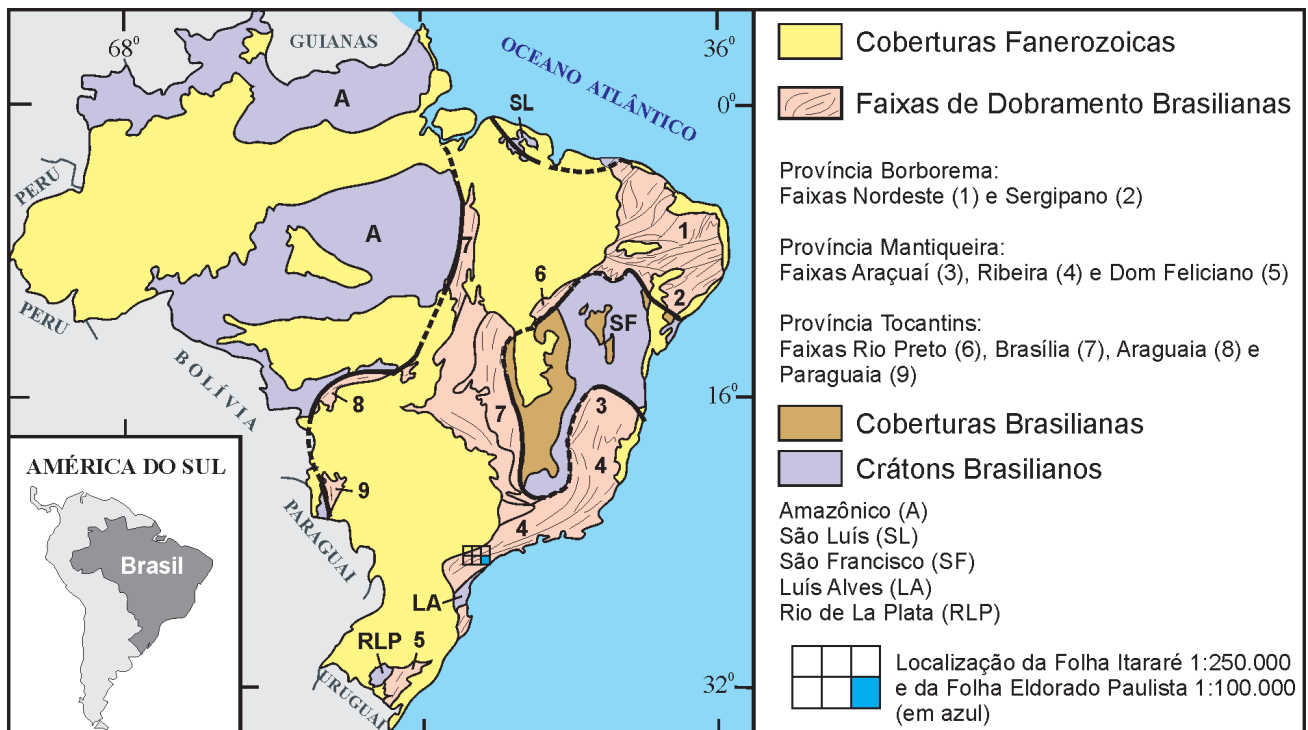


Figura 2.1 – Compartimentação tectônica do território brasileiro (com localização da folha Eldorado Paulista, escala 1:100.000).

Fonte: Adaptado de Schobbenhaus et al. (1984).

à categoria de supergrupo (CAMPANHA, 1991; CAMPANHA e SADOWSKI, 1999). Contudo, dados geocronológicos obtidos recentemente (BASEI et al., 2003, 2008; CAMPANHA et al., 2008a, 2008b, 2010; FALEIROS, 2008; FALEIROS et al., 2011; HACKSPACHER et al., 2000; SIGA JÚNIOR et al., 2009, 2011; WEBER et al., 2004) e novas interpretações indicam que essa unidade compreende uma associação de terrenos distintos de idades calimiana (ca. 1450-1500Ma: Grupo Votuverava e Formação Água Clara), toniana (ca. 910-1030 Ma: parte do Grupo Itaiococa) e ediacarana (ca. 630-580 Ma: Formação Iporanga, parte do Grupo Itaiococa), além de terrenos de idade de sedimentação ainda pouco estabelecida (Grupo Lajeado e Sequência Serra das Andorinhas), acrescidos durante a Orogenia Brasiliano-Pan-Africana (CAMPANHA e FALEIROS, 2005; FALEIROS, 2008). Rochas de embasamento consistem em associações de ortognaisses migmatíticos e miloníticos estaterianos (ca. 1750-1800 Ma) (CURY et al., 2002; PRAZERES FILHO et al., 2003; RIBEIRO, 2006) aflorantes, principalmente, no núcleo de algumas estruturas antiformais restritas.

O Terreno Curitiba (Figura 2.2) compreende ortognaisses migmatíticos de idade riaciana (ca. 2100-2200 Ma) (SATO et al., 2001, 2003, 2009; SIGA JÚNIOR, 1995; SIGA JÚNIOR et al., 1995, 2007) do Complexo Atuba, interpretado como uma faixa móvel

paleoproterozoica retrabalhada no Neoproterozoico, e duas unidades supracrustais de idades máximas de sedimentação no Ectasiano (ca. 800-700 Ma), sendo uma de baixo grau (Formação Capiru) e outra de médio a alto grau metamórfico (Formação Turvo-Cajati).

O Terreno Luís Alves (Figura 2.2) representa a única exposição cratônica (em relação à Orogenia Brasiliano-Pan-Africana) na porção meridional do Cinturão Ribeira. Consiste em rochas gnáissico-granulíticas arqueanas a paleoproterozoicas (ca. 2720-2000 Ma) (BASEI et al., 1998; HARARA, 2001; HARTMANN et al., 2000; SIGA JÚNIOR et al., 1993, 1995), de composição predominantemente básica a intermediária, denominadas na região por Complexo Serra Negra (SILVA et al., 1981).

O Terreno Paranaguá compreende uma faixa alongada segundo direção nordeste, com 250 km de extensão e 30 km de largura, composta, em sua maior parte, por uma suíte ígnea granítica ediacarana (CURY, 2009). As encaixantes são representadas por rochas gnáissico-migmatíticas riacianas, pertencentes ao Complexo São Francisco do Sul, e rochas metassedimentares, de baixo a alto grau, de idade de sedimentação desconhecida da Formação Rio das Cobras (CURY, 2009). Os gnaisses do Complexo São Francisco do Sul apresentam zircões formados do Ediacarano ao Ordoviciano (ca. 625-480 Ma), interpretados como relacionados



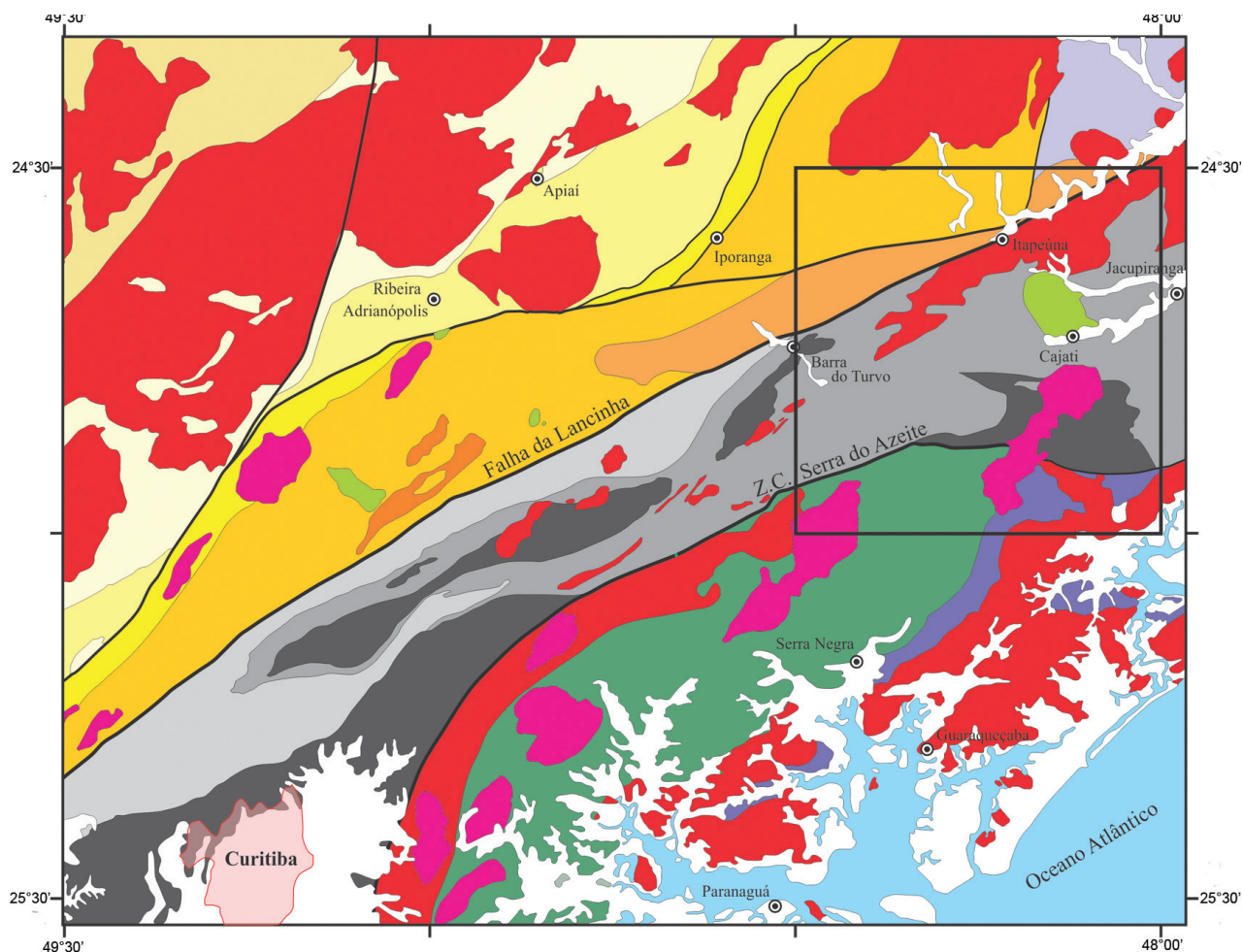


Figura 2.2 – Mapa tectônico simplificado, mostrando as relações entre o fragmento cratônico Luís Alves (domínio Luís Alves) e os domínios Apiaí, Curitiba e Paranaguá integrantes do cinturão Ribeira.

Fonte: Modificado de Faleiros (2008).

Nota: O retângulo na região leste do mapa corresponde à folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000).

a eventos de metamorfismo de alto grau e migmatização (CURY, 2009).

Suítes graníticas neoproterozoicas (principalmente, ediacaranas) intruíram o conjunto dos três terrenos compostos, embora diferenças significa-

tivas tenham sido observadas entre as assinaturas geoquímicas das suítes presentes internamente em cada domínio (Figura 2.2). No Terreno Apiaí predomina magmatismo calcalcalino de alto potássio representado, principalmente, por três grandes batólitos posicionados segundo direção nordeste:

Cunhaporanga, Três Córregos e Agudos Grandes (JANASI et al., 2001; LEITE et al., 2007a, 2007b; PRAZERES FILHO, 2001, 2005; PRAZERES FILHO et al., 2003). No Terreno Curitiba ocorrem batólitos e diversos *stocks* de muscovita-biotita-leucogranito peraluminoso, além de suítes calcialcalinas, ambos ainda muito pouco estudados (FALEIROS, 2008). O magmatismo neoproterozoico do Terreno Luís Alves é representado por intrusões de granitos e sienitos tipo-A agrupados na Província Graciosa (GUALDA e VLACH, 2007a, 2007b, 2007c; VLACH e GUALDA, 2007), anteriormente denominada Suíte Serra do Mar (KAUL, 1984).

O magmatismo mesozoico na região estudada é caracterizado por diques e *stocks* de rochas básico-alcalinas, destacando-se o enxame de diques de Guapiara (ALGARTE, 1972; FERREIRA et al., 1981), além de diversas intrusões ultrabásico-alcalinas, como o Maciço Carbonatítico de Jacupiranga (GASPAR, 1989).

Unidades sedimentares fanerozoicas são representadas por depósitos cenozoicos da Formação Pariqueira-Açu (BIGARELLA e MOUSINHO, 1965; MELO, 1990) na região restrita à calha do rio Ribeira e rede de drenagens subsidiárias, além de depósitos aluvionares.

## 3 – GEOFÍSICA

### 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A aerogeofísica é o método de aquisição de dados geofísicos por meio de levantamentos aéreos. Para reconhecimentos geológicos, é comum equipar-se a aeronave com sensores magnéticos e gamaespectrométricos multicanal, além de equipamentos para registros digitais das medidas geofísicas e controle de navegação.

### 3.2 LEVANTAMENTO AEROGEOFÍSICO

Os dados aerogeofísicos disponíveis para a região são originados do Projeto Aerogeofísico Paraná-Santa Catarina (1095), iniciado no ano de 2009 e finalizado em 2011. A área de cobertura do referido projeto e a área da Folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000) são apresentadas na Figura 3.1.

#### 3.2.1 DADOS UTILIZADOS

No Projeto Aerogeofísico Paraná-Santa Catarina (1095), as linhas de voo apresentam direção N-S, com espaçamento de 500 m entre elas, e linhas de controle espaçadas de 5 km, com direção E-W. Os

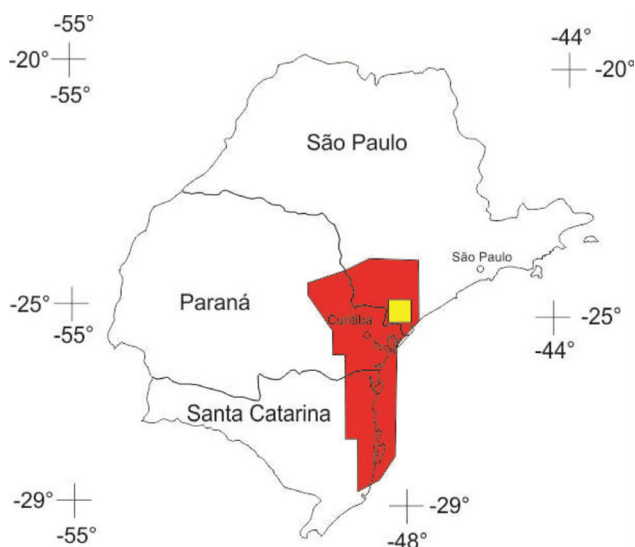


Figura 3.1 – Área do levantamento do projeto aerogeofísico Paraná-Santa Catarina (1095) (em vermelho no mapa).

Nota: No detalhe, em amarelo, a localização da folha Eldorado Paulista, escala 1:100.000 (SG.22-X-B-VI).

registros foram obtidos, aproximadamente, a cada 1 segundo para os dados gamaespectrométricos, com 10 leituras por segundo para os dados magnetométricos, sendo a altura de voo de 100 m.

O processamento de dados tem por objetivo a geração de diferentes temas sob a forma de *grids*, que são elaborados de acordo com a necessidade de utilização das informações aerogeofísicas. As dimensões desses *grids* obedecem a limitações que são estabelecidas mediante parâmetros do levantamento aéreo.

Na geração dos *grids* utilizou-se o *software* Oasis Montaj (versão 7.3), da Geosoft, adotando-se para os diversos temas – magnetométrico e gamaespectrométrico – as dimensões de 250 x 250 m. Os mapas gerados foram os seguintes:

- Magnetométricos: Campo magnético residual (nT – nanoTesla), primeira derivada vertical (nT/°) e sinal analítico do campo magnético residual (nT/°).
- Gamaespectrométricos: Contagem total ( $\mu\text{R/h}$  – micro-Roentgen/h), tório (ppm), urânio (ppm), potássio (%), as razões U/Th, U/K, Th/K e composição ternária dos três elementos (U, Th, K).

Neste relatório são apresentadas apenas as imagens dos *grids* de maior importância para os trabalhos de interpretação: magnetométricos (campo magnético total, sinal analítico e primeira derivada) e gamaespectrométricos (tório, urânio, potássio e composição ternária).

Convém citar que, durante os trabalhos de integração geofísica, além dos *grids* reprocessados a partir do arquivo XYZ, utilizaram-se os *grids* gerados no Projeto Brazil Airborne Radiometric Mapping Project (BARMP), uma parceria da CPRM/SGB com o Geological Survey of Canada e a empresa PGW (Paterson, Grant & Watson). Neste projeto, os valores gamaespectrométricos relativos aos elementos Th e U são fornecidos em ppm; para o elemento K, em porcentagem. Os valores do canal da contagem total apresentam-se em  $\mu\text{R/h}$  (micro-Roentgen/h).

### 3.3 INTERPRETAÇÃO AEROGEOFÍSICA QUALITATIVA

A interpretação qualitativa dos dados aerogeofísicos de magnetometria e gamaespectrometria teve



como finalidade auxiliar os trabalhos de atualização da cartografia geológica da Folha Eldorado Paulista (SG.22-X-B-VI), escala 1:100.000.

De modo geral, o estudo restringiu-se à análise de feições geofísicas circunscritas, a partir dos contrastes laterais de propriedades físicas de minerais (susceptibilidade magnética e emissão de radiação gama – elementos Th, U e K) existentes na litologia do terreno. Os sinais físicos são emitidos pelo terreno e registrados por sensores diretamente abaixo da linha do levantamento aerogeofísico.

A partir de tabelas de propriedades físicas das rochas, juntamente com as intensidades e as formas das feições geofísicas obtidas no processamento dos dados aéreos (imagens dos *grids*), sugere-se a existência de determinados tipos litológicos ou estruturas geológicas nos terrenos.

Dessa forma, obteve-se, preliminarmente, um mapa litoestrutural (geológico), utilizando-se apenas os dados geofísicos.

A interpretação geofísica qualitativa foi e deve ser inicialmente realizada de maneira independente das informações geológicas disponíveis, pois, assim,

evita-se a influência das primeiras durante a análise dos dados aerogeofísicos.

### 3.3.1 MAGNETOMETRIA

Os mapas magnetométricos foram os que mais contribuíram com informações relacionadas à geologia estrutural da área, tornando-se úteis para definição do arcabouço tectonoestrutural da região.

#### 3.3.1.1 CAMPO MAGNÉTICO TOTAL

No mapa de campo magnético total reduzido do International Geomagnetic Reference Field (IGRF) da região da Folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000) (Figura 3.2), nota-se uma característica comum a esse tipo de mapa, que é a bipolaridade. Esta nada mais é que a existência de valores positivos (em vermelho) associados a valores negativos (em azul), representando um único corpo magnético. Algumas dessas bipolaridades foram demarcadas por círculos pontilhados e representam anomalias magnéticas do campo total geradas por corpos magnetizados.

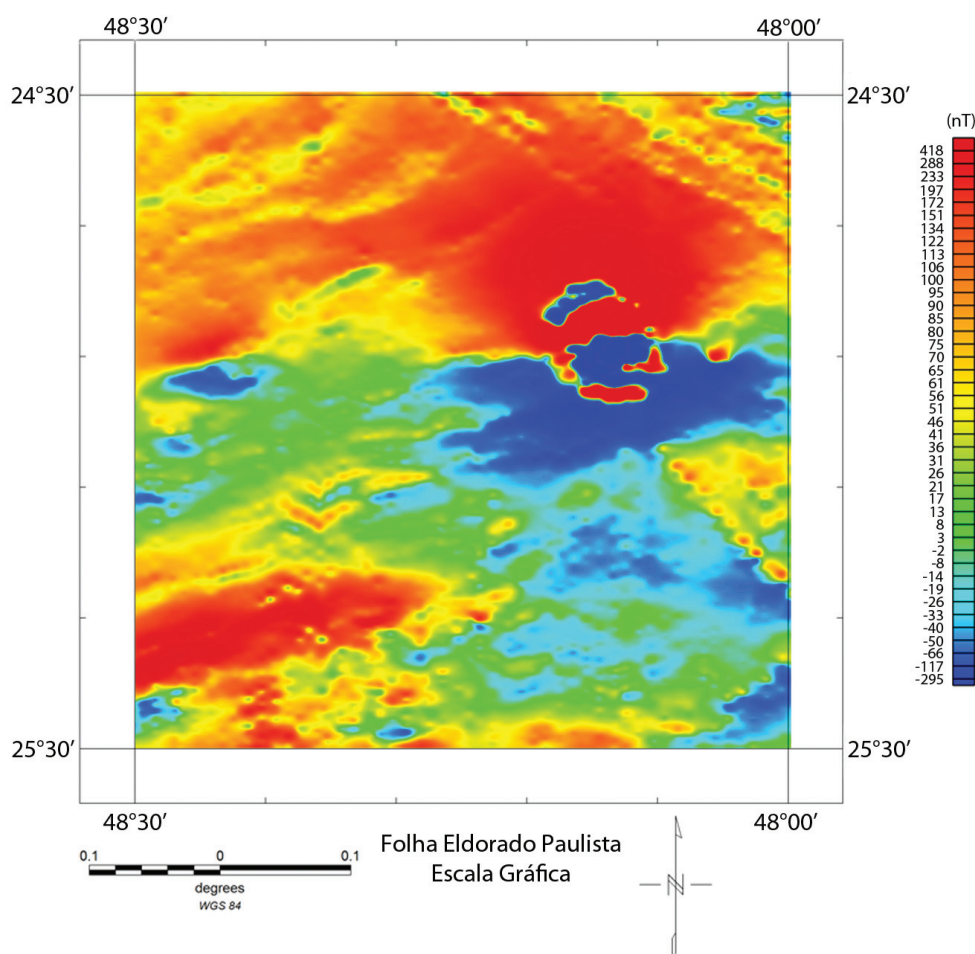


Figura 3.2 – Mapa de campo magnético total reduzido do IGRF da região da folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000).

### 3.3.1.2 SINAL ANALÍTICO

De maneira simplificada, a realização do sinal analítico em um mapa de campo magnético total nada mais é que um artifício matemático utilizado para que as anomalias magnéticas que, inicialmente, possuem um caráter bipolar passem a monopolares. Outra utilidade desse método é que a amplitude do sinal é posicionada imediatamente acima dos limites de estruturas/corpos, facilitando a identificação e o posicionamento dos corpos magnéticos ou não magnéticos.

No mapa de sinal analítico do campo magnético total da Folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000)

(Figura 3.3), observa-se predominância de domínios não magnéticos (em azul). No entanto, há um grande corpo magnético localizado no quadrante nordeste da folha e um corpo magnético no quadrante sudoeste da folha, além de diques magnéticos de direção preferencialmente SE-NW na porção nordeste da folha.

### 3.3.1.3 PRIMEIRA DERIVADA

A aplicação da primeira derivada vertical do campo magnético total reduzido do IGRF caracteriza-se por realçar as estruturas magnéticas (falhas/

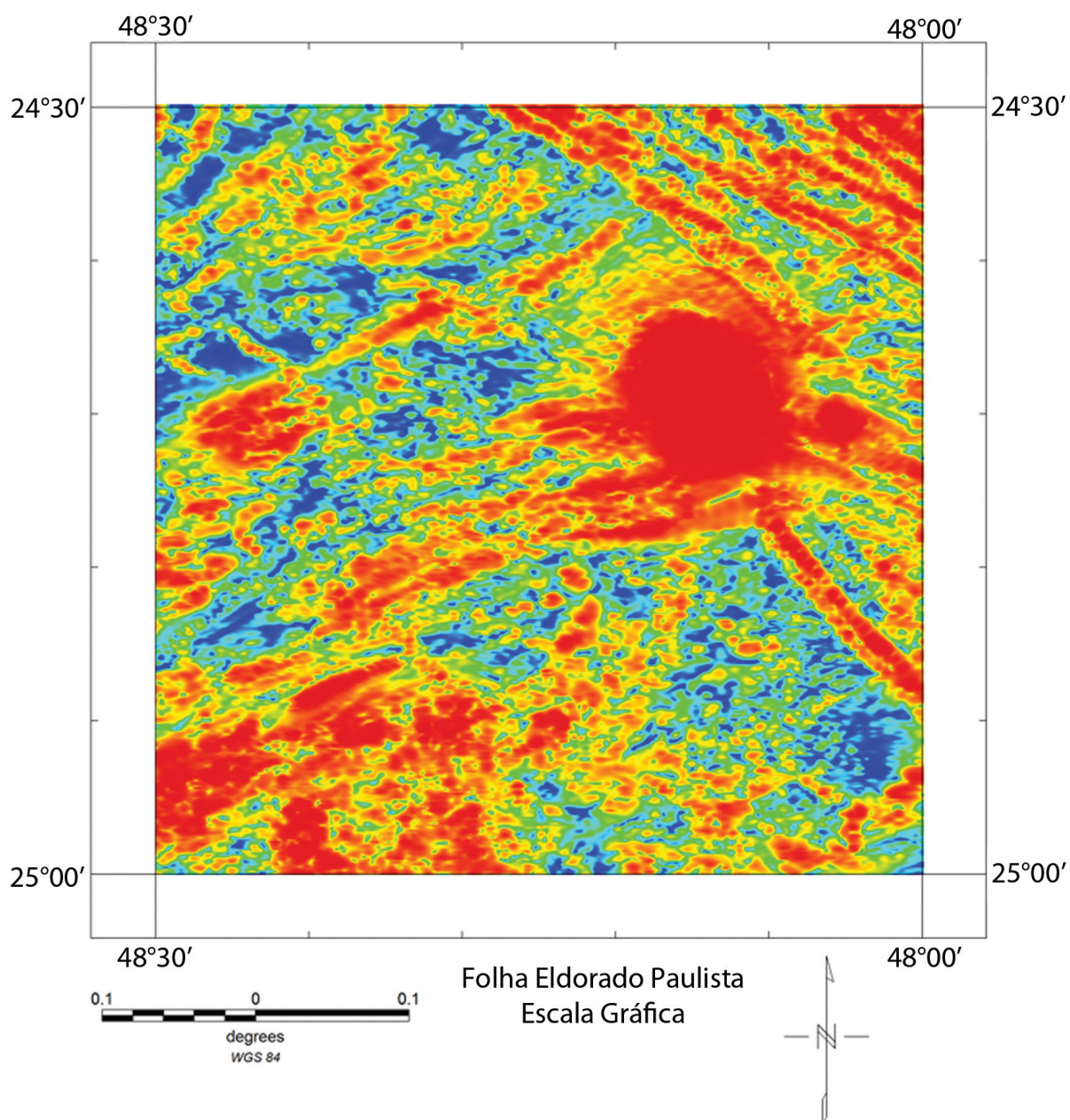


Figura 3.3 – Mapa de sinal analítico do campo magnético total da folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000).  
Nota: As anomalias em vermelho representam valores positivos e, em azul, ausência de magnetização.



fraturas e diques magnéticos) (Figura 3.4). Observa-se que, na área, a predominância de alinhamentos magnéticos associados a falhas/fraturas e diques magnéticos se dá na direção SE-NW; porém, há outros alinhamentos magnéticos perpendiculares cortando o *trend* principal dos alinhamentos magnéticos.

Aparentemente, os lineamentos magnéticos de direção SE-NW podem estar associados a diques magnéticos, enquanto os de direção SW-NE podem estar associados a falhas/fraturas.

### 3.3.2 GAMAESPECTROMETRIA

Os mapas dos radioelementos Th, U e K correspondem à geologia de superfície e representam a distribuição de diferentes rochas e solos aflorantes. Na área do Projeto Aerogeofísico Paraná-Santa Catarina (1095), os níveis radiométricos, inicialmente me-

didados em cps (choques por segundo), estão convertidos para concentrações de U e Th, em ppm, e K, em porcentagem, por meio do método *backcalibration*. A contagem total é expressa, como taxa de exposição, em  $\mu\text{R/h}$  (micro-Roentgen por hora).

É costume considerar-se a gamaespectrometria (ou radiometria) um guia para localizar rochas com radioatividades acima do *background*, como granitoides e rochas alcalinas. Entretanto, é importante lembrar a sua importância, também, nas feições com radiação decrescente ou com baixas emissões de radiação gama, como muitas existentes na área.

Os mapas gamaespectrométricos da Folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000) – contagem total, elementos potássio, tório e urânio e composição ternária dos três elementos – são apresentados nas Figuras 3.5 e 3.6.

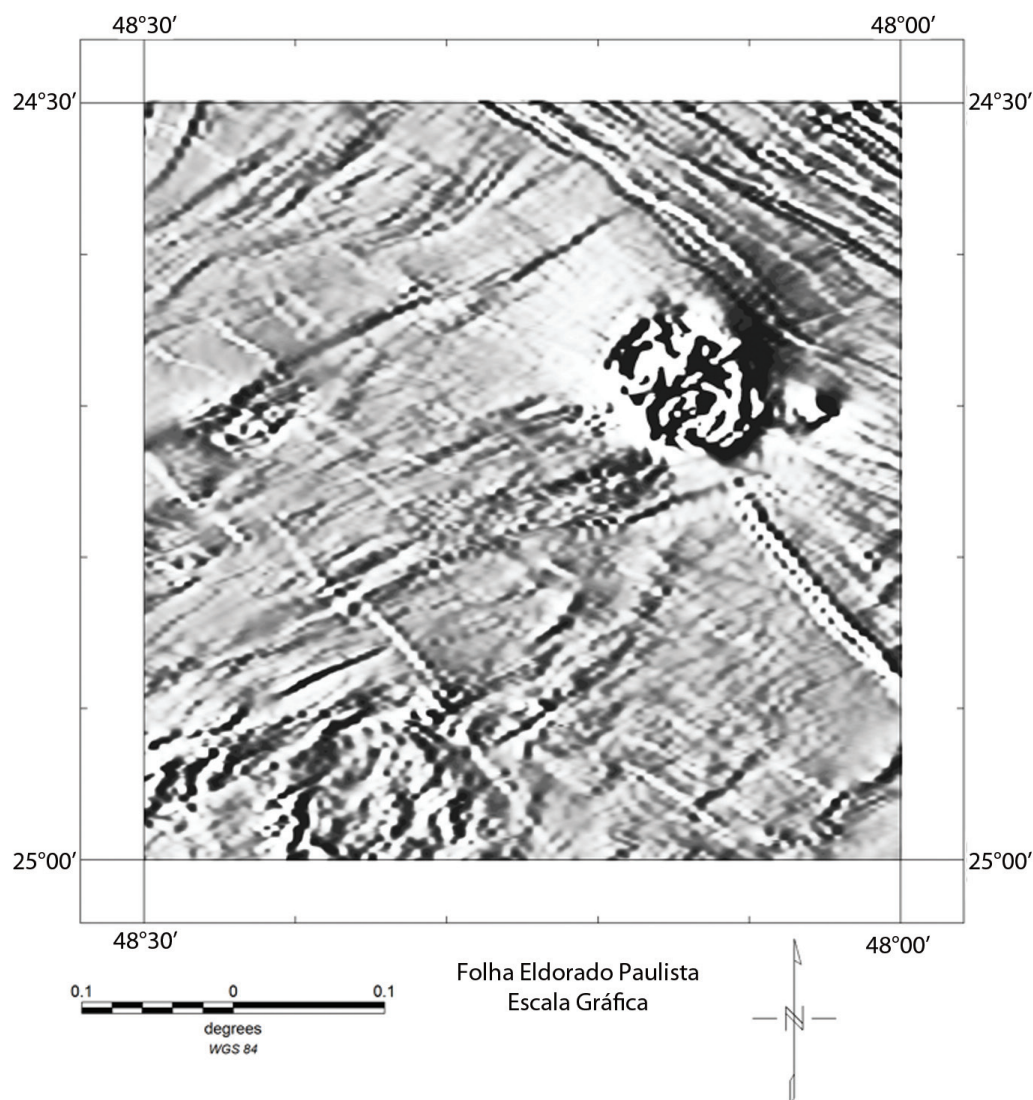


Figura 3.4 – Mapa da primeira derivada vertical do campo magnético total reduzido do IGRF da folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000).

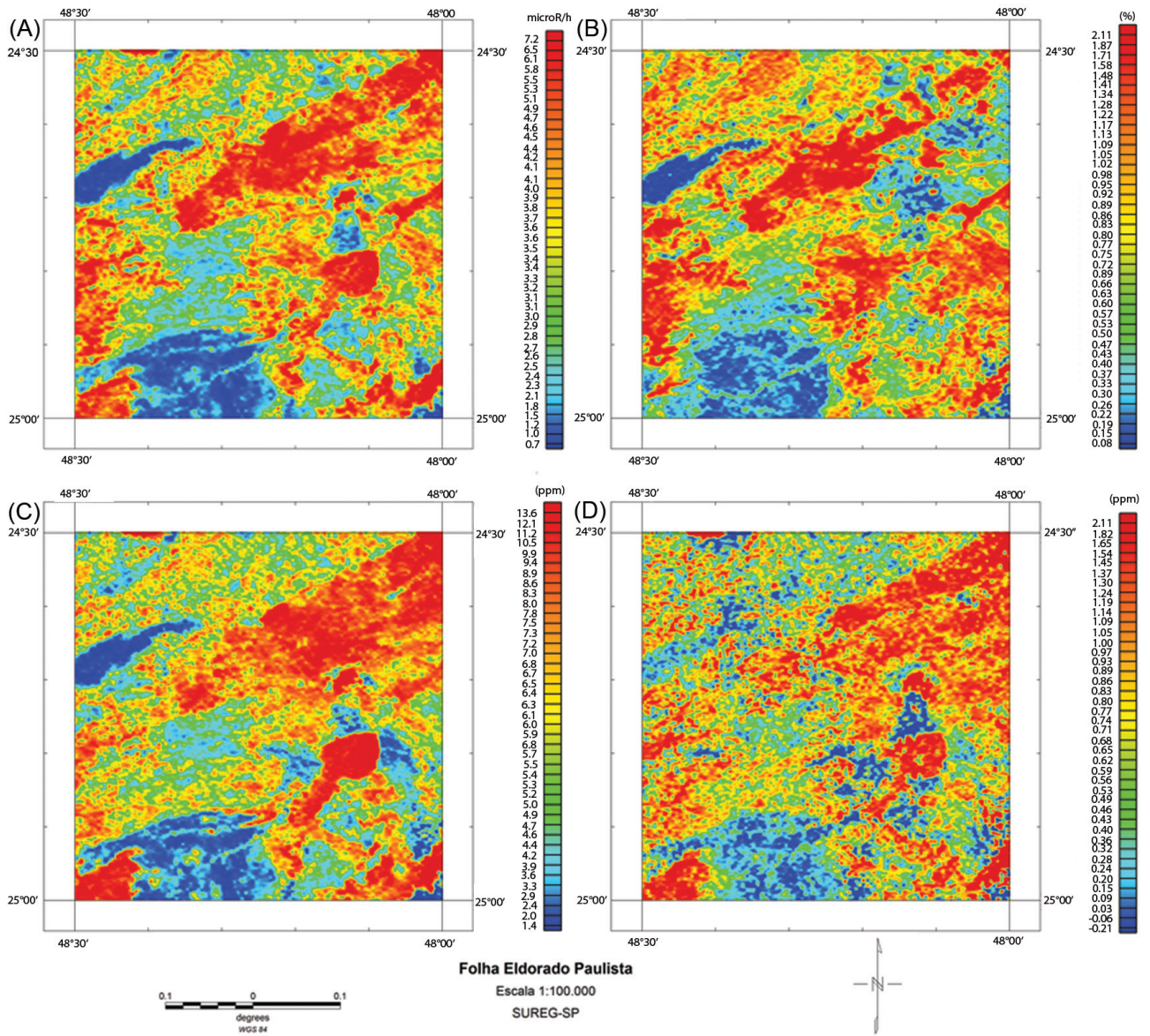


Figura 3.5 – Mapas gamaespectrométricos da folha Eldorado Paulista, escala 1:100.000: (A) contagem total; (B) potássio; (C) tório; (D) urânio.

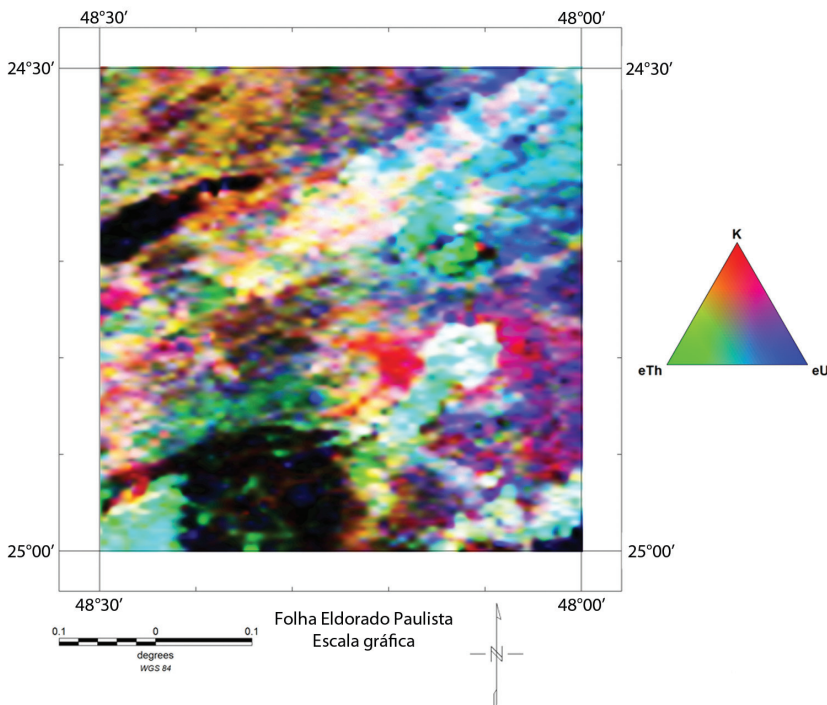


Figura 3.6 – Mapa de composição ternária dos elementos potássio, tório e urânio da folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000).



No geral, os mapas gamaespectrométricos apresentam-se com um índice relativamente alto de radioelementos, especialmente na região centro-sul da folha.

No mapa do elemento tório, destacam-se alguns corpos com alto índice desse elemento: um localizado na região sudoeste da folha, com formato elipsoidal, e outros com formato alongado, de direção SW-NE, na parte sudeste da folha.

O mapa de composição ternária dos elementos radioativos potássio, tório e urânio (Figura 3.6) facilita a visualização integrada dos três elementos. De maneira geral, esse mapa representa uma aproximação da geologia superficial local.

### 3.3.3 MAPAS DE INTERPRETAÇÃO AEROGEOFÍSICA DE DADOS MAGNETOMÉTRICOS E GAMA-ESPECTROMÉTRICOS

Procedendo-se à análise do mapa de primeira derivada vertical do campo magnético total reduzido

do IGRF (Figura 3.4) e traçando os principais alinhamentos, teremos o mapa de alinhamentos magnéticos da região (Figura 3.7).

Utilizando o mapa de sinal analítico do campo magnético total reduzido do IGRF (Figura 3.3), elaborou-se um mapa de domínios magnéticos (Figura 3.8), que indicaria de forma mais abrangente o comportamento magnético das rochas existentes na folha. De maneira geral, a folha é caracterizada por embasamento não magnético, à exceção dos corpos indicados em rosa (Figura 3.8), que seriam magnéticos.

A interpretação aerogeofísica dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos produziu um mapa qualitativo de feições geofísicas baseado nas propriedades geofísicas presentes em cada um dos corpos (Figura 3.9; Quadro 3.1).

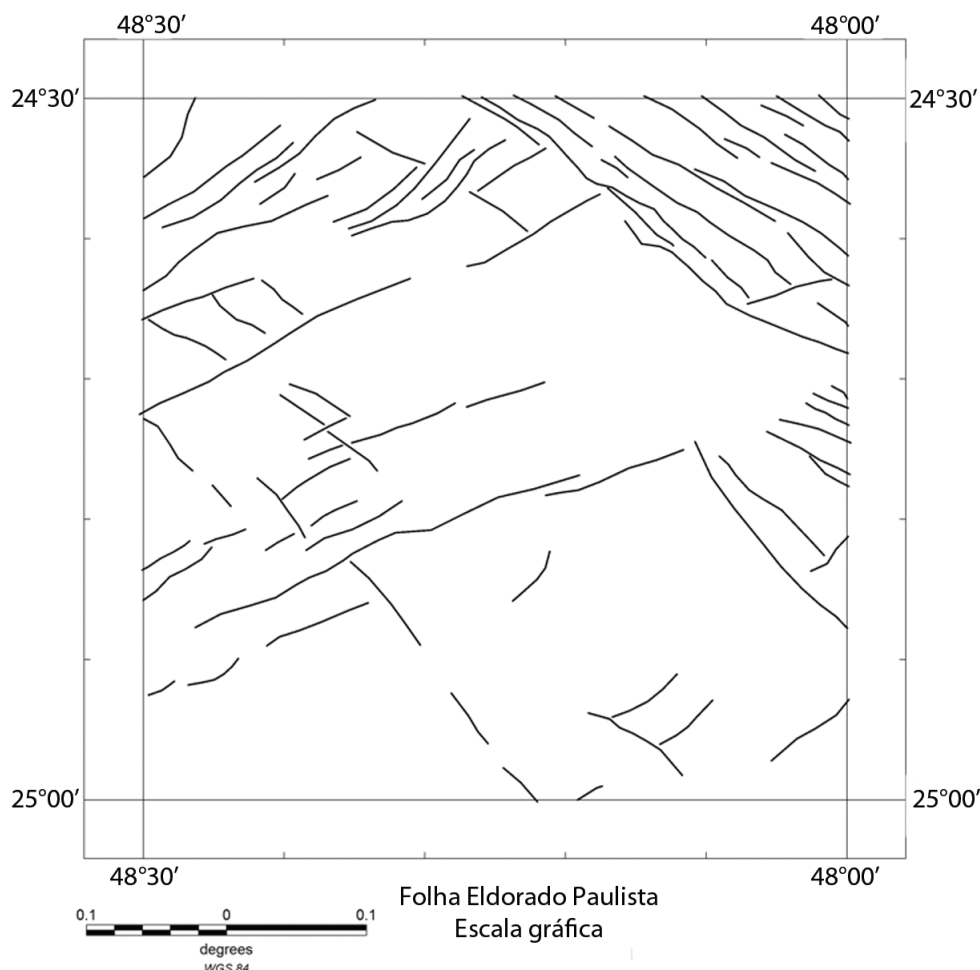


Figura 3.7 – Mapa de alinhamentos magnéticos da folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000).

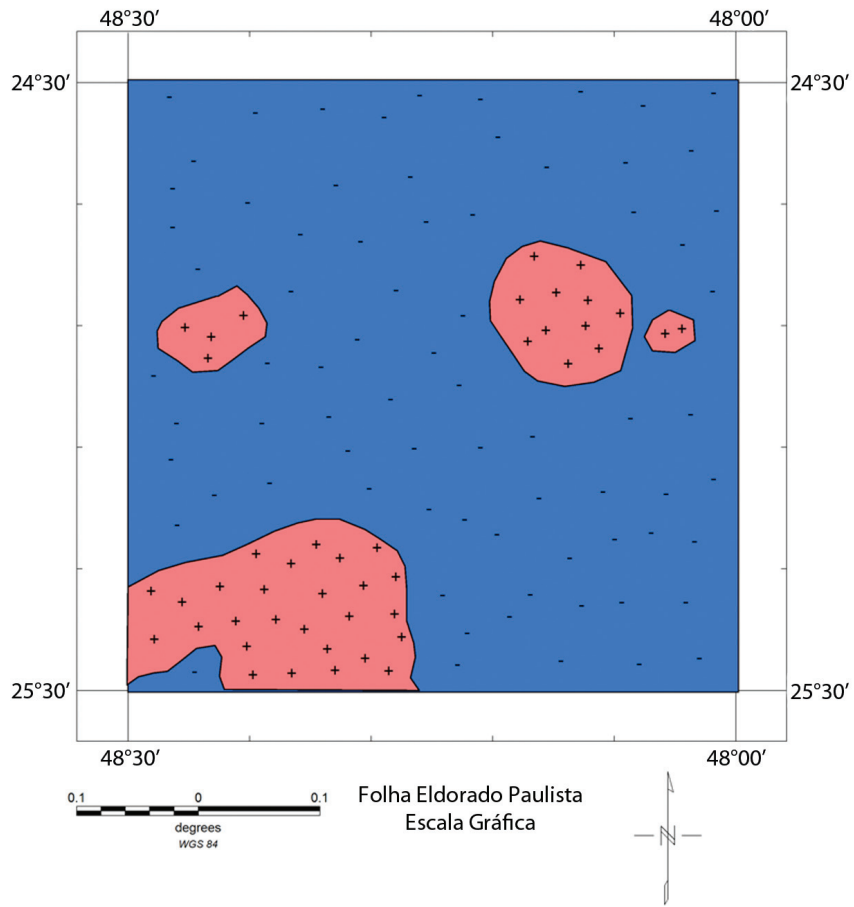


Figura 3.8 – Domínios magnéticos (rosa) e não magnéticos (azul) da folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000).

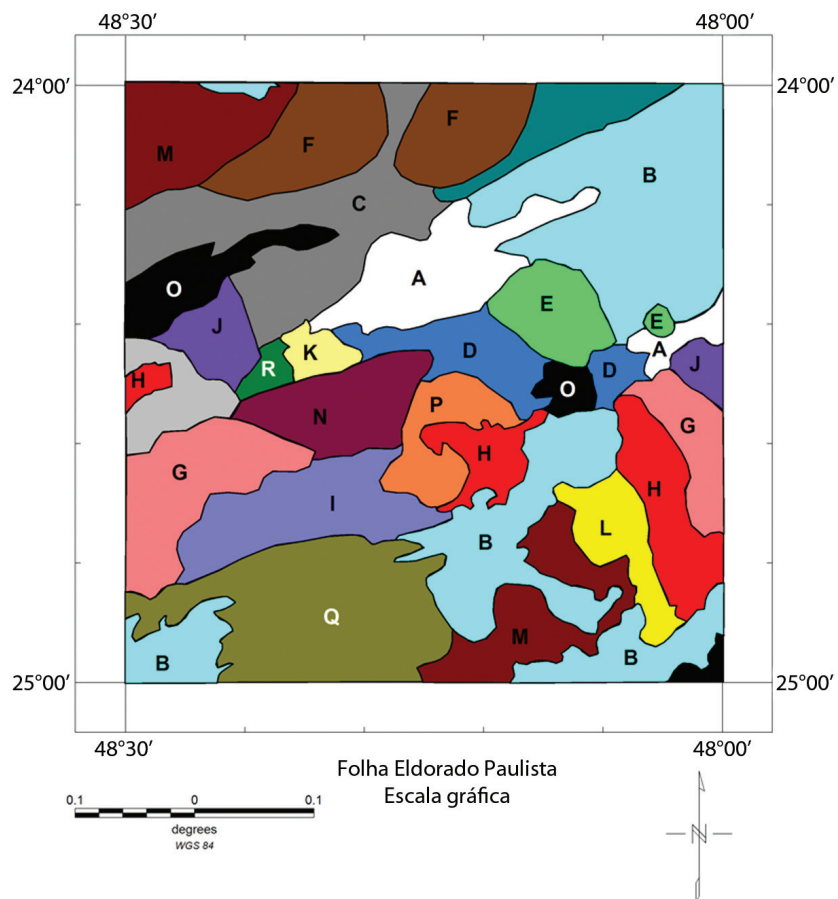


Figura 3.9 – Mapa de interpretação geofísica qualitativa da folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000).

UNIDADE GEOFÍSICA	MAGNETISMO	POTÁSSIO	TÓRIO	URÂNIO
Corpo A	Não magnético	Alto	Alto	Alto
Corpo B	Não magnético	Baixo	Alto	Alto
Corpo C	Não magnético	Médio	Médio	Médio
Corpo D	Magnético	Médio	Alto	Alto
Corpo E	Magnético	Alto	Alto	Alto
Corpo F	Não magnético	Alto	Médio	Médio
Corpo G	Não magnético	Alto	Médio	Alto
Corpo H	Não magnético	Alto	Baixo	Médio
Corpo I	Não magnético	Baixo	Médio	Médio
Corpo J	Magnético	Médio	Médio	Alto
Corpo K	Não magnético	Alto	Alto	Médio
Corpo L	Não magnético	Médio	Alto	Médio
Corpo M	Não magnético	Alto	Baixo	Médio
Corpo N	Não magnético	Baixo	Baixo	Médio
Corpo O	Não magnético	Baixo	Baixo	Baixo
Corpo P	Não magnético	Muito alto	Médio	Médio
Corpo Q	Magnético	Baixo	Baixo	Baixo
Corpo R	Não magnético	Baixo	Alto	Médio

Quadro 3.1 – Propriedades das unidades geofísicas

## **4 - UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**

### **4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

A área de estudo apresenta grande complexidade geológica. Diversas propostas de arranjo estratigráfico foram realizadas com base em trabalhos envolvendo mapeamento geológico e sínteses regionais ver discussões e revisões detalhadas em Campanha (1991) e Fassbinder (1996). Entretanto, os trabalhos geológicos desenvolvidos neste projeto, aliados à integração de grande número de dados geocronológicos, em parte inéditos, obtidos recentemente (BASEI et al., 2003, 2008; CAMPANHA et al., 2008a, 2008b, 2010; CURY, 2009; CURY et al., 2002; FALEIROS, 2008; HACKSPACHER et al., 2000; SIGA JÚNIOR et al., 2009, 2011), permitiram uma reformulação substancial do quadro estratigráfico da Folha Eldorado Paulista (Figura 4.1) e no desenho geológico-estrutural (Figura 4.2).

O critério de separação estratigráfica utilizado para as unidades pré-cambrianas segue a análise de terrenos tectonoestratigráficos segundo Howell (1995), no qual se tenta estabelecer colunas estratigráficas individuais internas para cada domínio tectônico (Figura 4.1). O magmatismo neoproterozoico será descrito em item separado, tendo em vista que ele transcende os limites entre os domínios supracitados.

### **4.2 TERRENO APIAÍ**

O Terreno Apiaí ocupa a porção norte da Folha Eldorado Paulista, sendo limitado, ao sul, pela Falha da Lancinha (Figura 4.3), que o separa do Terreno Curitiba. Compreende unidades de rochas metassedimentares do Grupo Votuverava (Supergrupo Açungui), além de magmatismo granítico brasileiro.

#### **4.2.1 SUPERGRUPO AÇUNGUI**

A elevação do Grupo Açungui à categoria de supergrupo deve-se a Campanha (1991) e a Campanha e Sadowski (1999). Adota-se, neste trabalho, a subdivisão interna proposta por Faleiros et al. (2012) para a folha adjacente (Folha Apiaí).

Na Folha Eldorado Paulista, o Grupo Votuverava e a Sequência Serra das Andorinhas correspondem às únicas unidades do Supergrupo Açungui.

#### **4.2.1.1 GRUPO VOTUVERAVA**

O Grupo Votuverava foi definido, originalmente, como formação, por Bigarella e Salamuni (1958a, 1958b). É limitado, ao sul, pela Falha da Lancinha (Figura 4.3). Constitui uma sequência essencialmente vulcanossedimentar, com magmatismo básico expressivo, representado na forma de intercalações lenticulares concordantes com a estrutura primária de metabasitos (anfíbólio-xisto/*fels*, anfíbolito). Esse grupo é representado por quatro formações – Nhunguara, Piririca, Rubuquara e Ribeirão das Pedras (PERROTTA, 1996), não estando presentes na área de trabalho a Formação Perau e duas unidades informais (unidades de micaxisto e granada-micaxisto) que ocorrem a leste da Folha Eldorado Paulista.

##### **4.2.1.1.1 FORMAÇÃO NHUNGUARA (MP1NH)**

A Formação Nhunguara, definida originalmente de maneira informal por Perrota (1996), localiza-se na porção NW da Folha Eldorado Paulista. É composta por (clorita)-sericita-metapelitos homogêneos a finamente laminados, com intercalações milimétricas a centimétricas de filito carbonoso e sericita-clorita-carbonato-filito. Raramente, ocorrem intercalações de camadas de metamarga e bancos de metarenito maciço. Ocorrem, ainda, clorita-sericita-filito com intercalações métricas de rochas metabásicas, metamargas bandadas e mármore calcítico.

Ao microscópio petrográfico, os metapelitos são formados, essencialmente, por sericita (75-80%) e quartzo (15-20%). Clorita, carbonatos, biotita clástica, turmalina e minerais opacos são os acessórios mais comuns. Lâminas com concentrações de minerais opacos e biotita clástica definem uma laminação sedimentar preservada. Localmente, ocorre acamamento gradacional primário. Uma clivagem ardosiária penetrativa, subparalela à laminação sedimentar, é definida pela isorientação de sericita. A mineralogia metamórfica indica metamorfismo em condições de fácies xisto-verde inferior, zona da clorita.



RELAÇÕES TECTONOESTRATIGRÁFICAS

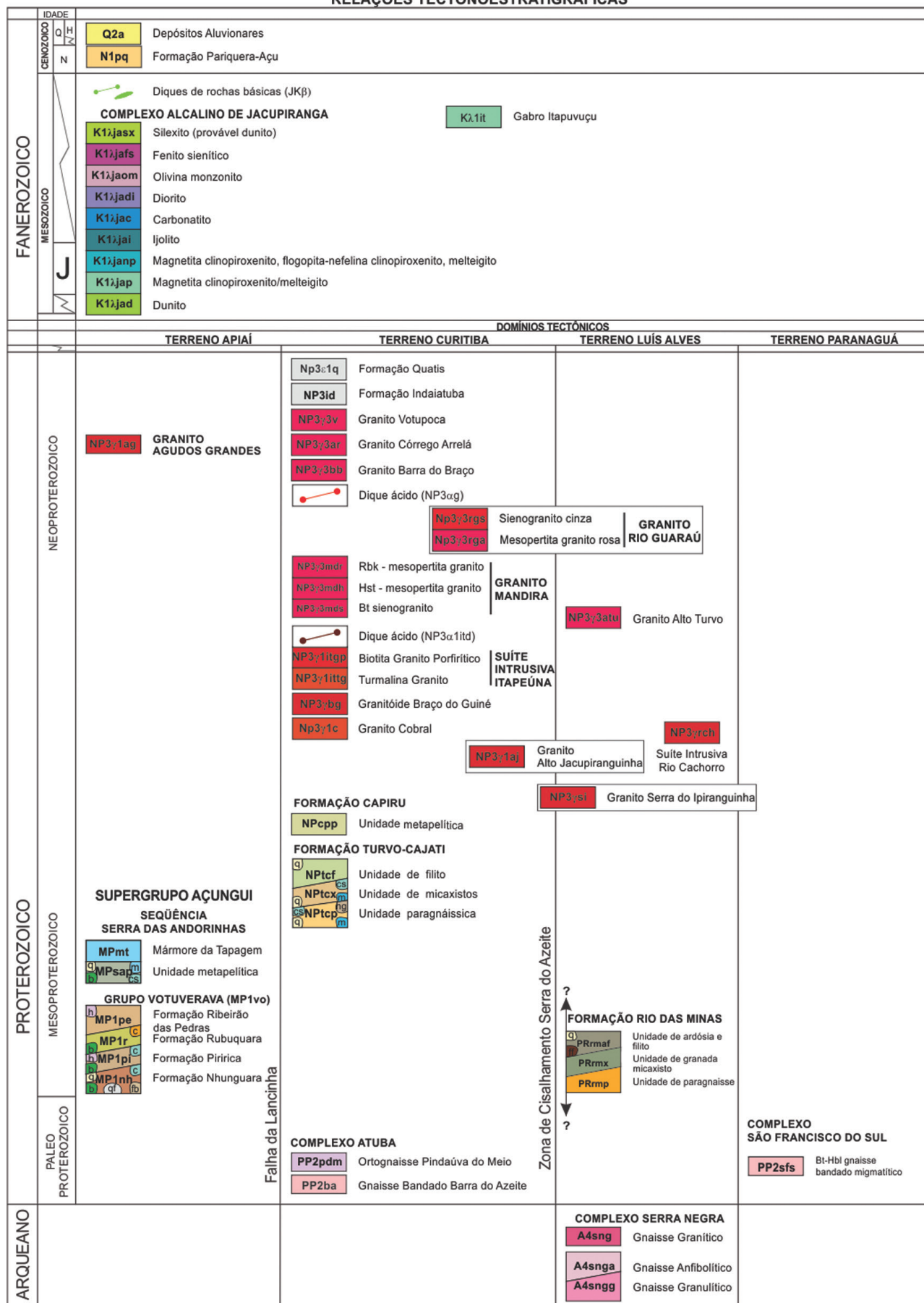


Figura 4.1 – Coluna tectonoestratigráfica proposta para as unidades geológicas da folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000).





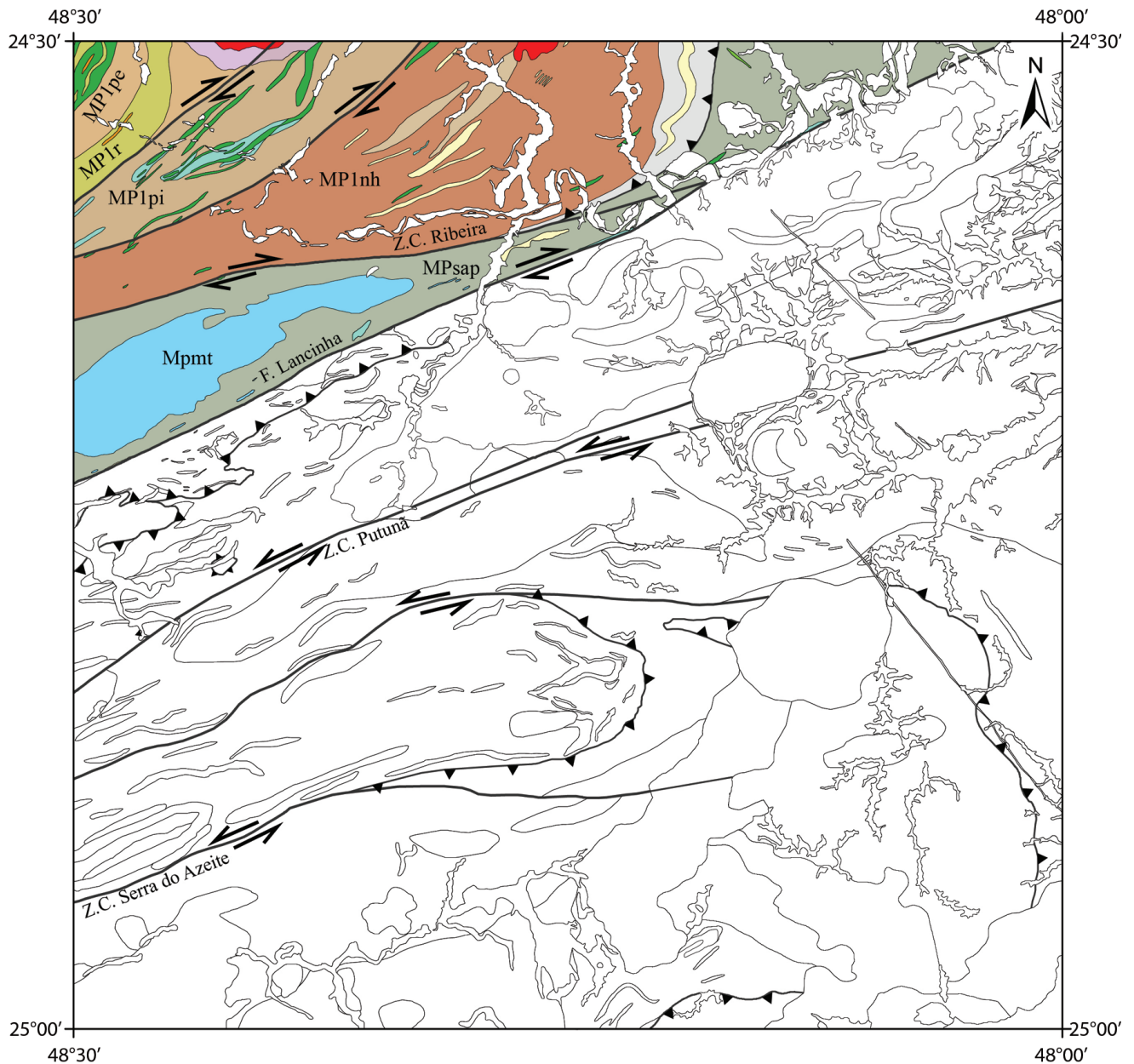


Figura 4.3 – Mapa geológico simplificado ressaltando o terreno Apiaí e suas unidades internas principais: grupo Votuverava: formações Ribeirão das Pedras (MP1pe), Rubuquara (MP1r), Piririca (MP1pi) e Nhunguara (MP1nh); sequência Serra das Andorinhas: unidade metapelítica (MPSap) e mármore da Tapagem (MPmt).

geralmente hidrotermalizadas (zonas de cloritização e carbonatação). Intercalações de camadas de sericita-quartzo-filito são frequentes, localmente formando lentes espessas. Subordinadamente, ocorrem bancos de metamarga bandada, no topo da unidade, associados a intercalações de filito carbonático. A foliação principal apresenta sericita, clorita e sericita em isorientação em leitos restritos definindo uma clivagem de crenulação discreta que evolui para transposição. A alternância entre leitos ora micáceos, ora enriquecidos em quartzo ou carbonato, define um bandamento paralelo à clivagem.

As rochas metabásicas dessa unidade distribuem-se em dois conjuntos distintos, ambos de afinidade toleítica (NOGUEIRA, 1990). Um tipo inclui rochas mais ricas em FeO e TiO<sub>2</sub> (ainda inferiores aos típicos de rochas básicas) e o outro, rochas mais ricas em CaO e MgO. Segundo Perrotta (1996), os teores médios de SiO<sub>2</sub> (43%) e MgO são compatíveis com rochas ultrabásicas de médio a baixo conteúdo de olivina (basanita), sugerindo ambiente de formação em arco insular vulcânico evoluído, com tendência alcalina em regime distensivo. Petrograficamente, predominam corpos de clorita-epidoto-actinolita-fels, com textura decussada a granoblástica, com

cristais submilimétricos a milimétricos, subédricos, de actinolita, dispersos em matriz fina composta por epidoto, actinolita e restos de plagioclásio. Minerais acessórios compreendem titanita, carbonato, quartzo, minerais opacos e apatita. Ocorrem termos com leve orientação dos minerais e bandamento composicional, geralmente com agregados de epidoto preenchendo cavidades semelhantes a vesículas (metabasalto?).

Nogueira (1990) obteve idades Pb-Pb de 1270 Ma e 1303 Ma para cristais de galena que ocorrem nas mineralizações da Formação Piririca. Essa unidade destaca-se por hospedar depósitos epigenéticos de ouro (BORIN JÚNIOR et al., 1980; MORGENTAL et al., 1981; PERROTTA, 1996; SILVA e CÂMARA, 1990; VASCONCELOS e CÂMARA, 1995).

#### 4.2.1.1.3 FORMAÇÃO RUBUQUARA (MP1R)

Denominação usada originalmente, de maneira informal, por Perrota (1996). Constitui uma unidade dominada por ardósia e filito violáceos ricos em sericita, homogêneos ou bandados, com intercalações de camadas de metarenito microconglomerático. Perrota (1996) descreve lentes de metabrecha polimítica (fragmentos de siltito, argilito, metarenito e rochas metassedimentares já metamórficas no momento da sedimentação) (Figura 4.4) e metabrecha oligomítica (fragmentos de metachert e quartzito) na base da unidade, o que levou, posteriormente, à correlação dessa unidade com a Formação Iporanga, de idade ediacarana (PERROTTA et al., 2005). Entretanto, Campanha et al. (2008b) obtiveram idade U-Pb SHRIMP, de  $1439 \pm 19$  Ma, em zircões de metabasito presentes na Formação Rubuquara, interpretada como idade mínima de sedimentação. As metabrechas apresentam contatos bruscos ou gradacionais com metarenitos líticos e conglomeráticos, normalmente mostrando acamamento gradacional.



Figura 4.4 – Metabrecha polimítica em contato brusco com metarenito lítico da formação Rubuquara.  
Fonte: Perrota (1996).

Ao microscópio petrográfico, os metapelitos são formados, essencialmente, por sericita e quartzo, em geral representando de 70 a 95% da rocha. Clorita e carbonato ocorrem em proporções entre 5 e 15%. Acessórios comuns compreendem turmalina, epidoto, biotita, titanita, minerais opacos, apatita e zircão. A biotita, quando presente, é essencialmente de natureza clástica. A mineralogia metamórfica presente indica metamorfismo em condições de fácies xisto-verde inferior, zona da clorita.

Ocorrem intercalações espessas de rochas subvulcânicas básicas (MP1rb) (Figura 4.3), de cor cinza-claro a cinza-esverdeado, com estruturas e texturas ígneas (por exemplo, ofítica, subofítica) geralmente preservadas, metamorizadas em condições de fácies xisto-verde. Ao microscópio petrográfico, reconhece-se que são formadas, essencialmente, por actinolita ou tremolita, clorita e epidoto e, raramente, plagioclásio ígneo reliquiar. Geralmente, ocorrem pseudomorfo de plagioclásio ripiforme ou tabular totalmente transformado em agregados de epidoto ( $\pm$  sericita).

#### 4.2.1.1.4 FORMAÇÃO RIBEIRÃO DAS PEDRAS (MP1pe)

A Formação Ribeirão das Pedras foi definida como sequência por Campos Neto (1983). Caracteriza-se por pacotes rítmicos de filito branco sericítico, metachert, metassiltito e metarenito fino ferruginoso ou manganésífero, alternando-se em bancos centimétricos a decimétricos (PERROTTA, 1996).

Metapelitos ferromanganesíferos bandados e laminados alternados com leitos de metachert e exibindo lentes carbonáticas no topo indicam ambiente de deposição marinho profundo, que evoluiu para águas mais rasas em posição mais distal, protegida dos aportes terrígenos do continente (PERROTTA, 1996).

Ao microscópio petrográfico, os metapelitos (geralmente ardósia) são formados, essencialmente, por sericita (70-90%), quartzo (10-15%) e minerais opacos (5-20%). Biotita clástica e turmalina são os acessórios mais comuns. Lâminas com concentrações de minerais opacos definem uma laminação sedimentar primária preservada. Uma clivagem ardosiana penetrativa com isorientação de sericita é ligeiramente oblíqua à laminação sedimentar.

Ocorrem intercalações de rochas metabásicas e lentes de rocha carbonática e de conglomerado monomítico com seixos de quartzito não mapeáveis na escala de trabalho.

As rochas metabásicas são geralmente hidrotermalizadas, constituídas por calcita (40-



50%), clorita (15-40%), plagioclásio ígneo reliquiar (10-20%), quartzo (<5%), minerais opacos (5-10%) e traços de titanita.

#### 4.2.1.2 SEQUÊNCIA SERRA DAS ANDORINHAS

A Sequência Serra das Andorinhas foi definida por Campanha et al. (1985). De maneira geral, essa unidade é muito semelhante à unidade de micaxisto do Grupo Votuverava, tendo sido separada deste em termos de associação de protolitos (CAMPANHA, 1991). A Sequência Serra das Andorinhas compreende uma associação de natureza tipicamente clástico-terrígena, enquanto todo o Grupo Votuverava representa uma associação metavulcanossedimentar com contribuição expressiva de rochas básicas.

Na Folha Eldorado Paulista, a Sequência Serra das Andorinhas inclui uma unidade basal siliciclástica (Unidade Metapelítica – MPsap) e uma unidade carbonática no topo (Mármore da Tapagem).

##### 4.2.1.2.1 UNIDADE METAPELÍTICA (MPsap)

Compreende, predominantemente, corpos de filito e xisto carbonático (rochas calcissilicáticas) com intercalações expressivas e, por vezes, mapeáveis, de quartzo-xisto e quartzito (MPsapq) e mármore (MPsapm).

Predominam rochas com xistosidade bem desenvolvida (Figura 4.5a), geralmente com laminação diferenciada, onde se alternam leitos ricos em quartzo com leitos ricos em micas. Localmente, ocorre filito com acamamento sedimentar milimétrico preservado, com alternâncias entre leitos de composições diferentes (Figura 4.5b). Minerais essenciais compreendem muscovita, biotita e quartzo. Granada, turmalina, magnetita e clorita podem estar presentes em pequenas quantidades. Filito e xisto carbonático são variações faciológicas transicionais que apresentam como mineralogia essencial muscovita, dolomita, calcita, quartzo, feldspato e clorita (essa última em maior quantidade em relação às rochas anteriores).

Ocorrem raros metabasitos (MPsapb), caracterizados por anfibolito milonítico e quartzo-plagioclásio-clorita-xisto milonítico bandado.

##### 4.2.1.2.2 MÁRMORE DA TAPAGEM (MPmt)

O Mármore da Tapagem assenta-se sobre a Unidade Metapelítica formando uma sinforme, pro-

vavelmente com contatos tectônicos (CAMPANHA, 1991). Contudo, também ocorrem contatos interdigitados com xistos e filitos carbonáticos. Essa unidade apresenta forte contraste geofísico nas imagens de gamaespectrometria, representado por um índice bastante baixo de radioelementos (U, Th, K e contagem total). O Mármore da Tapagem sustenta o planalto da serra da Bandeira e apresenta feições cársticas bem desenvolvidas, na forma de dolinas, cavernas, sumidouros, lagos, drenagens superficiais ralas e paredões verticais de mármore. Destaca-se o sistema cárstico da Caverna do Diabo (município de Eldorado Paulista, SP), ao qual está relacionada importante atividade ecoturística.

Predomina, na unidade, mármore dolomítico fino, branco, isótropo e homogêneo. Na porção sul da unidade, ocorre mármore cinza, com acamamento de espessura milimétrica a decimétrica marcado por alternâncias entre leitos com diferentes tons de



Figura 4.5 – Aspecto macroscópico das rochas dominantes da unidade metapelítica da sequência Serra das Andorinhas: (a) micaxisto fino com xistosidade anastomosada (ponto 2149-MS-017); (b) filito com acamamento milimétrico marcado por alternâncias entre leitos de coloração diferente, refletindo variação principalmente composicional (ponto 2149-MS-136).

cinza, refletindo variação composicional. Em geral, os leitos de colorações mais claras apresentam menores espessuras (dominantemente milimétricas). Localmente, ocorrem estruturas que se assemelham a esteiras algais.

Campanha e Sadowski (1999) apontam como provável ambiente de sedimentação uma plataforma carbonática de águas rasas.

#### 4.2.1.2.3 GEOCRONOLOGIA

A amostra 2149-FM-371, de quartzito pertencente à Unidade Metapelítica da Sequência Serra das Andorinhas, foi escolhida para datação de zircões detríticos. A amostra apresenta cristais de zircão arredondados, predominantemente ovalados, com razão axial entre 1:1 e 2:1 e tonalidades rosadas. Imagens de elétrons retroespalhados, realizadas no microscópio eletrônico de varredura, indicam grãos quimicamente homogêneos, sem diferenças significativas entre núcleos e bordas dos cristais.

Foram realizadas 38 análises U-Pb pontuais, resultando em alguns pontos relativamente concordantes, mas a maioria alinhada segundo diferentes idades do intercepto superior (Figura 4.6). Dois grandes grupos de idade foram identificados: um indica fontes paleoproterozoicas (1910 a 2240 Ma) e outro, arqueanas (2550 a 2730 Ma) (Figura 4.7). A idade mínima obtida, em torno de 1910 Ma, pode ser interpretada como a idade máxima de sedimentação da unidade.

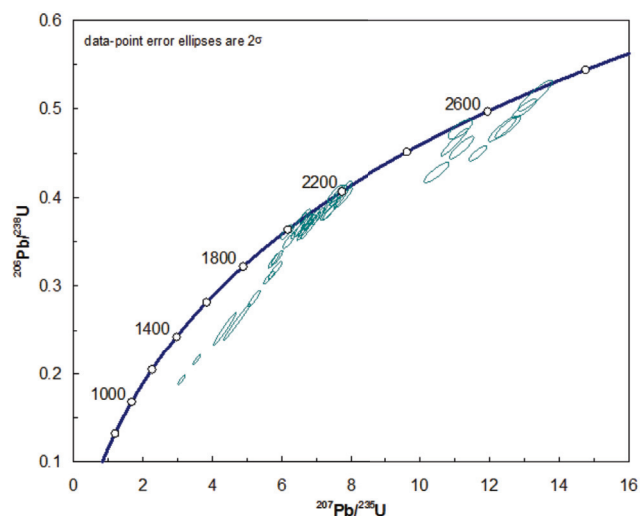


Figura 4.6 – Diagrama concórdia com dados de zircão da amostra 2149-FM-371 (sequência Serra das Andorinhas), ilustrando a distribuição de idades dos grãos analisados.

### 4.3 TERRENO CURITIBA

O Terreno Curitiba ocupa a maior porção da Folha Eldorado Paulista, sendo limitado ao norte pela Falha da Lancinha (Figura 4.8), que o separa do Terreno Apiaí, e ao sul pela Zona de Cisalhamento Serra do Azeite, que o separa do Terreno Luís Alves. Compreende unidades de rochas metassedimentares agrupadas nas formações Capiru e Turvo-Cajati, rochas de embasamento gnáissico-migmatítico do Complexo Atuba e extenso magmatismo granítico brasileiro.

#### 4.3.1 COMPLEXO ATUBA (PP2at)

O Complexo Atuba foi definido por Siga Júnior et al. (1995) em pedra homônima na Região Metropolitana de Curitiba (PR). Na Folha Eldorado Paulista, ocorre uma unidade de gnaisses bandados miloníticos, originalmente definida como Gnaiss Bandado Barra do Azeite (SILVA et al., 1981), que vem sendo correlacionada ao Complexo Atuba por critérios de campo e geocronológicos (FALEIROS, 2008; PERROTTA et al., 2005; VASCONCELOS et al., 1999). Entretanto, dados isotópicos Sm-Nd, obtidos por Faleiros et al. (2012) para a folha adjacente (Folha Apiaí), indicam um contraste na história evolutiva entre as rochas do Complexo Atuba na região de Curitiba e o Gnaiss Bandado Barra do Azeite. Dessa forma, consideraremos, neste trabalho, o Gnaiss Bandado Barra do Azeite uma subunidade distinta dentro do Complexo Atuba.

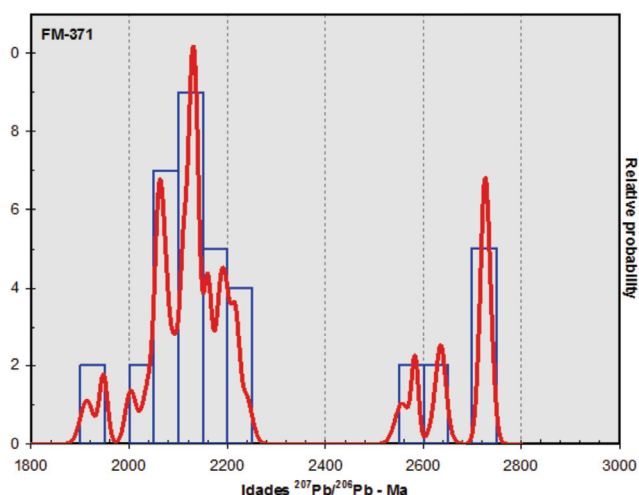


Figura 4.7 – Diagrama de frequências das idades  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , indicando a presença de fontes com diferentes idades na amostra 2149-FM-371 (sequência Serra das Andorinhas).



#### 4.3.1.1 GNAISSE BANDADO BARRA DO AZEITE (PP2ba)

O Gnaiss Bandado Barra do Azeite aflora em quatro “núcleos” isolados: um na porção centro-sudeste da área, onde a unidade foi definida, constituindo uma *nappe* cavalgada sobre paragnaisse miloníticos da Formação Turvo-Cajati (FALEIROS, 2008), e três na porção centro-oeste da área, no perímetro urbano da cidade de Barra do Turvo (SP), constituindo janelas estruturais parcialmente recobertas por rochas da Formação Turvo-Cajati (Figura 4.8). As quatro ocorrências apresentam características litológicas e estruturais idênticas e serão descritas em conjunto. Consideramos como uma seção-tipo da unidade o

corte do km 513 da Rodovia Régis Bittencourt (BR-116) (pista sentido sul).

Apesar de grande heterogeneidade em escala de afloramento, o Gnaiss Bandado Barra do Azeite é homogêneo como unidade de mapeamento e facilmente distinguível das unidades adjacentes. Apresenta, também, assinatura gamaespectrométrica característica que o diferencia das unidades adjacentes. É composto por gnaiss migmatítico e milonítico com bandamento bem desenvolvido definido pela alternância entre leitos mesocráticos de cor cinza-escuro, leucossomas rosados a esbranquiçados, melanossomas negros e bandas ou lentes anfibolíticas de cor verde-escuro a negra (Figura 4.9a-b). A no-

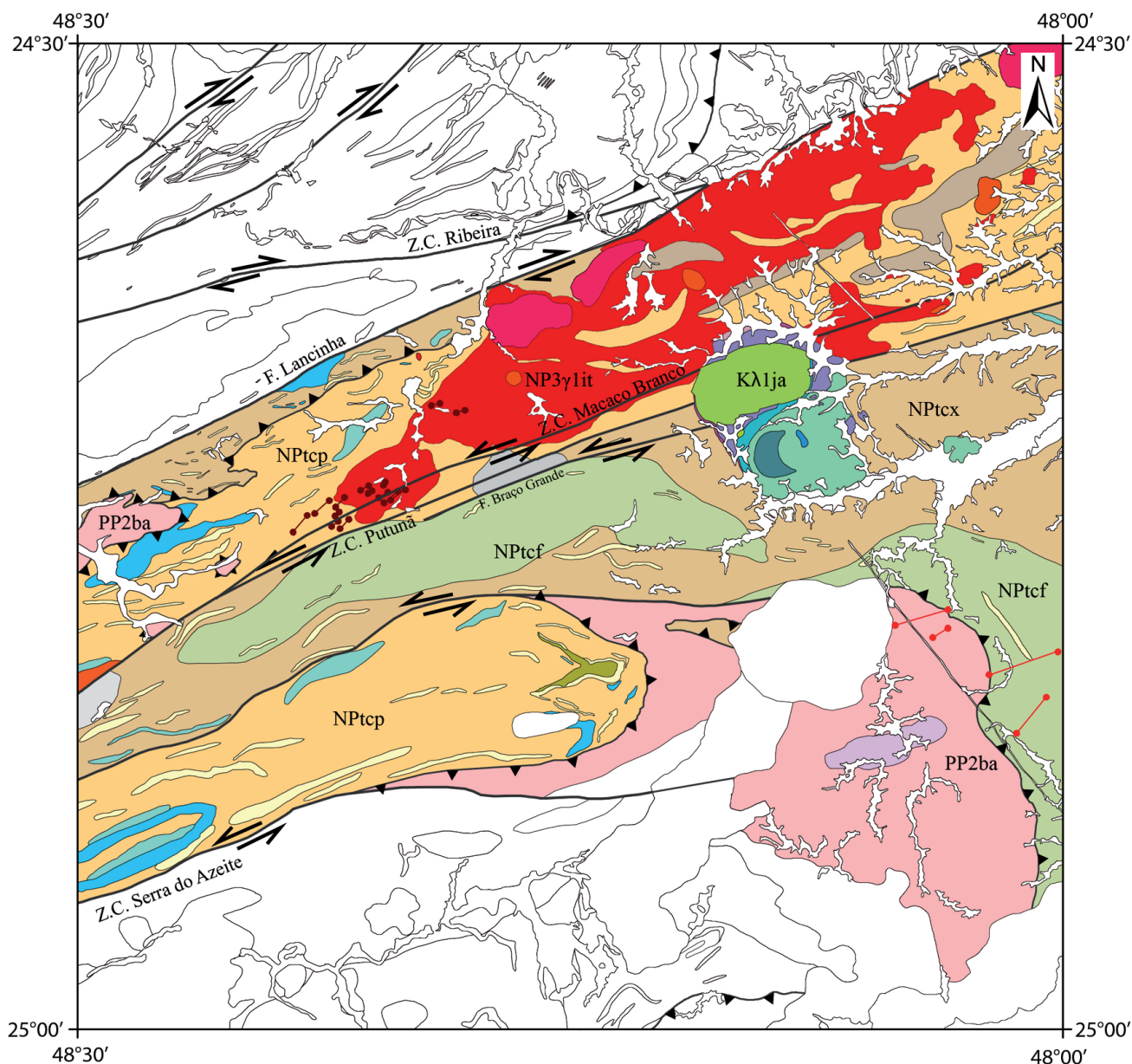


Figura 4.8 – Mapa geológico simplificado ressaltando o terreno Curitiba e suas unidades internas principais: formação Turvo-Cajati: unidade paragnáissica (NPtcp), unidade de xistos (NPtcx) e unidade de filito (NPtcf); gnaiss bandado Barra do Azeite (complexo Atuba, PP2at).

menclatura para as diferentes partes do migmatito segue a proposição de Sawyer (2008). A espessura dos leitos mesocráticos, leucossomas e lentes anfíbolíticas é, principalmente, centimétrica a decimétrica, com variação de 1-2 cm a 15 cm. Entretanto, ocorrem, subordinadamente, camadas de até 40-50 cm de espessura. Os melanossomas apresentam espessura milimétrica e são descontínuos. A geometria dos leitos é planar a lenticular, quando observada em cortes paralelos à lineação de estiramento (Figura 4.9a). Quase invariavelmente, o bandamento gnáissico apresenta-se dobrado segundo padrão isoclinal com eixo sub-horizontal, quando observado em cortes perpendiculares à lineação de estiramento (Figura 4.9b). Esse padrão indica que os eixos das dobras são paralelos à lineação de estiramento.

Os leitos mesocráticos apresentam composição tonalítica e, subordinadamente, granodiorítica. São relativamente ricos em biotita (10-15%) e hornblenda (5-10%). Acessórios compreendem titanita, zircão, apatita e minerais opacos. Sericita, clorita, epidoto e carbonato podem ocorrer, localmente, em grandes proporções como minerais secundários. São comuns, também, leitos mesocráticos constituídos, essencialmente, por plagioclásio (>80%), com biotita, quartzo e microclínio subordinados. Ao microscópio petrográfico, os leitos mesocráticos apresentam textura granoblástica interlobada e granulação predominantemente fina. Mostram, também, microestruturas indicativas de fusão parcial, principalmente na forma de monocristais de microclínio mimetizando líquido magmático preenchendo interstícios entre bordas parcialmente consumidas de plagioclásio e quartzo. Enriquecimento em plagioclásio e escassez ou ausência de feldspato potássico sugerem que os leitos mesocráticos são neossomas dominados por resíduo de fusão.

Os leucossomas (neossomas dominados por líquido anatótico segregado) são hololeucocráticos e apresentam composição bastante variável (monzogranito, sienogranito, alcalifeldspato-granito, sienito) e textura granular. Ao microscópio, a mineralogia essencial é representada por microclínio perfitico, quartzo e plagioclásio. Acessórios compreendem biotita, titanita, apatita, minerais opacos e zircão. A granulação é predominantemente fina.

Os melanossomas são constituídos, essencialmente, por biotita e hornblenda e aparecem desenvolvidos, localmente, nas bordas de leucossomas.

As bandas e lentes anfíbolíticas apresentam textura nematoblástica, granulação fina a grossa; são constituídas, essencialmente, por hornblenda e plagioclásio, com biotita subordinada. Titanita, epidoto, clorita e minerais opacos são os acessórios principais.

Todos os leitos apresentam, internamente, orientação preferencial de forma dos silicatos paralela ao bandamento gnáissico. Ocorre, ainda, foliação lenticularizada milonítica paralela superposta, que afeta todos os leitos, à qual está associada recristalização dinâmica do quartzo, arredondamento do plagioclásio, lenticularização do bandamento e formação de pares de estruturas SC. Ocorre, também, lineação de estiramento bem desenvolvida associada. Evidências microscópicas, tais como intensa saussuritização do plagioclásio e formação de clorita e carbonato nos leitos mais intensamente milonitizados, indicam que a milonitização se deu em condições retrometamórficas de fácies xisto-verde.

Ocorrem, ainda, veios graníticos hololeucocráticos róseos indeformados truncando a estrutura do gnaisse.

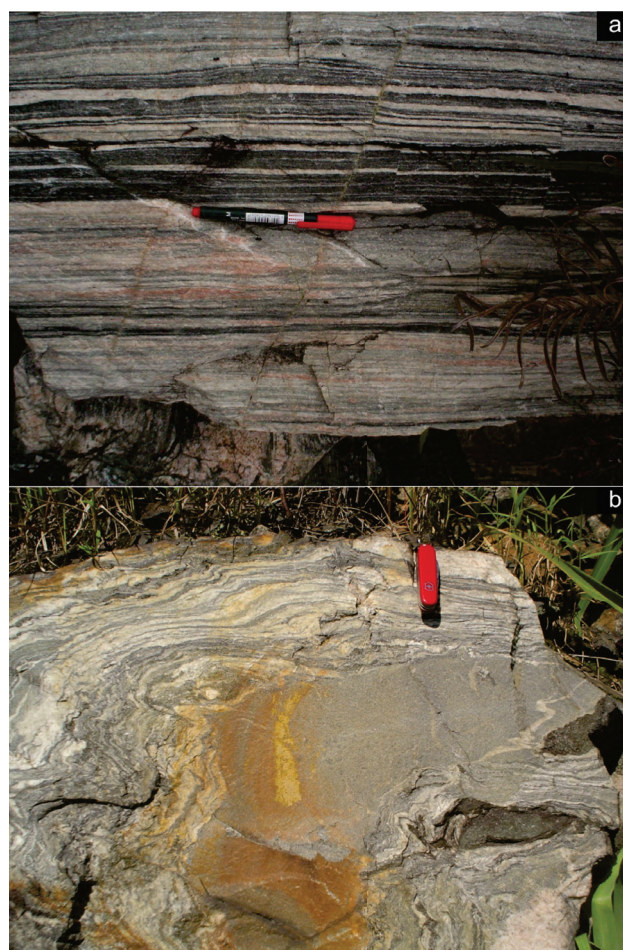


Figura 4.9 – Aspectos macroscópicos do gnaisse bandado Barra do Azeite (complexo Atuba): (a) em corte paralelo à lineação de estiramento, na seção-tipo (km 513 da rodovia Régis Bittencourt (BR-116), pista sentido sul), notar o bandamento proeminente marcado pela alternância entre leitos mesocráticos de composição tonalítica a granodiorítica e leucossomas róseos graníticos; (b) em corte perpendicular à lineação de estiramento, notar o bandamento dobrado e a presença de lentes anfíbolíticas (lado direito da fotografia).



#### 4.3.1.2 AUGENGNASSE PINDAÚVA DO MEIO (PP2pdm)

O Augengnaisse Pindaúva do Meio, definido neste trabalho, apresenta forma ovalada, orientada segundo direção ENE, com razão axial de aproximadamente 4:1 e área em torno de 8 km<sup>2</sup>. As relações de contato com o Gnaiss Bandado Barra do Azeite não foram identificadas em campo. A unidade é formada por ortognaisse porfiroclástico (blastoporfírico) milonítico, cinza-escuro, com megacristais arredondados ou lenticulares de feldspato potássico róseo, com 1 a 3 cm de diâmetro maior em meio a uma matriz fina, cinza-escuro-esverdeado, constituída por biotita, quartzo, feldspato e hornblenda. Em geral, as rochas são homogêneas, sem bandamento composicional, embora, por vezes, concentrações de feldspato potássico formem bandas lenticularizadas de espessura milimétrica. Ocorre foliação lenticularizada milonítica subvertical e lineação de estiramento de máximo mergulho bem desenvolvida associada, caracterizando um tectonito tipo SL. Considera-se como afloramento-tipo da unidade um conjunto de lajes naturais aflorantes na margem direita do rio Guaraú (ponto 2149-FM-143). Localmente, ocorrem faixas de ultramilonito cinza-escuro, muito fino, laminado.

Vasconcelos et al. (1999) apresentam idade U-Pb (ID-TIMS) em zircão de  $2148 \pm 37$  Ma para amostra da unidade, interpretada como idade de cristalização do zircão e do gnaiss hospedeiro.

#### 4.3.2 FORMAÇÃO TURVO-CAJATI (NPtc)

Definida originalmente por Silva et al. (1981) sob a denominação 'sequência', foi posteriormente redefinida como Formação Turvo-Cajati por Perrotta et al. (2005).

Foram cartografadas três unidades litológicas principais: Unidade Paragnáissica (NPtcp), Unidade de Micaxisto (NPtcx) e Unidade de Filito (NPtcf).

##### 4.3.2.1 UNIDADE DE FILITO (NPtcf)

Unidade dominada por filito fino prateado, cinza ou cinza-escuro, com laminação composicional milimétrica, de origem sedimentar e xistosidade ou clivagem ardosiana anastomosadas (Figura 4.10a) e lineação de estiramento geralmente bem desenvolvida. O padrão anastomosado está relacionado à superposição de uma foliação milonítica que afetou

a unidade como um todo. Veios de quartzo lenticulares, de espessura centimétrica, paralelos à foliação principal ocorrem com frequência. Camadas de filito quartzoso e filito carbonático prateado ocorrem subordinadamente.

Lentes de quartzito (NPtcfq), por vezes mapeáveis na escala de trabalho, ocorrem com frequência. Incluem camadas de quartzito médio, cinza-escuro-rosado a esverdeado, com acamamento centimétrico a decimétrico, bem desenvolvido (Figura 4.10b); quartzito com grânulos de quartzo arredondados em matriz fina quartzosa, cinza-amarelado (metarenito conglomerático); quartzito fino, cinza, com acamamento milimétrico, com bandas filíticas restritas e lâminas lenticulares ricas em feldspato; quartzito médio, cinza, com estratificação cruzada sigmoidal de médio porte, com intercalações de camadas de filito. Localmente, ocorrem camadas de quartzito fino com pintas de sulfeto disseminadas.



Figura 4.10 – Rochas da unidade de filito da formação Turvo-Cajati: (a) filito milonítico; afloramento no bairro Guaraú, município de Jacupiranga (ponto 2149-FM-032); (b) quartzito com estratificação sedimentar preservada (ponto 2149-FM-067).



#### 4.3.2.2 UNIDADE DE MICAXISTO (NPtcx)

Essa unidade representa uma tectonofácies de maior grau metamórfico, com passagem transitória para a Unidade de Filito. É composta por corpos de micaxisto médio a grosso, prateado ou cinza-escuro (Figura 4.11), formados por biotita, muscovita, quartzo e clorita, usualmente com porfiroblastos de granada milimétrica disseminada e, localmente, estauroлита e silimanita. A estrutura principal consiste de uma xistosidade anastomosada de natureza milonítica e bandamento milimétrico a centimétrico, onde se alternam leitos mais quartzosos e mais micáceos, além de porções restritas ricas em muscovita milimétrica. São comuns intercalações de camadas métricas de quartzito fino bandado e laminado, camadas ricas em biotita e porções quartzofeldspáticas irregulares com turmalina idiomórfica. Localmente, ocorrem lentes de xisto feldspático constituído, essencialmente, por plagioclásio, biotita, clorita e granada (metagrauvaça?).

Ocorrem lentes mapeáveis de mármore (NPtcxm), rochas calcissilicáticas (NPtcxcs) e quartzito (NPtcxq).

#### 4.3.2.3 UNIDADE PARAGNÁISSICA (NPtcp)

Também considerada uma tectonofácies, a Unidade Paragnáissica aparece sempre em contato tectônico com a Unidade de Micaxisto. É constituída, predominantemente, por paragnaisse e micaxistos grossos migmatíticos (Figura 4.12a-b), com bandamento geralmente lenticularizado e difuso definido por alternância entre leitos mesocráticos xistosos

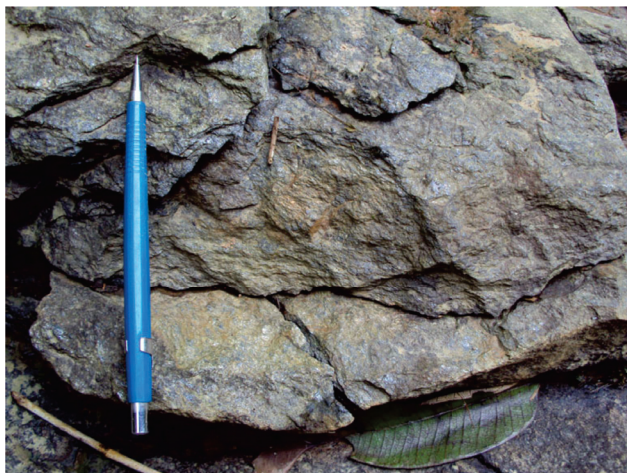


Figura 4.11 – Micaxisto cinza-escuro, sem estrutura sedimentar preservada, da unidade de micaxisto da formação Turvo-Cajati; afloramento no bairro Manuel Gomes, município de Cajati (ponto 2149-MS-037).

formados por biotita, silimanita e granada; leucossomas formados por quartzo, feldspato potássico e plagioclásio e bandas subcentimétricas silimaníticas. Cianita-paragnaisse ocorrem localizadamente e indicam condições metamórficas de alta temperatura e alta pressão (FALEIROS et al., 2011). São comuns veios lenticulares graníticos hololeucocráticos, de espessura centimétrica, concordantes a subconcordantes com a foliação principal, além de veios ricos em muscovita milimétrica euédrica e bolsões pegmatíticos ricos em muscovita e turmalina, paralelos ou discordantes da estrutura da rocha. Também ocorrem variações compostas por micaxistos grossos homogêneos.

Dentro dessa unidade foram cartografadas intercalações de corpos lenticulares de mármore (NPtcpm), rochas calcissilicáticas (NPtcpcs), hornblenda-gnaiss (NPtcphg) e quartzito.

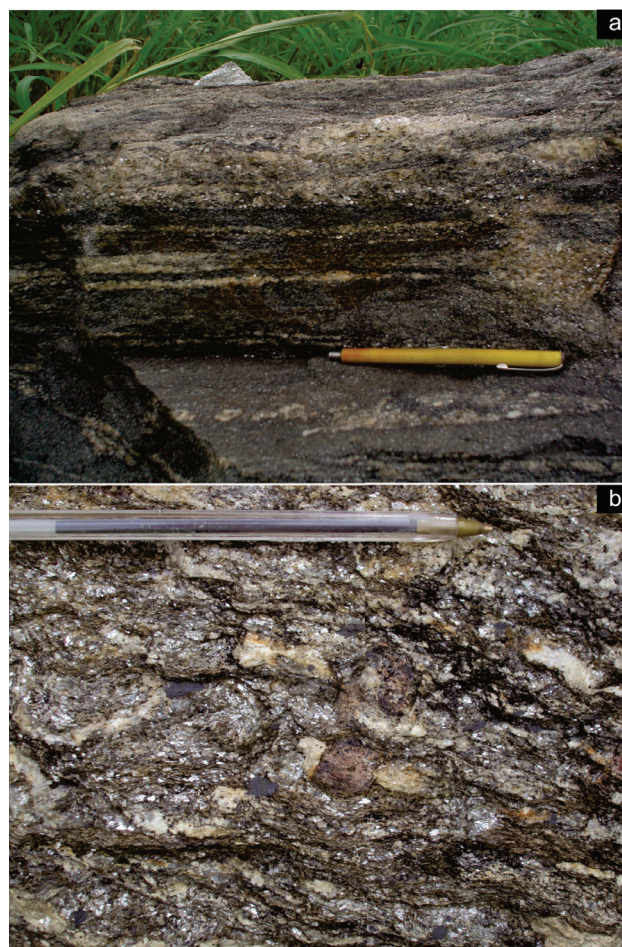


Figura 4.12 – Rochas da unidade paragnáissica da formação Turvo-Cajati: (a) silimanita-paragnaisse bandado (km 511 da rodovia BR-116, pista sentido sul, município de Cajati); (b) cianita-granada-muscovita-biotita-xisto prateado migmatítico, com porfiroblastos centimétricos de granada e lentes de leucossoma granítico branco (km 508,9 da rodovia BR-116, pista sentido sul, município de Cajati; ponto 2149-FM-521).



As lentes de mármore apresentam espessura variando de 200 a 1.400 m. Dois litotipos principais foram identificados. O mais abundante compreende mármore dolomítico cinza-claro a branco, fortemente recristalizado, com acamamento de espessura centimétrica a métrica, localmente com lâminas ricas em biotita definindo uma estratificação plano-paralela interna às camadas, com intercalações métricas de micaxisto e rochas calcissilicáticas granatíferas (meta-marga). Nos planos de acamamento observa-se uma lineação de estiramento mineral definida pelo alongamento preferencial de micas. A variação menos abundante corresponde a mármore calcítico rosa-esverdeado, com acamamento e laminação ondulada semelhantes a estruturas de esteiras algais (Figura 4.13).



Figura 4.13 – Mármore calcítico presente como lente na unidade paragnáissica da formação Turvo-Cajati; notar a presença de acamamento e laminação ondulados.

As lentes mapeadas de rochas calcissilicáticas apresentam espessuras variando entre 200 a 1.000 m, sendo bastante variadas litologicamente: (i) mármore impuro bandado, com alternância entre leitões centimétricos, ora cinzentos, formados principalmente por calcita e, subordinadamente, quartzo, ora esverdeados, formados por clinopiroxênio, feldspato potássico e quartzo; (ii) xisto carbonático, com bandamento definido por intercalação entre leitões cinzentos dominantes constituídos por epidoto, hornblenda, quartzo e biotita, leitões subcentimétricos rosados formados por quartzo, feldspato e epidoto e leitões esverdeados ricos em epidoto; (iii) para-anfibolito médio a fino, negro, com bandas quartzofeldspáticas brancas milimétricas; (iv) para-anfibolito grosso, verde, rico em granada centimétrica e clinopiroxênio; (v) hornblenda-gnaiss calcissilicático.

As lentes de hornblenda-gnaiss (NPTcphg) apresentam dimensões quilométricas; porém, não foram observadas relações de contato com os paragnaisseis

encaixantes. São compostas por (biotita)-hornblenda-gnaiss bandado cinza-escuro a esverdeado, porfiroclástico, de granulação fina e textura nematolepido-granoblástica. O bandamento é marcado por alternância entre níveis leucocráticos constituídos, essencialmente, por quartzo e feldspato, com pequenas quantidades de epidoto e turmalina, e níveis mesocráticos a melanocráticos compostos por biotita e hornblenda, além de algum quartzo e feldspato. É comum a ocorrência de fragmentos ora angulosos, ora arredondados, de anfibolito foliado, envolvidos por frações leucocráticas da rocha, sendo descrita como estrutura tipo *schollen*. Veios pegmatoides tanto paralelos à foliação quanto cortando a estrutura da rocha são comumente descritos nos afloramentos identificados. A ocorrência de diques de rocha básica a ultramáfica, de caráter alcalino, cortando o (biotita)-hornblenda-gnaiss, é amplamente observada na região.

Em um único afloramento foi identificado um metaconglomerado oligomítico (Figura 4.14), suportado pela matriz com seixos de quartzito e quartzo em matriz constituída por biotita, quartzo, granada e anfibólio.

Dados geocronológicos obtidos em monazita de amostra de paragnaisse indicam idades próximas ao pico metamórfico (em alto grau) associado à anate-



Figura 4.14 – Metaconglomerado oligomítico suportado pela matriz, presente como lente na unidade paragnáissica da formação Turvo-Cajati; afloramento em estrada vicinal do bairro Areado, município de Eldorado Paulista, SP (ponto 2149-FM-426).

xia de  $589 \pm 12$  Ma (idade química U-Th-Pb<sub>T</sub>) e época relacionada à fase final de resfriamento do último evento metamórfico de  $555 \pm 4$  Ma (idades <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar em biotita de paragnaisse milonítico) (FALEIROS et al., 2011). Idades U-Pb (LA-ICP-MS) em zircões detríticos presentes em quartzito indicam idade máxima de sedimentação no Toniano (ca. 1000-850 Ma) (CAMPANHA e FALEIROS; dados inéditos).

#### 4.3.3 BACIAS DO ESTÁGIO DE TRANSIÇÃO PROTEROZOICO-FANEROZOICO (“BACIAS MOLASSOIDES”)

Na Folha Eldorado Paulista ocorrem duas bacias relacionadas ao estágio de transição Proterozoico-Fanerozoico, ou “bacias molassoides”, do estágio tardicolisional do Brasileiro (TEIXEIRA et al., 2004): formações Indaiatuba e Quatis.

##### 4.3.3.1 FORMAÇÃO INDAIATUBA (NP3id)

A Formação Indaiatuba, definida por Faleiros et al. (2012), aparentemente se desenvolveu ao longo da Zona de Cisalhamento Putunã (transcorrente sinistral). Sua geometria sugere que seja uma bacia do tipo *pull-apart* (FALEIROS et al., 2012), embora essa questão mereça estudos detalhados posteriores.

A Formação Indaiatuba encontra-se em contato com leucogranitos peraluminosos miloníticos e paragnaises de alto grau da Formação Turvo-Cajati (Figura 4.3). A primeira descrição relacionada a essa unidade deve-se a Teixeira e Negri (2003), em um único afloramento no distrito de Indaiatuba (Barra do Turvo, SP). Na Folha Eldorado Paulista afloram, principalmente, corpos de metapelito (ardósia) rítmico (metassiltito-metargilito), com acamamento sedimentar centimétrico e alternância entre camadas de cores violácea, roxa, cinza ou porcelânica. Apresentam clivagem ardosiana subvertical bem marcada, subparalela ao acamamento sedimentar. Faleiros et al. (2012) descrevem, na continuação da unidade dentro da Folha Apiaí, intercalações de camadas de arenito arcoseano esbranquiçado, de granulação variando transicionalmente de grossa a

fina. As camadas de arenito, localmente, apresentam fragmentos angulosos e fortemente irregulares, centimétricos a decimétricos, de metapelito. Faleiros et al. (2012) também descrevem uma camada de dezenas de metros de espessura de rocha vulcânica félsica brechada com fenocristais de quartzo em matriz afanítica amarronzada (riolito). Nos arredores da unidade ocorrem diques de riolito porfirítico com fenocristais de quartzo e feldspato róseo.

##### 4.3.3.2 FORMAÇÃO QUATIS (NP3ε1q)

A Formação Quatis, definida por Campanha et al. (1985) e Campanha e Teixeira (1986), ocorre aproximadamente a 15 km ao oeste da cidade de Cajati. Apresenta formato poligonal, totalizando uma área de aproximadamente 5,5 km<sup>2</sup>. Campanha et al. (1985) e Campanha e Teixeira (1986) reconheceram que o limite sul da unidade é dado pela Falha do Braço Grande, que a separa das rochas da Formação Turvo-Cajati. Neste trabalho reconhece-se que a unidade é limitada ao norte pela Zona de Cisalhamento Macaco Branco (transcorrente sinistral) e seccionada ao meio pela Zona de Cisalhamento Putunã (transcorrente sinistral) (Figura 4.15). A forma da unidade em mapa sugere um rejeito direcional sinistral aparente de aproximadamente 1,5 km entre as porções limitadas pela Zona de Cisalhamento Putunã. A Formação Quatis está em contato exclusivamente com as tectonofácies principais da Formação Turvo-Cajati.

A Formação Quatis é constituída por camadas de conglomerado polimítico, arcóseo, arenito, siltito e argilito (CAMPANHA et al., 1985; CAMPANHA e TEIXEIRA, 1986; TEIXEIRA et al., 2004). Teixeira et al. (2004) relatam que os termos conglomeráticos ocorrem, preferencialmente, nas regiões contíguas à Falha do Braço Grande (porção sudeste da unidade), enquanto na porção noroeste da unidade predomi-

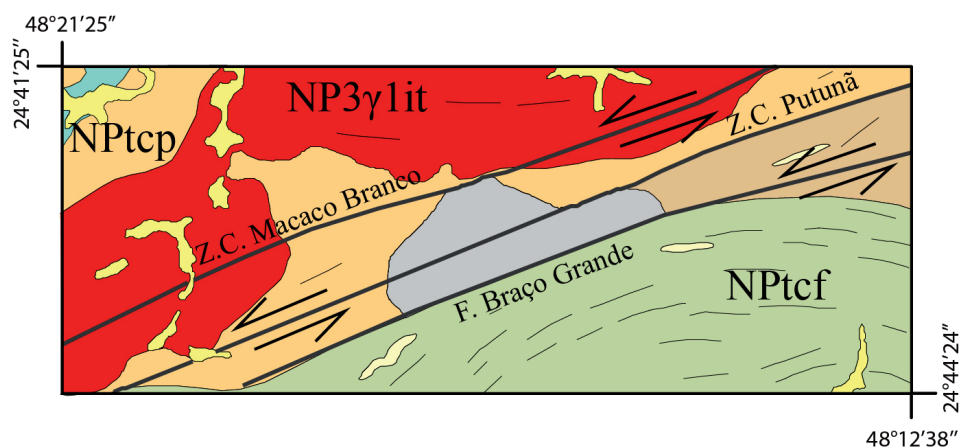


Figura 4.15 – Mapa geológico mostrando as relações entre a formação Quatis (em cinza), as zonas de cisalhamento Putunã e Macaco Branco e a falha do Braço Grande.



nam termos arenosos, arcoseanos ou feldspáticos. Isso nos permite inferir que pode ter ocorrido um rejeito vertical importante entre as porções da unidade limitadas pela Zona de Cisalhamento Putunã.

O conglomerado polimítico apresenta arcabouço formado por clastos de gnaiss, granitoide, quartzito, metabasitos, micaxisto e filito. A matriz é constituída por arcóseo lítico (areia grossa), com matriz fina intersticial constituída por epidoto, clorita e calcita (CAMPANHA et al., 1985; TEIXEIRA et al., 2004).

O arcóseo (areia fina a grossa com grânulos) apresenta grãos angulosos a subarredondados de quartzo, feldspatos, fragmentos líticos (granitoide, micaxisto, metabasito) e intraclastos angulosos de siltito e argilito (TEIXEIRA et al., 2004). Ocorre uma matriz intersticial constituída por epidoto, clorita, muscovita e calcita.

Camadas centimétricas a métricas de quartzo-arenito com volumes variáveis de feldspatos e micas e de siltito e argilito ocorrem intercaladas com cama-

das de conglomerado por toda a porção noroeste da unidade, com tendência de decréscimo granulométrico no rumo noroeste (TEIXEIRA et al., 2004).

#### 4.4 TERRENO LUÍS ALVES

O Terreno Luís Alves ocupa a porção sudoeste da Folha Eldorado Paulista (Figura 4.16) e engloba rochas do Complexo Serra Negra, granitoides sin- e pós-colisionais intrusivos e rochas metassedimentares da Formação Rio das Minas.

##### 4.4.1 COMPLEXO SERRA NEGRA (A4sn)

O Complexo Serra Negra foi definido por Silva e Algate (1981a, 1981b) na região de Serra Negra, distrito do município de Guaraqueçaba (PR). Compreende, principalmente, rochas de composição básica a inter-

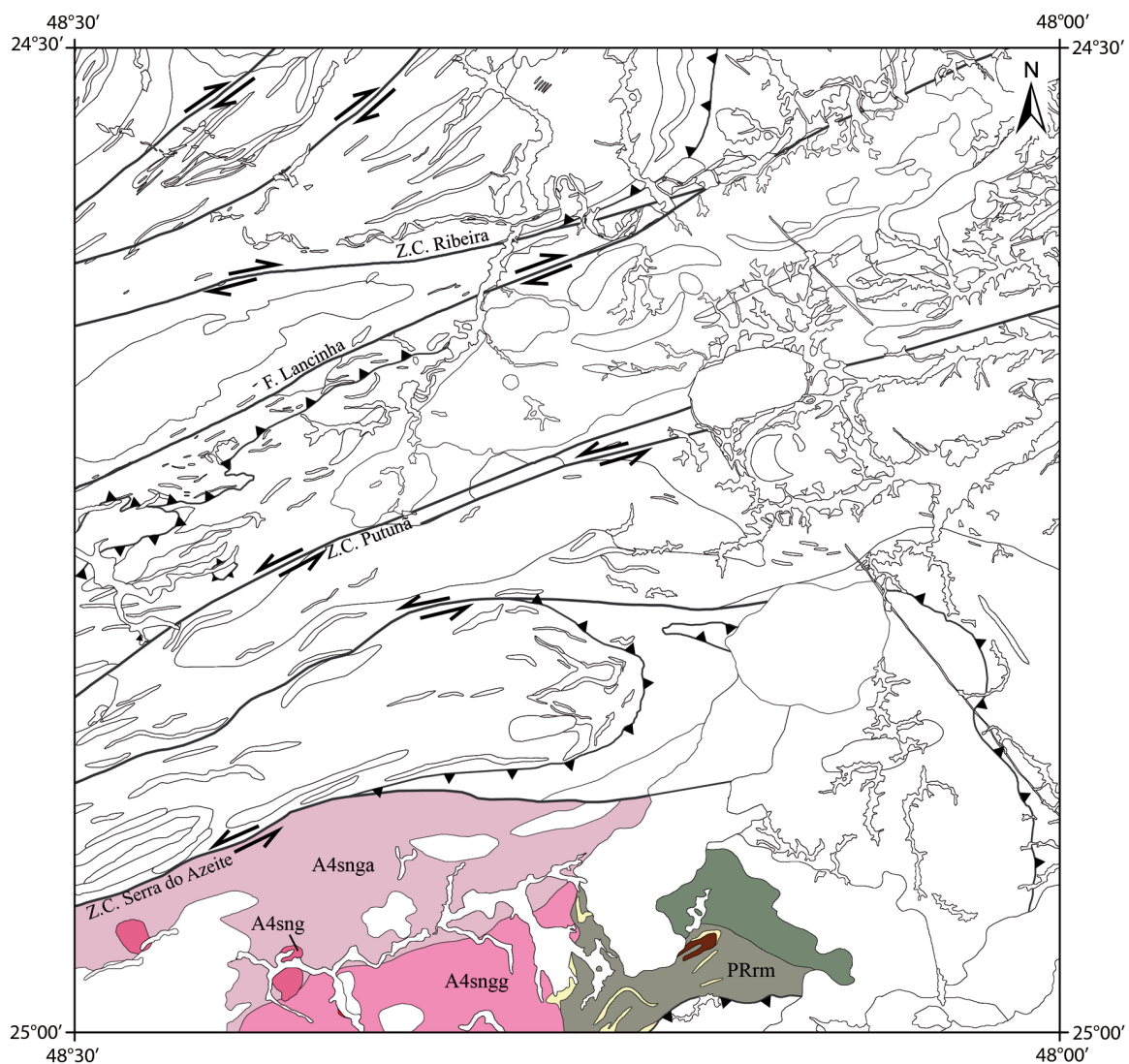


Figura 4.16 – Mapa geológico simplificado ressaltando o terreno Luís Alves; complexo Serra Negra: gnaiss anfíbolítico (A4snga), gnaiss granulítico (A4sngg); formação Rio das Minas (PPNPrm).

mediária, muitas vezes com características aparentemente ígneas. Embora seja difícil definir a natureza da rocha (ígneas não metamorfozadas ou metamorfozadas), em alguns casos os efeitos de metamorfismo em fácies anfibolito e granulito e migmatização são bem evidentes. O Complexo Serra Negra como um todo apresenta forte contraste geofísico nas imagens de gamaespectrometria, representado por um índice bastante baixo de radioelementos (U, Th, K e contagem total), o que facilita o estabelecimento das condições de contorno da unidade. Baseando-se em aspectos petrográficos, três litofácies ou tectonofácies principais foram mapeadas: Gnaiss Granulítico (A4sngg), Gnaiss Anfibolítico (A4snga) e Gnaiss Granítico (A4sng).

#### 4.4.1.1 GNAISSE GRANULÍTICO (A4sngg)

Macroscopicamente, o Gnaiss Granulítico consiste de um gabroide cinza-escuro, de granulação média a fina, comumente com aspecto charnoquitoide. Ocorrem termos com foliação homogênea tênue, definida por orientação preferencial de forma dos silicatos, sem bandamento diferenciado bem formado (Figura 4.17a), e termos com bandamento milimétrico a centimétrico de espessura bastante contínua em leitos individuais, com alternância entre leitos mesocráticos com diferentes tons de cinza e leitos leucocráticos esbranquiçados ou leitos melanocráticos (Figura 4.17a). Uma seção-tipo da unidade é observada em corte extenso entre o km 538,4-538,6 da Rodovia Régis Bittencourt (BR-116), pista sentido norte. Ao microscópio petrográfico, as rochas ou leitos mesocráticos apresentam plagioclásio, clinopiroxênio, ortopiroxênio, hornblenda castanho-escuro-esverdeada e minerais opacos (magnetita/titanomagnetita) como minerais essenciais. Quartzo e microclínio geralmente ocorrem como acessórios, embora localmente possam ser essenciais. Os demais acessórios compreendem apatita, titanita e zircão. Minerais retrometamórficos, tais como actinolita, tremolita, epidoto, clorita, biotita e sericita, geralmente ocorrem de forma localizada. No diagrama QAP (STRECKEISEN, 1979), os leitos mesocráticos se posicionam nos campos dos gabros, quartzo-gabros, tonalitos e granodioritos (Figura 4.18a). Quanto ao conteúdo de máficos e plagioclásio, as amostras analisadas são classificadas como hornblenda-leucogabro, hornblenda-gabro, quartzo-ortopiroxênio-leucogabro, ortopiroxênio-hornblenda-leucogabro, quartzo-hornblenda-leucogabronorito, hornblenda-gabronorito, clinopiroxênio-leuconorito, clinopiroxênio-norito, ortopiroxênio-clinopiroxênio-hornblenda-tonalito e clinopiroxênio-ortopiroxênio-granodiorito (Figura 4.18b-c). Predominam, amplamente, termos leucocráticos, com conteúdo total de plagioclásio entre 50 e 80%. Leitos tonalíticos a grano-

dioríticos e bandas ultramáficas muito ricas em hornblenda (plagioclásio-clinopiroxênio-ortopiroxênio-hornblendito) ocorrem subordinadamente. Os leitos leucocráticos são, principalmente, anortosíticos a tonalíticos e graníticos. Predomina nos leitos mesocráticos e leucocráticos textura poligonal seriada, refletindo alto equilíbrio metamórfico.

Observam-se evidências macroscópicas e microscópicas de migmatização. Feições de campo incluem bandas irregulares e bolsões leucossomáticos de composição tonalítica a granítica, que podem ser paralelas ou discordantes do bandamento, e bolsões pegmatoides hololeucocráticos, tipicamente truncando a foliação. Localmente, o bandamento gnáissico aparece dobrado em padrão isoclinal intrafolial. Evidências microscópicas de migmatização, na forma de monocristais de microclínio, e quartzo com baixos ângulos diedrais preenchendo interstícios (mimetizando líquido magmático) entre grãos parcialmente corroídos de plagioclásio e piroxênios, ocorrem com frequência.



Figura 4.17 – (a) Gnaiss básico da unidade granulítica do complexo Serra Negra, com bandas tabulares melanocráticas intercaladas com bandas de gnaiss mesocrático homogêneo com foliação definida por orientação preferencial de forma dos silicatos na seção-tipo da unidade, km 538,4, da rodovia BR-116, pista sentido norte (ponto 2149-FM-535); (b) gnaiss porfiroclástico, leucocrático, da unidade granítica do complexo Serra Negra, km 550, da rodovia BR-116, pista sentido sul (ponto 2149-FM-026).



Em áreas restritas ocorrem enclaves de gondito granulítico com bandas cinza-esverdeado formadas por ortopiroxênio, quartzo, magnetita e ortoanfibólio incolor, e bandas cinza-avermelhado constituídas por granada, ortopiroxênio, quartzo, magnetita e ortoanfibólio incolor. O protólito do gondito é geralmente atribuído a uma rocha sedimentar manganesífera (FETTES e DESMONS, 2008), frequentemente associada a formações ferríferas. Embora as relações com o gnaiss granulítico sejam incertas, a mineralogia do gondito indica que ele foi submetido ao mesmo metamorfismo granulítico do gnaiss.

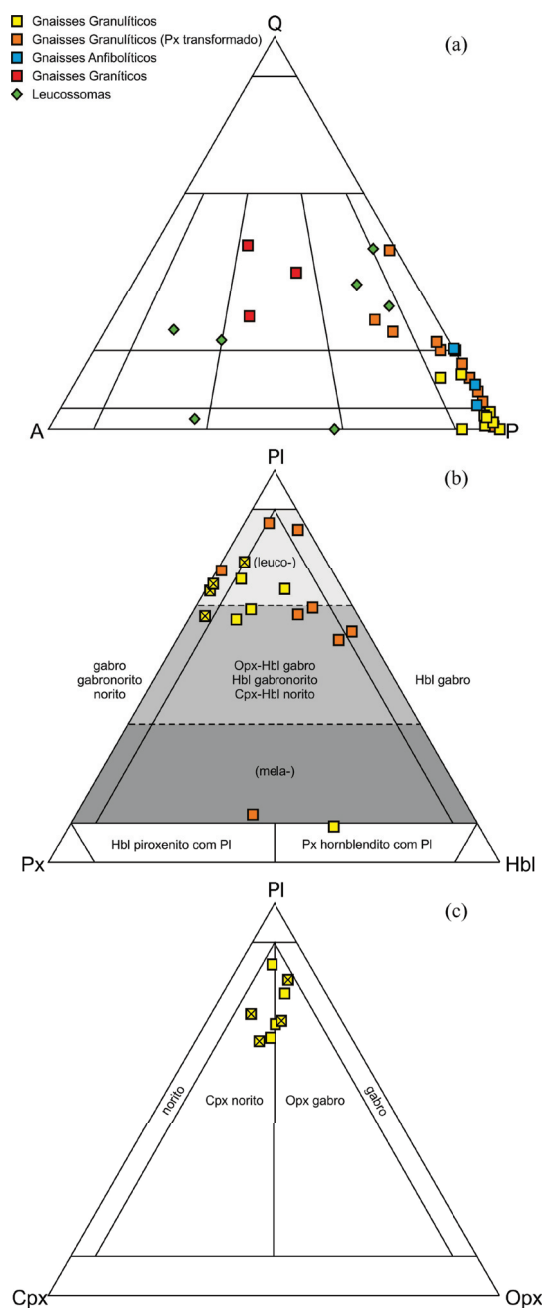


Figura 4.18 – Diagramas classificatórios de rochas ígneas, com dados de amostras do complexo Serra Negra: (a) diagrama QAP classificatório de rochas graníticas; (b) e (c) diagramas classificatórios de rochas gabbroicas. Fonte: Streckeisen (1976).

#### 4.4.1.2 GNAISSE ANFIBOLÍTICO (A4snga)

O aspecto macroscópico do Gnaiss Anfibolítico é, em geral, semelhante ao do Gnaiss Granulítico. A distinção entre os dois litotipos foi estabelecida, principalmente, pela petrografia microscópica. Uma seção-tipo da unidade é observada em corte extenso no km 551,3 da Rodovia Régis Bittencourt (BR-116), pista sentido sul. O Gnaiss Anfibolítico representa o gnaiss granulítico fortemente retrometamorfizado em condições de fácies xisto-verde superior a anfibolito. Na maioria das amostras analisadas, os piroxênios foram totalmente substituídos por actinolita ou tremolita e a hornblenda marrom da fase granulítica foi transformada em hornblenda azul ou azul-esverdeada. Entretanto, em muitos casos restam pseudomorfos dos minerais máficos da fase granulítica. Os agregados de plagioclásio, muitas vezes, ainda preservam a textura poligonal da fase granulítica, embora ocorra transformação parcial (moderada a forte), principalmente nos contatos entre grãos e microfaturas, em agregados de epidoto + sericita + biotita verde  $\pm$  clorita. Amostras com textura granulítica mais preservada se posicionam no campo dos quartzo-gabros e gabros no diagrama QAP (Figura 4.18a). Os leitões leucocráticos e leucossomas são composicional e texturalmente semelhantes aos encontrados no Gnaiss Granulítico. Bandas e corpos de dezenas de metros de espessura de rochas ultramáficas constituídas por actinolita/tremolita  $\pm$  hornblenda castanho-escura foram observados localmente, podendo representar rochas cumuláticas, anteriormente constituídas essencialmente por piroxênio, metamorfizadas. Também ocorrem enclaves de formações ferríferas constituídas por espessartita, anfibólio incolor (pseudomorfo de piroxênio), magnetita e biotita, com características texturais muito semelhantes ao gondito associado ao Gnaiss Granulítico.

Ocorrem com frequência, nessa unidade, corpos de anfibolito *strictu sensu* (hornblenda + plagioclásio  $\pm$  epidoto  $\pm$  clorita  $\pm$  biotita), onde não há resquícios texturais ou mineralógicos da fase granulítica. Localmente, ocorrem corpos métricos de clorita-xisto restritos a bandas de cisalhamento retrometamórficas. Ao longo da Zona de Cisalhamento Serra do Azeite, ocorre expressivo corpo de centenas de metros de espessura constituído, predominantemente, por anfibolito fino a médio, negro, homogêneo, foliado a pouco foliado. Nas proximidades da zona de cisalhamento, os corpos de anfibolito se alternam com camadas e lentes pouco espessas (decímetros a metros), heterogeneamente cisalhadas, de filito, formação ferrífera fácies magnetita, rochas metavulcanossedimentares metamorfizadas

em fácies xisto-verde inferior e rochas graníticas róseas. À exceção dos corpos graníticos, as demais intercalações, aparentemente, são exóticas (FALEIROS, 2008). No interior da Zona de Cisalhamento Serra do Azeite ocorre uma faixa de centenas de metros de espessura constituída por hornblenda-gnaiss cinza-esverdeado, milonítico a ultramilonítico, bandado e laminado, onde leitões ricos em hornblenda e subordinadamente biotita se alternam com leitões quartzofeldspáticos. O bandamento milonítico apresenta-se dobrado segundo padrão isoclinal com eixo sub-horizontal paralelo à lineação de estiramento. Em lâmina petrográfica, observam-se porfiroclastos lenticulares de feldspato como pseudomorfos totalmente sericitizados/saussuritizados, envoltos por matriz recristalizada de granulação média, composta por *ribbons* de quartzo em leitões muito contínuos alternados por leitões ricos em hornblenda, epidoto e feldspato (sericitizado/saussuritizado). A hornblenda encontra-se em equilíbrio e orientada na foliação milonítica indicando uma milonitização em fácies anfíbolito. Localmente, ocorrem leitões ricos em clorita tardia, indicando re-trometamorfismo em fácies xisto-verde.

Por vezes, ocorrem corpos tabulares intrusivos, de espessuras métricas, constituídos por granitoide blastoporfirítico protomilonítico, com megacristais centimétricos de feldspato róseo tabular. A foliação principal, de natureza milonítica, está associada a forte estiramento de minerais, o que lhe confere uma lineação de estiramento proeminente.

#### 4.4.1.3 GNAISSE GRANÍTICO (A4sng)

Dois pequenos corpos circunscritos de gnaiss granítico foram individualizados com base em trabalhos de campo e petrográficos e dados geofísicos. Nas imagens de gamaespectrometria, esses corpos apresentam valores moderados a altos de radioelementos, notadamente, tório (Figura 3.5).

Em campo, compreende um hornblenda-biotita-gnaiss grosso, cinza, milonítico, porfiroclástico (blastoporfirítico), com lentes de espessura milimétrica de biotita ( $\pm$  hornblenda) dispersas em meio a lentes félsicas dominantes, definindo uma estrutura lenticularizada oftálmica. Ocorrem termos sem bandamento diferenciado evidente (Figuras 4.17a e 4.19a) e termos com bandamento bem definido, marcado pela intercalação entre leitões melanocráticos ricos em hornblenda e biotita e leitões leucocráticos, graníticos e porfiroclásticos (Figura 4.19b). Localmente, foram observados megacristais de até 7

cm de diâmetro maior de feldspato róseo lenticularizado. Os demais litotipos incluem faixas de ultramilonito com aproximadamente 1 m de espessura, domínios de leucogranito róseo isótopo e 'intercalações' de gabroides semelhantes aos descritos na litofácies gnáissico-anfíbolítica. No diagrama QAP, as rochas se posicionam no campo dos monzogranitos (Figura 4.18a). Feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, hornblenda e biotita são os minerais essenciais. Minerais opacos, zircão, titanita, alanita e apatita são acessórios.

Um dos corpos de gnaiss granítico apresenta associação de rochas vulcânicas básicas a intermediárias ( $\text{SiO}_2$  entre 48 e 65%), metamorfizadas em condições de fácies anfíbolito. Essas rochas apresentam cor cinza-rosado, estrutura isótopa e textura geralmente porfirítica, com fenocristais de feldspato róseo tabular e hornblenda ripiforme, de dimensões variando de milimétricas até 1 cm, dispersos em matriz muito fina, de cor cinza-escuro (Figura 4.20).



Figura 4.19 – Gnaiss oftálmico mesocrático sem bandamento (a) e com bandas melanocráticas de composição anfíbolítica (b) presente na unidade gnaiss granítico do complexo Serra Negra; aforamento no km 550 da rodovia BR-116, pista sentido sul (ponto 2149-FM-025).





Figura 4.20 – Hornblenda-biotita-metatraquito porfírico, cinza-escuro, com fenocristais de plagioclásio e hornblenda; afloramento no km 550 da rodovia BR-116, pista sentido sul (ponto 2149-FM-026).

#### 4.4.1.4 LITOGEOQUÍMICA

O resultado de análises geoquímicas de elementos maiores, traços e terras-raras em 30 amostras de rocha total do Complexo Serra Negra são apresentados no Quadro 4.1. As análises são representativas de gnaisses granulíticos, anfíbolíticos e graníticos e de rochas vulcânicas associadas aos gnaisses graníticos.

##### 4.4.1.4.1 ROCHAS PLUTÔNICAS

Visando a avaliar possíveis relações cogenéticas, todos os gnaisses foram analisados conjuntamente. O conteúdo de sílica apresenta variações nos intervalos de 47-56% (gabroides), 50-57% (granodiorito), 54-65% (tonalito) e 62-71% (sienitos e granitos). Os três primeiros grupos de rochas apresentam baixo conteúdo de MgO, entre aproximadamente 2 e 6%, e valores de #mg ( $=100 * \text{MgO} / \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ ) entre 18 e 36. Variações composicionais significativas entre gabroides, tonalitos e granodioritos ocorrem em relação aos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Quadro 4.1). Os teores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  são relativamente altos, com variação geral entre 13 e 22% para todos os tipos de rocha. Os gabroides apresentam os maiores teores, os quais estão relacionados ao conteúdo de plagioclásio, que chega a 80% nas amostras estudadas.

Ocorrem tendências coerentes com cristalização fracionada para todos os elementos maiores, incluindo correlações negativas entre  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Figura 4.21) e correlação positiva entre  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{K}_2\text{O}$ . Os padrões observados são coerentes com cristalização

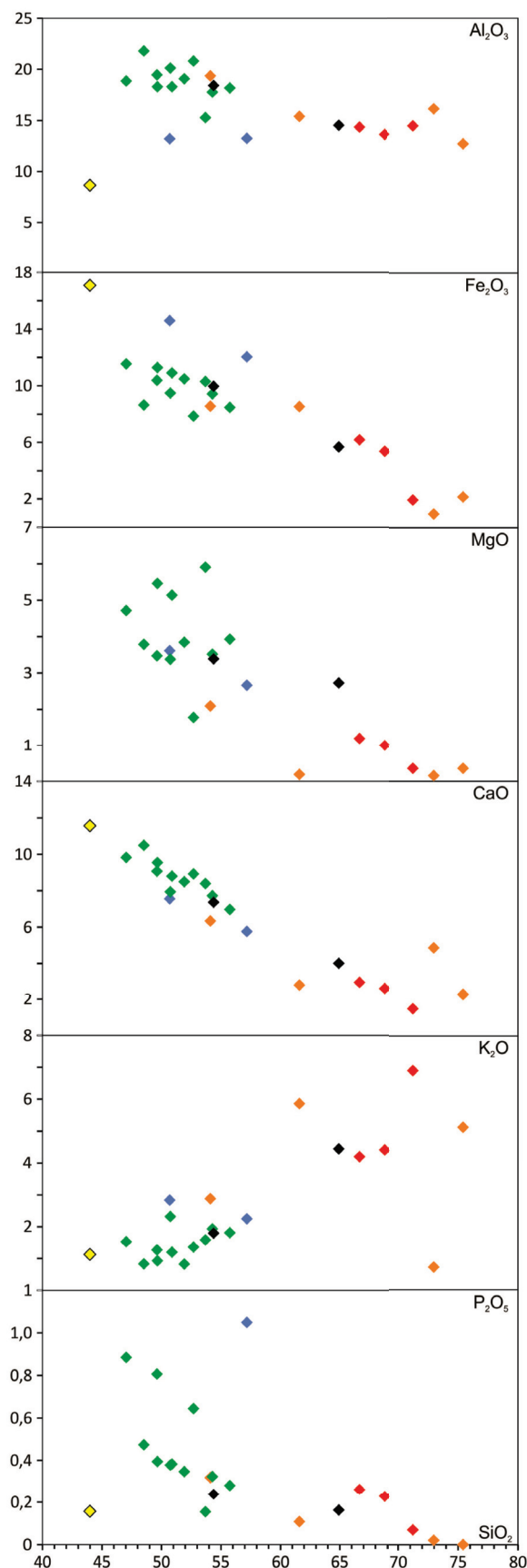


Figura 4.21 – Diagramas de Harker com dados de rochas do complexo Serra Negra.

Nota: losango verde: gabroides; losango vermelho: gnaisses graníticos; losango laranja: veios leucocráticos e leucossomas; losango azul: granodiorito; losango preto: tonalito; losango amarelo: hornblendito.

AMOSTRA ELEMENTO	001-A	001-B	002-A	002-B1	002-B2	005-A	009-E	009-F	017-A	018-RA	018-RB	025	026-A	026-B	026-C	026-D	026-E	026-F	026-G	413	416-B
SiO <sub>2</sub>	50,92	49,69	43,86	55,61	75,23	51,94	61,53	49,28	53,88	50,33	53,57	68,60	66,31	50,04	64,85	65,18	62,02	62,54	47,39	53,55	56,78
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	I.d.	I.d.	0,29	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	0,05	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	0,04	I.d.	I.d.	0,03	0,03	0,01	0,03	I.d.
TiO <sub>2</sub>	0,60	0,61	0,77	0,65	0,09	0,78	0,76	0,44	0,61	1,06	1,20	0,73	0,84	1,15	0,54	0,54	0,72	0,70	1,22	0,91	2,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,29	18,29	8,55	18,11	12,62	19,07	15,36	5,92	18,23	19,95	19,16	13,57	14,25	14,69	15,36	15,55	13,69	13,68	16,44	15,21	13,13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,90	11,29	16,98	8,44	2,17	10,48	8,51	12,74	9,87	9,40	8,46	5,36	6,15	12,51	4,76	4,64	5,33	4,85	13,23	10,26	11,94
MnO	0,21	0,22	0,46	0,16	0,04	0,20	0,24	0,38	0,20	0,17	0,21	0,11	0,12	0,28	0,08	0,08	0,09	0,11	0,23	0,20	0,29
MgO	5,14	5,46	14,90	3,92	0,36	3,85	0,19	15,55	3,35	3,35	2,07	1,00	1,19	7,00	1,83	1,91	4,37	4,31	6,41	5,89	2,65
CaO	8,80	9,54	11,53	6,95	2,28	8,49	2,81	12,44	7,29	7,87	6,27	2,62	2,94	7,23	3,20	2,49	3,06	4,37	8,13	8,37	5,72
Na <sub>2</sub> O	3,57	3,60	1,06	3,77	1,83	4,02	4,49	0,84	3,58	4,34	4,85	3,11	3,22	2,87	4,71	4,80	3,56	3,98	2,85	3,55	3,31
K <sub>2</sub> O	1,20	0,92	1,12	1,80	5,12	0,82	5,85	0,91	1,78	2,30	2,85	4,39	4,17	1,44	3,57	3,94	5,71	4,36	2,52	1,58	2,23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,38	0,39	0,16	0,28	I.d.	0,35	0,11	I.d.	0,24	0,37	0,32	0,23	0,26	0,42	0,28	0,31	0,43	0,40	0,87	0,15	1,04
P.F.	I.d.	I.d.	0,33	0,31	0,26	I.d.	0,16	1,46	0,98	0,86	1,04	0,29	0,54	2,33	0,81	0,55	1,00	0,67	0,71	0,30	0,75
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Co	9,9	10,9	29,2	7,0	2,3	8,3	0,7	36,5	16,9	16,9	11,4	6,4	8,9	22,6	8,5	7,7	13,4	4,7	24,1	14,8	18,8
Ni	8,1	8,3	123,0	8,1	6,0	6,4	1,0	115,8	5,6	16,9	5,8	5,1	7,9	38,7	11,3	11,5	74,6	30,5	25,2	72,1	5,7
Cu	12,2	15,6	13,7	18,7	12,2	12,8	12,2	168,1	8,2	8,9	9,7	12,7	21,4	25,1	17,9	8,5	29,6	21,9	28,4	31,1	35,2
Ga	19,1	17,0	14,9	19,3	10,4	21,5	25,3	11,4	19,3	23,5	21,4	18,3	17,8	22,6	21,8	21,9	19,7	19,7	24,4	19,2	20,4
Rb	21,5	11,6	16,0	22,2	74,7	2,9	68,4	17,0	79,6	92,7	78,4	81,8	83,5	40,7	82,9	132,9	150,6	92,1	108,5	43,0	36,4
Sr	935,6	1019,2	53,7	774,4	659,9	821,1	67,2	101,7	702,0	585,7	548,6	288,5	371,5	312,9	1097,3	1022,8	834,0	679,2	689,7	271,9	696,8
Y	16,7	13,2	20,1	15,3	1,4	13,2	61,2	21,1	23,5	35,6	35,4	22,0	31,7	50,5	13,1	12,8	17,1	16,0	55,7	38,8	83,1
Zr	14,7	13,7	29,9	83,0	98,3	26,6	1603,6	56,4	53,6	157,8	280,2	364,2	466,5	204,8	193,7	206,5	204,3	209,8	277,4	268,4	647,3
Nb	1,7	1,2	5,8	5,5	2,1	3,9	23,2	4,9	5,6	10,9	21,0	9,9	13,3	25,6	28,0	15,7	19,3	19,7	21,9	14,5	40,2
Mo	0,3	0,3	0,5	0,3	0,7	0,3	1,9	0,3	0,5	1,5	1,0	0,8	1,4	0,9	0,4	1,1	0,4	0,3	0,4	0,5	1,4
Ba	630	543	62	825	2735	542	1544	82	640	644	975	1981	2325	541	1550	1893	2682	2469	992	962	2706
La	16,3	14,9	8,2	25,3	7,6	24,1	108,8	35,0	25,0	49,3	57,8	73,2	64,6	60,4	44,5	47,9	41,2	33,8	105,8	38,5	152,7
Ce	33,3	26,8	18,5	49,1	9,9	42,6	211,4	81,8	50,5	100,4	103,0	130,0	117,7	121,5	84,3	87,6	79,2	64,1	196,9	79,1	292,9
Pr	4,8	3,3	2,9	6,1	0,9	6,0	27,1	10,7	6,8	11,8	12,7	14,5	13,6	15,0	9,0	12,0	9,8	8,0	23,5	9,8	36,3
Nd	18,3	17,2	15,3	26,3	4,0	19,6	105,2	40,7	28,3	46,0	46,5	52,1	54,3	58,0	39,2	38,4	36,8	32,4	88,4	43,1	144,5
Sm	5,1	3,2	4,2	4,4	0,8	3,7	18,2	6,8	3,8	8,5	7,9	8,6	9,2	13,2	5,3	8,1	7,4	6,2	16,7	7,0	26,2
Eu	1,2	1,2	1,5	1,3	0,4	1,3	5,0	1,3	2,0	2,4	2,8	2,7	3,2	2,3	1,9	2,5	1,7	1,1	2,2	2,5	5,7
Gd	4,1	3,6	4,2	4,7	0,3	5,3	15,9	6,2	5,4	8,2	7,7	7,0	9,9	12,3	5,6	6,2	5,8	4,5	17,2	9,0	24,1
Tb	0,7	0,6	0,9	0,6	I.d.	0,7	2,0	0,8	0,9	1,3	1,2	1,1	1,2	1,6	0,6	0,8	0,9	0,6	2,3	1,3	2,8
Dy	3,0	3,1	4,4	3,5	0,3	2,5	10,6	4,1	5,6	5,9	7,3	6,1	7,4	9,7	3,4	4,0	3,2	4,1	11,8	8,9	17,5
Ho	0,6	0,6	0,8	0,5	0,1	0,5	2,1	0,7	1,2	1,4	1,6	0,9	1,4	2,2	0,6	0,6	0,8	0,7	2,1	1,7	3,5
Er	2,2	1,6	2,1	2,1	0,1	1,5	6,0	2,4	3,5	4,8	4,8	2,4	3,7	6,2	1,8	1,8	2,1	1,3	7,1	4,7	9,1
Tm	0,3	0,2	0,4	0,2	I.d.	0,4	1,0	0,3	0,6	0,8	0,6	0,4	0,5	0,8	0,2	0,2	0,3	0,2	0,8	0,6	1,4
Yb	1,9	1,1	2,7	1,7	0,4	1,3	6,4	2,0	3,5	3,8	3,9	2,3	3,8	5,5	1,5	1,3	1,5	1,6	5,4	4,6	7,6
Lu	0,4	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	1,0	0,3	0,7	0,8	0,4	0,5	0,5	0,8	0,2	0,2	0,4	0,3	1,0	0,3	0,7
Hf	0,7	0,7	1,2	2,1	2,9	1,0	28,2	1,6	1,7	4,4	8,1	8,9	11,1	5,3	5,5	5,4	5,3	5,8	8,3	6,4	14,8
Ta	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	0,5	I.d.	0,7	1,0	1,3	I.d.	0,1	0,5	0,7	1,1	1,0	0,8	0,9	I.d.	1,3
W	I.d.	1,7	0,3	I.d.	2,6	I.d.	I.d.	0,3	I.d.	0,2	I.d.	I.d.	1,8	I.d.	1,3	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	2,0
Pb	1,9	1,7	4,3	2,3	4,0	2,0	12,8	1,7	3,2	8,1	9,5	9,8	14,6	9,6	15,3	10,3	19,9	8,1	7,5	1,6	8,5
Th	1,1	0,4	0,7	I.d.	I.d.	I.d.	5,2	0,6	2,2	6,5	4,2	5,4	3,4	2,9	7,9	8,2	8,1	7,3	20,2	4,6	3,0
U	0,2	0,1	0,1	I.d.	0,3	0,1	0,5	0,1	0,2	0,6	0,5	0,6	1,2	0,8	2,5	2,7	1,7	2,0	3,6	0,3	0,3

Quadro 4.1 – Dados litogeométricos de rocha total do complexo Serra Negra.



de plagioclásio, clinopiroxênio, ortopiroxênio e apatita. Mudanças na inclinação da tendência linear de correlação entre  $\text{SiO}_2$  e  $\text{K}_2\text{O}$  sugerem que ocorreu cristalização de feldspato potássico para líquidos com conteúdos de sílica superiores a 65%, se considerarmos que as rochas ácidas, básicas e intermediárias são cogenéticas.

A hipótese de cogeneticidade entre os termos básicos a ácidos é reforçada por diagramas relacionando elementos incompatíveis (Figura 4.22). No diagrama relacionando La e Ce, as amostras apresentam correlação positiva muito forte, com linha de tendência linear ajustada com  $R^2 = 0,988$  (Figura 4.22). Essa tendência está relacionada a valores aproximadamente constantes da razão La/Ce ( $\sim 0,5$ ), que indica a razão presente na fonte do magma. Os valores constantes de La/Ce indicam que todas as amostras foram originadas da mesma fonte ou de fontes diversas com mesma razão La/Ce. A atuação de cristalização fracionada é evidente no gráfico relacionando os valores de La e La/Ce, com ampla variação de La para valores constantes de La/Ce (Figura 4.22). Entretanto, três amostras – duas das quais representam leucossomas hololeucocráticos – apresentam razão La/Ce de aproximadamente 0,8 (Figura 4.22).

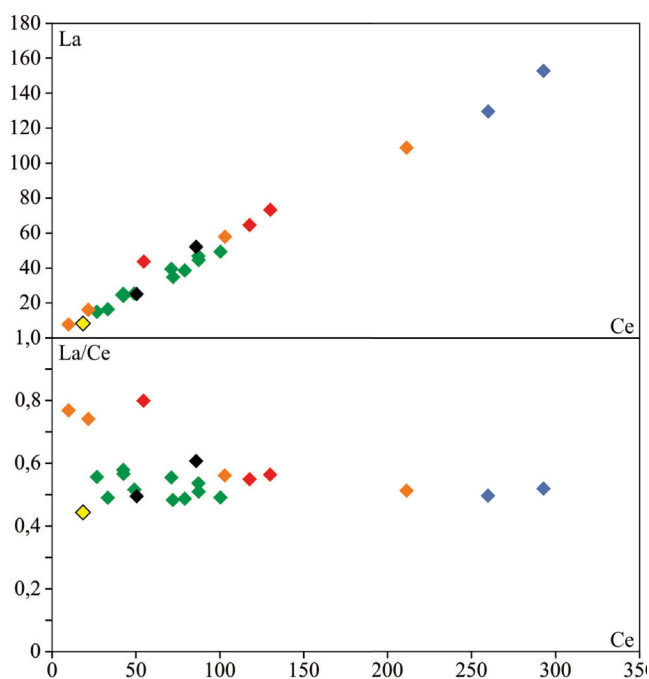


Figura 4.22 – Diagramas relacionando os elementos incompatíveis Ce e La e Ce e a razão La/Ce de rochas do complexo Serra Negra.

Nota: losango verde: gabroides; losango vermelho: gnaisses graníticos; losango laranja: veios leucocráticos e leucossomas; losango azul: granodiorito; preto: tonalito; losango amarelo: hornblendito.

No diagrama AFM, as amostras se posicionam essencialmente no campo da série toleítica (Figura 4.23). Já as três amostras com La/Ce de aproximadamente 0,8 se localizam no campo da série calcialcalina, próximo ao eixo AF do diagrama (Figura 4.23). Isso reforça as evidências de que essas rochas tiveram uma gênese ao menos em parte distinta em relação às outras rochas da unidade.

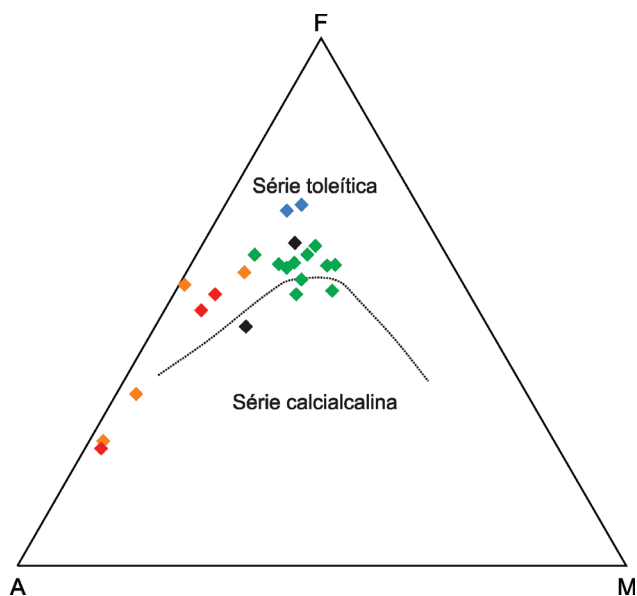


Figura 4.23 – Diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971) com dados do complexo Serra Negra.

Nota: losango verde: gabroides; losango vermelho: gnaisses graníticos; losango laranja: veios leucocráticos e leucossomas; losango azul: granodiorito; losango preto: tonalito.

O comportamento dos elementos-traços das amostras de gnaisses granulíticos e anfíbolíticos no diagrama multielementos normalizado pelo manto primitivo mostra forte enriquecimento na maior parte dos elementos-traços, com anomalias negativas de Th-U, Ta-Nb, Hf-Zr e Ti (Figura 4.24a). O padrão das amostras básicas e intermediárias é, de maneira geral, muito semelhante. Entretanto, as rochas de composição intermediária são enriquecidas em todos os elementos em relação às rochas básicas, reforçando a hipótese de fracionamento magmático. Outras diferenças marcantes incluem: (i) anomalias de Sr negativas para rochas intermediárias e positivas para rochas básicas; (ii) anomalias negativas de Ta-Nb e Hf-Zr mais pronunciadas para as rochas básicas. O padrão dos ETR normalizados pelo condrito mostra forte enriquecimento dos ETR leves em relação aos pesados para todas as amostras (Figura 4.24b). As rochas intermediárias são mais ricas no conteúdo total de ETR e apresentam anomalias negativas de Eu, ausentes nas rochas básicas (Figura 4.24b).

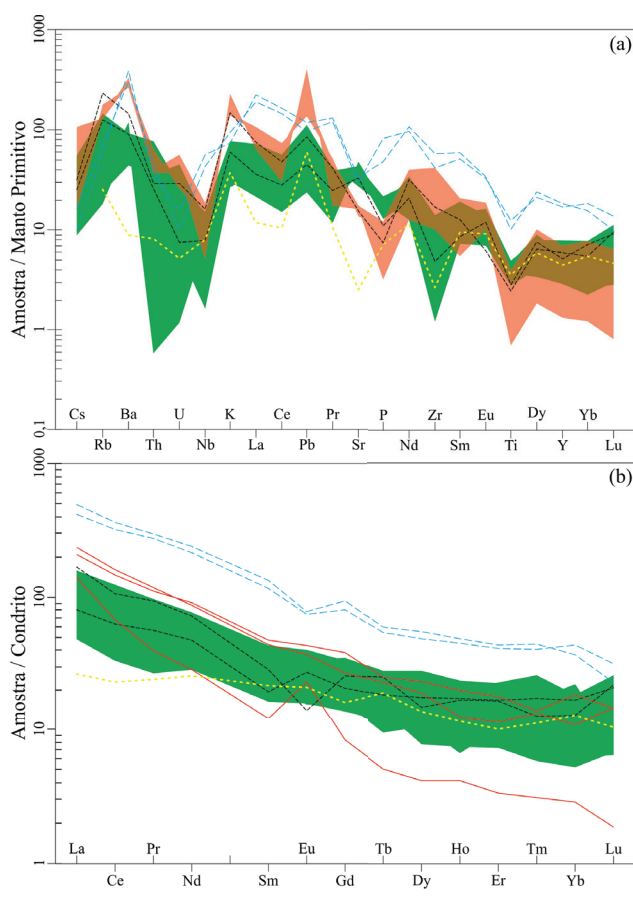


Figura 4.24 – (a) Diagrama multielementos normalizado pelo manto primitivo de Sun e McDonough (1989); (b) diagrama de ETR normalizado pelo condrito de Boynton (1984), com dados do complexo Serra Negra.

Nota: área em verde: gabroides; área ou linhas em vermelho: gnaisses graníticos; linhas tracejadas em azul: granodiorito; linhas tracejadas em preto: tonalito; linha tracejada em amarelo: hornblendito.

As anomalias negativas de Eu nas rochas mais evoluídas são condizentes com cristalização fracionada de plagioclásio. Isso também é indicado pela evidência petrográfica de forte enriquecimento em plagioclásio nas rochas menos evoluídas. As anomalias de Sr positivas nas rochas básicas e negativas nas intermediárias podem refletir cristalização fracionada de plagioclásio nas primeiras e de feldspato potássico nas últimas.

As amostras de gnaiss granítico apresentam índice ASI menor que 1, refletindo composição metaluminosa (Figura 4.25a). Os conteúdos de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{K}_2\text{O}$  indicam afinidade calcálcica de alto potássio (Figura 4.25b). O comportamento dos elementos-traços no diagrama multielementos normalizado pelo manto primitivo é caracterizado por forte enriquecimento em LILE e nos HFSE Hf, Zr e Sm, com anomalias negativas de Th-U, Ta-Nb, Sr, P e Ti (Figura 4.24a). O diagrama de ETR normalizado

pelo condrito mostra forte enriquecimento em ETR leves em relação aos pesados, padrão plano para os ETR pesados e ausência de anomalia de Eu para amostras com La/Ce de  $\sim 0,5$  (Figura 4.24b). A amostra com La/Ce de  $\sim 0,8$  apresenta padrão distinto, com fracionamento dos ETR pesados e anomalia positiva forte de Eu. Nos diagramas discriminantes tectônicos de Pearce et al. (1984), os gnaisses graníticos se posicionam no campo dos granitos de arcos vulcânicos (Figura 4.26).

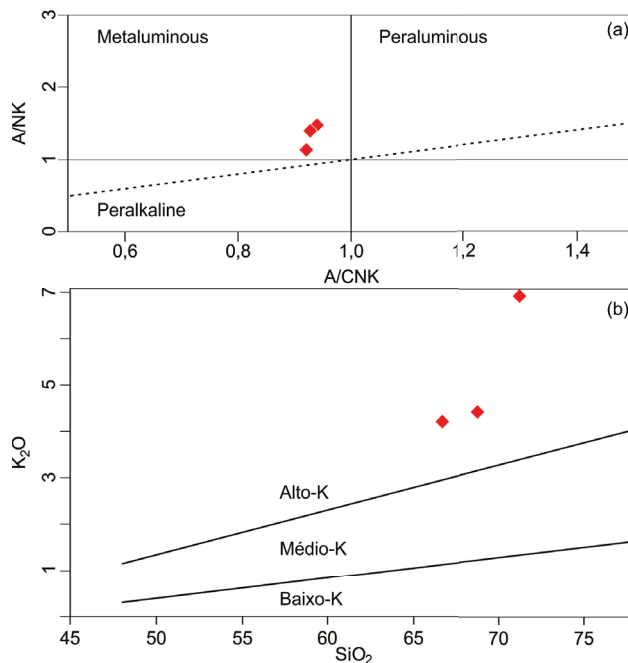


Figura 4.25 – Diagramas (a) índice aluminoso versus parâmetro A/CNK (Shand, 1943) e (b)  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{K}_2\text{O}$  (Le Maitre, 1989), com dados dos gnaisses graníticos do complexo Serra Negra.

As razões Nb/Th, Zr/Nb, Nb/Y e Zr/Y fornecem informações sobre a fonte de rochas máficas, com aplicação para rochas arqueanas (CONDIE, 2005). No diagrama Zr/Y-Nb/Y (Figura 4.27a), as amostras do Complexo Serra Negra se posicionam no campo de variação entre as composições dos membros finais de fonte mantélica empobrecida profunda (DEP) e componente enriquecido (EN), que inclui a crosta continental superior e a litosfera subcontinental – essa última podendo apresentar uma herança de assinatura geoquímica de zona de subducção (CONDIE, 2005). O padrão dos gabroides do Complexo Serra Negra sugere uma fonte mantélica dominada por pluma (CONDIE, 2005). Algumas amostras apresentam composição muito próxima à de componente enriquecido (EN), sugerindo interações com crosta continental e/ou litosfera

subcontinental (CONDIE, 2005). No diagrama Nb/Th-Zr/Nb, as amostras se distribuem, principalmente, no campo de variação entre os membros finais de componente enriquecido (EN) e componente de manto reciclado (REC) (Figura 4.27b). Isso sugere que a geração do magma teve participação de plumas oriundas de manto profundo que havia previamente incorporado material reciclado da litosfera oceânica (CONDIE, 2005). O padrão dos gabroides do Complexo Serra Negra se assemelha aos padrões dos basaltos de *greestone belts* arqueanos de outras partes do mundo (CONDIE, 2005).

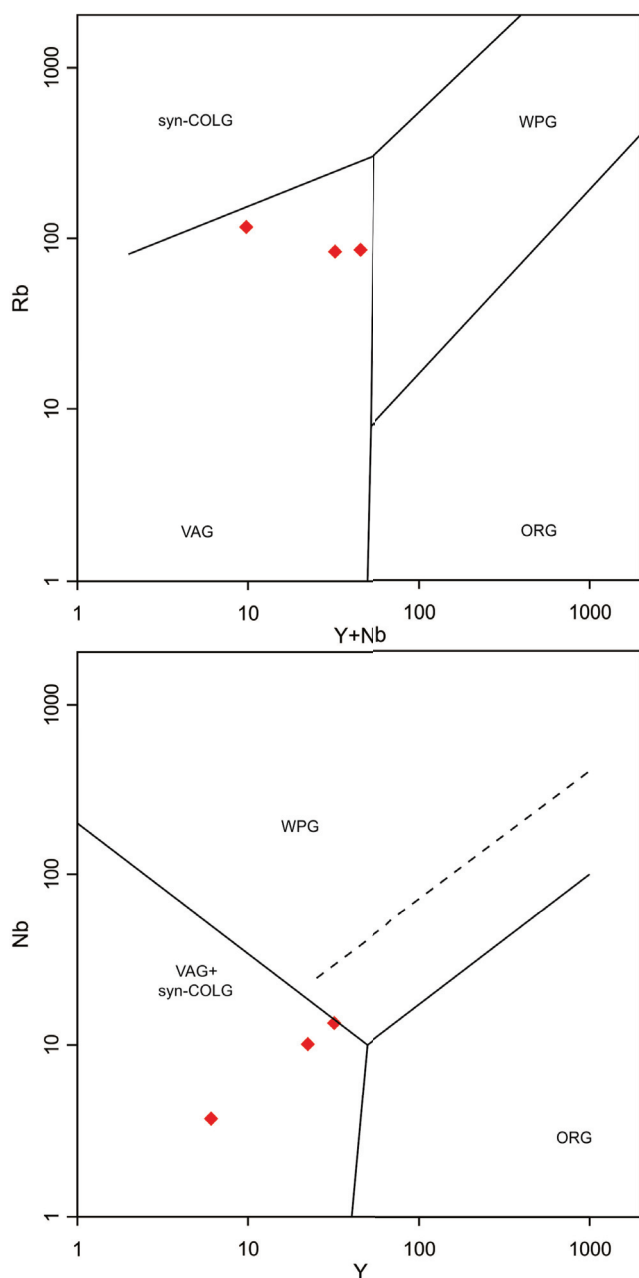


Figura 4.26 – Diagramas discriminatórios de ambiência tectônica de Pearce et al. (1984), com dados de gnaisses graníticos do complexo Serra Negra.

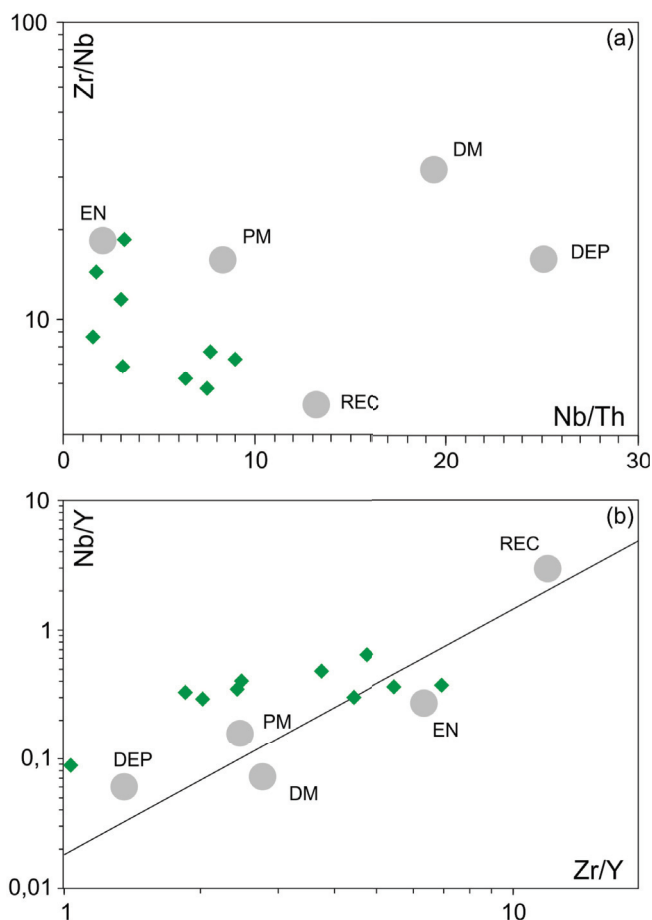


Figura 4.27 – Diagramas petrogenéticos para rochas básicas arqueanas de Condie (2005).

Nota: DEP: fonte mantélica empobrecida profunda; EN: componente enriquecido; REC: componente de manto reciclado; DM: manto raso empobrecido; PM: manto primitivo.

#### 4.4.1.4.2 ROCHAS VULCÂNICAS

Seis amostras de rochas vulcânicas foram analisadas. Dentre elas, duas apresentam composição básica e quatro, intermediária, com teores de  $\text{SiO}_2$  nos intervalos 48-51% e 63-65, respectivamente.

As rochas de composição intermediária são metaluminosas, apresentando conteúdo de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  entre 14 e 16% e razão  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  entre 0,8 e 1,6. O caráter metaluminoso se reflete na mineralogia, com biotita e hornblenda representando os minerais máficos principais. As amostras se posicionam no campo da série calcialcalina no diagrama AFM (Figura 4.28a) e apresentam afinidade calcialcalina de alto potássio (Figura 4.28b). Apesar de o número reduzido de amostras, ocorrem correlações lineares entre os conteúdos dos elementos maiores e sílica, sendo positivas para  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{CaO}$  e negativas para  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ .



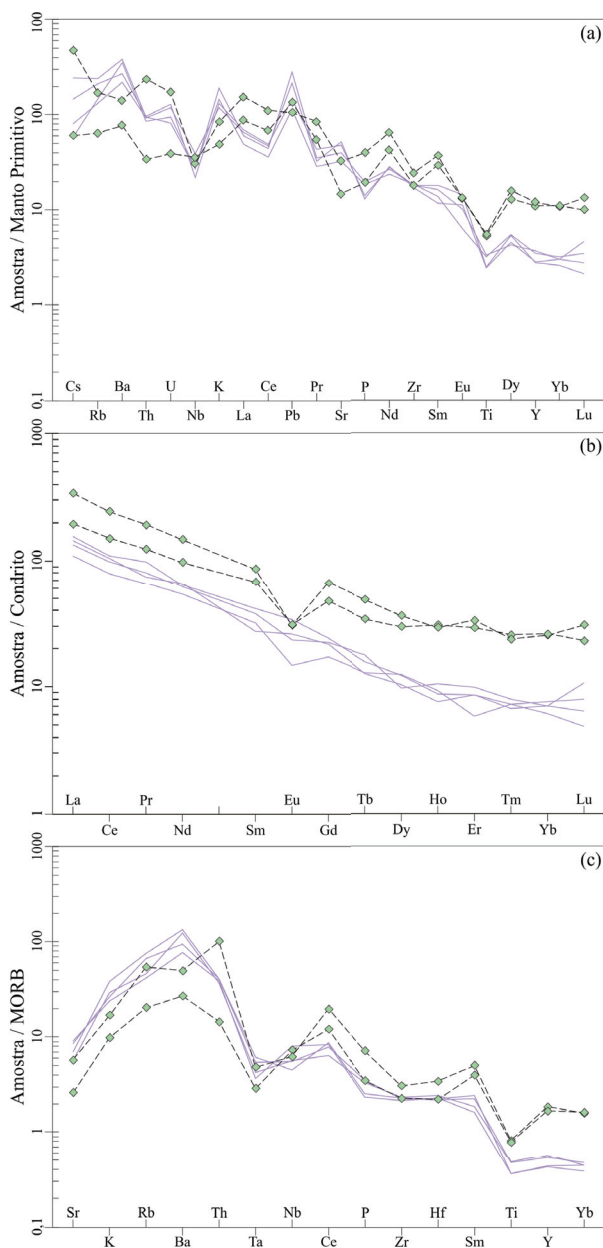


Figura 4.30 – (a) Diagrama multielementos normalizado pelo manto primitivo de Sun e McDonough (1989); (b) diagrama de ETR normalizado pelo condrito de Boynton (1984); (c) diagrama multielementos normalizado pelo MORB de Pearce (1983), com dados de rochas vulcânicas do complexo Serra Negra.

Nota: linhas tracejadas em preto: rochas básicas; linhas em roxo: rochas intermediárias.

Em diversos diagramas discriminantes de ambiente tectônico, que relacionam elementos-traços, as duas amostras de anfibolito se posicionam no campo dos basaltos calcálicos (MULLEN, 1983; PEARCE e CANN, 1973; WOOD, 1980).

#### 4.4.1.5 GEOCRONOLOGIA

Uma amostra de gnaíse milonítico pertencente à Unidade Gnaíse Granítico (ponto 2149-FM-025) foi

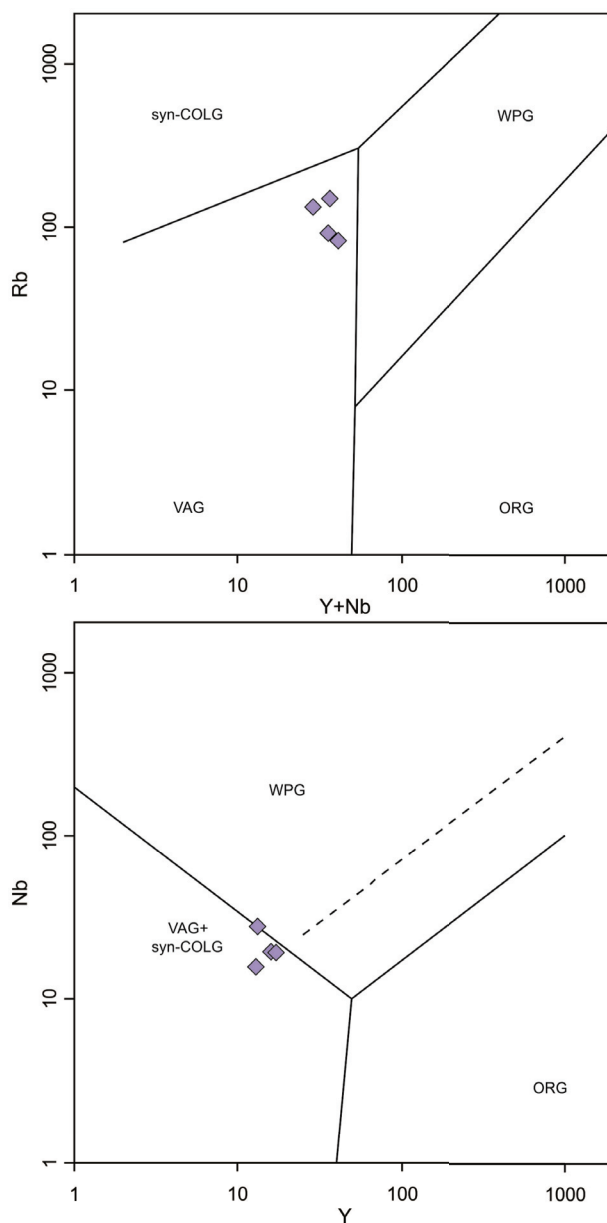


Figura 4.31 – Diagramas discriminatórios de ambiente tectônico de Pearce et al. (1984), com dados de rochas vulcânicas intermediárias do complexo Serra Negra.

selecionada para datação pelo método U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão. A amostra 2149-FM-025 apresenta uma única população de zircões transparentes, fragmentados, com razões axiais entre 1:1 (grãos mais arredondados) e 2:1 (grãos prismáticos com bordas arredondadas). Imagens de elétrons retroespalhados, realizadas no microscópio eletrônico de varredura, indicam grãos homogêneos sem zoneamentos ou núcleos herdados.

Foram realizadas 25 análises pontuais, incluindo núcleos e bordas de cristais de zircão, todas com as mesmas faixas de idade. Dezoito pontos analíticos fornecem uma idade concórdia de  $2155 \pm 10$  Ma (Figura 4.32), a qual interpretamos como a idade de cristalização do zircão e do gnaíse hospedeiro.



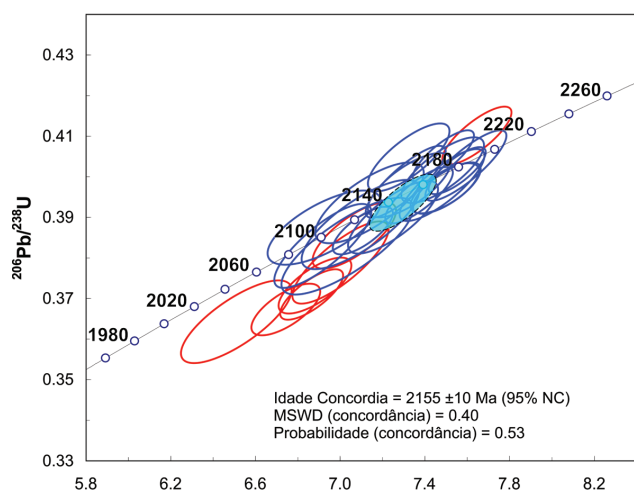


Figura 4.32 – Diagrama concórdia para a amostra de gnaiss milonítico 2149-FM-025.

Nota: Os dados em vermelho não foram considerados para o cálculo.

#### 4.4.2 FORMAÇÃO RIO DAS MINAS (PRrm)

Essa unidade foi definida, originalmente, como Sequência Cachoeira por Silva et al. (1981). Entretanto, devido à existência de unidade homônima definida anteriormente (Granito Cachoeira; HASUI et al., 1978) e atualmente em uso no GEOBANK (CPRM/SGB), propõe-se, neste trabalho, sua redefinição para Formação Rio das Minas. A unidade apresenta área aflorante de aproximadamente 70 km<sup>2</sup> e forma irregular. Encontra-se em contato com gnaisses dos complexos Serra Negra e São Francisco do Sul e com o Granito Serra do Ipiranguinha. Somente o contato com o Complexo São Francisco do Sul foi observado em campo, caracterizado como de natureza tectônica.

Na região estudada ocorrem três subunidades litológicas principais, denominadas: Unidade de Ardósia e Filito; Unidade de Granada-Micaxisto; Unidade de Paragnaisse.

##### 4.4.2.1 UNIDADE DE ARDÓSIA E FILITO (PRrmaf)

Unidade composta, predominantemente, por ardósia ou filito rítmicos (metarritmito com intercalações de metassiltito e metargilito), de cores verde-acinzentado (Figura 4.33a), prateada ou marrom-claro. A estrutura principal consiste em bandamento milimétrico a centimétrico, definido pela intercalação entre leitões de granulação, composição e cores contrastantes (Figura 4.33a-b). Leitões ‘siltosos’, enriquecidos em quartzo com cores mais claras, alternam-se com leitões ‘argilosos’ com cores mais escuras e ricos

em minerais micáceos. Também ocorrem camadas quartzosas de cor verde. Quando alterada, a rocha assume cores mais esverdeadas, em tons de verde-oliva. Bandamento lenticularizado e anastomosado, formando pares SC em geral sinistrais, ocorrem com frequência. Localmente, os corpos de ardósia e filito apresentam clivagem de crenulação proeminente. Veios de quartzo lenticulares com sulfetos e material de alteração negro e ocre, de espessura centimétrica, com extensão lateral decimétrica a métrica, são comuns. Localmente, ocorre filito com porfiroblastos milimétricos de granada.

Ocorrem intercalações de lentes de quartzito (PPNPrmaf) em escala de afloramento e, por vezes, mapeáveis na escala de trabalho, compostos, predominantemente, por quartzito marrom ou cinza, cisalhado, com acamamento milimétrico a decimétrico, marcado por leitões de cores e granulações diferentes e/ou por alteração diferencial. Localmente, ocorre quartzito grosso com grânulos e quartzito ultramilonítico.

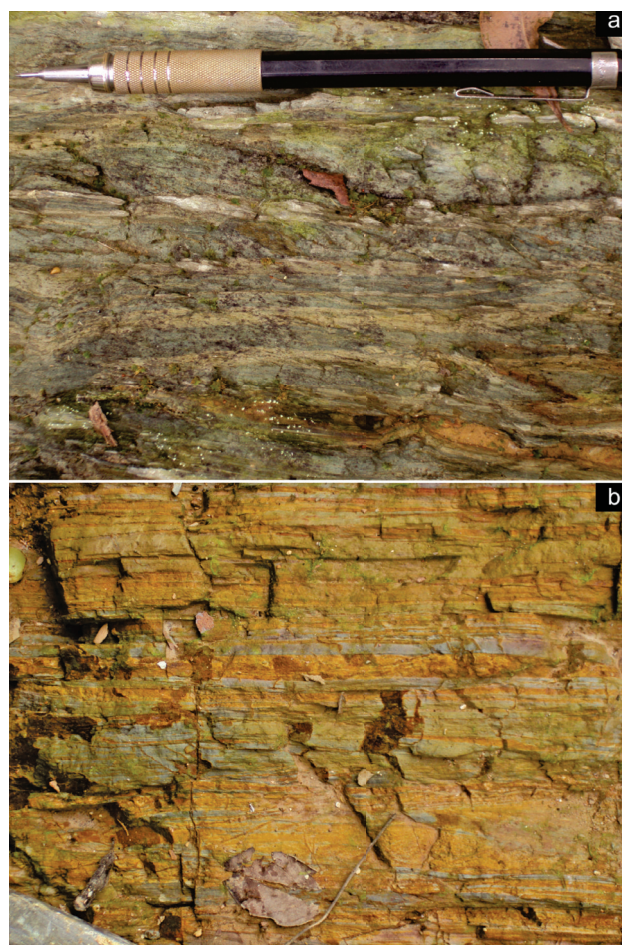


Figura 4.33 – Ardósia acamadada da formação Rio das Minas (metarritmito argilossiltoso): (a) rocha fresca de coloração verde-acinzentada; (b) rocha alterada com acamamento ressaltado por diferentes cores de alteração.



Destaca-se na unidade a presença de uma lente dobrada de formação ferrífera com cerca de 1,6 km<sup>2</sup> de área e orientação NE. A lente é formada, principalmente, por formação ferrífera fácies hematita compacta (tipo itabirito), com formação ferrífera bandada quartzosa subordinada associada.

Ocorrem, ainda, lentes não mapeáveis de talco-serpentina-xisto cinza-escuro, de granulação fina, com xistosidade anastomosada, rico em porfiroblastos milimétricos de mineral oxidado não identificado.

#### 4.4.2.2 UNIDADE DE GRANADA-MICAXISTO (PRrmx)

Constituída por granada-micaxisto fino, cinza, cinza-escuro ou cinza-prateado, porfiroblástico, composto essencialmente por quartzo, biotita, granada, muscovita e clorita. Os minerais acessórios mais comuns compreendem plagioclásio, feldspato potássico, turmalina, apatita, titanita, zircão, minerais opacos e epidoto. Localmente, ocorrem corpos de xisto rico em plagioclásio e xisto com restos de estauroлита. A estrutura principal consiste de bandamento composicional, onde leitões milimétricos relativamente enriquecidos em quartzo se alternam com leitões submilimétricos enriquecidos em micas (principalmente biotita). Internamente aos leitões de composição distinta ocorre uma xistosidade definida pela isorientação de micas e grãos alongados de quartzo, feldspato e minerais opacos. Localmente, a xistosidade principal apresenta-se crenulada.

#### 4.4.2.3 UNIDADE DE PARAGNAISSE (PRrmp)

Composta por granada-silimanita-biotita-paragnaisse migmatítico, com alternância entre leitões mesocráticos micáceos xistosos e leucossomas quartzo-feldspáticos lenticulares de espessura centimétrica. A estrutura principal consiste de foliação lenticularizada/anastomosada milonítica, com lineação de estiramento mineral associada. Os afloramentos observados apresentam grau intenso de alteração intempérica.

### 4.5 TERRENO PARANAGUÁ

#### 4.5.1 COMPLEXO SÃO FRANCISCO DO SUL (PP2sfs)

Considera-se como integrante do Complexo São Francisco do Sul, segundo proposta de Cury (2009),

uma unidade de gnaiss bandado milonítico aflorante ao sul da Zona de Cisalhamento Icapara, que a coloca em contato tectônico com rochas da Formação Rio das Minas no extremo-sul da Folha Eldorado Paulista. Na folha, essa unidade apresenta área aproximada de 11 km<sup>2</sup>, sendo constituída por um gnaiss bandado milonítico a ultramilonítico, cinza-claro, com intercalações de bandas graníticas hololeucocráticas róseas e bandas quartzofeldspáticas mesocráticas relativamente ricas em hornblenda e biotita. A espessura das bandas varia de subcentimétrica a 2 cm. Os leitões apresentam laminação interna de natureza deformacional. Os leitões mesocráticos estão mais intensamente deformados (cisalhados) e apresentam lineação de estiramento proeminente. Ocorrem, ainda, *boudins* e camadas de anfíbolito.

É importante notar que o aspecto macroscópico dessa unidade é semelhante ao das rochas do Gnaiss Bandado Barra do Azeite (Complexo Atuba) – ambos foram considerados como a mesma unidade no mapa de Vasconcelos et al. (1999). Entretanto, Cury (2009) demonstra que o Terreno Paranaguá tem história evolutiva muito distinta da do Terreno Curitiba, apesar de ambos os terrenos apresentarem rochas de embasamento semelhantes em termos litológicos e geocronológicos. Segundo Cury (2009), o Terreno Paranaguá teria colidido com o Terreno Curitiba durante o Ediacarano, o que justifica a distinção entre os complexos Atuba e São Francisco do Sul. Cury (2009) apresenta idades U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão de rochas do Complexo São Francisco do Sul de 2173 ± 18 Ma, 2072 ± 48 Ma e 626 ± 25 Ma, todas interpretadas como cristalização de zircão associada a metamorfismo de alto grau e migmatização. A idade mais jovem marcaria o período de consolidação do Terreno Paranaguá (CURY, 2009).

### 4.6 MAGMATISMO NEOPROTEROZOICO

O magmatismo neoproterozoico na Folha Eldorado Paulista é constituído por vários corpos graníticos (Figura 4.34), essencialmente ediacaranos, com dimensões e formas variadas (diques, *stocks* e batólitos).

#### 4.6.1 GRANITO SERRA DO IPIRANGUINHA (NP3γsi)

Definido por Morgental et al. (1975), ocorre em área de difícil acesso, na região sudeste da folha, recoberta por matas do Parque Estadual do Rio Turvo (SP). Sua delimitação cartográfica foi auxiliada

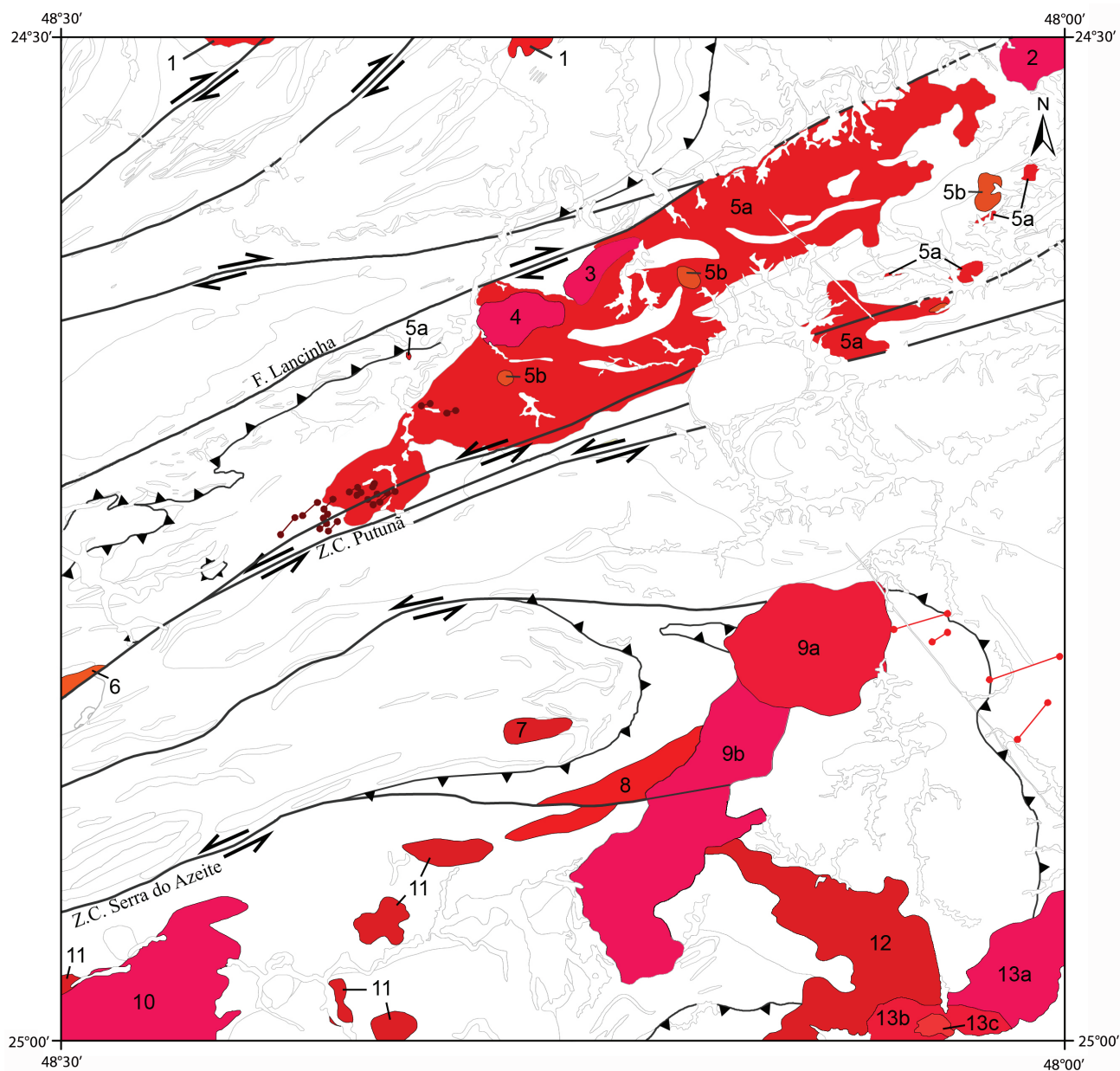


Figura 4.34 – Mapa com plútons graníticos brasileiros da folha Eldorado Paulista (escala 1:100.000).

Nota: 1 – Agudos Grandes; 2 – Votupoca; 3 – Córrego Arrelá; 4 – Barra do Braço; 5 – Suíte Itapeúna (5a: biotita-granito porfirítico; 5b: turmalina-granito); 6 – Granito Cobral; 7 – Braço do Guiné; 8 – Alto Jacupiranguinha; 9 – Granito Rio Guaraú (9a: litofácies sienogranito cinza-claro; 9b: litofácies mesopertita-granito rosa); 10 – Alto Turvo; 11 – Suíte Intrusiva Rio Cachorro; 12 – Serra do Ipiranguinha; 13 – Granito Mandira (13a: litofácies riebequita-mesopertita-granito; 13b: litofácies hastingsita-mesopertita-granito; 13c: litofácies biotita-sienogranito).

por imagens de gamaespectrometria (Figuras 3.5 e 3.6). Apresenta forma irregular, com sua maior parte alongada segundo direção NW, concordante com a foliação milonítica apresentada pelas rochas da unidade, e área superficial de aproximadamente 54 km<sup>2</sup>. Ocorre na zona limítrofe entre os domínios Curitiba, Luís Alves e Paranaguá, sendo importante marco de justaposição tectônica. Apresenta-se em contato com ortognaisses miloníticos do Complexo São Francisco do Sul, com o Gnaiss Bandado Barra do Azeite, com a Formação Rio das Minas e com o Granito Mandira.

O corpo é dominado por granito milonítico de granulação fina a média, róseo a acastanhado, leucocrático (M = 15-20), com foliação e lineação bem desenvolvidas (tectonito SL) ou com lineação mais desenvolvida que foliação (tectonito L). Ocorrem duas litofácies principais: uma porfiroclástica (blastoporfirítica), com matriz fina, e uma equigranular, de granulação fina a média. A litofácies porfiroclástica apresenta textura lenticularizada e foliação milonítica (Figura 4.35a-b) e lineação de estiramento bem desenvolvidas. A foliação é definida pela orientação preferencial de forma de

biotita, quartzo, microclínio e lentes quartzosas. Há alternância entre leitos equigranulares grano-blasticos interlobados, de granulação fina, constituídos por microclínio, plagioclásio e quartzo; *ribbons* policristalinos de quartzo grosso; e lentes lepidoblásticas de granulação muito fina, ricas em biotita e minerais opacos. Os leitos ricos em biotita se amoldam nos porfiroclastos. Em geral, a granulação varia de 2 cm nos porfiroclastos a 0,5 mm na matriz recristalizada.

Localmente, ocorrem termos menos deformados constituídos por granito porfirítico grosso, castanho-claro, com fenocristais tabulares de feldspato castanho, milimétrico a subcentimétrico (Figura 4.32c), dispostos aleatoriamente em matriz grossa constituída por feldspato, quartzo, biotita e cassiterita. A biotita (20-25%) aparece preferencialmente concentrada em agregados milimétricos (Figura 4.32c).

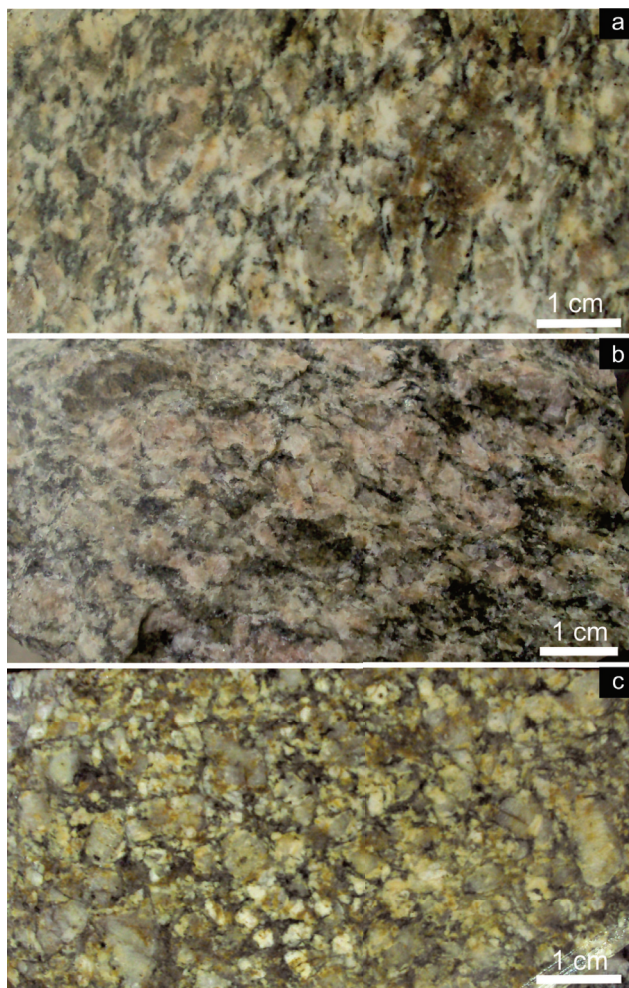


Figura 4.35 – Aspecto macroscópico das rochas do granito Serra do Ipiranguinha: (a) e (b): litofácies porfiroclástica rosada (amostras 2149-SW-011-R-A e 2149-FM-364-R-B, respectivamente); (c) litofácies porfirítica castanho-claro, pouco deformada (amostra 2149-FM-150-R-B).

A mineralogia observada ao microscópio petrográfico consiste de feldspato alcalino (mesopertita ou microclínio), plagioclásio, quartzo e biotita marrom-escuro como essenciais; zircão, apatita e minerais opacos como acessórios; clorita, sericita e epidoto como minerais de alteração. O plagioclásio ocorre moderada a fortemente saussuritizado. Em termos modais, as amostras analisadas se classificam como biotita-monzogranito (Figura 4.36a).

O resultado de análises geoquímicas de rocha total para nove amostras do Granito Serra do Ipiranguinha é apresentado no Quadro 4.2. O conteúdo de sílica das amostras varia de 70 a 75%. O conteúdo total de álcalis é pouco variável, com variação no intervalo de 7,9 a 9,3%. Das amostras analisadas, oito são peraluminosas e uma se encontra no limite dos campos metaluminoso e peraluminoso (Figura 4.36b). O índice de saturação em alumínio ( $ASI = Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O_{[molecular]})$ ) varia entre 0,99 e 1,15. Essas características, aliadas ao alto teor de  $Al_2O_3$  (13-15%), são compatíveis com padrões geoquímicos de granitos tipo-S presentes no Himalaia, na Austrália (CHAPELL, 1999) e em outras regiões do Brasil e do mundo. Em conjunto, os teores dos elementos maiores indicam afinidade calcialcalina de alto potássio (Figura 4.33c-d). No diagrama R1R2 (modificado de De La Roche et al., 1980), as rochas se distribuem segundo a linha de tendência das rochas subalcalinas (Figura 4.33e).

Apesar de pouca variação no conteúdo dos elementos maiores, os diagramas de Harker mostram tendências de fracionamento magmático coerentes. Ocorrem correlações negativas entre o conteúdo de sílica *versus*  $Al_2O_3$ , CaO,  $Fe_2O_3$ ,  $K_2O$ , MgO e  $TiO_2$ . O conteúdo de  $Na_2O$  permanece aproximadamente constante para teores variáveis de  $SiO_2$ .

O comportamento dos elementos-traços, analisado pelos padrões multielementos normalizados pelo manto primitivo de Sun e McDonough (1989), é caracterizado por altos teores de LILE, padrão geral descendente de Cs a Lu e anomalias negativas moderadas a fortes de Nb, Sr, P e Ti (Figura 4.33f). O padrão observado apresenta características atípicas em relação ao padrão de rochas calcialcalinas normais, tais como elevado conteúdo de Nb e Ta, altos teores de Y e anomalias negativas de Ba (Figura 4.33f). O padrão geral é muito semelhante àquele apresentado por granitos tipo-S do Baixo Himalaia (RASHID, 2009), à exceção da forte anomalia negativa de Zr apresentada por esses últimos. Os padrões multielementos normalizados pelo ORG (granito de cadeia meso-oceânica) de Pearce et al. (1984) são caracterizados por forte enriquecimento em LILE, anomalias negativas de Ba, Ta-Nb e Hf-Zr e geral em-



Geologia e Recursos Minerais da Folha Eldorado Paulista

AMOSTRA ELEMENTO	FM-150RA	FM-150RB	FM-363	FM-364B	FM-411	MS-079B	MS-080	SW-010RA	SW-011RA
	SiO <sub>2</sub>	73,72	71,51	72,54	71,64	71,46	73,84	68,81	70,84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,24	14,08	13,36	13,62	14,15	13,61	14,65	14,45	13,56
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,19	2,44	2,29	2,24	2,05	1,35	2,79	2,02	2,08
FeO	0,71	0,91	1,33	1,12	1,04	0,70	1,47	1,04	0,96
MgO	0,08	0,32	0,31	0,36	0,40	0,06	0,61	0,39	0,26
MnO	0,05	0,10	0,06	0,06	0,05	0,03	0,05	0,04	0,04
CaO	0,48	0,77	0,95	1,00	1,27	0,59	1,58	1,25	1,01
Na <sub>2</sub> O	3,76	3,60	3,66	3,35	3,57	3,70	3,49	3,74	2,97
K <sub>2</sub> O	5,19	5,07	4,89	5,62	5,07	5,26	5,64	5,32	4,70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,04	0,06	0,07	0,06	0,00	0,09	0,06	0,05
TiO <sub>2</sub>	0,12	0,21	0,22	0,23	0,22	0,08	0,34	0,21	0,14
P.F.	0,45	0,95	0,34	0,71	0,66	0,77	0,48	0,64	1,64
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Be	6,2	5,5	5,3	4,8	3,9	3,9	6,0	3,9	4,1
Co	0,5	2,2	2,3	2,3	2,2	0,5	3,8	2,3	2,0
Ni	1,1	2,4	2,4	4,0	2,9	1,1	4,0	2,7	2,7
Cu	2,8	3,5	5,9	4,1	4,9	2,6	19,7	4,7	2,9
Zn	58,0	71,0	44,0	42,0	42,0	15,0	51,0	38,0	32,0
Ga	22,7	20,5	19,2	20,6	20,8	17,9	21,3	19,8	21,5
Se	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	1,0	l.d.	l.d.
Rb	273,7	312,1	229,7	266,1	207,9	217,1	228,5	197,8	203,3
Sr	19,1	148,4	152,8	184,0	292,4	26,6	327,4	268,2	172,7
Y	45,1	12,1	54,8	47,9	11,6	6,1	38,1	6,8	12,6
Zr	80,7	168,3	178,0	183,8	202,7	120,6	359,5	188,6	135,0
Nb	38,2	31,5	34,1	31,5	22,9	21,8	24,5	18,2	22,6
Mo	0,3	2,2	1,1	0,7	0,2	0,3	0,5	0,2	0,2
Ag	0,1	0,1	0,3	0,1	n.d.	0,0	l.d.	0,4	l.d.
Cd	0,0	n.d.	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Sn	5,3	5,2	4,1	4,8	2,6	4,0	2,3	2,0	2,7
Sb	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	0,1
Cs	2,2	2,8	1,5	1,9	3,4	2,2	2,1	2,8	2,1
Ba	62	618	544	781	1560	56	1800	1533	725
La	22,4	13,3	62,9	72,9	22,5	2,1	148,6	16,2	30,9
Ce	15,0	36,9	105,5	109,7	38,5	15,5	232,3	28,9	35,3
Pr	7,0	3,1	12,1	13,6	4,4	0,6	26,7	3,3	4,4
Nd	31,6	13,7	48,3	48,0	15,4	3,0	85,9	11,3	13,8
Sm	9,0	2,3	9,9	8,1	2,4	0,8	11,5	1,2	2,7
Eu	0,8	0,4	0,9	1,3	0,5	0,2	1,8	0,4	0,4
Gd	10,4	2,1	8,9	9,8	2,0	1,4	10,4	1,4	2,1
Tb	1,8	0,3	1,3	1,1	0,4	0,2	1,2	0,3	0,4
Dy	8,2	2,8	6,7	6,9	2,1	1,3	6,4	1,5	2,2
Ho	1,5	0,3	1,4	1,6	0,4	0,3	1,2	0,2	0,5
Er	4,9	1,2	5,3	4,9	1,6	0,8	2,6	0,8	1,5
Yb	4,8	2,0	4,2	3,8	1,3	1,1	2,5	0,5	1,7
Tm	0,6	0,3	0,7	0,5	0,3	0,2	0,4	0,1	0,2
Lu	0,7	0,3	0,8	0,3	l.d.	0,1	0,3	0,2	0,5
Hf	4,2	4,9	5,1	5,8	5,9	3,4	10,1	5,7	4,0
Ta	3,3	1,0	2,4	2,1	1,5	1,1	0,9	1,4	1,8
Hg	n.d.	0,0	n.d.	n.d.	n.d.	0,0	l.d.	l.d.	0,0
W	0,6	n.d.	n.d.	n.d.	0,4	l.d.	1,1	0,5	l.d.
Pb	14,5	29,3	21,9	22,9	8,4	23,6	18,0	9,0	7,6
Bi	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	l.d.
Th	30,7	28,1	29,4	31,4	13,9	15,5	24,1	15,3	16,6
U	10,6	10,4	9,2	5,7	6,5	7,5	3,1	3,7	7,4

Quadro 4.2 – Litogeoquímica do granito Serra do Ipiranguinha.



pobrecimento em HFSE (Figura 4.36g). O padrão observado é muito semelhante àqueles apresentados por granitos sincolisionais de outras partes do mundo (por exemplo Tibet, Yunnan - sudoeste da República Popular da China, sudoeste da Inglaterra, Barrouse - sudoeste da França) - PEARCE et al., (1984). Os padrões de ETR normalizados pelo condrito de Boynton (1984) apresentam enriquecimento e forte fracionamento dos ETR leves em relação aos pesados e padrão aproximadamente plano para os ETR pesados, além de anomalias negativas de Eu moderadas (Figura 4.36h). Os padrões observados podem ser separados em dois grupos principais, sendo que o composto pelas amostras FM-363, FM-364B e MS-080 tende a ser mais evoluído que o grupo composto pelas amostras FM-150RB, FM-411 e SW-011RA. As amostras FM-150RA, MS-079B e SW-010RA apresentam padrões anômalos, ocasionados por possível alteração hidrotermal.

Nos diagramas discriminantes de ambiente tectônico de Batchelor e Bowden (1985) e Pearce et al. (1984), as amostras analisadas se posicionam no campo dos granitos sincolisionais e de arcos vulcânicos (Figura 4.36i-k).

As características geoquímicas, de forma geral, permitem interpretar o Granito Serra do Ipiranguinha como associado a magmatismo sincolisional, provavelmente tipo-S.

#### 4.6.2 GRANITO AGUDOS GRANDES (NP3γ1ag)

Apenas duas pequenas porções da extremidade sul do Granito Agudos Grandes (BITTENCOURT et al., 1971), com áreas superficiais de 1,4 e 1,6 km<sup>2</sup>, afloram no norte da Folha Eldorado Paulista. Essa unidade é constituída por granito de cor cinza, levemente rosado, porfirítico, com megacristais de feldspato alcalino róseo, com dimensões de até 4 cm de diâmetro maior em meio a matriz média a fina composta por feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo e biotita. Apresenta índice de cor M de aproximadamente 20. Os megacristais de feldspato apresentam tênue orientação preferencial de forma.

O Granito Agudos Grandes é envolvido por uma zona de 650 a 800 m de espessura de metapelito com textura hornfêlica com porfiroblastos de andaluzita e/ou cordierita, associada a metamorfismo de contato.

Janasi et al. (2001) apresentam datações U-Pb em zircão e monazita em amostras representativas dos principais tipos de granitos constituintes do Granito Agudos Grandes. Os autores obtiveram idades para

o estágio sinorogênico de  $610 \pm 2$  Ma (hornblenda-biotita-granito porfirítico) e  $610 \pm 1$  Ma (muscovita-biotita-leucogranito Turvo), para o estágio tardiorogênico entre 601 e 605 Ma (Granito Piedade) e para o estágio pós-orogênico com magmatismo com características geoquímicas de granitos tipo-A, de  $564 \pm 8$  Ma (Serra da Bateia). Provavelmente, o corpo aflorante na Folha Eldorado Paulista se correlaciona ao estágio sinorogênico.

#### 4.6.3 GRANITO ALTO JACUPIRANGUINHA (NP3γ1aj)

O Granito Alto Jacupiranguinha ocorre na porção centro-sul da folha e foi definido, originalmente, como Granito-Gnaiss Alto Jacupiranguinha por Vasconcelos et al. (1999). Apresenta forma elipsoidal, com eixos maior e menor de aproximadamente 11,5 e 1,5 km, respectivamente, perfazendo uma área superficial de 15,3 km<sup>2</sup>. Seu eixo maior se orienta na direção NE ao longo da Zona de Cisalhamento Serra do Azeite e seu desenho em mapa sugere um rejeito rúptil horizontal sinistral da ordem de 2,5 km ao longo da referida zona de cisalhamento. Está em contato com rochas miloníticas do Complexo Serra Negra e do Gnaiss Bandado Barra do Azeite e com granito isótropo da litofácies mesopertita-granito rosa do Granito Rio Guaraú. Seus contatos foram caracterizados em campo como de natureza intrusiva com o Complexo Serra Negra e tectônica com o Gnaiss Bandado Barra do Azeite. Embora não observado em campo, interpretamos que o Granito Rio Guaraú (isótropo) trunca o Granito Alto Jacupiranguinha (milonítico). Uma seção-tipo da unidade pode ser observada em corte do km 517,8 da Rodovia Régis Bittencourt (BR-116), pista sentido sul.

Em campo, o Granito Alto Jacupiranguinha consiste de granito leucocrático a hololeucocrático, róseo, equigranular a porfirítico (blastoporfirítico, porfiroclástico), de granulação grossa a fina e heterogeneamente milonitizado, com variações deformacionais de protomilonito a ultramilonito. Os termos mais finos são representados por granito milonítico com foliação e lineação bem desenvolvidas (tectonito SL), com lâminas milimétricas descontínuas ricas em biotita em meio a matriz fina, recristalizada, constituída por quartzo e feldspato. Os termos porfiroclásticos apresentam cristais centimétricos de feldspato róseo (porfiroclastos manteados tipo sigma) em meio a matriz fina, recristalizada, constituída por quartzo e sericita. A formação de grande quantidade de sericita sugere milonitização em condições de baixa temperatura. Também os termos porfiroclásticos apresen-

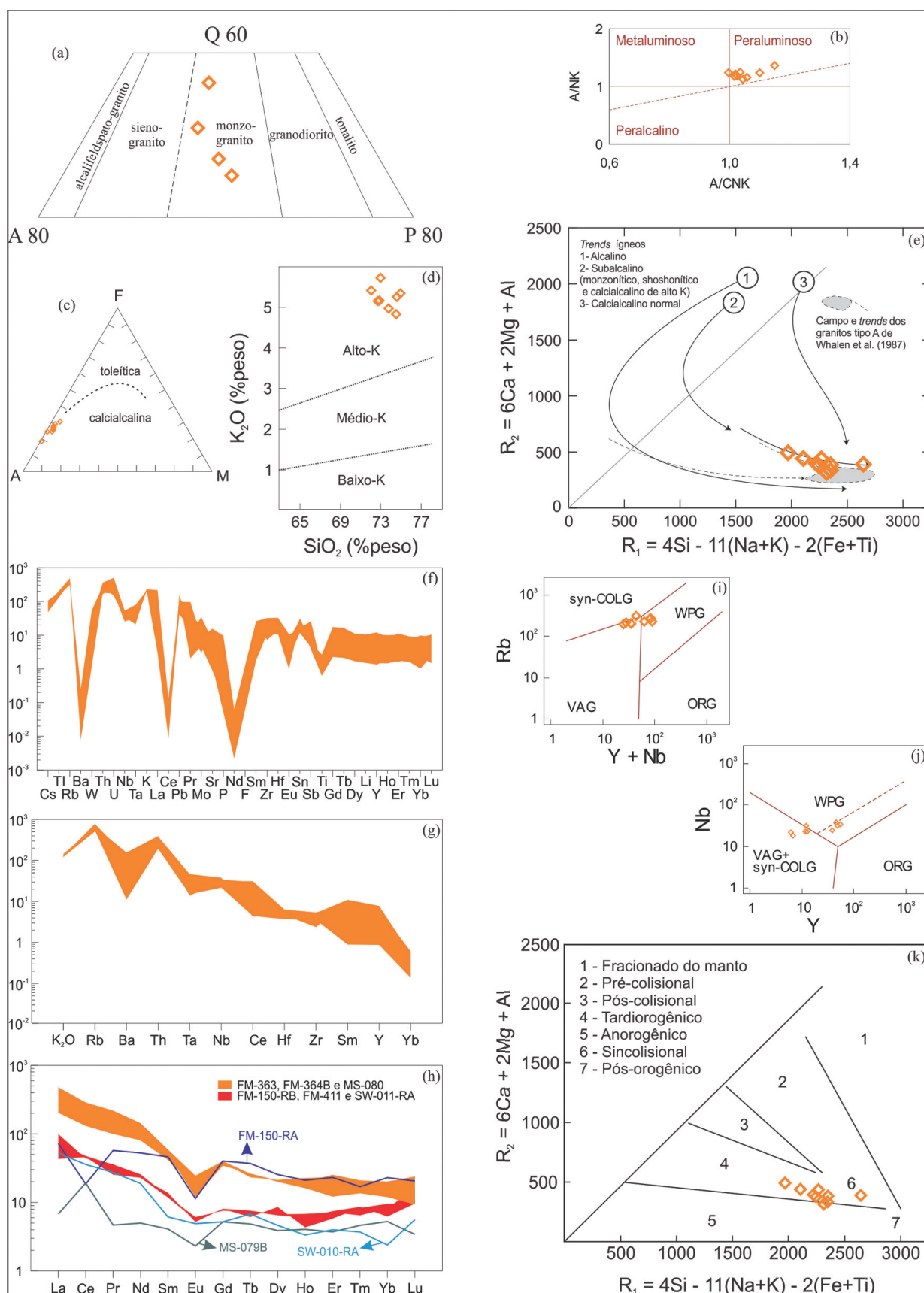


Figura 4.36 – Diagramas com dados geoquímicos de rocha total para amostras do granito Serra do Ipiranguinha: (a) diagrama QAP (modificado de Streckeisen, 1976); (b) diagrama índice agpaitico versus parâmetro A/CNK (Shand, 1943); (c) diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971); (d) SiO<sub>2</sub> versus K<sub>2</sub>O (Le Maitre, 1989); (e) diagrama R<sub>1</sub>R<sub>2</sub> (De La Roche et al., 1980); (f) diagrama multielementos normalizado pelo manto primitivo de Sun e McDonough (1989); (g) diagrama multielementos normalizado pelo ORG de Pearce et al. (1984); (h) diagrama de ETR normalizado pelo condrito de Boynton (1984); (i), (j) diagramas discriminatórios de ambiência tectônica de Pearce et al. (1984); (k) diagrama discriminatório de ambiência tectônica de Batchelor e Bowden (1985).

tam foliação e lineação bem desenvolvidas. Ao longo da Zona de Cisalhamento Serra do Azeite ocorrem intercalações concordantes métricas a submétricas de granito leucocrático róseo protomilonítico em gnaisse milonítico do Complexo Serra Negra. Localmente, ocorrem enclaves anfibolíticos nas rochas graníticas.

Amostras analisadas ao microscópio petrográfico apresentam composição modal de biotita-monzogranito (Figura 4.37a). Observa-se, em seção delgada, a presença de cerca de 30% de porfiroclastos com até 5 mm de diâmetro, representados por feldspato potássico, oligoclásio e quartzo em meio a matriz com granulação inferior a 0,2 mm. Microclínio, quartzo e oligoclásio ocorrem em proporções aproximadamente iguais e, juntamente com biotita (cerca de 10%), representam os minerais essenciais. Minerais opacos, titanita, alanita, apatita e zircão são acessórios e sericita, clorita,

carbonato e estilpnomelano ocorrem como minerais de alteração.

Análises geoquímicas em quatro amostras de rocha total foram realizadas por Vasconcelos et al. (1999). As rochas apresentam conteúdo de  $\text{SiO}_2$  entre 72 e 75%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  entre 14 e 15% e são fracamente metaluminosas (Figura 4.37b). Os conteúdos de elementos maiores indicam afinidade calcialcalina de alto potássio (Figura 4.37c-d). Nos diagramas discriminantes de ambiente tectônico de Pearce et al. (1984) e Batchelor e Bowden (1985), as rochas se posicionam nos campos dos granitos sincolisionais e de arcos vulcânicos (Figura 4.37e-g).

Vasconcelos et al. (1999) correlacionam o Granito Alto Jacupiranguinha à Suíte Granítica Rio Piên, de Machiavelli et al. (1993), baseados em padrões geoquímicos e idades U-Pb em zircão.

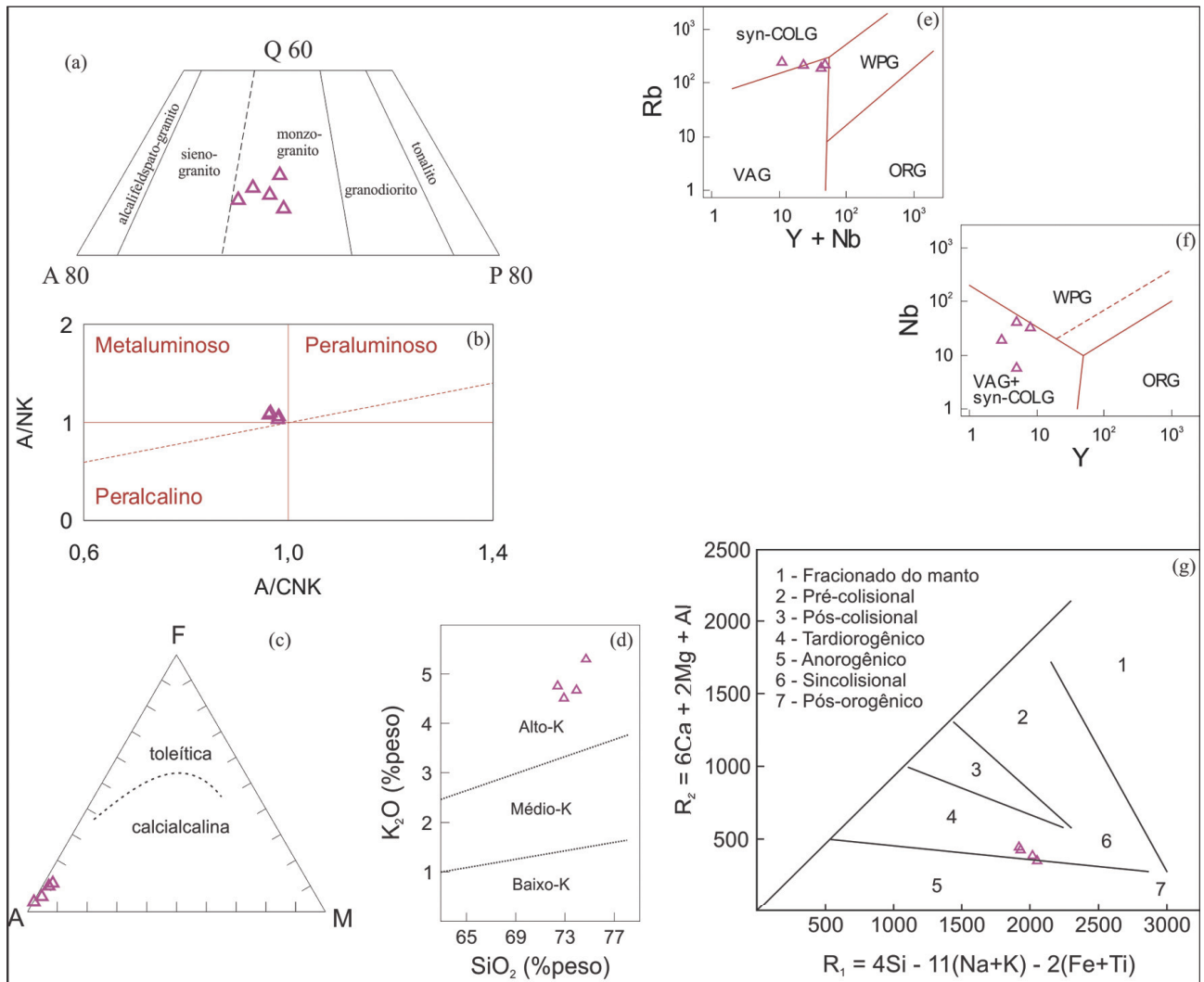


Figura 4.37 – Diagramas com dados geoquímicos de rocha total para amostras do granito Alto Jacupiranguinha: (a) diagrama QAP (modificado de Streckeisen, 1976); (b) diagrama índice agpaítico versus parâmetro A/CNK (Shand, 1943); (c) diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971); (d)  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{K}_2\text{O}$  (Le Maitre, 1989); (e), (f) diagramas discriminatórios de ambiência tectônica de Pearce et al. (1984); (g) diagrama discriminatório de ambiência tectônica de Batchelor e Bowden (1985).



#### 4.6.4 SUÍTE INTRUSIVA RIO CACHORRO (NP3yrch)

Engloba quatro *stocks* graníticos intrudidos essencialmente em rochas do Complexo Serra Negra (Terreno Luís Alves). O nome da suíte faz alusão ao rio Cachorro, integrante da bacia hidrográfica do rio Turvo. Os corpos possuem formas ovaladas e áreas superficiais entre aproximadamente 2 e 6,5 km<sup>2</sup>. A presença desses *stocks* foi primeiramente identificada nos mapas aeroradiométricos e, posteriormente, confirmada em trabalhos de campo. Contudo, devido às dificuldades de acesso, poucos afloramentos referentes a esses corpos foram descritos em campo.

O corpo localizado mais ao norte apresenta eixos maior e menor de 4,5 e 1,4 km, respectivamente, totalizando cerca de 5 km<sup>2</sup> de área superficial. Encontra-se 'encaixado' em duas zonas de cisalhamento transcorrentes de direção geral EW, assumindo também essa orientação. Em campo, foi descrito um único afloramento referente à sua porção sul. Consiste de granito-gnaiss grosso, branco, hololeucocrático, milonítico, com foliação lenticularizada e lineação de estiramento bem desenvolvidas (tectonito SL). Não ocorre bandamento bem desenvolvido.

O corpo de maior dimensão (6,5 km<sup>2</sup>) apresenta orientação ENE e eixos maior e menor de 3,5 e 2,3 km, respectivamente. Também se encontra encaixado em duas zonas de cisalhamento transcorrentes. Em campo, foram descritas três litofácies principais: (a) granitoide fino filonitizado (limite norte do corpo); (b) granito branco grosso, hololeucocrático, isotrópico (porção central do corpo); (c) granito milonítico róseo, blastoporfírico, com fenocristais tabulares arredondados de feldspato róseo, milimétrico, suborientados em meio a matriz muito fina quartzofeldspática (porção sul do corpo).

O corpo localizado mais a oeste, em região drenada pelo rio Fortuna, apresenta orientação NS e aproximadamente 2 km<sup>2</sup> de área. Sua delimitação cartográfica foi baseada, principalmente, em imagens aeroradiométricas. Em campo, identificaram-se afloramentos de hornblenda-granito-gnaiss cinza, grosso, com foliação proeminente, embora não bandado; matacões de granito equigranular fino, hololeucocrático, esbranquiçado, composto por feldspato, quartzo e anfibólio.

O corpo localizado no extremo-sul da área também teve sua delimitação cartográfica baseada essencialmente em imagens de gamaespectrometria. Em campo, a presença do corpo foi confirmada pela identificação de blocos de granito hololeucocrático hidrotermalizado dentro da área com anomalia gamaespectrométrica.

#### 4.6.5 SUÍTE INTRUSIVA ITAPEÚNA (NP3y1it)

A Suíte Intrusiva Itapeúna, denominada em trabalhos anteriores como Complexo Granítico Itapeúna, Granito Itapeúna e Gnaiss Itapeúna (ALGARTE et al., 1974; CORDANI et al., 1971; MORGENTAL et al., 1975; SILVA et al., 1981; VASCONCELOS et al., 1999), ocorre na porção nordeste da área mapeada, intrudindo paragneisses do Terreno Curitiba (Formação Turvo-Cajati). É composta por duas unidades: (i) Biotita-Granito Porfírico Cinza (Figura 4.38a) e (ii) Turmalina-Granito (Figura 4.38b). Uma datação U-Pb em zircão (VASCONCELOS et al., 1999), em amostra da unidade (i), forneceu idade de  $634 \pm 26$  Ma.

As diversas denominações admitidas para essas rochas em trabalhos anteriores retratam a heterogeneidade textural da rocha, que alterna exposições ora com texturas miloníticas, ora com texturas francamente ígneas. Adicionalmente, o caráter milonítico da unidade é representado por diferentes graus de deformação, gerados pela presença de várias zonas de cisalhamento que cortam a suíte.

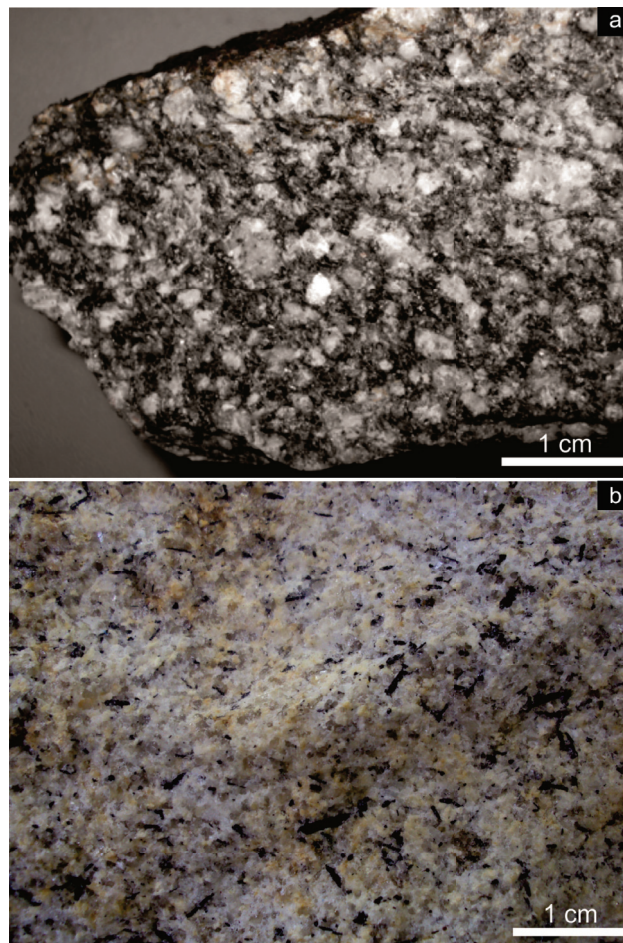


Figura 4.38 – Aspecto macroscópico das litofácies da suíte Itapeúna: (a) biotita-granito porfírico cinza (afloramento 2149-FM-234); (b) turmalina-granito (afloramento 2149-FM-229).



Em trabalhos prévios, como o de Vasconcelos et al. (1999), a Suíte Intrusiva Itapeúna foi cartografada como constituída por apenas um corpo de rocha gnáissica. Contudo, a partir dos trabalhos de campo e interpretações geofísicas, tornou-se possível delimitar diversos corpos, sendo a maioria de biotita-granito porfirítico cinza, com alguns *stocks* de turmalina-granito. O corpo principal mantém grande parte da estrutura anteriormente descrita para a unidade. Apresenta forma alongada segundo NE-SW, com eixos menor e maior de aproximadamente 10 e 40 km, respectivamente, totalizando cerca de 170 km<sup>2</sup> de área aflorante. Pelo menos mais sete corpos de tamanhos variados (entre 80 m<sup>2</sup> e 12 km<sup>2</sup>) encontram-se nas proximidades do corpo principal.

A Unidade Turmalina-Granito caracteriza-se por corpos circunscritos com diâmetro aproximado de 1 km, intrudindo tanto a Unidade Paragnáissica da Formação Turvo-Cajati (NPt<sub>cp</sub>) quanto a unidade predominante na suíte.

O limite norte da suíte é balizado pela Falha da Lancinha, enquanto os demais contatos com as rochas encaixantes são intrusivos. Essa condição se evidencia pelo desenvolvimento de “brechas magmáticas” a partir de fragmentação e assimilação de porções do paragnaisse e de lentes de rocha calcissilicática. Soma-se a essas características a presença de extensas lentes das unidades da Formação Turvo-Cajati inseridas no corpo principal, possivelmente representando fragmentos de “tetos-pendentes”.

#### 4.6.5.1 BIOTITA-GRANITO PORFIRÍTICO CINZA (NP3<sub>γ</sub>1itgp)

De acordo com a classificação de Streickeisen (1974), essa unidade é representada, predominantemente, por monzogranito, havendo algumas ocorrências de sienogranito, alcalifeldspato-granito e granodiorito (Figura 4.39a).

Macroscopicamente, a rocha varia entre leucocrática a mesocrática, de coloração cinza-escuro a esbranquiçada (quando alterada). Apresenta textura porfirítica a porfiroclástica (blastoporfirítica), de matriz fanerítica fina a média (Figura 4.38a). Os fenocristais ou porfiroclastos de feldspato alcalino têm tamanho aproximado de 10 mm; geralmente, exibem forma arredondada, dando aspecto “oftalmítico” à rocha. A matriz é constituída por cristais de quartzo e feldspatos deformados e recristalizados. No quartzo são reconhecidas feições como extinção ondulante, migração de borda de grão e rotação de subgrãos. Biotita esverdeada a avermelhada é a principal fase máfica nessas rochas, sendo subs-

tituída por clorita em grande parte das amostras descritas. Os cristais de plagioclásio mostram forte sericitização e saurissitização, com desenvolvimento de cristais idiomórficos de epidoto. O feldspato alcalino (matriz e fenocristais) é pertítico, apresentando lamelas de exsolução de albita e desenvolvimento de “bolsões” mirmequíticos na borda dos cristais. Como fases acessórias ocorrem anfibólios, alanita, apatita, carbonatos, monazita, muscovita, titanita, turmalina e zircão. A estrutura principal da rocha consiste em uma foliação anastomosada de natureza predominantemente milonítica, definida pela orientação dos filossilicatos. Apresenta atitude preferencial NE-SW com mergulho alto, ora para NW, ora para SE.

A presença de granada nas rochas da região foi utilizada como fator de separação entre os termos gnáissicos da suíte (com maior grau de milonitização) e os paragnaisse do embasamento. No ponto 2149-MS-19 (ao sul do município de Eldorado Paulista), afloram blocos da rocha-tipo do Biotita-Granito Porfirítico Cinza, o qual apresenta enclaves centimétricos félsicos e máficos. A análise petrográfica dessa amostra revelou a presença de granada na matriz, com alto grau de substituição por clorita. Não foi possível precisar se a granada foi formada junto com o granitoide ou se é produto de assimilação dos enclaves.

O caráter intrusivo do Biotita-Granito Porfirítico Cinza se evidencia no afloramento 2149-MS-090, onde ocorre brecha magmática, com fragmentos angulosos de paragnaisse envolvidos por rocha leucocrática de granulação grossa, composta essencialmente por quartzo, feldspato alcalino e plagioclásio.

#### 4.6.5.2 TURMALINA-GRANITO (NP3<sub>γ</sub>1ittg)

Esse granitoide é representado por corpos circunscritos com diâmetro de aproximadamente 1 km, intrusivos na Unidade Paragnáissica da Formação Turvo-Cajati e no Biotita-Granito Porfirítico Cinza. A rocha é branca, hololeucocrática, inequigranular seriada, fanerítica média a grossa, constituída por quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e turmalina (Figura 4.38b), além de biotita e granada como fases acessórias. Quartzo exhibe grande quantidade de trilhas de inclusão, estando os cristais envolvidos por feldspato alcalino e plagioclásio, com contatos arredondados e em forma de cúspide. O feldspato alcalino é pertítico, com porções alteradas por argilominerais, enquanto o plagioclásio exhibe forte sericitização. Turmalina apresenta textura esquelética, zoneamento composicional setorial

ou concêntrico e encontra-se associada a feldspato alcalino. Granada ocorre como pequenos cristais subédricos inclusos em feldspato alcalino, o qual é bordado por quartzo.

#### 4.6.5.3 LITOGEOQUÍMICA

Dada a ausência de informações geoquímicas dessa suíte, procedeu-se a análises geoquímicas de rocha total em amostras de ambas as unidades descritas. A possibilidade referida por Vasconcelos et al. (1999), de que a Suíte Intrusiva Itapeúna teria protolito de natureza similar à dos metassedimentos da Formação Turvo-Cajati, é discutida com base no comportamento de elementos terras-raras das rochas graníticas e das rochas de embasamento.

Os resultados das análises geoquímicas são apresentados no Quadro 4.3. Foram analisadas oito amostras do biotita-granito porfirítico cinza, quatro do turmalina-granito, 10 da Unidade Paragnáissica da Formação Turvo-Cajati e duas de xisto da Formação Turvo-Cajati.

As concentrações de óxidos maiores nas rochas da suíte são distintas, com o biotita-granito sendo mais rico em  $TiO_2$ ,  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CaO$  e o turmalina-granito apresentando valores mais elevados de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$  e  $K_2O$ . Ambas as unidades apresentam parâmetro  $A/CNK$  próximo de 1,0 (Figura 4.39b), sendo caracterizadas como peraluminosas. De acordo com a razão  $SiO_2/K_2O$ , essas rochas possuem afinidade calcálica de alto potássio (Figura 4.39c-d).

Diagramas de óxidos maiores *versus* índice de diferenciação (Figura 4.40) mostram tendência de empobrecimento de  $CaO$ ,  $TiO_2$ ,  $MgO$ ,  $Fe_2O_3$  e  $MnO$ , com aumento no grau de diferenciação, dado o fracionamento de minerais máficos e de plagioclásio no biotita-granito porfirítico cinza. O enriquecimento de  $K_2O$  está relacionado ao aumento gradativo na participação de feldspato alcalino na moda da rocha. As concentrações de  $Al_2O_3$  e  $Na_2O$  não exibem padrão definido, sendo observada apenas diferença de teores entre as duas unidades analisadas.

O comportamento dos elementos-traços foi analisado pelos padrões multielementos normalizados pelo manto primitivo de Sun e McDonough (1989). O biotita-granito porfirítico cinza exibe padrão enriquecido em LILE, com leves anomalias positivas de K, Sn e Nd, e anomalias negativas acentuadas de Ta, Eu e Sb, além de Mo, Sr, P e W (Figura 4.39e). O turmalina-granito também

apresenta padrão enriquecido em elementos leves, porém bastante irregular e com anomalias negativas de Ba, Th, Nb, Ce, Pr, Mo, Sr, Eu e Ti.

Os padrões de ETR normalizados pelo condrito de Boynton (1984) mostram que ambas as unidades da suíte são enriquecidas em ETR leves em relação aos pesados e apresentam anomalia negativa de Eu (Figura 4.39g).

Contudo, a diferenciação entre elementos leves e pesados é mais destacada no biotita-granito porfirítico cinza. Destaca-se, para essa unidade, que o comportamento dos ETR é bastante similar ao do paragnaisse da Formação Turvo-Cajati.

Quando comparado a ortognaisses e granitoides do tipo-S da cordilheira himalaiana, observa-se que o comportamento dos ETR do biotita-granito porfirítico cinza (Figura 4.41) é bastante similar ao do Granito Bomdilla (RASHID, 2009). A proximidade entre os padrões de ETR dos paragnaises da Formação Turvo-Cajati e dos litotipos da Suíte Itapeúna pode indicar relação íntima entre essas rochas.

Nos diagramas discriminantes de ambiente tectônico de Pearce et al. (1984) (Figura 4.39h-i), o biotita-granito porfirítico cinza posiciona-se nos campos de granito de arco vulcânico (VAG) e sincolisional (syn-COLG). O turmalina-granito exibe comportamento similar ao do biotita-granito porfirítico cinza no diagrama  $Rb$  *versus*  $Y+Nb$ . Contudo, no diagrama  $Nb$  *versus*  $Y$ , apresenta distribuição mais ampla no campo VAG + syn-COLG, com uma amostra localizada no campo de granitos orogênicos (ORG). No diagrama de Batchelor e Bowden (1985), as rochas se posicionam, principalmente, nos campos dos granitos sincolisionais (Figura 4.39j).

#### 4.6.5.4 GEOCRONOLOGIA

A amostra 2149-FM-237, representativa da litofácies do biotita-granito porfirítico cinza, foi selecionada para análise geocronológica U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão. A amostra apresenta grãos de zircão de dimensões pequenas a médias e cores rosadas a amarronzadas. Os grãos médios são prismáticos, com razão axial entre 2:1 e 4:1, enquanto os pequenos apresentam razão entre 1:1 e 2:1. Imagens de elétrons retroespalhados, realizadas em microscópio eletrônico de varredura, indicam grãos com zonação complexa; em muitos casos, é possível diferenciar bordas e núcleos.

Foram realizadas 24 análises U-Pb pontuais, das quais 19 apresentam idade brasileira e podem ser

AMOSTRA	Biotita-Granito Porfírico												Turmalina-Granito												Paragneisse – Formação Turvo-Cajati												Xisto – Fm. Turvo-Cajati	
	FM-228-A	FM-228-B	FM-196-A	FM-227-A	FM-234-A	FM-237	MS-019-RA	MS-124	DR-10	FM-229	MS-033-RB1	MS-060-A	MS-060-B	IMS-	FM-271-A	FM-271-B	FM-271-C	FM-271-D	FM-272	FM-275	FM-276-A	FM-276-B	FM-273	FM-274														
SiO <sub>2</sub>	74,75	68,09	65,17	68,57	67,98	66,65	67,56	68,55	71,40	68,30	74,83	72,42	70,96	72,40	73,87	59,15	62,58	61,25	63,51	62,86	65,44	66,39	62,81	65,69														
TiO <sub>2</sub>	0,06	0,45	0,56	0,60	0,49	0,54	0,56	0,32	0,39	0,34	0,04	0,04	0,12	0,03	0,04	1,01	0,92	0,8	0,79	0,88	1,06	0,74	0,79	0,81														
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,59	14,87	15,40	13,83	14,14	15,12	14,79	15,12	13,34	15,23	14,11	15,44	16,54	16,03	15,70	18,15	15,14	14,89	15,48	17,37	17,15	15,44	14,75	16,25														
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,31	0,75	1,77	0,92	1,07	1,09	0,91	0,81	0,87	0,33	0,48	1,48	0,84	0,35	0,98	5,33	1,30	0,73	2,01	3,51	3,83	1,70	1,85	2,65														
MgO	0,85	3,33	3,64	3,46	3,75	3,62	3,81	2,36	3,01	2,69	0,50	0,36	0,71	0,35	0,36	0,24	0,1	0,14	0,1	0,5	6,6	4,05	5,02	4,87														
MnO	0,02	0,09	0,12	0,04	0,08	0,08	0,10	0,08	0,13	0,05	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,24	0,1	0,14	0,1	0,5	0,23	0,13	0,14	0,15														
CaO	0,31	2,27	3,34	2,25	2,12	2,37	2,22	1,95	1,72	1,70	0,20	0,28	0,84	0,10	0,03	1,69	1,91	2,35	2,27	2,28	2,37	3,73	2	2,25														
Na <sub>2</sub> O	0,70	2,18	2,94	0,71	1,60	2,36	2,68	2,04	1,49	2,13	0,53	0,51	0,93	0,51	0,88	2,52	3,74	1,1	0,02	0,25	3,68	2,22	2,41	2,41														
K <sub>2</sub> O	2,79	3,38	3,37	1,73	2,76	3,33	2,92	3,26	3,23	3,10	2,89	3,31	3,93	4,51	5,19	1,56	2,92	2,04	1,12	0,32	0,37	3,39	2,85	2,85														
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6,52	4,09	3,11	7,41	5,48	4,33	3,90	5,13	4,00	5,74	5,93	7,04	4,29	5,10	2,72	3,76	2,35	3,15	3,63	5,69	3,81	5,81	2,5	3,14														
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,14	0,19	0,09	0,12	0,12	0,12	0,12	0,08	0,09	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,03	0,1	0,2	0,1	<0,01	0,21	0,14	0,25	0,14														
P.F. <sup>2</sup>	0,23	0,58	1,55	0,79	0,42	0,77	1,23	1,17	2,22	0,71	0,64	0,41	0,68	1,15	0,48	1,52	0,87	1,12	1,32	2,69	1,84	2,26	1,13	1,1														
Total	99,91	99,63	99,60	99,62	99,59	99,60	99,58	99,74	99,67	99,70	99,95	99,96	99,92	99,96	99,96	99,99	95,71	96,20	96,08	99,99	103,16	104,41	96,85	102,31														
Ba	1043	945	815	706	851	802	705	1248	1330	106	369	162	22	28	621	648	513	903	397	760	563	400	476	763														
Be	0,6	0,5	2,3	2,5	2,6	1,3	1,6	3,1	2,3	3,2	5,8	7,1	10	13,1	1,7	1,1	1,5	1,2	1,8	0,6	1,2	1,2	1,2	1,6														
Cs	6,73	5,87	8,73	2,54	7,78	2,65	2,36	5,18	1,49	9,19	11,23	9,19	30,76	17,65	7,85	6,26	6,76	8,29	9,8	4,31	6,65	14,6	8,33	7,15														
Ga	20,5	18	20,2	21,5	19,1	19,6	15,5	18,3	17,5	13,1	15,6	21,1	18,4	17,7	15	17,9	15,8	15,5	17	17,3	17,1	14,7	13,9	15,9														
Hf	10,27	5,28	4,59	3,59	5,14	6,36	4,59	5,81	6,6	1,93	1,57	2,35	1,76	1,97	5,12	6,05	7,52	5,16	4,98	5,85	6,92	5,12	5,49	6,02														
Nb	9,9	17,17	16,66	12,98	10,17	10,51	11,71	11,96	9,93	3,12	1,84	1,04	16,83	4,34	16,26	21,02	16,66	14,57	13,25	14,58	15,1	14,89	14,68	14,24														
Rb	255,6	221,8	196,7	135,6	216,7	164,7	175,9	217,4	130,4	219,4	259	156,6	252,5	137,3	136	130	104	126	168	194	166	168	111	118														
Sn	4,2	4,5	8	8,2	2,5	2,1	4,1	3,3	3,9	4,7	3,2	2,9	4,3	3	3,2	3,9	3,3	2,9	3,4	3,2	2,6	2,8	3,9	2,8														
Si	14,12	16,78	10,96	9,6	12,51	9,18	15,16	13,02	11,19	14,67	30,49	54,56	5,34	14,33	34,06	45,31	27,46	19,8	20,47	19,93	25,02	37,03	22,62	24,64														
Zr	0,24	0,14	0,06	0,43	0,56	0,34	0,46	0,77	0,84	0	0,5	1,41	0,42	0,42	1,34	1,15	1,35	0,96	1,08	0,74	0,83	0,83	0,84	0,94														
Y	361	174,5	156,3	130,6	175,7	188,8	164,9	163,6	214,6	41,8	27,3	68,5	24,4	28,7	204	227	280	191	176	220	254	203	212	224														
Ag	0,12	0,16	1,89	1,67	0	0,01	i.d.	i.d.	i.d.	0	0,13	0,44	0,06	i.d.	0,06	0,05	0,06	0,07	0,04	0,07	0,05	0,07	0,06	0,05														
Au	0	0	0	0	0	0	i.d.	i.d.	i.d.	0	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	0,1	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.														
As	0	0	0	0	0	0	i.d.	i.d.	i.d.	0	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	1	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.														
Bi	0	0,06	0,09	0	0,02	0,03	0,14	0,06	0,33	0,13	0,42	0,2	1,31	2,41	0,1	0,05	0,09	0,1	0,17	0,05	0,04	0,32	0,08	0,15														
Cd	0	0	0	0,42	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0	0,08	0,11	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,06	<0,01	0,04	0,01	0,07	0,02	<0,01														
Co	10,2	11,6	11	12,2	12,4	11,1	8,3	8,2	6,7	0,4	0,4	1	0,2	0,2	15,3	15,8	16,6	19,2	14,7	17,2	22,6	14,1	14,8	15,4														
Cu	12,5	33,3	16,4	10	22,8	29	16,5	10,8	25,3	2,7	1	3,3	0,6	1,2	35,2	33,7	46,6	38,3	21,8	58,2	24,3	22,4	40,2	36,4														
Hg	0	0	0,01	0	0	0	0	i.d.	i.d.	0	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.														
Mg	0,41	0,42	0,84	0,34	0,67	2,04	1,06	0,63	0,66	0,32	0,16	0,45	0,14	0,16	0,93	0,54	0,79	1,57	0,31	0,21	0,33	0,26	0,35	0,42														
Ni	12,2	17	20,1	15,4	21,6	19,1	14,3	18	7,2	0,9	0,8	2,1	0,8	0,9	27,6	25,9	26,9	37,1	26,2	27,7	42,4	27	28,8	33														
Pb	4,2	5,1	4,6	5,7	7	6,8	14	7,7	4,9	20,4	4	7,6	4,5	5,4	5,4	2,5	3,9	4,4	4,1	2,8	6,5	5,2	7,4	3,6														
Sb	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	0,06	0,17	0,11	0,11	0,09	i.d.	i.d.	0,09	i.d.	i.d.	0,05	i.d.	0,07	0,05														
Zn	68	84	73	95	68	65	52	68	48	13	3	5	1	6	68	54	58	82	73	99	105	80	75	80														
Ce	160,7	89,2	106,7	88,8	145	91,6	57,5	67,1	104,3	14,9	12,7	37,6	19,6	12,2	93,1	115,6	104,9	70,7	87,7	92,4	99,2	89	66,3	75,8														
Dy	4,1	3,7	2,7	2,06	3,23	2,49	3,36	3,07	3,23	2,78	6,93	9,21	0,65	2,83	8,25	10,32	7,24	5,27	5,6	4,93	6,13	7,37	5,67	5,9														
Er	1,96	1,94	0,97	0,79	1,26	1,03	1,6	1,08	1,1	1,08	4,14	5,99	0,24	1,19	4,58	6,01	3,57	2,83	2,69	2,79	3,16	3,85	2,94	3,26														
Eu	1,6	0,85	0,86	0,86	0,72	0,95	0,86	0,95	1,1	0,19	2,27	0,62	0,17	0,15	1,63	1,78	1,77	1,49	1,41	1,38	1,44	1,58	1,35	1,53														
Gd	7,32	5,57	4,92	4,83	7,48	6,13	3,38	2,94	4,86	2,92	7,9	5,33	1,41	1,68	7,93	10,36	8,58	6,74	6,57	6,41	7,2	8,72	6,28	6,8														
Ho	0,54	0,58	0,48	0,43	0,5	0,41	0,38	0,47	0,47	0,6	1,36	1,79	0,26	0,49	1,63	2,11	1,25	0,9	0,94	0,94	1,07	1,38	1,03	1,11														
La	82,7	49	60,8	50,3	77,4	48	29,2	33,5	54,2	8,3	33,3	20,7	11,2	6,6	52,7	65,4	57,7	39,7	48,6	52,4	54,5	59,2	38,1	45,8														
Nd	0,07	0,09	0,22	i.d.	0,36	0,28	0,18	0,1	0,13	0,22	0,54	0,41	0,27	0,18	0,64	0,86	0,52	0,38	0,36	0,43	0,43	0,53	0,48	0,43														
Lu	69,6	41,5	47,7	37,5	50,8	39,1	24,7	26,7	42,9	6,8	35,4	19,3	7	5	42,3	54,8	49,1	34,5	38,8	40	42,7	46,1	31,9	36,3														
Pr	19,55	10,35	13,01	9,74	16,2	9,92	6,57	8,03	11,84	1,6	9,79	5,1	2,13	1,5	11,49	14,42	12,86	8,79	10,33	10,57	11,48	11,96	8,33	9,34														
Sm	10,4	7,8	6,8	4,7	7,9	6,4	4	4,7	6,8	1,9	7	5	1,4	0,7	8,2	10,1	9,2	6,7	6,8	7,7	8,5	6,4	7	7														
Tb	0,89	0,83	0,73	0,52	0,64	0,49	0,7	0,53	0,																													

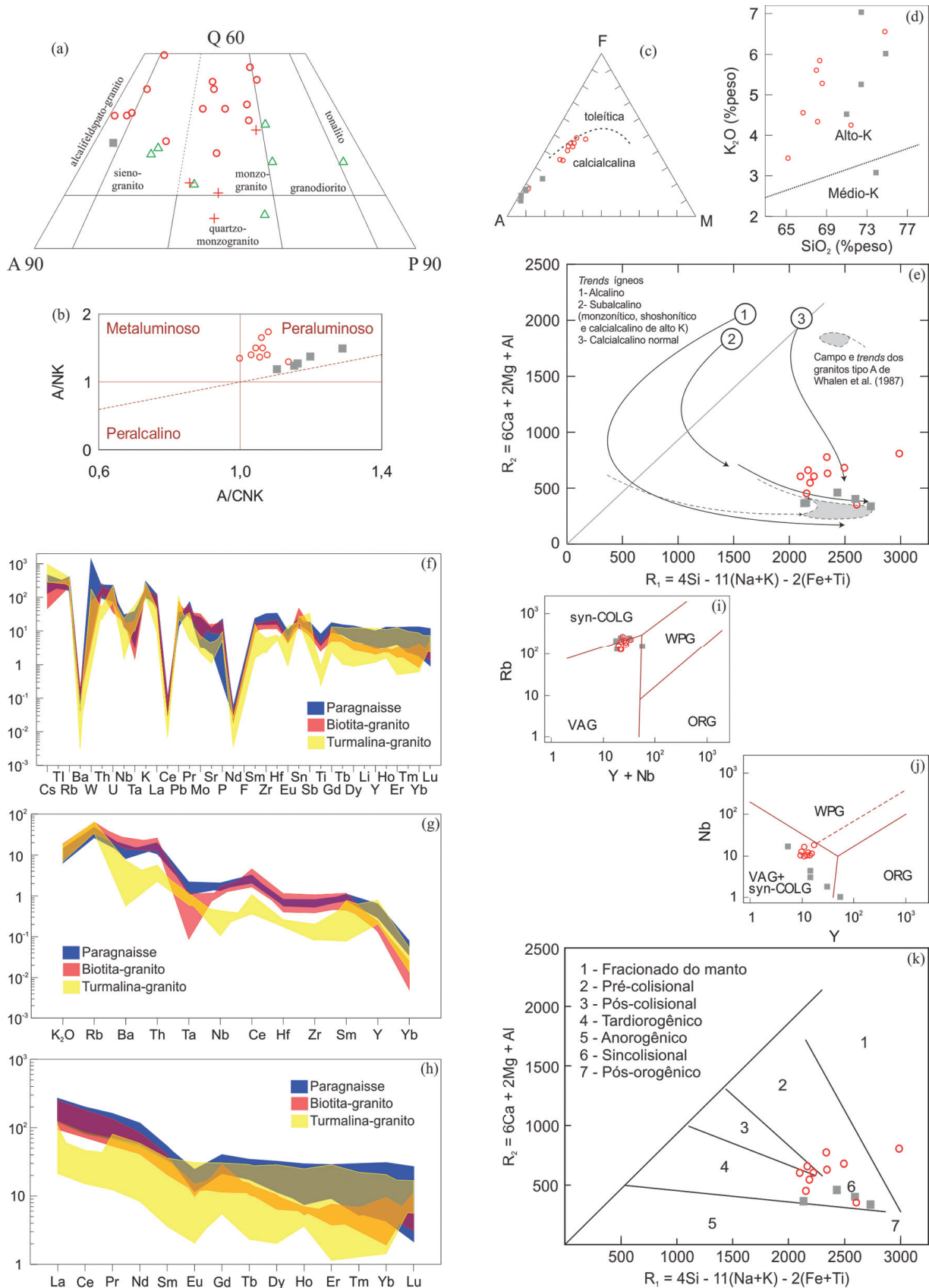


Figura 4.39 – Diagramas com dados geoquímicos de rocha total para amostras da suíte Itapeúna: (a) diagrama QAP (modificado de Streckeisen, 1976); (b) diagrama índice agpaítico versus parâmetro A/CNK (Shand, 1943); (c) diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971); (d)  $SiO_2$  versus  $K_2O$  (Le Maitre, 1989); (e) diagrama  $R_1R_2$  (De La Roche et al., 1980); (f) diagrama multielementos normalizado pelo manto primitivo de Sun e McDonough (1989); (g) diagrama multielementos normalizado pelo ORG de Pearce et al. (1984); (h) diagrama de ETR normalizado pelo condrito de Boynton (1984); (i), (j) diagramas discriminatórios de ambiência tectônica de Pearce et al. (1984); (k) diagrama discriminatório de ambiência tectônica de Batchelor e Bowden (1985).

Nota: círculo vermelho: biotita-granito porfíritico; quadrado cinza: turmalina-granito; triângulo verde: biotita-granito (Campanha et al., 1985); cruz vermelha: biotita-granito (Vasconcelos et al., 1999).



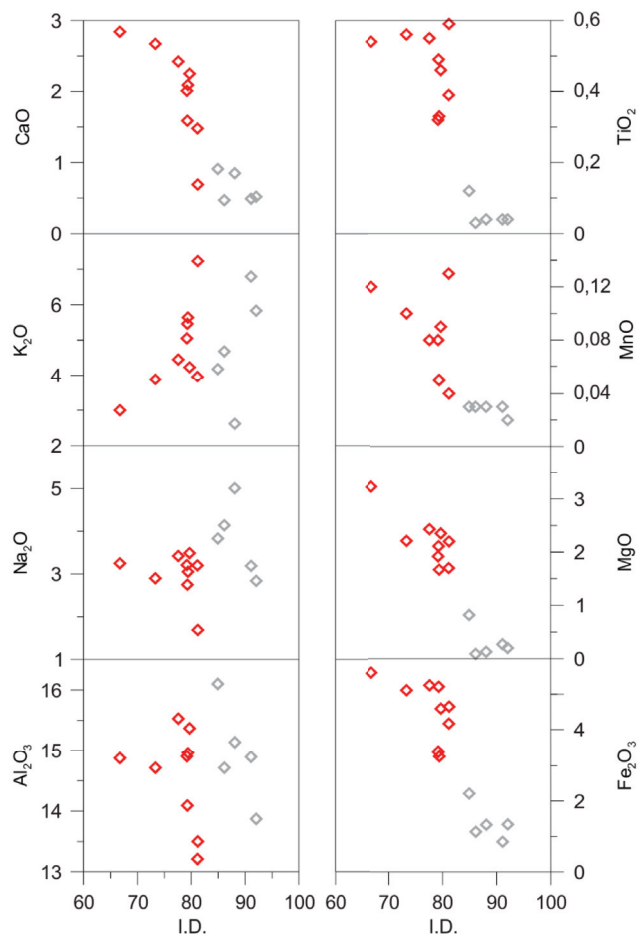


Figura 4.40 – Diagramas de óxidos maiores versus índice de diferenciação (Thornton e Tuttle, 1960) para as rochas da suíte intrusiva Itapeúna.

Nota: losangos vermelhos: biotita-granito porfirítico cinza; losangos cinza: turmalina-granito.

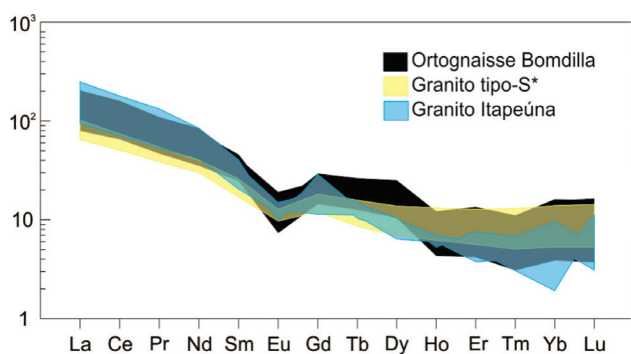


Figura 4.41 – Comparação entre os padrões de ETR do granito Itapeúna, granitos tipo-S himalaianos e o ortognaisse Bomdilla (Rashid, 2009).

distinguidas entre núcleos e bordas. As análises de núcleo fornecem uma idade do intercepto superior de  $649 \pm 15$  Ma, com MSWD de 0,75 (Figura 4.42). As análises de borda plotadas na concórdia pelo método Tera-Wasserburg resultam em uma idade de  $619 \pm 8$  Ma, com MSWD de 0,112 (Figura 4.43),

a qual interpretamos como idade de cristalização do biotita-granito porfirítico cinza.

#### 4.6.6 SUÍTE INTRUSIVA GRACIOSA

A Suíte Intrusiva Graciosa foi originalmente referida como Suíte Serra do Mar (KAUL, 1984) e, posteriormente, redefinida como Província Graciosa (GUALDA e VLACH, 2007a), em função de definição anterior de uso prioritário (Província Alcalina Serra do Mar, de Almeida, 1983). Utilizamos, neste trabalho, o termo ‘suíte intrusiva’ em conformidade com o Código de Nomenclatura Estratigráfica.

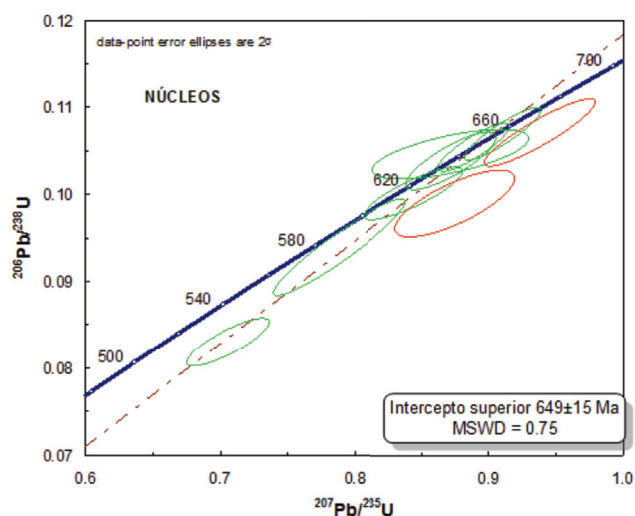


Figura 4.42 – Diagrama concórdia com análises de núcleos de zircão da amostra 2149-FM-237 (biotita-granito porfirítico cinza).

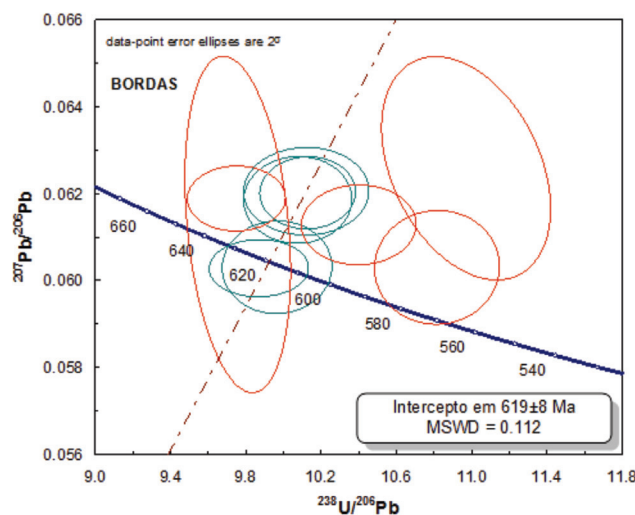


Figura 4.43 – Diagrama concórdia (Tera-Wasserburg) com análises de bordas de zircão da amostra 2149-FM-237 (biotita-granito porfirítico cinza).

A Suíte Intrusiva Graciosa compreende vários plútons graníticos e sieníticos, caracterizados pela coexistência de associações petrográficas alcalinas e aluminosas tipo-A, distribuídos ao longo do escarpamento da serra do Mar, do nordeste de Santa Catarina ao sudeste do estado de São Paulo (GUALDA e VLACH, 2007a). A maior parte dos corpos intrudiu o Terreno Luís Alves. Datações recentes (VLACH et al., 2011) têm fornecido idades U-Pb em zircão, concordantes e bastante precisas em torno de 580 Ma para alguns plútons da Suíte Intrusiva Graciosa.

Três plútons da suíte afloram na Folha Eldorado Paulista: Granito Alto Turvo, Granito Rio Guaraú e Granito Mandira.

#### 4.6.6.1 GRANITO ALTO TURVO (NP3γ3atu)

Uma pequena porção da borda norte do Granito Alto Turvo aflora no canto SW da Folha Eldorado Paulista. Ocorrem duas fácies principais de granito. A fácies amplamente dominante (Figura 4.44) é composta por um granito equigranular grosso, isótopo, róseo a levemente amarronzado, com 5-15% de minerais máficos disseminados,

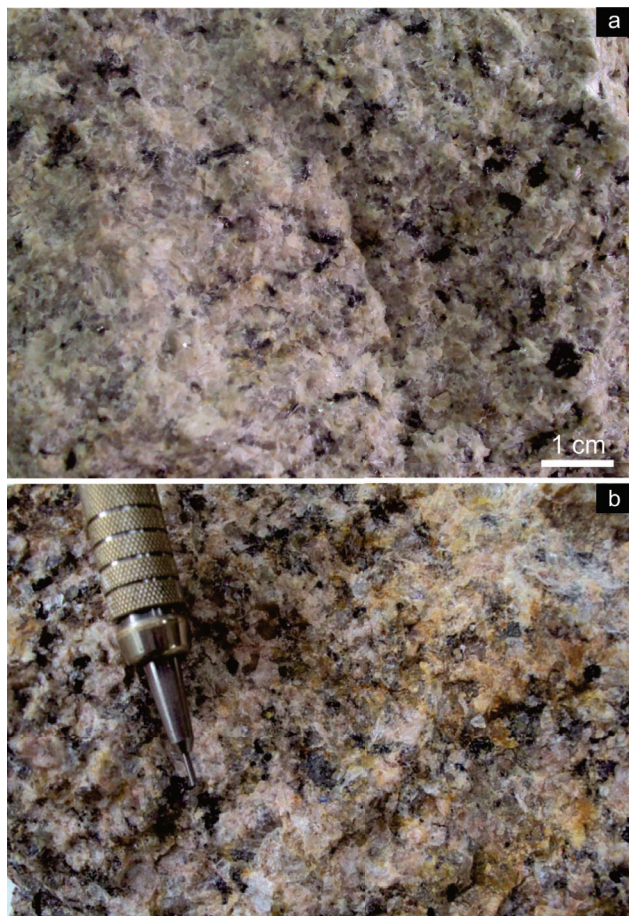


Figura 4.44 – Aspecto macroscópico da litofácies dominante do granito Alto Turvo.

dominados por biotita e hornblenda. Localmente, ocorrem rochas com textura rapakivi. Ao microscópio petrográfico observa-se que as rochas são formadas, essencialmente, por microclínio pertítico, plagioclásio (andesina), quartzo, biotita e hornblenda. Zircão, fluorita e alanita são os acessórios principais. Em termos modais, as rochas se classificam como hornblenda-biotita-sienogranito (Figura 4.45a).

Em apenas uma localidade foram identificados mactações de biotita-granito porfírico rosa-acinzentado, isótopo, com fenocristais de feldspato alcalino róseo, com 1-1,5 cm de diâmetro maior em meio a uma matriz de granulação média composta por feldspato alcalino (róseo), plagioclásio (branco), quartzo e biotita disseminada (15-20%). Titanita, alanita e zircão são os principais minerais acessórios reconhecidos ao microscópio petrográfico. Essa fácies de granito ocorre associada à fácies principal descrita anteriormente.

#### 4.6.6.2 GRANITO RIO GUARAÚ (NP3γ3rg)

O Granito Rio Guaraú, definido por Morgental et al. (1975), ocorre na porção sudeste da folha e intrude rochas dos terrenos Curitiba (Formação Turvo-Cajati e Complexo Atuba) e Luís Alves (Complexo Serra Negra), sendo considerado importante marco de justaposição tectônica. Apresenta forma alongada na direção NE, com eixos maior e menor de aproximadamente 24 e 5 km, respectivamente, e área aflorante de aproximadamente 117 km<sup>2</sup>. Oliveira et al. (1987) relatam que os contatos com as encaixantes são ora intrusivos, ora tectônicos. Contudo, neste trabalho, observamos somente contatos intrusivos.

O Granito Rio Guaraú apresenta duas unidades de mapeamento (OLIVEIRA et al., 1987), consideradas, neste trabalho, como litofácies sienogranito cinza-claro (também conhecida como Litofácies Desemborque) e mesopertita-granito rosa (também conhecida como Litofácies Azeite). Além dos aspectos de campo, as duas litofácies são diferenciadas por imagens de aerogamaespectrometria, onde se observa que a litofácies sienogranito cinza-claro é, consideravelmente, mais radioativa.

A litofácies sienogranito cinza-claro (NP3γ3rgs) ocorre na porção norte do maciço. Apresenta forma circular e área superficial de aproximadamente 47 km<sup>2</sup>. É composta, predominantemente, por biotita-sienogranito cinza-claro, isótopo, equigranular, médio a fino (Figura 4.46a), formado, essencialmente, por mesopertita e oligoclásio pertítico, quartzo, plagioclásio e biotita. Pintas milimétricas a submilimétricas avermelhadas de fluorita disseminadas pela rocha

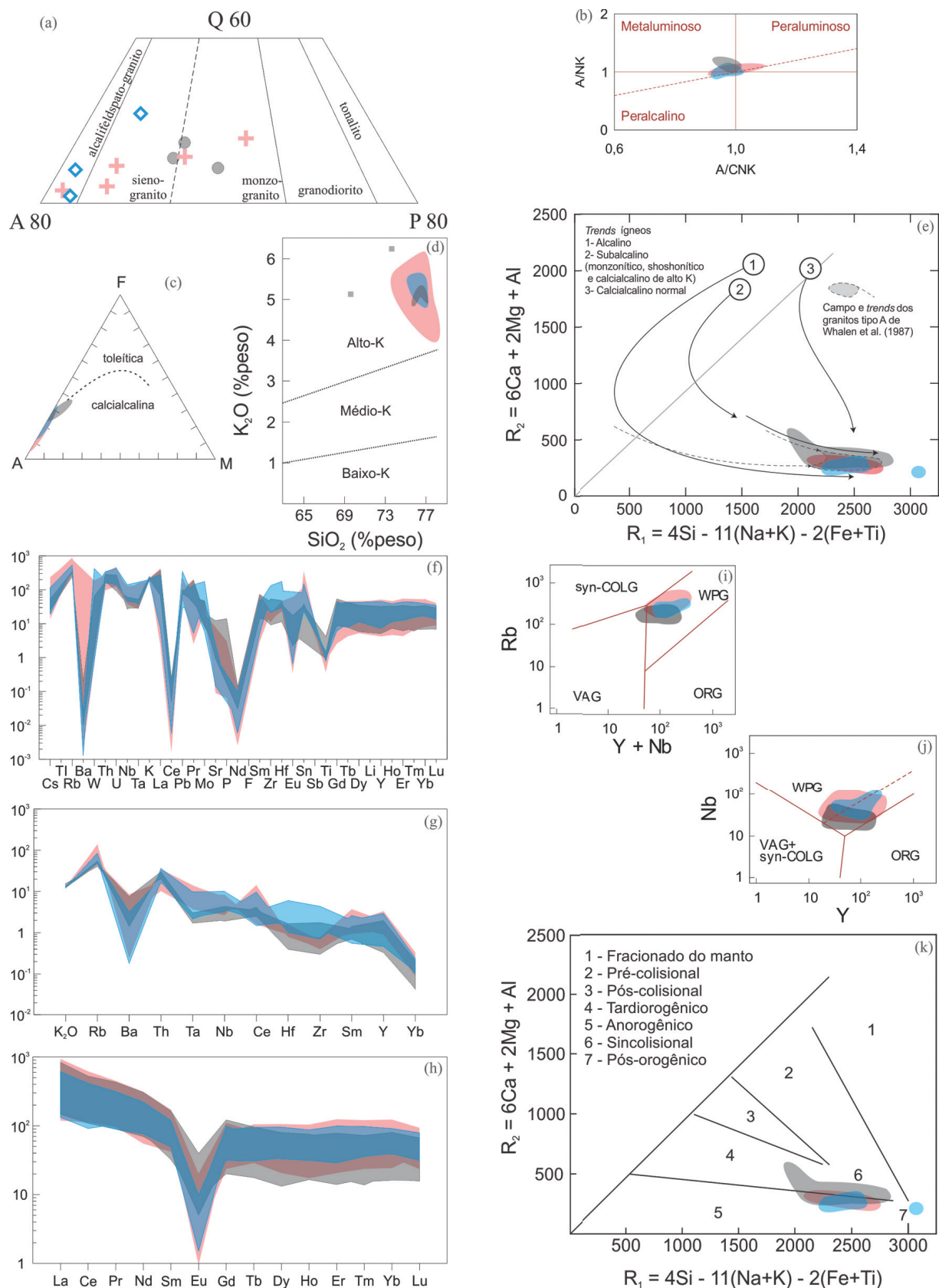


Figura 4.45 – Diagramas com dados geoquímicos de rocha total para amostras da suíte intrusiva Graciosa: (a) diagrama QAP (modificado de Streckeisen, 1976); (b) diagrama índice agpaítico versus parâmetro A/CNK (Shand, 1943); (c) diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971); (d) SiO<sub>2</sub> versus K<sub>2</sub>O (Le Maitre, 1989); (e) diagrama R<sub>1</sub>R<sub>2</sub> (De La Roche et al., 1980); (f) diagrama multielementos normalizado pelo manto primitivo de Sun e McDonough (1989); (g) diagrama multielementos normalizado pelo ORG de Pearce et al. (1984); (h) diagrama de ETR normalizado pelo condrito de Boynton (1984); (i), (j) diagramas discriminatórios de ambiência tectônica de Pearce et al. (1984); (k) diagrama discriminatório de ambiência tectônica de Batchelor e Bowden (1985).

Nota: cor rosa (granito Rio Guarau); cor cinza (granito Alto Turvo); cor azul (granito Mandira).



são observadas com frequência em amostras de mão. Magnetita, alanita, zircão, fluorita, columbita e cassiterita são os principais acessórios. Evidências de alteração hidrotermal, tais como zonas epidotizadas e sulfetadas, ocorrem com frequência. Localmente, ocorrem também *greisens* com tons acinzentados constituídos por quartzo, biotita verde e castanha, mica verde-clara e branca, com zircão, fluorita, topázio, esfalerita e cassiterita como principais minerais acessórios (PEREIRA et al., 2007; VASCONCELOS et al., 1999). Na borda sudeste da unidade, ocorre uma estreita faixa milonítica constituída por milonito fino, róseo, com tons levemente esverdeados decorrentes de sericitização, indicando milonitização em baixo grau. Essa faixa milonítica apresenta foliação tênue e lineação de estiramento bem desenvolvida. Vênulas de fluorita e vênulas ricas em epidoto truncam a estrutura milonítica.

A litofácies mesopertita-granito rosa (NP3γ3rga) ocupa as porções central e sul do maciço. Apresenta forma alongada, com razão axial de 1:3, e área aflorante de aproximadamente 70 km<sup>2</sup>. Ocorre em área de difícil acesso, com relevo íngreme, com desnível

de até 800 m entre a borda e as porções centrais do maciço, e coberta por vegetação densa. Em decorrência das dificuldades de acesso, poucos afloramentos representativos dessa litofácies foram visitados. Uma seção-tipo da unidade pode ser observada em corte do km 516 da Rodovia Régis Bittencourt (BR-116), pista sentido norte.

Em termos litológicos, a litofácies mesopertita-granito rosa é bastante homogênea e composta por mesopertita-granito (*hipersolvus*) róseo a vermelho, predominantemente hololeucocrático, equigranular grosso e isótropo (Figura 4.46b). Ao microscópio petrográfico, a textura é equigranular anédrica a subédrica. Feldspato alcalino pertítico a mesopertítico e quartzo são os minerais essenciais. Biotita representa o principal mineral máfico, ocorrendo, geralmente, em proporções menores que 5%. Os demais acessórios incluem fluorita, minerais opacos, zircão, cassiterita, alanita e muscovita. Os cristais de feldspato alcalino apresentam forte sericitização das lamelas mais sódicas. Alguns cristais apresentam-se envolvidos por coroas de plagioclásio (textura rapakivi) livre de alteração hidrotermal. Vasconcelos et al. (1999) descrevem *greisens* semelhantes àqueles ligados à litofácies sienogranito cinza-claro, contrastando desta pela grande concentração de sulfetos (esfalerita, calcopirita, pirita, calcocita e covelita). Na borda noroeste da unidade, o granito aparece milonitizado em uma zona de cisalhamento NS e cortado por sistemas conjugados de veios de quartzo sulfetados subverticais, representando de 30 a 40% da área total dos afloramentos. O granito milonítico, nessa localidade, apresenta evidências mesoscópicas, microscópicas e químicas de alteração hidrotermal, com mineralização de ouro de baixo teor associada (detectada por análises químicas).

#### 4.6.6.3 GRANITO MANDIRA (NP3γ3md)

Uma parte do Granito Mandira, que, como um todo, apresenta forma alongada elipsoidal e orientação NE, aflora no canto sudeste da Folha Eldorado Paulista. Essa porção ocupa uma área de aproximadamente 33 km<sup>2</sup>, correspondente a cerca de 50% da área total do plúton. O corpo foi primeiramente descrito por Cordani et al. (1971), sob a designação de Complexo Granítico Mandira. Posteriormente, foi designado Granito Serra do Itapitanguí (MORGENTHAL et al., 1975) e como Maciço Granítico ou Granito Mandira nos demais trabalhos (BOIN et al., 1982; OLIVEIRA, 1989; VASCONCELOS et al., 1999).

O Granito Mandira limita-se ao norte com rochas do Gnaiss Bandado Barra do Azeite e da Formação Turvo-Cajati; ao leste, com o Granito Serra do Ipiran-

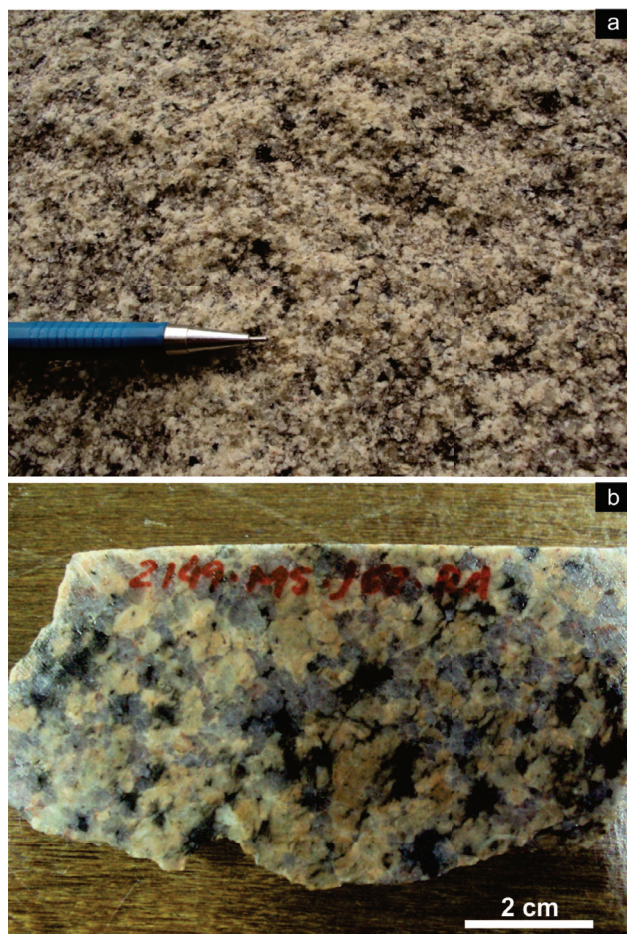


Figura 4.46 – Aspecto macroscópico das litofácies sienogranito cinza-claro (a) e mesopertita-granito rosa (b) do granito Rio Guaraú.



guinha. Embora não tenhamos observado relações de contato em campo, Oliveira (1989) descreve contatos essencialmente de natureza intrusiva. Tal como os outros corpos graníticos da Suíte Intrusiva Graciosa, o Granito Mandira apresenta relevo acidentado, erguendo-se desde a baixada litorânea até aproximadamente 1.000 m de altitude, com área recoberta por vegetação densa, o que torna difícil o acesso ao interior do plúton.

Oliveira (1989) definiu três unidades de mapeamento para o maciço: Acaraú, Mandira e Mandira 1. Neste trabalho, essas litofácies foram redefinidas como hastingsita-mesopertita-granito cinza-esverdeado (NP3γ3mdh), riebequita-mesopertita-granito cinza-claro (NP3γ3mdr) e biotita-sienogranito róseo (NP3γ3mds), respectivamente. As descrições das unidades incluem observações do presente trabalho e informações constantes em Oliveira (1989) e Vasconcelos et al. (1999).

A litofácies riebequita-mesopertita-granito compõe o corpo principal do maciço. É formada, predominantemente, por granito cinza, por vezes levemente esverdeado a raramente rosado, equigranular médio a grosso e geralmente isotrópico (Figura 4.47a). Apresenta teor entre 5 e 7% de minerais máficos em agregados disseminados, dominados por hornblenda. Também ocorrem cristais milimétricos a submilimétricos disseminados de fluorita avermelhada. Mesopertita, ortoclásio peritítico e quartzo são os minerais essenciais identificados em seções delgadas, de forma que, em termos modais, as rochas são classificadas como alcalifeldspato-granitos no diagrama QAP (Figura 4.45a). Anfibólio sódico (principalmente riebequita) ocorre de forma subordinada, com teores geralmente menores que 5-7%. Os demais acessórios incluem zircão, magnetita, fluorita, esfalerita, biotita, mica branca ou verde-clara e alanita. Oliveira (1989) descreve, ainda, ocorrência eventual de gentelvita ( $Zn_4Be_3(SiO_4)_3S$ ). Albita, calcita, leucóxênio, sulfetos (pirita, calcopirita) e hidróxidos de ferro ocorrem como minerais de alteração hidrotermal. É comum a ocorrência de texturas micrográfica e granofírica. Segundo Oliveira (1989), a albitização foi o principal processo de alteração tardi- a pós-magmático dessa unidade. Neste trabalho, identificamos rochas hidrotermalizadas com teores em torno de 5% de sulfetos em agregados disseminados, dominados por pirita e calcopirita (Figura 4.47b).

Na borda norte do maciço ocorrem blocos de granito milonítico cinza, de granulação média, com foliação milonítica tênue e lineação de estiramento do tipo agregado (PASSCHIER e TROUW, 2005) bem desenvolvida. Essa rocha também apresenta fluorita disseminada e, em seção delgada, foi classificada como alcalifeldspato-granito milonítico com fluorita e riebequita. Localmente, ocorrem matacões de dio-

rito cinza-escuro, equigranular fino, com sulfetos em agregados milimétricos disseminados.

A litofácies hastingsita-mesopertita-granito ocupa a porção sudoeste do maciço. É constituída, predominantemente, por alcalifeldspato-granito com hastingsita, de cor cinza-esverdeado ou rosado, e isotrópico (Figura 4.47c). Macroscopicamente, essa litofácies é muito semelhante à litofácies sienogranito cinza-claro do Granito Rio Guaraú. Tal como a litofácies riebequita-mesopertita-granito, é formada, essencialmente, por ortoclásio peritítico e/ou mesopertítico e quartzo, com teores de minerais máficos predominantemente inferiores a 5%. Hastingsita, zircão, minerais opacos, albita, alanita, fluorita, esfalerita, riebequita e apatita constituem os principais acessórios. Em geral, essa unidade foi mais preservada de processos de alteração tardi- a pós-magmáticos.

A litofácies biotita-sienogranito aparece em domínios de pouca abrangência. Oliveira (1989) descreve contatos por falhas com as outras unidades do ma-

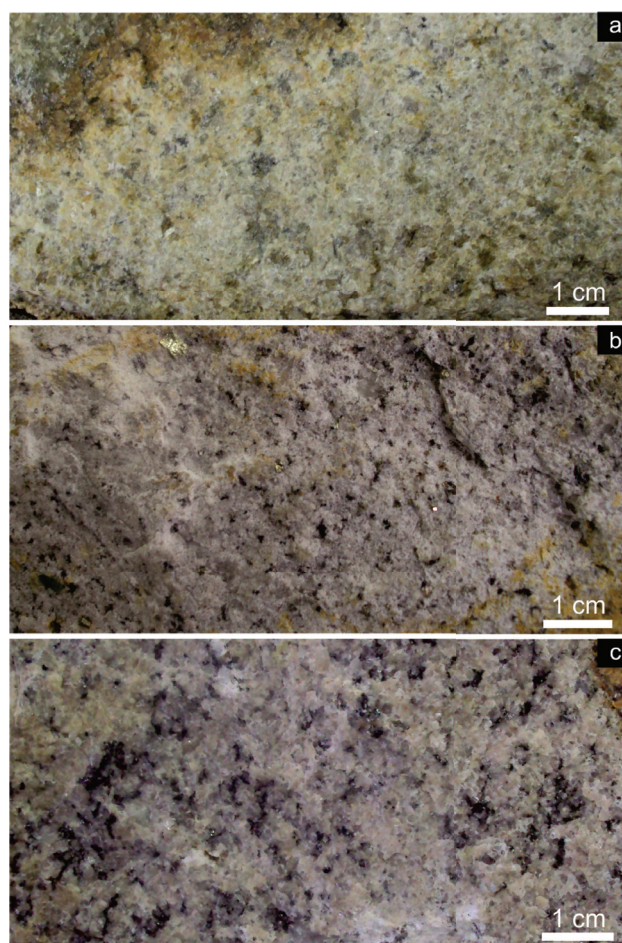


Figura 4.47 – Aspectos macroscópicos das litofácies dominantes do granito Mandira: (a) litofácies riebequita-mesopertita-granito bege-esverdeada (ponto 2149-MS-088); (b) litofácies riebequita-mesopertita-granito com pirita disseminada (ponto 2149-MS-088); (c) litofácies hastingsita-mesopertita-granito rosada.

ção. É constituída, predominantemente, por biotita-sienogranito cinza levemente rosado, equigranular a inequigranular médio e isótropo. Biotita-alcalifeldspato-granito ocorre subordinadamente. Minerais máficos, principalmente biotita, ocorrem em agregados milimétricos disseminados e chegam a representar até 15% da rocha. É constituída, essencialmente, por mesoperita e/ou feldspato potássico perfitico, quartzo, plagioclásio e biotita. Acessórios incluem mica verde-clara e branca, sericita, turingita, carbonato, leucóxênio, epidoto, minerais opacos, zircão, fluorita, alanita e apatita (OLIVEIRA, 1989; VASCONCELOS et al., 1999).

Segundo Vasconcelos et al. (1999), a litofácies biotita-sienogranito passou por alteração hidrotermal mais intensa em relação às outras unidades do maciço. Essa alteração é representada por metamorfismo sódico, potássico (adularização) e graisenização com formação de elevado teor de sulfetos.

#### **4.6.6.4 LITOGEOQUÍMICA DOS PLÚTONS DA SUÍTE INTRUSIVA GRACIOSA**

Os três plútons graníticos da Suíte Intrusiva Graciosa aflorantes na Folha Eldorado Paulista apresentam assinaturas geoquímicas muito semelhantes. Por isso, seus dados litogeoquímicos serão discutidos em conjunto.

Foram analisadas 12 amostras do Granito Rio Guará (Quadro 4.4), seis amostras do Granito Alto Turvo e oito do Granito Mandira (Quadro 4.5). As amostras apresentam alto conteúdo de SiO<sub>2</sub> (70-78%) e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12-14%) e índice agpático menor ou aproximadamente igual a 1, caracterizando rochas variando de peraluminosas a fracamente peralcalinas (Figura 4.45b). Em conjunto, os teores dos elementos maiores sugerem afinidade calcialcalina de alto potássio (Figura 4.45c-d). As rochas analisadas apresentam várias características de granitoides tipo-A, tais como alto conteúdo de álcalis, FeO, Ce, Zr, Nb e Ta (WHALLEN et al., 1987; FROST et al., 2001).

O comportamento dos elementos-traços, analisado pelos padrões multielementos normalizados pelo manto primitivo de Sun e McDonough, (1989), é caracterizado por altos teores de LILE, altos teores de Ta, Nb e Y e anomalias negativas muito fortes de Ba, Sr, P e Ti (Figura 4.45f). Os padrões de ETR normalizados pelo condrito de Boynton (1984) mostram elevado conteúdo total de ETR, fortes anomalias negativas de Eu, forte enriquecimento de ETR leves em relação aos pesados e segmento plano com altos teores de ETR pesados (Figura 4.45h). Os padrões multielementos e ETR são característicos de granitoides tipo-A de outras localidades do país e do mundo.

Dois amostras apresentam padrões multielementos e ETR contrastantes em relação ao padrão da suíte, embora ambas apresentem evidências macroscópicas e microscópicas de alteração hidrotermal com mineralização de ouro associada.

Nos diagramas discriminantes de ambiente tectônico de Batchelor e Bowden (1985) e Pearce et al. (1984), as amostras analisadas se posicionam no campo dos granitos intraplaca (Figura 4.45i-k), outra característica comum aos granitos tipo-A (FROST et al., 2001).

#### **4.6.7 GRANITO BARRA DO BRAÇO (NP3γ3bb)**

Definido por Campanha et al. (1985), o Granito Barra do Braço apresenta forma elipsoidal alongada segundo N80°E, com extensão de 4,5 km, largura média de 2 km e área de aproximadamente 9 km<sup>2</sup>. Ocorre, principalmente, na forma de matações e está em contato com granitoides miloníticos da Suíte Intrusiva Itapeúna e micaxistos da Formação Turvo-Cajati. Sustenta relevo destacado em relação às rochas encaixantes. É composto por sienogranito a quartzo-sienito inequigranular, localmente porfirítico, médio a grosso, isótropo, homogêneo, róseo a rosa-acinzentado. Fenocristais euédricos a subédricos de microclínio criptoperfitico, quartzo e plagioclásio representam cerca de 30% da rocha e estão imersos em matriz de granulação fina formada por microclínio, plagioclásio, quartzo e clorita (pseudomorfo de biotita). Em geral, os fenocristais de quartzo estão corroídos e os de plagioclásio, saussuritizados. Os acessórios compreendem alanita, titanita, epidoto, zircão e minerais opacos.

#### **4.6.8 GRANITO CÓRREGO ARRELÁ (NP3γ3ar)**

Originalmente, esse corpo granítico, localizado ao sul do distrito Itapeúna, foi definido como Granito Barra do Braço por Vasconcelos et al. (1999), em função de semelhança e correlação com o granito homônimo localizado a oeste e definido por Campanha et al. (1985). Entretanto, considerando inoportuna a utilização de um mesmo nome para dois corpos distintos, é proposta, neste trabalho, uma redefinição, adotando-se a denominação Granito Córrego Arrelá para essa unidade.

O corpo possui forma aproximadamente elipsoidal, com eixos maior e menor em torno de 4,7 e 1,2 km, respectivamente, e orientação nordeste. Relevo mais acentuado e distinto padrão aerorradiométrico (altos valores de radioelementos, notadamente o tório) em relação às rochas encaixantes auxiliaram a delimitação cartográfica do corpo. É composto por biotita-sienogranito róseo a bege, isótropo, equigranular a inequigranular, médio a fino, localmente porfirítico.

AMOSTRA	FM-265	FM-266B	FM-266E	FM-266F	FM-269C	FM-270	FM-408B	FM-421A	FM-421B	FM-422K1	MS-038RA	MS-162RA	RB08	JC20A	RB07	JC20B	12B	RB04	12A	GD02	RB12	RB05	GD01	RB02	RB13
SiO <sub>2</sub>	76,01	75,67	74,70	76,42	75,85	75,98	73,77	76,66	75,97	76,82	74,30	75,02	77,55	77,44	77,88	76,96	76,48	77,47	76,65	76,61	77,02	76,43	76,50	76,42	76,24
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,05	0,15	0,05	0,05	0,05	0,21	0,10	0,05	0,10	0,05	0,09	0,06	0,04	0,07	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,01	0,04	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,53	12,51	12,69	11,72	12,43	12,56	12,65	11,70	12,23	11,75	13,04	11,96	12,23	12,42	12,46	12,56	12,69	12,75	12,82	12,84	12,93	12,94	13,06	13,13	13,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,41	1,56	1,81	2,12	1,64	1,37	2,07	1,69	1,57	1,68	1,58	1,88	1,28	1,33	1,10	1,22	1,54	1,00	1,36	1,43	0,72	1,30	1,38	1,06	1,05
FeO	0,64	0,84	0,92	1,21	0,78	0,57	1,33	0,99	1,13	0,70	0,91	1,34	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MnO	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02
MgO	0,02	0,02	0,10	0,01	0,02	0,02	0,15	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
CaO	0,45	0,44	0,60	0,01	0,50	0,51	0,73	0,30	0,19	0,08	0,52	0,45	0,30	0,29	0,03	0,37	0,45	0,07	0,43	0,39	0,45	0,49	0,41	0,41	0,46
Na <sub>2</sub> O	4,13	4,21	3,77	4,16	4,06	4,09	3,51	3,67	4,15	2,78	4,37	3,87	4,14	4,02	4,09	4,29	4,25	4,09	4,16	4,07	4,12	4,25	4,23	4,24	4,30
K <sub>2</sub> O	4,73	4,66	5,20	4,26	4,64	4,83	5,52	4,85	4,67	6,02	5,18	5,34	4,37	4,41	4,30	4,51	4,47	4,50	4,47	4,56	4,67	4,47	4,34	4,63	4,71
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
P.F.	0,54	0,63	0,67	0,45	0,72	0,82	0,63	0,45	0,43	0,48	0,46	0,33	0,64	0,22	0,50	0,38	0,50	0,60	0,42	0,32	0,65	0,56	0,25	0,73	0,60
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ba	l.d.	l.d.	152	l.d.	13	23	427	142	12	81	22	46	282	299	277	315	298	255	290	276	269	285	321	278	248
Be	5,6	5,1	3,5	4,5	6,6	6,3	3	1,7	7	2,7	6,7	4,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cs	5,28	4,97	1,64	7,56	7	7,06	1,63	0,6	5,45	0,44	5,85	2,34	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ga	27,2	27,3	22,8	30,9	30,4	29	22	21,7	32	21,3	29,9	23,9	34	20	31	20	20	31	21	20	30	29	20	28	33
Hf	8,78	9,13	7,14	13,27	9,04	8,22	8,29	7,94	14,32	9,56	8,11	9,08	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nb	67,03	71,15	37,33	92,49	69,14	75,2	26,93	36,53	84,05	37,28	62,91	33,93	66	55	44	48	62	66	67	58	67	75	61	62	70
Rb	513,1	540,6	321,2	505,2	565	535,5	211,4	182,5	446,3	263	540,2	278,9	392	318	357	323	391	496	434	403	432	479	416	520	447
Sn	20,8	60,1	8,4	12,5	14,8	15,1	4,2	5,1	13,9	11,3	11,2	5,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sr	l.d.	1,9	n.d.	n.d.	9,9	5,6	60,3	26,3	3,6	34,7	4,4	7,6	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.
Ta	4,86	6,55	1,39	5,61	4,78	5,53	1,09	1,52	3,67	1,9	4,29	1,97	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Th	23,5	25,8	23	22,8	27,8	27,8	14,3	8,2	19,4	9	22,8	11,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
U	6,11	7,26	4,22	6,44	9,93	9,67	2,57	2,66	6,04	4,61	5,94	3,19	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
W	1,2	1,3	2,9	3,8	n.d.	1,3	n.d.	n.d.	n.d.	2,9	3,4	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Y	119,44	155,81	79,17	36,86	221,49	234,5	137,16	62,9	76,92	19,1	128,56	110,84	152	178	70	216	155	98	186	139	181	217	156	206	214
Zr	124	129,8	146,3	144,3	151,9	137,9	264,3	215,9	222	242,5	135,1	224	240	130	207	142	104	174	104	97	160	187	117	144	174



AMOSTRA ELEMENTO	FM- 265	FM- 266B	FM- 266E	FM- 266F	FM- 269C	FM- 270	FM- 408B	FM- 421A	FM- 421B	FM- 422K1	MS- 038RA	MS- 162RA	RB08	JC20A	RB07	JC20B	12B	RB04	12A	GD02	RB12	RB05	GD01	RB02	RB13
Ag	0,13	0,05	0,13	n.d.	0,03	0,12	n.d.	0,25	0,2	1,42	0,37	0,35	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Au	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	l.d.	l.d.	l.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
As	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1	n.d.	n.d.	l.d.	l.d.	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Bi	0,08	n.d.	n.d.	0,05	0,09	1,29	0,03	0,05	0,18	0,15	0,04	0,03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cd	0,02	n.d.	0,16	n.d.	n.d.	0,01	0,61	0,15	n.d.	0,38	0,14	0,11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Co	0,3	0,4	0,8	0,5	0,3	0,2	1,5	0,5	0,3	0,6	0,3	0,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	2,1	3,4	2,5	2,8	3,6	3,7	3,8	2,4	2	9,6	1,5	3,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hg	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	l.d.	l.d.	l.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mo	0,51	3,09	1,25	0,86	0,63	0,93	1,19	1,32	0,95	1,38	0,73	1,32	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni	0,8	1,1	1,3	1,1	1	1	2	0,9	1	1,3	0,8	1,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pb	32,3	15,6	22,9	10,3	28,9	42	19,7	8,8	9,1	10,1	14,6	13,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sb	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Se	2	3	2	1	4	4	3	1	1	l.d.	2	2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn	36	25	43	85	33	22	68	44	52	27	40	98	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ce	67,1	104,1	174,1	96,9	91,1	84,7	503,6	122,3	67,1	2,8	55,5	157,5	n.d.	106,2	n.d.	107,1	n.d.	n.d.	n.d.	50,7	n.d.	n.d.	59,9	n.d.	n.d.
Dy	18,89	26,25	14,27	6,66	34,32	32,4	25,38	12,81	11,84	3,86	14,96	21,51	n.d.	18,33	n.d.	19,98	n.d.	n.d.	n.d.	13,21	n.d.	n.d.	15,75	n.d.	n.d.
Er	12,29	16,65	8,63	4,34	26,26	20,93	12,03	6,44	8,3	2,06	12,14	13,16	n.d.	11,54	n.d.	11,6	n.d.	n.d.	n.d.	9,47	n.d.	n.d.	12,19	n.d.	n.d.
Eu	l.d.	0,08	0,5	0,17	0,07	l.d.	1,49	0,07	l.d.	0,06	l.d.	0,29	n.d.	0,14	n.d.	0,11	n.d.	n.d.	n.d.	0,05	n.d.	n.d.	0,05	n.d.	n.d.
Gd	14,11	20,32	11,69	6,16	20,13	22,42	28,76	11,63	8,35	1,54	11,12	19,96	n.d.	14,23	n.d.	15,72	n.d.	n.d.	n.d.	8,47	n.d.	n.d.	9,78	n.d.	n.d.
Ho	3,98	4,72	3,02	1,25	7,51	7,6	4,64	2,6	2,44	0,76	4,15	4,75	n.d.	3,63	n.d.	3,83	n.d.	n.d.	n.d.	2,66	n.d.	n.d.	3,52	n.d.	n.d.
La	28,5	49,9	84,4	54,5	37,1	39,4	293,3	54,5	40,1	1,5	22,2	74,4	n.d.	93,6	n.d.	83,6	n.d.	n.d.	n.d.	21,1	n.d.	n.d.	23,6	n.d.	n.d.
Lu	1,93	2,08	1,81	1,22	3,03	2,73	1,43	0,76	0,89	0,66	2,36	1,44	n.d.	1,77	n.d.	1,84	n.d.	n.d.	n.d.	1,72	n.d.	n.d.	2,35	n.d.	n.d.
Nd	37,3	61,4	71	33,2	49,6	49,9	189,4	54,2	31,8	3,5	30,9	78,6	n.d.	62,2	n.d.	62,7	n.d.	n.d.	n.d.	24,8	n.d.	n.d.	28,4	n.d.	n.d.
Pr	9,16	15,59	20,97	11,87	11,9	12,84	55,45	13,19	8,67	0,7	7,78	20,58	n.d.	18,01	n.d.	17,37	n.d.	n.d.	n.d.	6,32	n.d.	n.d.	7,61	n.d.	n.d.
Sm	11,4	18,6	13,3	8,2	18	16,5	33,7	12,5	8,5	1,3	10,1	20,1	n.d.	15,3	n.d.	15,9	n.d.	n.d.	n.d.	7,4	n.d.	n.d.	8,8	n.d.	n.d.
Tb	2,85	4,08	2,35	1,37	5,02	4,99	3,96	2,19	1,76	0,46	2,55	3,58	n.d.	3,09	n.d.	3,64	n.d.	n.d.	n.d.	2,01	n.d.	n.d.	2,43	n.d.	n.d.
Tm	2,35	2,69	1,18	0,77	3,94	3,42	1,83	1,01	1,48	0,48	2,38	1,82	n.d.	1,87	n.d.	1,9	n.d.	n.d.	n.d.	1,64	n.d.	n.d.	2,06	n.d.	n.d.
Yb	13,9	18,7	8,5	5,1	25,9	26,5	11,7	7,2	9,5	3,9	14,7	10,7	n.d.	12,09	n.d.	11,93	n.d.	n.d.	n.d.	11,17	n.d.	n.d.	14,91	n.d.	n.d.

Quadro 4.4 – Litogeoquímica de amostras da suite intrusiva Graciosa – granito Rio Guarau.



Amostra	FM-022B	FM-023A	FM-024	FM-027-A	MS-145-RB	MS-146-R4	FM-152C	FM-153	FM-368	MS-084A	MS-086	MS-087RA	MS-088RA	MS-088RB
Elemento	Granito Alto Turvo						Granito Mandira							
SiO <sub>2</sub>	75,37	75,42	75,94	74,51	67,72	72,47	78,39	75,79	75,35	74,23	75,80	75,11	75,50	76,07
TiO <sub>2</sub>	0,12	0,10	0,18	0,21	0,52	0,27	0,12	0,17	0,14	0,18	0,18	0,11	0,12	0,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,15	11,99	11,54	12,16	13,98	12,74	9,84	11,36	11,87	12,00	11,40	12,37	11,79	12,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,75	1,92	2,03	2,24	3,44	2,78	2,68	2,52	1,77	2,69	2,22	1,68	2,06	1,38
FeO	1,12	1,27	1,27	1,34	1,96	0,98	0,85	1,32	1,04	1,33	0,91	0,84	0,98	0,43
MnO	0,05	0,04	0,05	0,05	0,07	0,07	0,02	0,04	0,03	0,06	0,02	0,02	0,02	0,01
MgO	0,11	0,08	0,20	0,26	0,85	0,08	0,01	0,01	0,09	0,02	0,03	0,01	0,02	0,00
CaO	0,61	0,55	0,63	0,86	1,98	0,49	0,02	0,28	0,53	0,05	0,31	0,02	0,22	0,02
Na <sub>2</sub> O	3,24	3,24	3,06	3,27	3,63	3,38	3,04	3,65	3,30	3,75	3,82	4,03	3,93	3,92
K <sub>2</sub> O	5,19	5,15	4,91	4,82	4,99	6,14	4,38	4,81	5,31	5,43	4,91	5,32	4,93	5,49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,03	0,13	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P.F.	0,30	0,26	0,19	0,25	0,73	0,57	0,65	0,06	0,57	0,27	0,39	0,49	0,43	0,28
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Ba	141,0	71,0	371,0	379,0	1374,0	271,0	9,0	9,0	162,0	28,0	73,0	19,0	18,0	16,0
Be	6,1	1,6	3,6	3,0	3,6	3,7	5,7	6,4	3,3	1,5	3,5	8,6	10,2	6,4
Cs	1,7	1,2	1,3	0,9	0,8	0,8	0,6	1,8	1,2	2,9	2,3	2,0	3,7	1,2
Ga	15,5	16,3	17,6	17,4	19,1	24,2	25,0	25,3	24,1	27,7	24,2	31,4	31,6	29,9
Hf	4,3	3,6	5,3	5,7	11,3	14,9	28,8	15,3	9,1	13,6	18,6	16,6	54,3	19,9
Nb	19,4	19,2	20,3	22,1	28,0	43,4	54,5	40,8	32,2	36,8	41,9	52,5	100,4	52,9
Rb	218,7	212,2	175,9	192,4	156,7	162,5	252,5	231,0	220,0	216,2	195,2	281,6	343,0	285,5
Sn	n.d.	n.d.	3,4	6,5	5,8	3,5	13,8	8,2	5,3	3,9	6,9	13,3	25,5	15,5
Sr	27,9	19,5	56,4	62,1	259,4	35,9	n.d.	10,9	22,8	3,1	9,0	3,0	14,1	3,7
Ta	1,9	1,9	1,2	1,2	2,1	2,1	3,7	1,5	1,7	2,4	1,7	3,4	6,9	3,2
Th	19,9	24,0	16,2	24,1	14,9	18,8	16,2	14,1	16,6	13,1	14,0	19,5	29,1	15,6
U	5,9	5,0	4,0	5,7	1,9	2,2	4,4	3,1	3,6	3,5	2,9	5,6	9,1	3,5
W	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,3	l.d.	1,4	1,0	8,5	<0.1	1,2	2,5	2,3	2,5
Y	138,0	39,8	23,2	31,5	146,7	27,9	34,7	104,2	119,7	53,7	57,2	32,6	205,7	73,5
Zr	110,0	102,4	139,1	201,4	487,3	597,8	788,7	473,0	237,8	508,5	674,7	410,2	1487,9	498,7
Ag	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,9	l.d.	0,4	0,3	0,0	l.d.	0,0	l.d.	0,0	0,2
Au	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	l.d.	l.d.	n.d.	n.d.	n.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.
As	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	l.d.	l.d.	n.d.	n.d.	n.d.	l.d.	l.d.	l.d.	1,0	l.d.
Bi	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	l.d.	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
Cd	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1
Co	1,3	0,9	1,4	1,7	5,7	0,6	0,4	0,3	1,0	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2
Cu	2,3	2,5	2,6	2,9	14,5	2,2	102,0	4,7	6,6	3,1	3,2	5,7	4,2	2,1
Hg	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	l.d.	l.d.	0,0	n.d.	n.d.	l.d.	l.d.	0,0	l.d.	l.d.
Mo	0,6	1,0	0,5	2,9	1,2	1,5	3,1	2,5	11,0	0,5	1,9	2,9	1,0	0,4
Ni	1,1	1,2	1,4	1,7	7,2	0,9	1,0	1,0	1,7	0,7	1,1	l.d.	0,7	l.d.
Pb	14,2	17,0	16,3	18,6	15,5	15,2	8,1	29,3	12,6	14,6	7,9	37,9	64,3	5,4
Sb	l.d.	0,1	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.	l.d.
Se	2,0	l.d.	l.d.	l.d.	3,0	1,0	l.d.	2,0	2,0	1,0	l.d.	l.d.	3,0	1,0
Zn	23,0	28,0	27,0	38,0	68,0	34,0	46,0	150,0	55,0	76,0	60,0	70,0	393,0	16,0
Ce	99,2	88,5	136,1	145,9	429,6	122,3	10,4	223,9	339,7	74,3	121,9	52,0	117,4	90,1
Dy	21,3	7,7	4,3	6,0	25,8	5,5	8,3	21,2	20,4	10,7	11,0	8,3	31,0	13,1
Er	16,5	5,1	3,0	3,7	13,0	3,4	6,7	11,4	13,3	7,3	6,1	6,0	21,0	10,3
Eu	0,9	0,4	0,6	0,6	2,9	0,6	l.d.	0,7	0,7	0,2	0,4	l.d.	0,3	0,1
Gd	18,8	8,7	5,2	7,3	31,7	7,3	3,7	25,7	21,7	8,8	8,1	6,6	22,9	11,7
Ho	5,3	1,4	1,2	1,2	5,5	1,5	1,8	4,7	4,2	2,3	2,3	1,9	6,3	2,9
La	64,3	45,9	73,0	79,1	261,0	54,6	4,9	104,8	192,1	41,4	53,1	27,4	51,3	44,2
Lu	2,2	0,9	0,5	1,3	1,9	0,5	1,5	1,6	1,4	1,0	1,2	1,2	2,6	1,4
Nd	51,6	42,1	46,7	54,5	184,8	62,2	8,0	107,4	134,1	45,9	56,5	22,9	64,6	45,7
Pr	13,0	11,0	14,1	16,5	52,9	18,3	1,4	28,1	38,8	12,9	15,3	5,8	16,2	11,0
Sm	12,8	8,1	6,3	7,3	32,3	11,2	2,2	21,6	23,5	10,1	12,0	5,0	18,2	9,6
Tb	3,4	1,0	0,8	1,1	4,6	1,3	1,1	3,4	3,3	1,8	1,5	0,8	4,6	1,8
Tm	2,4	0,9	0,6	0,5	2,2	0,5	1,1	1,7	2,0	1,3	1,2	1,1	3,2	1,4
Yb	16,8	5,2	3,5	4,3	12,7	3,4	9,3	10,8	11,9	8,2	8,3	9,1	19,2	10,3

Quadro 4.5 – Litogeoquímica de amostras da suíte intrusiva Graciosa – granitos Alto Turvo e Mandira.

É formado, essencialmente, por ortoclásio perfitico e quartzo, com plagioclásio, muscovita, minerais opacos e zircão como acessórios. Ao microscópio, observa-se textura granular e, localmente, cataclástica. Os termos porfiríticos são róseos, hololeucocráticos, apresentando fenocristais bipiramidais de quartzo em matriz muito fina composta por feldspato e quartzo (subvulcânicos?). Em seção delgada, observa-se que é composto por pertita, plagioclásio, quartzo, biotita e minerais opacos (composição sienogranítica). Ocorrem fenocristais de pertita e quartzo dispostos aleatoriamente na matriz granular.

#### 4.6.9 GRANITO VOTUPOCA (NP3y3v)

O Granito Votupoca foi definido por Vasconcelos et al. (1999) em mapeamento em escala 1:50.000. Apesar de apresentar assinatura gamaespectrométrica marcante, representada por altos teores de radioelementos, não foram encontrados afloramentos da unidade na folha. O corpo intrude a unidade paragnáissica da Formação Turvo-Cajati.

Afloramentos do corpo foram descritos por Vasconcelos et al. (1999) na folha adjacente, a leste, na região de Morro Votupoca, onde ocorre sienogranito róseo a cinza-avermelhado, hololeucocrático, equigranular médio, isótropo a fracamente orientado, com biotita disseminada e, localmente, textura rapakivi. Ao microscópio petrográfico, a textura é granular hipidiomórfica e a mineralogia essencial é representada por feldspato alcalino perfitico, quartzo, plagioclásio, minerais opacos e biotita. Zircão e apatita são os acessórios principais. Ocorre intensa alteração hidrotermal com sericitização e saussuritização dos feldspatos e substituição parcial da biotita por clorita.

Passarelli et al. (2004) apresentam uma idade U-Pb (TIMS; intercepto superior) de  $582 \pm 9$  Ma para cristais de zircão de amostra de biotita-monzogranito coletada na serra do Votupoca, na Folha Pariquerã-Açu (escala 1:50.000), interpretada como idade de cristalização do Granito Votupoca.

#### 4.7 MAGMATISMO MESOZOICO

É representado por diques de diabásio, diabásio porfirítico e lamprófiro (diques básicos jurocretácicos – JKβ), *stocks* alcalinos da Suíte Intrusiva Jacupiranga (K1λja) e o Gabro Itapuvucu (K1λit) (Figura 4.48). Os diques são esparsos na porção oeste da folha, mas ocorrem em grande número na porção les-

te, coincidindo com o limite sudeste do Alinhamento de Guapiara (FERREIRA et al., 1981). Cortam, generalizadamente, todos os litotipos pré-cambrianos.

Os diques ocorrem sob a forma de corpos tabulares, com espessuras que variam de poucos centímetros a algumas dezenas de metros, mas geralmente métricas. Dominam orientações NW e NNW e para NE e ENE, com mergulhos subverticais. Dois diques retilíneos mais expressivos, localizados ao norte de Jacupiranga e ao sul de Cajati, apresentam extensões mapeadas da ordem de 20 km e espessuras máximas em torno de 150 m.

Os diques de diabásio têm granulação geral média a fina, localmente grossa. Geralmente, contêm sulfetos (pirita e calcopirita) disseminados. Apresentam textura granular a porfirítica, com fenocristais de feldspato milimétrico a centimétrico. Apresentam cor cinza-escuro com tonalidade esverdeada.

Os corpos mais espessos apresentam zoneamento textural, com granulação fina próximo às rochas encaixantes e mais grossa (até porfirítica) em direção ao centro dos corpos. Os minerais essenciais são plagioclásio (andesina e labradorita) e piroxênio (dominantemente augita), enquanto titanita (até 5%), apatita e minerais opacos ocorrem como acessórios. Por vezes, ocorrem também quartzo e feldspato alcalino. Como minerais secundários, ocorrem actinolita e hornblenda, formados por substituição de piroxênio, e sericita, epidoto, argilominerais e carbonato formados por alteração de plagioclásio. Ocorrem texturas intergranular, subofítica, blastofítica e porfirítica.

Dois diques de maior expressão ocorrem na porção leste da área. O primeiro tem direção aproximada N45°W, é constituído por diabásio e localiza-se ao nordeste do Complexo Alcalino Jacupiranga, cortando rochas da Formação Turvo-Cajati e da Suíte Intrusiva Itapeúna. Em sua porção central, a espessura atinge dezenas de metros, sustentando o morrote do Espigão Comprido. Em afloramentos situados na serra do Lageado, observa-se que as zonas de borda apresentam granulação fina, textura afanítica, semelhante a basaltos, com presença de fraturas, por vezes concoides, enquanto nas porções centrais a granulação varia de média a grossa. Essas características refletem os efeitos do resfriamento do corpo. Constatou-se, nesse local, que houve tentativas de exploração nesse dique para fins de utilização como rocha ornamental.

O segundo dique de grandes proporções ocorre na porção SE da folha, no vale do rio Itapitangui, com direção N40°W. Corta a Formação Turvo-Cajati, o Complexo Atuba e o Granito Rio Guaraú, além do Granito Mandira (fora da área de mapeamento). A

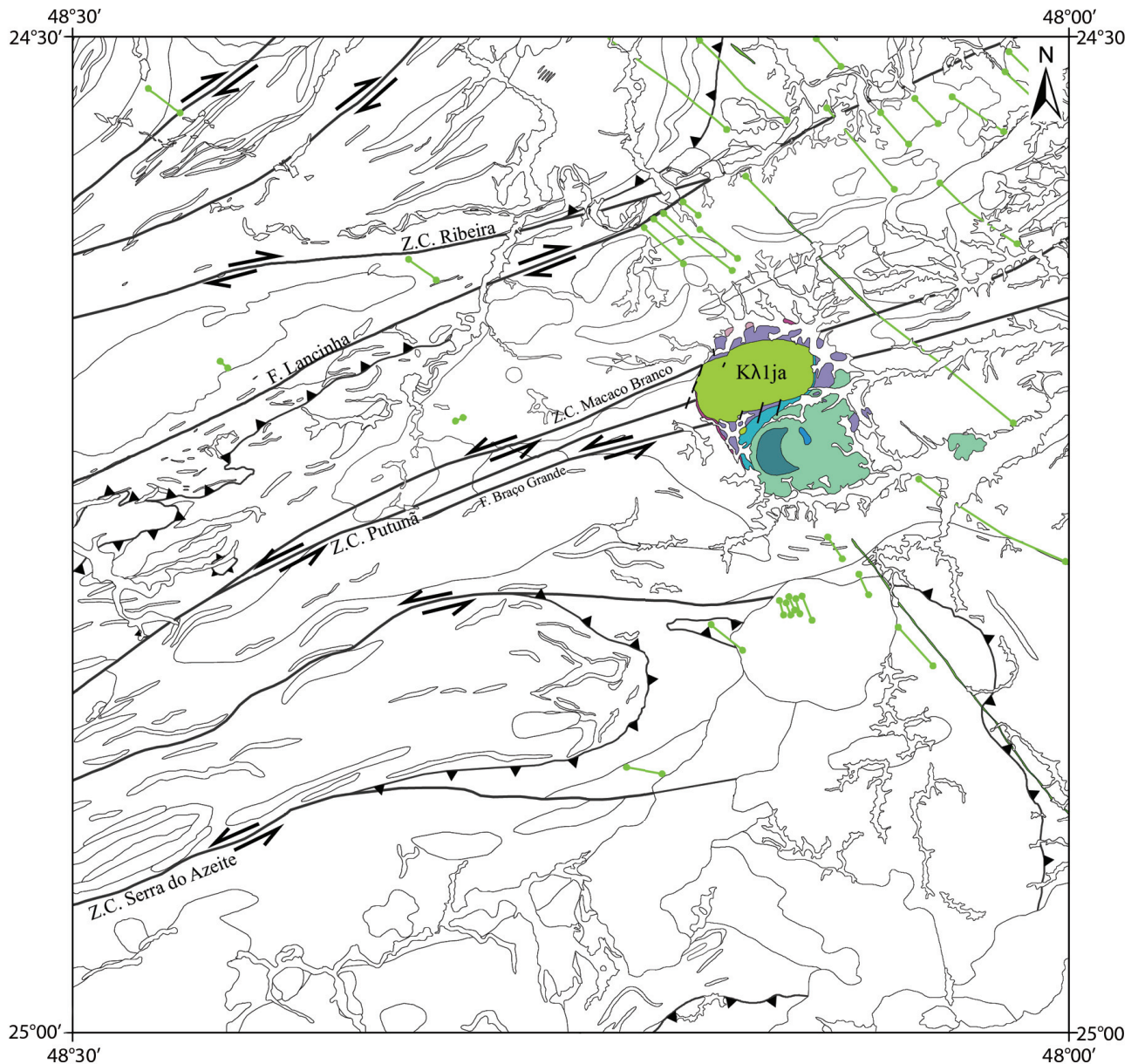


Figura 4.48 – Mapa ressaltando os corpos ígneos básicos relacionados ao magmatismo mesozoico do arco de Ponta Grossa. Nota: K11ja: Complexo alcalino Jacupiranga.

anomalia magnética desse corpo sugere que ele atinge o Complexo Alcalino Jacupiranga. Os afloramentos observados são raros, porém ocorrem outras variedades composicionais, como piroxenito/websterito, além de diabásio.

Os diques de lamprófiro são tabulares, geralmente de espessura decimétrica, e ocorrem em menor abundância em relação aos diques de diabásio. Consistem de rochas negras com textura porfirítica. Fenocristais de clinopiroxênio, biotita, olivina e ortopiroxênio aparecem dispersos em matriz muito fina constituída, essencialmente, por clinopiroxênio, biotita, minerais opacos e plagioclásio. Nefelina e apatita são os principais acessórios, enquanto clorita, sericita e carbonatos são minerais secundários.

#### 4.7.1 SUÍTE INTRUSIVA JACUPIRANGA (K11ja)

Essa descrição baseou-se na revisão apresentada por Ruberti et al. (1992) e na nota explicativa do Projeto Jacupiranga – Rio Guaraú, de Vasconcelos et al. (1999). O complexo situa-se na divisa entre os municípios de Cajati e Jacupiranga, ocupando uma área de aproximadamente 65 km<sup>2</sup>. Exibe forma ovalada segundo NNW, estando encaixado em rochas da Formação Turvo-Cajati (NPtc) e da Suíte Intrusiva Itapeúna (NP3γ1it).

É constituído por clinopiroxenitos (jacupiranguito) de afinidade alcalina, dunitos associados a carbonatitos e rochas alcalinas insaturadas (ijolitos e melteigitos), havendo termos básicos a ácidos (gabros e sienitos),



subvulcânicos alcalinos (fonolitos, lamprófiros, essexitos e teralitos) e metassomáticos tardios (fenitos).

O complexo foi identificado por Bauer (1877), sendo investigado de forma preliminar por Derby (1891) e Hussak (1892, 1895, 1904). Seu reconhecimento internacional deveu-se aos trabalhos de Melcher (1954, 1966), que detalharam características do complexo, bem como sugeriram origem magmática para os corpos carbonatíticos intrusivos. Além dos trabalhos citados, Gaspar (1989), Gaspar e Wyllie (1983a, 1983b, 1987), German et al. (1987), Morbidelli et al. (1986), Morikiyo et al. (1987), Nelson et al. (1988) e Roden et al. (1985) forneceram dados importantes sobre a geologia estrutural e a mineralogia do complexo, química mineral e isotópica e efeitos do metassomatismo nas rochas encaixantes.

Segundo Reis Neto (1994), provavelmente na parte norte do complexo houve intrusão inicial de rochas peridotíticas, seguindo-se, na parte meridional, uma fase magmática em que predominam piroxenitos parcialmente diferenciados em ijolitos. Os carbonatitos, corresponderiam à última manifestação magmática ou metassomática do evento gerador da província alcalina.

A suíte representa uma das diversas manifestações de magmatismo alcalino que ocorrem na borda da Bacia do Paraná, com idade de  $131 \pm 3$  Ma (AMARAL, 1976; RODEN et al., 1985). De acordo com Ulbrich e Gomes (1981), esse complexo, em conjunto com outros complexos vizinhos, de idades similares, formaria a Província Jacupiranga, a qual corresponderia à exposição de um "hot spot" do manto, associado à primeira junção tríplice formada na área durante a abertura inicial da porção sul do oceano Atlântico (HERZ, 1977).

#### 4.7.1.1 SILEXITO (K1λjasx)

Unidade de pequena expressão (0,1 km<sup>2</sup>), representada por concentrações de silexito encontradas no corpo de magnetita-clinopiroxenito.

#### 4.7.1.2 FENITO SIENÍTICO (K1λjafs)

A fenitização das rochas encaixantes ocorre como faixas estreitas, próximas ao contato, podendo se estender até a 2 km do contato. Essa alteração metassomática é predominantemente sódica e gera rochas compostas, essencialmente, por albita, clinopiroxênios e anfibólios sódicos e mesopertita. Como fases

reliquiárias, ocorrem biotita, quartzo e muscovita. Rutilo é a única fase óxido presente. A fenitização potássica é generalizada nos piroxenitos e ijolitos, principalmente caracterizada pelo desenvolvimento de feldspato potássico nessas rochas.

#### 4.7.1.3 OLIVINA-MONZONITO (K1λjaom)

A unidade é composta por olivina-monzonitos (litofácies principal), melamonzonitos, monzonitos porfiríticos, monzonitos e quartzomonzonitos. Olivina-monzonitos são compostos por clinopiroxênio, andesina, feldspato potássico, biotita, olivina, magnetita e apatita. O maior corpo de olivina-monzonito ocorre na porção a norte do complexo, sendo, às vezes, heterogêneo quanto à abundância em feldspato potássico; em consequência, algumas variedades podem ser classificadas como monzodioritos ou monzossienitos.

Melamonzonitos, monzonitos e quartzomonzonitos são constituídos por plagioclásio (às vezes como fenocristais), feldspato potássico (perítico), clinopiroxênio, magnetita e biotita. Eventualmente, podem ocorrer quartzo e anfibólio como minerais essenciais. Zircão e apatita são os minerais acessórios.

#### 4.7.1.4 DIORITO (K1λjadi)

As ocorrências de diorito distribuem-se em torno da unidade de dunito (K1λjad), no contato com os clinopiroxenitos e na porção sudeste da estrutura, no contato com o embasamento paragnáissico. A rocha é representada por termos gabroides, sendo constituídos por clinopiroxênio, andesina, biotita, magnetita, apatita e zircão.

#### 4.7.1.5 CARBONATITO (K1λjaca)

O corpo carbonatítico exhibe forma elipsoide, alongada segundo NNW, tendo cerca de 1.000 m na maior dimensão e 400 m na menor. Posiciona-se no centro da unidade de magnetita-clinopiroxenito e melteigito (K1λjap). É constituído por cinco intrusões carbonatíticas, assim denominadas por Gaspar (1989): C1 – sovito, em geral muito rico em olivina-magnetita e apatita; C2 – sovito dolomítico/rauhaugito calcítico; C3 e C4 – sovitos; C5 – rauhaugito. Cortando essas intrusões, ocorrem diques de calcita (alviquito) e dolomita (berforsito).

Os carbonatitos apresentam forte bandamento ígneo, definido pela variação nos teores de carbona-



tos e não carbonatos (apatita, flogopita, magnetita e sulfetos). A química mineral de olivina mostra que há diferença composicional do mineral entre as intrusões, servindo como bom indicador de corpos onde o mineral ocorre. A presença de xenólitos de clinopiroxenitos é bastante comum.

A petrografia dos carbonatitos revelou predominância de textura granular, constituída, essencialmente, por calcita. Magnetita e pirita formam cristais bem desenvolvidos, enquanto apatita ocorre como cristais euédricos incolores ou formando nódulos glômero-porfiríticos. Monticelita, biotita, pirrotita, badeleíta e serpentina foram reconhecidas como fases acessórias.

#### 4.7.1.6 IJOLITO (K1λjai)

Esta unidade é constituída de um corpo único, em forma de meia-lua, intrusivo na unidade de magnetita-clinopiroxenito e melteigito (K1λjap). A unidade em questão é caracterizada por rochas de coloração acinzentada, textura fanerítica de granulação fina a média, com estrutura francamente orientada. A composição mineralógica é dada por clinopiroxênio e nefelina, além de magnetita, perovskita, biotita, apatita e, ocasionalmente, kalsilita. Variações nas composições das rochas da unidade são representadas pela mudança na moda mineral, como aumento de clinopiroxênios e aparecimento de melilita.

A fenitização das rochas encaixantes é representada por substituição da nefelina por feldspato potássico (mesopertitas), formação de titanita ao redor das magnetitas e aparecimento de simplectitos (nefelina e hedembergita) nas bordas dos clinopiroxênios.

#### 4.7.1.7 MAGNETITA-CLINOPIROXENITO, MELTEIGITO E FLOGOPITA-NEFELINA-CLINOPIROXENITO (K1λjap e K1λjanp)

Essas unidades são predominantes na porção centro-sul do complexo, ocupando cerca de 20 km<sup>2</sup>. São constituídas por magnetita-clinopiroxenitos, flogopita-clinopiroxenitos, melteigitos, nefelina-olivina-clinopiroxenitos e andesina-flogopita-clinopiroxenitos.

São rochas melanocráticas, com textura fanerítica equigranular. Nos magnetita-clinopiroxenitos, a composição mineralógica é completada por perovskita, kaersutita e flogopita. A magnetita é sempre intersticial ao piroxênio, que é, preferencialmente,

orientado. Os demais piroxenitos são observados em uma zona alongada, localizada na porção noroeste do corpo de magnetita-clinopiroxenito. Flogopita-clinopiroxenitos e nefelina-flogopita-clinopiroxenitos são os tipos de rocha mais abundantes nessa região, principalmente na porção centro-norte da intrusão (K1λjanp). A composição mineralógica é completada por magnetita e kaersutita. Clinopiroxenitos portadores de nefelina e melteigitos são descritos nas porções central e sul da zona alongada, ocorrendo como pequenos diques ou soleiras nos flogopita-clinopiroxenitos. Andesina-flogopita-clinopiroxenitos são os menos abundantes de todos os clinopiroxenitos. Eles são concordantes com flogopita e magnetita-clinopiroxenitos. Os minerais acessórios são: magnetita, anfibólio kaersutítico e apatita.

A fenitização é uma característica comum nos piroxenitos em geral, marcada pelo surgimento do feldspato potássico em veios, recristalização dos halos de piroxênios e transformação da nefelina (quando presente) em cancrinita. Algumas atitudes da foliação dos piroxenitos sugerem que o corpo tem a forma de bacia, onde os mergulhos aumentam do centro para as bordas.

#### 4.7.1.8 DUNITO (K1λjad)

A porção norte do complexo é ocupada, em quase sua totalidade, por essa unidade, com cerca de 20 km<sup>2</sup> de área. É constituída por dunito, clinopiroxênio-dunito e raros verlitos, que ocorrem sob a forma de blocos nas elevações que cortam o corpo de dunito. Clinopiroxênio-dunitos foram obtidos em testemunhos de sondagem realizados para a prospecção de níquel na área. O corpo de dunito é caracterizado geomorfologicamente por um platô, onde ocorre espesso perfil de alteração de solo com um nível de blocos de silexitos. Duas pequenas concentrações de silexitos (K1λjasx) encontradas no solo do corpo de magnetita-clinopiroxenito podem representar corpos de dunitos. Uma brecha alterada que contém fragmentos (1 a 10 cm) de silexitos e piroxenitos, em matriz de composição sienítica ou monzonítica, foi encontrada no contato a oeste do complexo. Essa brecha é intrusiva em um sienito fenitizado. Ferro, cromo e espinélios estão sempre presentes nos dunitos de Jacupiranga. Um acamamento irregular pode ser observado em alguns clinopiroxênio-dunitos, determinado por várias delgadas camadas de piroxênio. O grau de serpentinização dos dunitos é variável (10 a 90%). Hidróxidos de ferro estão presentes, mas os carbonatos são raros.

#### 4.7.1.9 GABRO ITAPUVUÇU (K1lit)

Esta unidade foi descrita por Vasconcelos et al. (1999) e denominada Intrusão Barro Branco. Uma nova denominação foi adotada neste trabalho, uma vez que o nome “Barro Branco” é utilizado para identificar uma camada sedimentar na Formação Rio Bonito (WHITE, 1908). Dessa forma, adotou-se a nomenclatura “Gabro Itapuvuçu”, referente ao bairro no qual se localiza a unidade.

Caracteriza-se como um corpo de forma aproximadamente circular (0,5 km<sup>2</sup> de área aflorante), parcialmente coberto pela planície aluvionar do rio Jacupiranga. Sua exposição restringe-se a blocos métricos dispersos em superfície na porção central do corpo. Devido à pouca exposição, a unidade foi delimitada, principalmente, a partir da interpretação do mapa de composição ternária (gamaespectrométrico) (Figura 3.6).

A rocha possui coloração cinza-escuro, mesocrática a melanocrática, de textura porfirítica com matriz fanerítica média a grossa (Figura 4.49). A moda mineral é constituída por fenocristais de augita, com matriz composta por augita, andesina (An<sub>40</sub>), biotita avermelhada, olivina (Fo<sub>65-75</sub>), hornblenda, opacos e apatita. Como fases menos expressivas ocorrem idingsita, filossilicatos finos, carbonatos e glomérulos de sulfeto.

### 4.8 SEDIMENTAÇÃO CENOZOICA

#### 4.8.1 FORMAÇÃO PARIQUERA-AÇU (N1pq)

A denominação Formação Pariquera-Açu foi introduzida por Bigarella e Mousinho (1965). Essa unidade compreende depósitos fanglomeráticos de leques aluviais coalescentes que gradam lateralmente para depósitos de planície fluvial meandrante e de lagos.

Os leques aluviais são constituídos por camadas de paraconglomerado (Figura 4.50), lamito e, subordinadamente, ortoconglomerado e arenito com estratificação cruzada tabular. A planície de inundação do sistema fluvial meandrante, com barras de pontal, depósitos de rompimento de diques marginais e inunditos é caracterizada por depósitos em forma de bancos com granodecrescência ascendente, variando de ortoconglomerado a areia, areia e argila laminada e argila sem estratificação. Os depósitos lacustres são constituídos por argila e argila siltosa com intercalações arenosas subordinadas (MELO, 1990).



Figura 4.49 – Aspecto macroscópico do gabro Itapuvuçu (ponto 2149-FM-254).

A geração dos sedimentos da Formação Pariquera-Açu, bem como sua preservação, estaria associada à reativação de falhas normais relacionada ao Alinhamento de Guapiara, sugerindo atividade tectônica sin-sedimentar de idade miocênica (MELO, 1990).



Figura 4.50 – Afloramento de paraconglomerado da formação Pariquera-Açu, próximo ao município de Eldorado Paulista (afloramento 2149-MS-136).

#### **4.8.2 DEPÓSITOS ALUVIONARES (Q2a)**

Constituem depósitos nas margens, fundos de canal e planícies de inundação de rios, areias, cascalheiras, siltes, argilas e, localmente, turfas, resultantes dos processos de erosão, transporte e deposição a partir de áreas-fonte diversas.

Os depósitos arenosos e cascalheiras assumem importância devido a sua utilização na indústria da construção civil, enquanto as áreas de planície de inundação podem fornecer material argiloso para a indústria cerâmica.



## **5 – GEOLOGIA ESTRUTURAL**

A análise estrutural foi realizada com base em procedimentos clássicos (RAMSAY e HUBER, 1983, 1987; TURNER e WEISS, 1968), envolvendo descrição e análise em campo das relações geométricas e cinemáticas das estruturas tectônicas, tomada de atitude de estruturas com bússola, hierarquização dessas estruturas com base em critérios de superposição, além de tratamento em escritório com auxílio de estereogramas, seções e mapas. Cada unidade litotectônica foi tratada separadamente.

### **5.1 TERRENO APIAÍ**

#### **5.1.1 GRUPO VOTUVERAVA**

O Grupo Votuverava, na porção noroeste da Folha Eldorado Paulista, apresenta padrão estrutural regional simples, marcado por uma orientação estrutural predominantemente NE infletida para ENE na região da Zona de Cisalhamento Ribeira, refletindo movimentação dextral ao longo da zona de cisalhamento (Figura 5.1a). As rochas apresentam deformação intensa, com dobras fechadas a isoclinais mesoscópicas, e transposição das camadas sedimentares para a posição de uma clivagem ardosiana empinada de direção nordeste. Em campo, a estrutura principal é representada pelo acamamento sedimentar ( $S_0$ ) paralelo a uma clivagem ardosiana ( $S_1$ ) penetrativa, por vezes associada a dobras isoclinais intrafoliares. Localmente, ocorrem dobras de escala regional (Figuras 5.1a e 5.2), as quais apresentam padrão fechado a isoclinal com eixo NE-SW/sub-horizontal. Em estereograma, os polos das atitudes da foliação principal  $S_0/S_1$  apresentam distribuição pontual (Figura 5.1b), com maior densidade de dados em torno da atitude  $N50^\circ E/85^\circ NW$ . Lineações de estiramento, geralmente sub-horizontais, são restritas às faixas deformadas associadas às zonas de cisalhamento transcorrentes (por exemplo, Zona de Cisalhamento Ribeira). Uma clivagem de crenulação espaçada, desenvolvida localmente, apresenta orientação subparalela à foliação principal (Figura 5.1c). Os eixos de dobras medidos em campo se distribuem em dois conjuntos (Figura 5.1d), com orientações médias aproximadas de  $N60^\circ E/30^\circ$  e  $S60^\circ W/20^\circ$ , enquanto uma lineação de intersecção apresenta dois conjuntos de orientações em torno de  $N30^\circ E/30^\circ$  e  $S10^\circ E/60^\circ$  (Figura 5.1d).

#### **5.1.2 SEQUÊNCIA SERRA DAS ANDORINHAS**

A macroestrutura da Sequência Serra das Andorinhas entre a Zona de Cisalhamento Ribeira e a Falha da Lancinha consiste de uma estrutura sinformal, onde o Mármore da Tapagem assenta-se sobre a unidade metapelítica (Figura 5.2). A estrutura pode ser subdividida em dois domínios: (i) na porção leste, consiste de uma sinforme assimétrica com vergência para SE e flanco norte invertido; (ii) na porção oeste, compreende uma sinforme normal (Figura 5.3a).

A estrutura principal do Mármore da Tapagem consiste de uma laminação diferenciada ( $S_1$ ) definida pela intercalação entre leitos de diferentes composições e granulações. Em raros casos (principalmente na porção sul da unidade), o acamamento sedimentar ( $S_0$ ) foi observado em campo, apresentando mergulhos baixos a moderados para N e NW (Figura 5.3b). A laminação  $S_1$  apresenta densidade máxima de dados em torno da atitude  $N60^\circ E/55^\circ SE$ , com distribuições secundárias de polos da foliação ao longo de uma guirlanda de círculo máximo de altitude aproximada  $N40^\circ W/80^\circ NE$  (Figura 5.3b). Esse padrão sugere dobras fechadas a isoclinais com eixo NE/sub-horizontal e vergência para NW e, provavelmente, estaria associado a uma fase de dobramento ( $D_2$ ?) da qual não foram identificadas em campo dobras associadas. Entretanto, uma clivagem de crenulação ( $S_2$ ) com mergulhos altos a moderados, principalmente para SE (Figura 5.3b), desenvolvida localmente, é compatível com a foliação planoaxial associada a esse dobramento.

A estrutura principal da unidade metapelítica da Sequência Serra das Andorinhas consiste de uma xistosidade  $S_1$  penetrativa, geralmente paralela a um bandamento composicional  $S_0$ . Em estereograma, os polos dessa xistosidade distribuem-se ao longo de uma guirlanda de círculo máximo de atitude aproximada  $N30^\circ W/85^\circ NE$ , refletindo dobramento cilíndrico ao longo do eixo estimado  $S60^\circ W/05^\circ$  (Figura 5.3c). Atitudes subverticais são amplamente dominantes, com densidade máxima de pontos em torno da atitude  $N65^\circ E/80^\circ NW$  (Figura 5.3), sugerindo dobras fechadas a isoclinais. Ocorre uma clivagem de crenulação  $S_2$  espaçada subvertical, com densidade máxima de dados em torno da atitude  $N60^\circ E/85^\circ NW$  (Figura 5.3d), compatível com o planoaxial das dobras desenhadas pelo dobramento da xistosidade  $S_1$ .



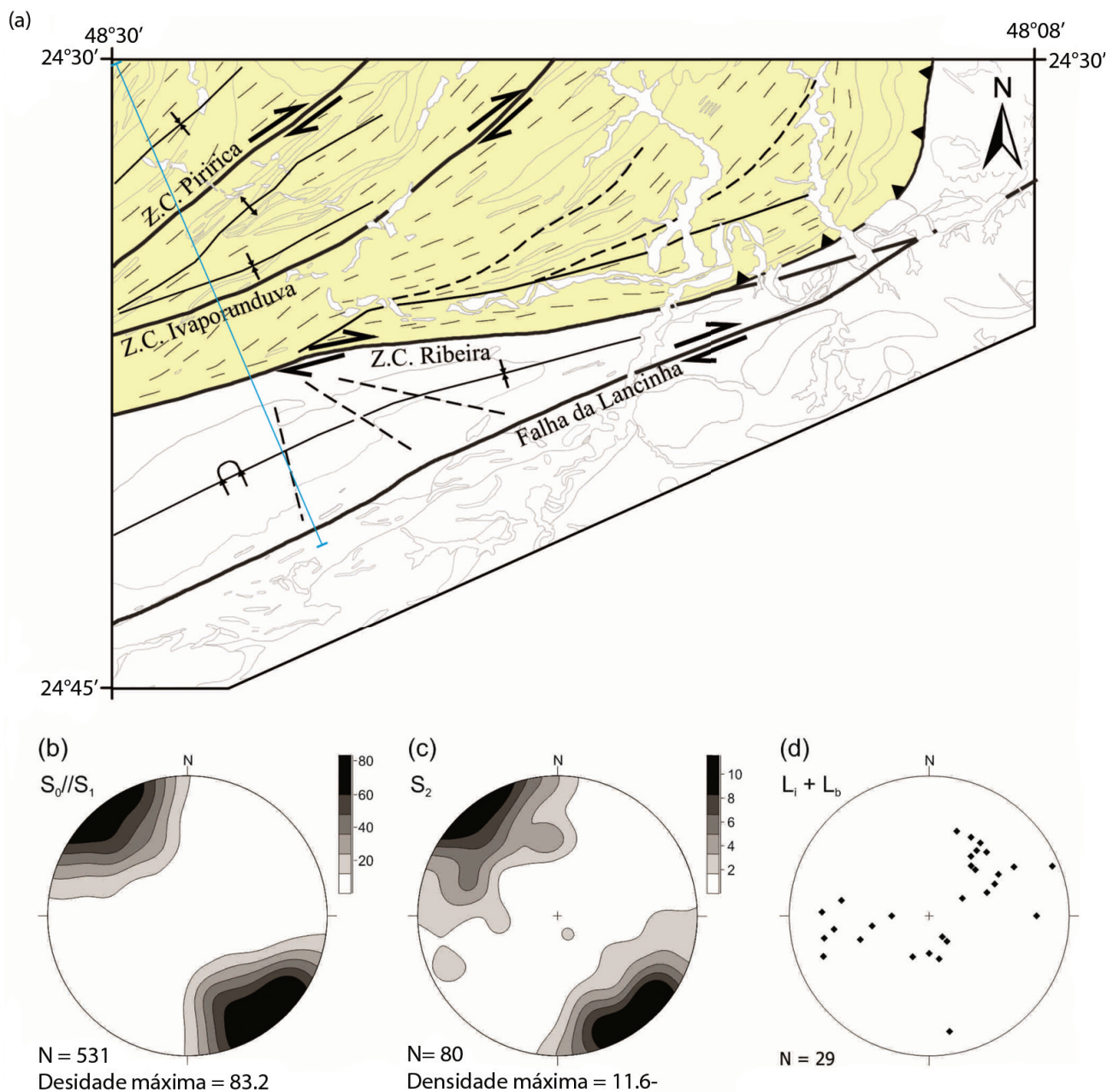


Figura 5.1 – Dados estruturais do grupo Votuverava: (a) mapa ressaltando as estruturas principais; (b-d) diagramas de igual área, semiesfera inferior, contendo linhas de isofrequência de polos da xistividade  $S_0/S_1$  (b) e de clivagem de crenulação  $S_2$  (c) e lineações de interseção e eixos de dobras (d).

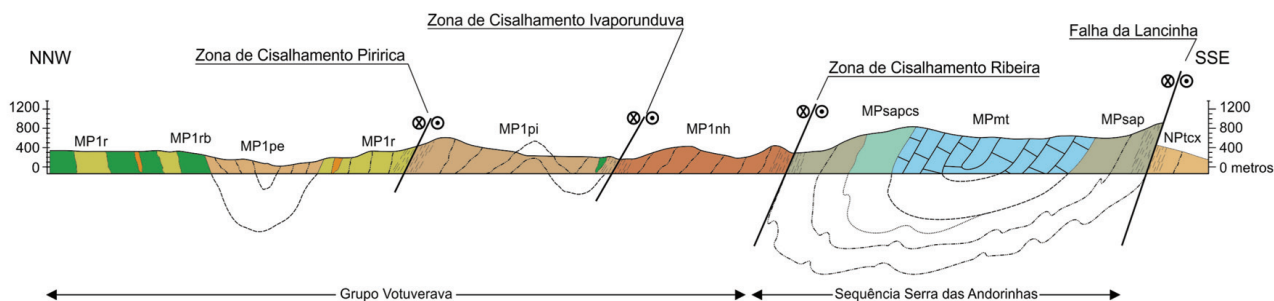


Figura 5.2 – Perfil geológico-estrutural do terreno Apiaí.

Nota: Ver localização do perfil nas figuras 5.1 e 5.3.

Legenda: MP1r: formação Rubuquara; MP1rb: formação Rubuquara, lente de metabasito; MP1pe: formação Ribeirão das Pedras; MP1pi: formação Piririca; MP1nh: formação Nhunguara; MPsap: sequência Serra das Andorinhas, unidade metapelítica; MPsapcs: sequência Serra das Andorinhas, unidade metapelítica, lente de rocha calcissilicática.

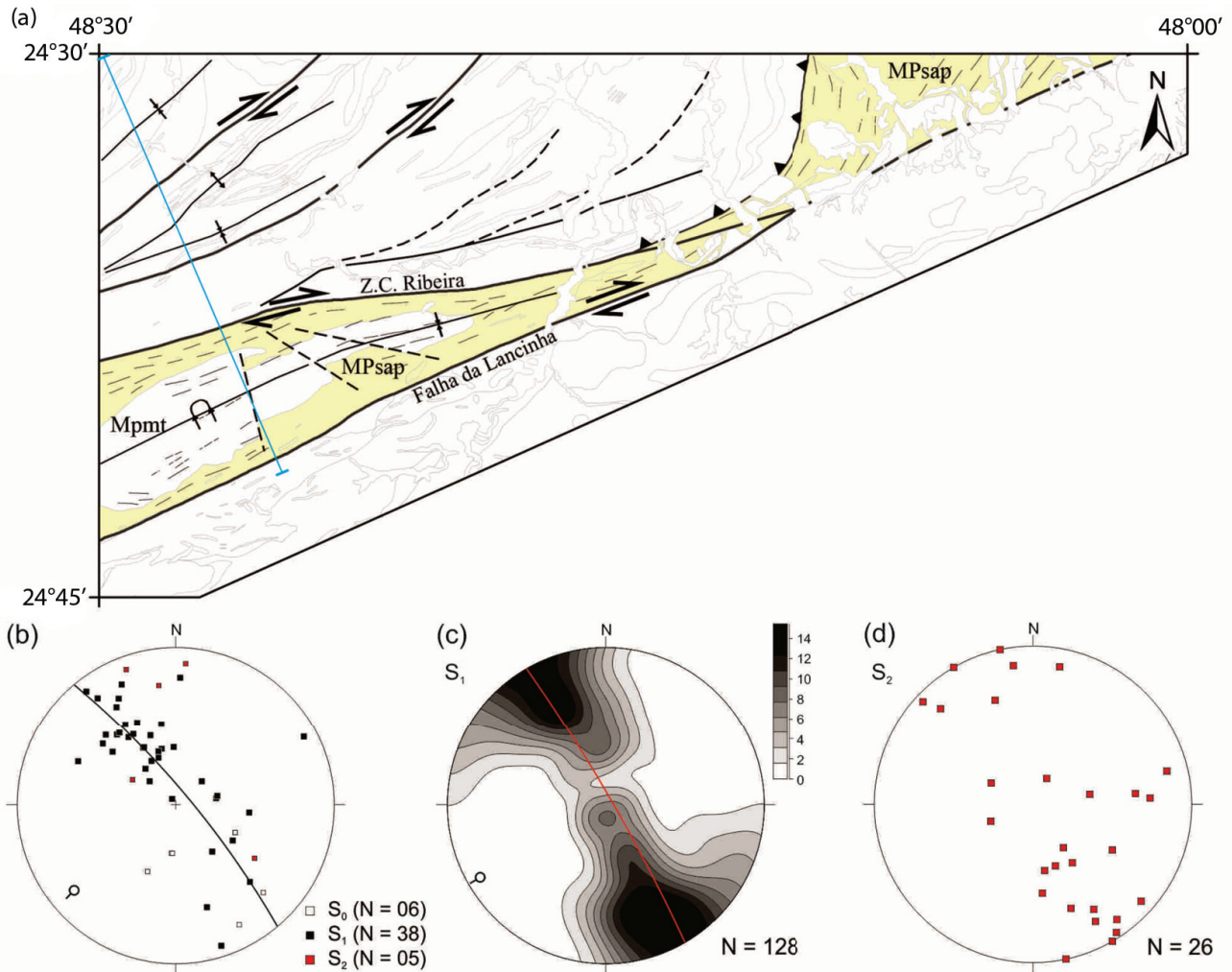


Figura 5.3 – Dados estruturais do mármore da Tapagem (MPmt) e da seqüência Serra das Andorinhas (MPsap): (a) mapa ressaltando as estruturas principais e indicação do perfil geológico-estrutural (linha azul) mostrado na figura 5.2; (b-d) diagramas de igual área, semiesfera inferior, contendo polos do acamamento  $S_0$  e das foliações  $S_1$  e  $S_2$  do mármore da Tapagem (a), linhas de isofrequência de polos da xistosidade  $S_1/S_0$  da seqüência Serra das Andorinhas (b) e polos de clivagem de crenulação  $S_2$  da seqüência Serra das Andorinhas (c).

## 5.2 TERRENO CURITIBA

### 5.2.1 COMPLEXO ATUBA

Em termos estruturais, o Complexo Atuba, no sudeste da Folha Eldorado Paulista, pode ser separado em dois domínios limitados pelo Granito Rio Guaraú: setores E e W (Figura 5.4a). A foliação principal consiste de um bandamento composicional de geometria planar a lenticular, principalmente de espessura centimétrica, paralelo a uma foliação lenticularizada milonítica. A foliação milonítica apresenta associada uma lineação de estiramento muito bem desenvolvida do tipo grãos ou do tipo agregado (PASSCHIER e TROUW, 2005).

A macroestrutura do setor W é caracterizada por um antiforme com eixo E-W e flanco norte invertido, onde os gnaisses miloníticos do Complexo Atuba

(Riaciano a Orosiriano) recobrem rochas metassedimentares da Formação Turvo-Cajati (Ectasiano a Ediacarano), indicando uma inversão estratigráfica (Figuras 5.4a e 5.5). Os gnaisses do Complexo Atuba apresentam orientação NW e NE nos flancos norte e sul do antiforme, respectivamente (Figura 5.4a). Na zona de charneira, a orientação é predominantemente N-S (Figura 5.4a). Em projeção estereográfica, os polos da foliação milonítica se distribuem ao longo de uma guirlanda de círculo máximo, sugerindo dobramento cilíndrico segundo eixo estimado de  $S70^{\circ}E/20^{\circ}$  (Figura 5.4b). Maiores concentrações de polos no quadrante NW sugerem dobras assimétricas com vergência para norte, corroborando o padrão observado em campo e mapeado. Dobras observadas em escala de afloramento e amostra de mão apresentam o mesmo padrão de orientação (FALEIROS et al., 2011), corroborando o padrão de dobramento regional. A lineação de estiramento apresenta, princi-

palmente, caimentos baixos para sudeste, com concentração máxima de dados em torno de  $S75^{\circ}E/10^{\circ}$  (Figura 5.4c). A lineação de estiramento é paralela aos eixos das dobras que caracterizam a unidade.

A macroestrutura do setor E é caracterizada por sinformes e antiformes normais com eixo E-W (Figura 5.4a). Em projeção estereográfica, os polos da foliação milonítica se distribuem ao longo de uma guirlanda de círculo máximo (Figura 5.4d), refletindo dobramento cilíndrico segundo eixo aproximado de  $S85^{\circ}E/15^{\circ}$ , indicando o mesmo padrão de dobras descritas para o setor W. Maiores concentrações de polos no quadrante NW do estereograma indicam dobras assimétricas com vergência para norte também nesse domínio. A lineação de estiramento apresenta caimentos predominantemente baixos para su-

deste, com concentração máxima de dados em torno de  $S75^{\circ}E/10^{\circ}$  (Figura 5.4e). Lineações subverticais ou com caimento moderado ocorrem com menor frequência (Figura 5.4e).

### 5.2.2 Formação Turvo-Cajati

A Formação Turvo-Cajati apresenta estruturação complexa, podendo ser dividida em três domínios estruturais principais: TC-1, TC-2 e TC-3.

O domínio TC-1 apresenta orientação estrutural ENE dominante. A macroestrutura no domínio é caracterizada por dobras fechadas a isoclinais empinadas, com traço axial NE, por vezes desenhada,

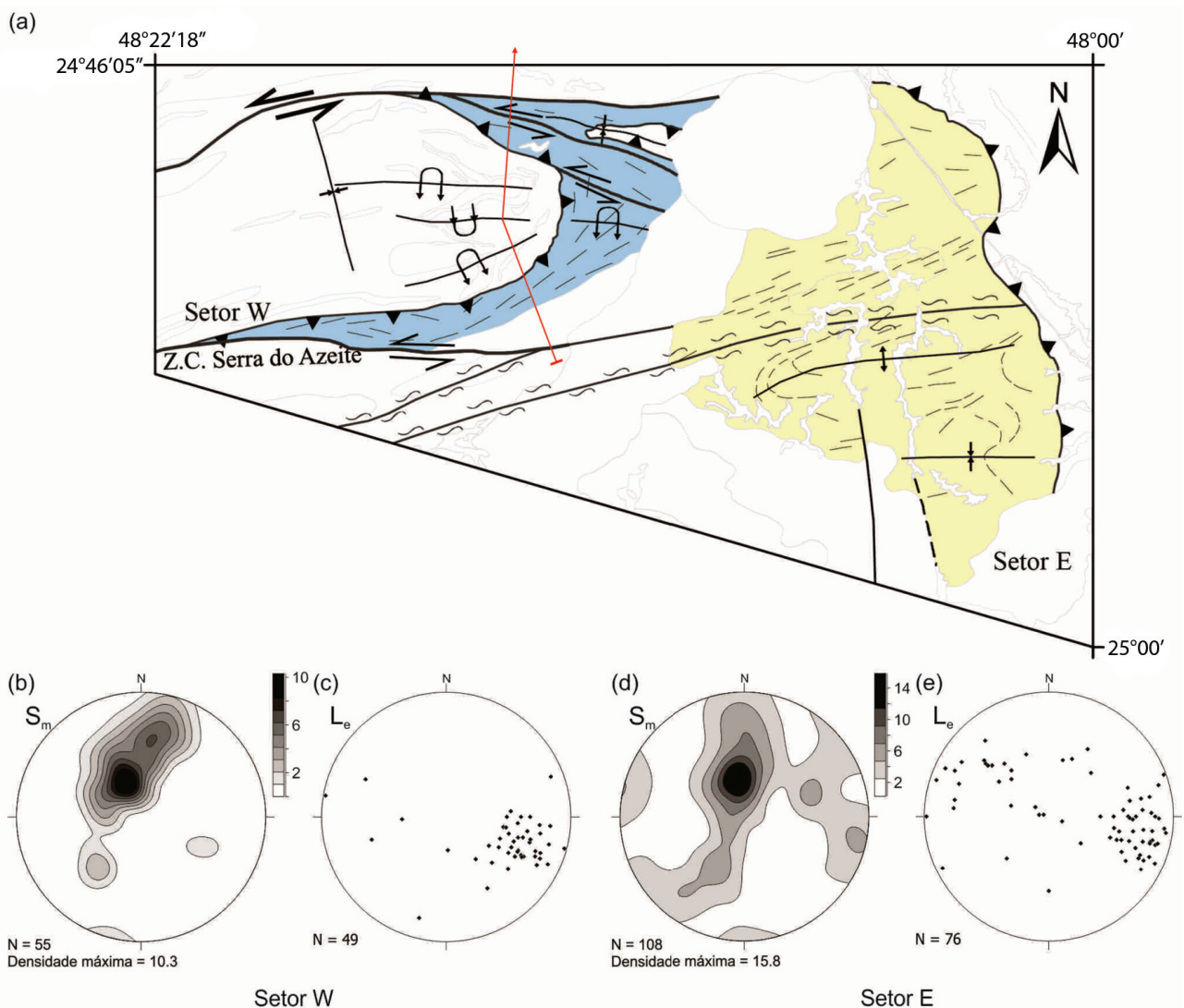


Figura 5.4 – Dados estruturais do complexo Atuba: (a) mapa ressaltando as estruturas principais e indicação de parte do perfil geológico-estrutural B-B' (linha vermelha) mostrado na figura 5.5b; (b-e) diagramas de igual área, semiesfera inferior, contendo linhas de isofrequência de polos da foliação milonítica dos setores W (b) e E (d) e lineações de estiramento dos setores W (c) e E (e).

Fonte: Dados em (b) e (c) compilados de Faleiros et al. (2011).



em mapa, por camadas de mármore e quartzito. Em perfil, as dobras mostram leve assimetria para norte, com flancos invertidos (Figura 5.5). A estrutura principal observada em campo consiste de uma xistosidade lenticularizada de natureza milonítica e bandamento composicional paralelo definido pela orientação preferencial de minerais micáceos e lentes/lâminas estiradas de composição quartzofeldspática e micácea alternadas. Ocorre uma lineação de estiramento bem desenvolvida associada à xistosidade milonítica. No caso de intercalações de mármore, a xistosidade é paralela ao acamamento sedimentar, geralmente preservado.

O domínio TC-1 foi subdividido nos subdomínios TC-1A (limitado pelas zonas de cisalhamento Putunã, ao norte, e Serra do Azeite, ao sul) e TC-1B (limitado pela Falha da Lancinha, ao norte, e pela Zona de Cisalhamento Putunã, ao sul). Em estereograma, os polos da xistosidade principal do domínio TC-1A distribuem-se ao longo de uma guirlanda de círculo máximo, sugerindo dobramento cilíndrico ao longo do eixo estimado  $S70^{\circ}W/04^{\circ}$  (Figura 5.6b). Atitudes subverticais são dominantes, com maior densidade de dados em torno da atitude  $N70^{\circ}E/85^{\circ}SE$  (Figura 5.6b), evidenciando dobras fechadas a isoclinais empinadas, condizentes com o padrão descrito em campo. A lineação de estiramento apresenta orientação E-W a ENE/sub-horizontal, com densidade máxima de dados em torno da atitude  $N85^{\circ}E/05^{\circ}$  (Figura 5.6c), sendo assim subparalela ao eixo estimado do dobramento regional. Os polos da xistosidade do domínio TC-1B também se distribuem ao longo de uma guirlanda de círculo máximo, sugerindo dobramento cilíndrico ao longo do eixo aproximado  $S83^{\circ}W/05^{\circ}$ , condizente com o domínio TC-1A (Figura 5.6d). Entretanto, nesse caso frequência de foliações sub-horizontais e a distribuição dos polos no estereograma sugere dobras aproximadamente simétricas (Figura 5.6d). A lineação de estiramento apresenta densidade máxima de dados em torno da atitude  $S75^{\circ}W/08^{\circ}$  (Figura 5.6e).

Considerando que a estrutura principal dobrada do domínio TC-1 consiste de uma foliação milonítica, e essa foliação está dobrada segundo padrão cilíndrico com eixo sub-horizontal, conclui-se que a foliação milonítica era originalmente sub-horizontal, o que poderia estar associado a uma tectônica de cavalgamentos ou falhas extensionais de baixo ângulo.

O domínio TC-2 é restrito à região da serra do Azeite (Figura 5.6a) e representa uma exceção em relação ao padrão estrutural regional da Formação Turvo-Cajati. A macroestrutura da unidade, nesse domínio, é caracterizada por dobras assimétricas com flanco invertido e eixo ESE/sub-horizontal, for-

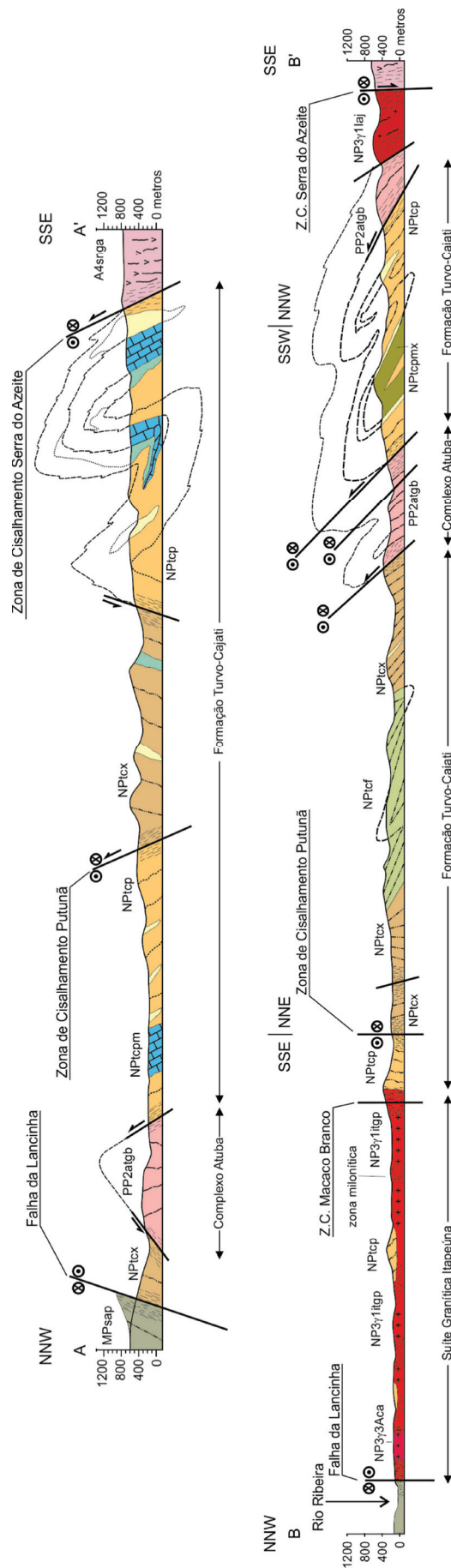


Figura 5.5 – Perfis geológico-estruturais do terreno Curitiba.

Nota: Ver localização dos perfis na figura 5.6a.



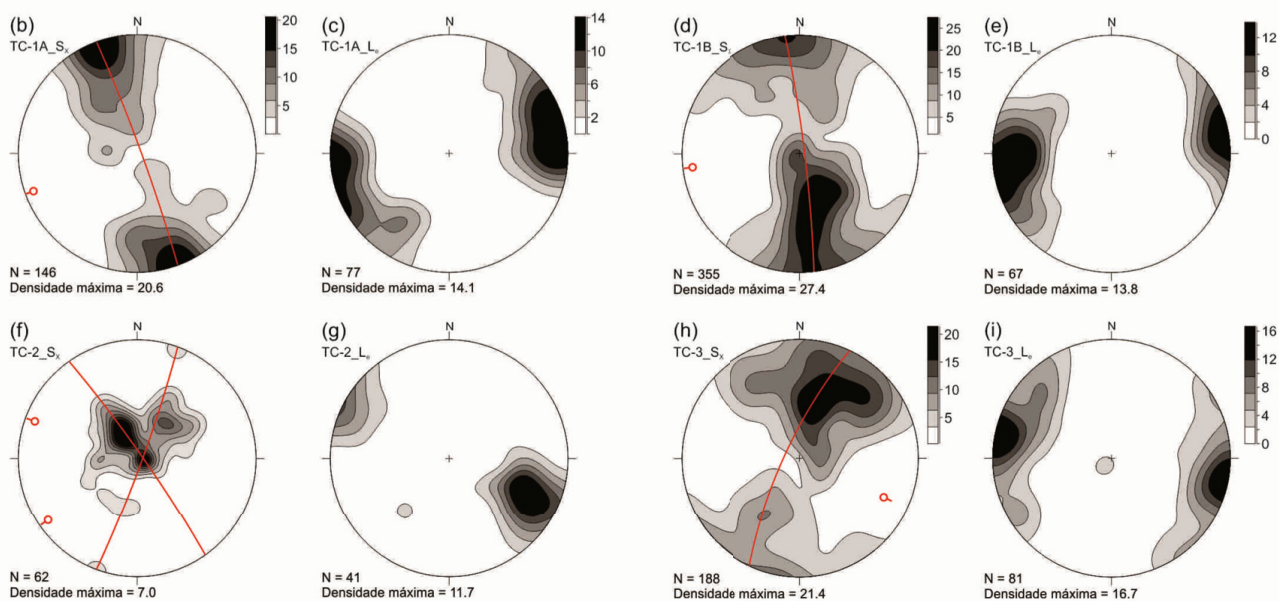
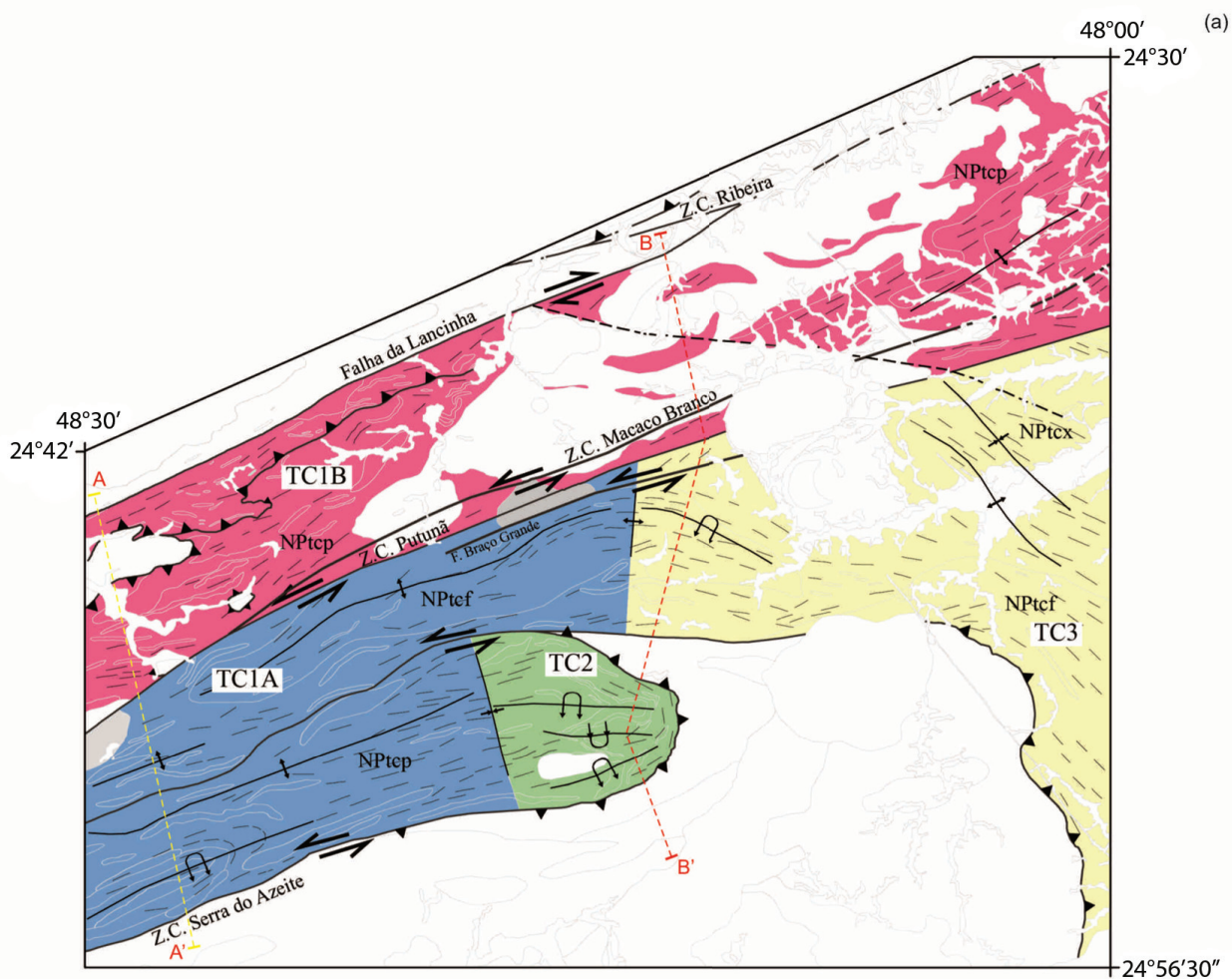


Figura 5.6 – Dados estruturais da formação Turvo-Cajati: (a) mapa ressaltando as estruturas principais e indicação dos perfis geológico-estruturais mostrados na figura 5.5; (b-i) diagramas de igual área, semiesfera inferior, contendo linhas de isofrequência de polos da foliação milonítica dos domínios TC-1A (b), TC-1B (d), TC-2 (f) e TC-3 (h) e da lineação de estiramento dos domínios TC-1A (c), TC-1B (e), TC-2 (g) e TC-3 (i).

Fonte: Dados em (f) e (g) compilados e reinterpretados de Faleiros et al. (2011).

mando um anticlinório com vergência para norte, onde as rochas do Complexo Atuba recobrem as rochas da Formação Turvo-Cajati (Figura 5.5), indicando uma inversão estratigráfica. Em mapa, as dobras são desenhadas por lentes e camadas de quartzito e mármore (Figura 5.6a). A orientação da foliação principal mostra-se bastante dispersa em estereograma, embora predominem mergulhos baixos para SE ou NW (Figura 5.6f). As linhas de isofrequência de polos da xistosidade sugerem distribuições segundo duas guirlandas de círculo máximo com atitudes dos planos AC ajustados de N20°E/85°SE e N35°W/85°NW, sugerindo superposição de duas fases de dobramento. Dobras mesoscópicas observadas em afloramentos apresentam orientação similar às dobras do Complexo Atuba na região da serra do Azeite (FALEIROS et al., 2011). A lineação de estiramento apresenta orientação ESE/sub-horizontal (Figura 5.6g), com densidade máxima de dados em torno da atitude S65°E/17°.

O domínio TC-3, restrito às unidades de baixo grau metamórfico da Formação Turvo-Cajati, apresenta orientação estrutural NW, com dobras regionais de eixo NW/sub-horizontal mapeadas em campo. Em estereograma, os polos da xistosidade principal medida em campo se distribuem ao longo de uma guirlanda de círculo máximo ajustada de atitude N25°E/76°NW, sugerindo dobramento cilíndrico segundo eixo aproximado S65°E/14° (Figura 5.6h). Ocorre concentração de polos no quadrante NE do estereograma (Figura 5.6h), com densidade máxima de dados em torno da atitude N75°W/50°SW.

A diferença em termos de orientação das estruturas dos domínios TC-1, TC-2 e TC-3 indica superposição local de dois padrões de dobramento cilíndrico, um mais antigo e regional, segundo eixo ENE/sub-horizontal (marcado pelo padrão TC-1), e um padrão de dobramento mais jovem, segundo eixo N-S/subvertical, resultando nos padrões TC-2 (transicional) e TC-3.

### 5.2.3 SUÍTE ITAPEÚNA

A Suíte Itapeúna apresenta forma alongada na direção NE, sendo limitada, ao norte, pela Falha da Lancinha (destral), uma das principais estruturas do Cinturão Ribeira meridional (FALEIROS et al., 2011), e, ao sul, em grande parte pelas zonas de cisalhamento Putunã e Macaco Branco (sinistrais) (Figura 5.7a). Internamente, a suíte é cortada por uma rede anastomosada de zonas de cisalhamento transcorrentes de direção NE. Nas zonas de cisalhamento, as rochas graníticas apresentam variados graus de deformação, com formação de brechas, cataclastos, protomilonitos, milonitos, ultramilonitos e filonitos.

Os termos protomiloníticos são dominantes. Fora das zonas de cisalhamento, as rochas graníticas são predominantemente isótropas e raramente apresentam foliação magmática definida pela isorientação de fenocristais de feldspato. A foliação milonítica, associada às zonas de cisalhamento, apresenta direção NE e mergulhos subverticais, com densidade máxima de dados em torno da atitude N80°E/85°SE (Figura 5.7b). Uma lineação de estiramento associada apresenta caimentos predominantemente baixos para NE ou SW, com densidades máximas de dados em dois agrupamentos, com atitudes aproximadas de N71°E/03° e N45°E/02° (Figura 5.7c-d).

## 5.3 TERRENO LUÍS ALVES

### 5.3.1 COMPLEXO SERRA NEGRA

As rochas do Complexo Serra Negra são cortadas por uma rede de zonas de cisalhamento subverticais de direção NE, o que confere uma macroestrutura anastomosada (Figura 5.8a). *Macrolithons* com estruturação NW relacionada a eventos deformacionais paleoproterozoicos se alternam com faixas miloníticas de espessura de centenas de metros com orientação ENE a NE relacionadas ao Ciclo Brasileiro. Nos *macrolithons* ocorrem termos com foliação tênue marcada por orientação preferencial de forma de silicatos e termos com bandamento composicional bem marcado, com alternância entre leitões mais e menos enriquecidos em minerais máficos. Ambos os tipos de foliação se desenvolveram sob condições metamórficas de fácies granulito, conforme indicado pela presença de ortopiroxênio estável. Em projeção estereográfica, a foliação das rochas presentes nos *macrolithons* se distribui em dois conjuntos principais, com atitudes médias em torno de N60°W/80°SW e N10°W/88°SW (Figura 5.8b). Entretanto, esses dois grupos de orientação não estão associados a zonas estruturais distintas. Uma lineação de estiramento associada apresenta atitude predominantemente subvertical, com lineações de baixo caimento e oblíquas subordinadas (Figura 5.8c).

As zonas miloníticas de direção NE apresentam foliação lenticularizada subvertical gerada em condições de fácies xisto-verde, conforme indicado pela presença de paragêneses com clorita, carbonato, epidoto e actinolita. A foliação apresenta orientação NE pouco dispersa, com densidade máxima de dados em torno da atitude N60°E/87°NW (Figura 5.8d). A lineação de estiramento associada é bastante dispersa em termos de orientação, com atitudes variando de direcionais a subverticais (Figura 5.8e).

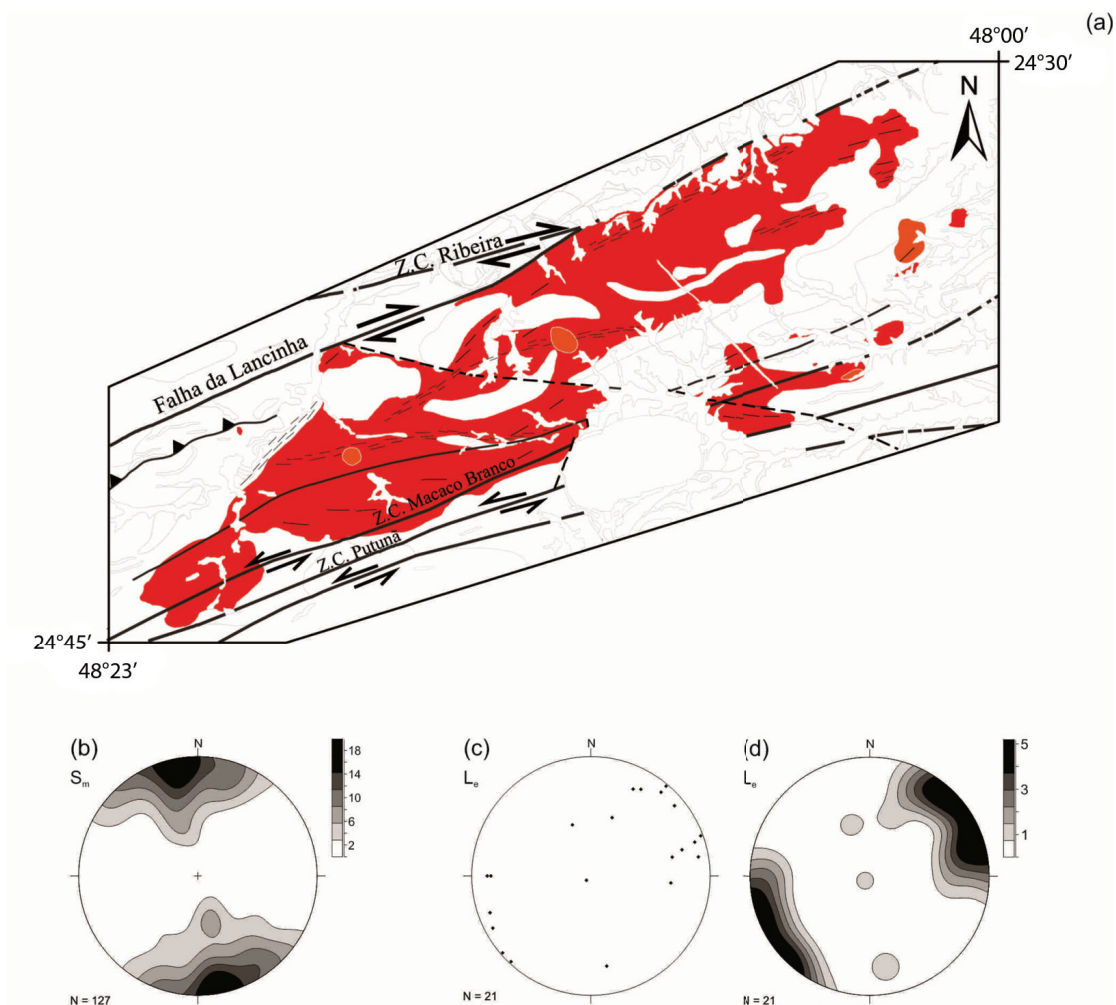
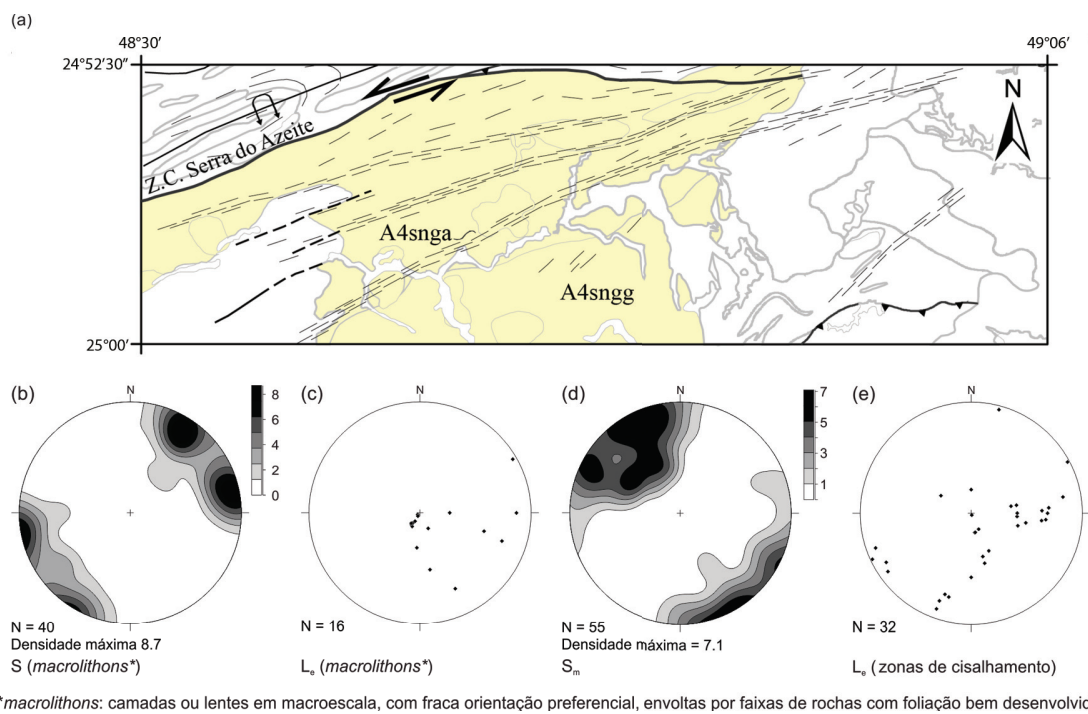


Figura 5.7 – Dados estruturais da suíte Itapeúna: (a) mapa ressaltando as estruturas principais; (b-i) diagramas de igual área, semiesfera inferior, contendo linhas de isofrequência de polos da foliação milonítica (b), e dados de lineação de estiramento (c, d).



\*macroliths: camadas ou lentes em macroescala, com fraca orientação preferencial, envoltas por faixas de rochas com foliação bem desenvolvida.

Figura 5.8 – Dados estruturais do complexo Serra Negra: (a) mapa ressaltando as estruturas principais; (b-e) diagramas de igual área, semiesfera inferior, contendo linhas de isofrequência de polos da foliação nos macroliths (b) e nas zonas de cisalhamento (d), e dados de lineação de estiramento nos macroliths (c) e nas zonas de cisalhamento (e).



## 6 - RECURSOS MINERAIS

Na Folha Eldorado Paulista foram cadastrados 193 jazimentos minerais (Quadro 6.1), os quais foram distribuídos em quatro classes utilitárias: (i) Metais nobres; (ii) Metais ferrosos; (iii) Metais não ferrosos e semimetais; (iv) Rochas e minerais industriais. Os dados cadastrados incluem locais visitados durante as atividades de campo e informações compiladas da literatura. Amostras de veios quartzosos sulfetados foram analisadas quimicamente visando a

caracterizar detalhadamente algumas ocorrências de sulfeto e identificar a presença de ouro. Procedeu-se a análises qualitativas em microscópio eletrônico de varredura e a análises químicas tipo *fire-assay*.

A descrição das ocorrências associadas à Suíte Jacupiranga serão descritas em item específico ao complexo.

Ponto	Substância	Classe	Status	Situação	Latitude	Longitude	Município	UF
2S-300	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5789	-48,2403	Eldorado	SP
2S-371	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,553	-48,434	Iporanga	SP
2S-452	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5848	-48,2608	Eldorado	SP
2S-584	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,6015	-48,3678	Eldorado	SP
2S-590	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5928	-48,3343	Eldorado	SP
2S-635	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5547	-48,271	Eldorado	SP
2S-640	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5481	-48,2661	Eldorado	SP
2S-643	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5204	-48,2855	Eldorado	SP
2S-645	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5255	-48,2814	Eldorado	SP
2S-649	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5375	-48,2658	Eldorado	SP
2S-693	Au	Metais nobres	Mina	Inativa	-24,5139	-48,2895	Eldorado	SP
2S-693	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5141	-48,2926	Eldorado	SP
FM-152	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,9425	-48,0296	Jacupiranga	SP
FM-164	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5641	-48,2719	Eldorado	SP
FM-165	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5817	-48,2748	Eldorado	SP
FM-304	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5015	-48,0847	Eldorado	SP
FM-389	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5377	-48,2210	Eldorado	SP
FM-389A	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5362	-48,2223	Eldorado	SP
FM-392	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5492	-48,2189	Eldorado	SP
FM-394	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5569	-48,2199	Eldorado	SP
FM-395	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5629	-48,217	Eldorado	SP
FM-396	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,9796	-48,2029	Cananeia	SP
FM-396	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,9856	-48,2003	Cananeia	SP
FM-396A	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,9791	-48,1541	Cananeia	SP
FM-399	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,9719	-48,2156	Cananeia	SP
FM-569	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,8114	-48,2181	Cajati	SP
MS-135	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5128	-48,1492	Eldorado	SP
MS-140	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,7791	-48,0047	Jacupiranga	SP
MS-150	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5659	-48,1955	Eldorado	SP
MS-150A	Au	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5701	-48,1872	Eldorado	SP
2S-360	Au e Ag	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5623	-48,4439	Iporanga	SP
2S-369	Au e Ag	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,573	-48,4673	Iporanga	SP
2S-381	Au e Ag	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5644	-48,4552	Iporanga	SP
2S-382	Au e Ag	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,571	-48,4543	Iporanga	SP
2S-388	Au e Ag	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,5633	-48,4644	Iporanga	SP
FM-422	Au, Pb, Zn, calcopirita	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,9422	-48,4171	Cajati	SP
MS-105	Au, Pb, pirita, calcopirita	Metais nobres	Ocorrência	Não explotado	-24,9422	-48,4171	Barra do Turvo	SP
2S-159	Fe	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,5832	-48,4173	Iporanga	SP
2S-393	Fe	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,5429	-48,4316	Eldorado	SP
2S-504	Fe	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,5368	-48,4198	Eldorado	SP
2S-580	Fe	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,6202	-48,3599	Eldorado	SP
2S-596	Fe	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,5868	-48,3463	Eldorado	SP



## CPRM - Programa Geologia do Brasil

Ponto	Substância	Classe	Status	Situação	Latitude	Longitude	Município	UF
2S-736	Fe	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,5594	-48,2794	Eldorado	SP
FM-398	Fe	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,9688	-48,1712	Cananeia	SP
FM-403	Fe	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,9551	-48,1747	Jacupiranga	SP
FM-404	Fe	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,9512	-48,1792	Jacupiranga	SP
MS-006	Fe	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,6936	-48,0507	Jacupiranga	SP
MS-072	Fe	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,6998	-48,1301	Cajati	SP
FM-030	Fe, magnetita	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,9456	-48,3001	Barra do Turvo	SP
MS-155	Fe, magnetita	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,9686	-48,3351	Barra do Turvo	SP
2S-364	Fe, Mn	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,5462	-48,4994	Iporanga	SP
2S-364A	Fe, Mn	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,5461	-48,4994	Iporanga	SP
2S-376	Fe, Mn	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,5405	-48,4949	Iporanga	SP
2S-378	Fe, Mn	Metais ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,5492	-48,488	Iporanga	SP
MS-086	Cu, Pb, Zn	Metais não ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,9841	-48,0309	Cananeia	SP
MS-088	Cu, Pb, Zn	Metais não ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,967	-48,0164	Cananeia	SP
2S-608	Mn, Fe	Metais não ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,5702	-48,2954	Eldorado	SP
FM-152	Mo	Metais não ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,9627	-48,0239	Cananeia	SP
2S-738	Mn	Metais não ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,5625	-48,2893	Eldorado	SP
MS-098	Ni	Metais não ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,6658	-48,1417	Cajati	SP
MS-098A	Ni	Metais não ferrosos	Ocorrência	Não explotado	-24,661	-48,1503	Cajati	SP
2S-367	Ardósia	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,5458	-48,4703	Iporanga	SP
MS-117	Areia	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5046	-48,0438	Eldorado	SP
MS-117A	Areia	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,5011	-48,0444	Eldorado	SP
MS-132	Areia	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,5232	-48,1332	Eldorado	SP
FM-253	Argila	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6263	-48,0477	Jacupiranga	SP
MS-002	Argila	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,7134	-48,0869	Cajati	SP
MS-014	Argila	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6504	-48,003	Jacupiranga	SP
FM-449	Brita	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,8886	-48,0597	Jacupiranga	SP
FM-624	Brita	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,7369	-48,4762	Barra do Turvo	SP
FM-657	Brita	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,9899	-48,4072	Guaraqueçaba	PR
2S-037	Calcopirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,7175	-48,4465	Barra do Turvo	SP
FM-304	Cascalho	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,5058	-48,0884	Eldorado	SP
FM-305	Cascalho	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,5202	-48,0759	Eldorado	SP
MS-044	Cascalho	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,7277	-48,092	Cajati	SP
2S-015	Dolomito	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,6839	-48,3909	Eldorado	SP
MS-072	Fósforo	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,7027	-48,1322	Cajati	SP
FM-431	Gnaisse	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,5685	-48,1192	Eldorado	SP
FM-432	Gnaisse	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,7938	-48,2192	Cajati	SP
FM-266A	Granito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8	-48,1525	Cajati	SP
FM-269	Granito	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,8152	-48,1101	Jacupiranga	SP
FM-270	Granito	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,8157	-48,1046	Jacupiranga	SP
FM-368	Granito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9908	-48,0784	Cananeia	SP
FM-440	Granito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,7702	-48,0975	Jacupiranga	SP
FM-441	Granito	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,7836	-48,093	Jacupiranga	SP
FM-441A	Granito	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,7846	-48,0909	Jacupiranga	SP
FM-540	Granito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,7744	-48,0978	Jacupiranga	SP

*Geologia e Recursos Minerais da Folha Eldorado Paulista*

Ponto	Substância	Classe	Status	Situação	Latitude	Longitude	Município	UF
MS-038	Granito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,7676	-48,1296	Cajati	SP
MS-085	Granito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9877	-48,046	Cananéia	SP
2S-078	Mármore	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,7282	-48,4757	Barra do Turvo	SP
2S-170	Mármore	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6152	-48,3487	Eldorado	SP
2S-348	Mármore	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,708	-48,364	Eldorado	SP
2S-416	Mármore	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6621	-48,3331	Eldorado	SP
2S-478	Mármore	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,604	-48,2484	Eldorado	SP
2S-490	Mármore	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,6219	-48,3003	Eldorado	SP
2S-491	Mármore	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,618	-48,305	Eldorado	SP
FM-193	Mármore	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6182	-48,1892	Eldorado	SP
FM-228	Mármore	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5763	-48,0403	Jacupiranga	SP
FM-586	Mármore	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,8503	-48,2426	Cajati	SP
FM-595	Mármore	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8421	-48,229	Cajati	SP
FM-597	Mármore	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,8256	-48,2275	Cajati	SP
MS-128	Mármore	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5596	-48,0804	Eldorado	SP
2S-006	Pegmatito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,713	-48,3854	Eldorado	SP
2S-009	Pegmatito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,7075	-48,3791	Eldorado	SP
2S-019	Pegmatito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,7236	-48,4174	Barra do Turvo	SP
2S-270	Pegmatito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6607	-48,2616	Eldorado	SP
2S-301	Pegmatito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6974	-48,329	Eldorado	SP
2S-305	Pegmatito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6887	-48,372	Eldorado	SP
2S-420	Pegmatito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6747	-48,3674	Eldorado	SP
2S-429	Pegmatito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6562	-48,348	Eldorado	SP
2S-053	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,7198	-48,453	Barra do Turvo	SP
2S-615	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5639	-48,324	Eldorado	SP
2S-618	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5572	-48,3271	Eldorado	SP
2S-657	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5524	-48,3235	Eldorado	SP
2S-658	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5488	-48,3294	Eldorado	SP
2S-659	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5476	-48,3318	Eldorado	SP
2S-660	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5454	-48,3325	Eldorado	SP
2S-669	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5423	-48,3284	Eldorado	SP
2S-671	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5205	-48,3293	Eldorado	SP
2S-672	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,522	-48,3268	Eldorado	SP
2S-675	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5283	-48,3187	Eldorado	SP
2S-732	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5457	-48,2975	Eldorado	SP
FM-025	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9554	-48,462	Barra do Turvo	SP
FM-152	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9479	-48,0073	Cananeia	SP
FM-487	Pirita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8954	-48,2401	Cajati	SP

## CPRM - Programa Geologia do Brasil

Ponto	Substância	Classe	Status	Situação	Latitude	Longitude	Município	UF
2S-730	Pirita e Pb	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5054	-48,3289	Eldorado	SP
VA-007	Pirita e pentlandita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,956	-48,463	Barra do Turvo	SP
2S-631	Pirrotita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5091	-48,2757	Eldorado	SP
2S-182	Quartzito	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,6051	-48,2795	Eldorado	SP
2S-481	Quartzito	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,5957	-48,2511	Eldorado	SP
FM-097	Quartzito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8035	-48,0261	Jacupiranga	SP
FM-565	Quartzito	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8221	-48,232	Cajati	SP
FM-230	Quartzito e saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5917	-48,0184	Jacupiranga	SP
FM-009	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,9391	-48,3207	Barra do Turvo	SP
FM-033	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,7637	-48,1	Cajati	SP
FM-099	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,8354	-48,044	Cananeia	SP
FM-102	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,8448	-48,0364	Cananeia	SP
FM-165	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,5839	-48,2716	Eldorado	SP
FM-173	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,5305	-48,4237	Iporanga	SP
FM-183	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,5914	-48,4475	Iporanga	SP
FM-186	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,6646	-48,2136	Eldorado	SP
FM-188	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,6612	-48,199	Eldorado	SP
FM-190	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,6585	-48,1792	Eldorado	SP
FM-204	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6232	-48,1644	Eldorado	SP
FM-207	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,6051	-48,1178	Jacupiranga	SP
FM-212	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,5656	-48,0218	Jacupiranga	SP
FM-232	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5408	-48,0716	Eldorado	SP
FM-235	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5498	-48,0412	Registro	SP
FM-235	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,5499	-48,0457	Registro	SP
FM-244	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6537	-48,0518	Jacupiranga	SP
FM-255	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,7245	-48,1458	Cajati	SP
FM-336	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,981	-48,2674	Barra do Turvo	SP
FM-351	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,7383	-48,1923	Cajati	SP
FM-426	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,693	-48,3574	Eldorado	SP
FM-440	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,7637	-48,0978	Jacupiranga	SP
FM-449	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,8896	-48,0573	Jacupiranga	SP
FM-484	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,776	-48,48	Barra do Turvo	SP
FM-502	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,817	-48,2112	Cajati	SP
FM-521	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,8212	-48,2136	Cajati	SP
FM-583	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,8019	-48,223	Cajati	SP
FM-598	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,8378	-48,2146	Cajati	SP
MS-025	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6171	-48,0869	Jacupiranga	SP
MS-030	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6616	-48,0281	Jacupiranga	SP

*Geologia e Recursos Minerais da Folha Eldorado Paulista*

Ponto	Substância	Classe	Status	Situação	Latitude	Longitude	Município	UF
MS-044	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,7292	-48,0917	Cajati	SP
MS-057	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,6169	-48,0968	Jacupiranga	SP
MS-057	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6139	-48,0988	Jacupiranga	SP
MS-063	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6572	-48,0983	Jacupiranga	SP
MS-067	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6528	-48,1311	Cajati	SP
MS-073	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,689	-48,1028	Cajati	SP
MS-078	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9975	-48,122	Cananeia	SP
MS-080B	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,994	-48,1147	Cananeia	SP
MS-083	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9977	-48,058	Cananeia	SP
MS-086	Saibro	Rochas e minerais industriais	Mina	Ativa	-24,9946	-48,0255	Cananeia	SP
MS-097	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6528	-48,1593	Cajati	SP
MS-097A	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6532	-48,1599	Cajati	SP
MS-114	Saibro	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,647	-48,2956	Eldorado	SP
2S-485	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,6259	-48,2553	Eldorado	SP
FM-034	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,7837	-48,0845	Jacupiranga	SP
FM-034A	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,7865	-48,0866	Jacupiranga	SP
FM-083	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8166	-48,0818	Jacupiranga	SP
FM-087	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8218	-48,0578	Jacupiranga	SP
FM-108	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8395	-48,0877	Jacupiranga	SP
FM-116	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9103	-48,0333	Cananeia	SP
FM-117	Talco	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,9099	-48,0216	Cananeia	SP
FM-117A	Talco	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,9119	-48,0211	Cananeia	SP
FM-139	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8252	-48,0985	Jacupiranga	SP
FM-155	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9342	-48,0519	Jacupiranga	SP
FM-157	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9269	-48,0555	Jacupiranga	SP
FM-443	Talco	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,8871	-48,1263	Jacupiranga	SP
FM-448	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9003	-48,0671	Jacupiranga	SP
FM-448A	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9039	-48,069	Jacupiranga	SP
FM-450	Talco	Rochas e minerais industriais	Mina	Inativa	-24,8969	-48,0522	Jacupiranga	SP
FM-450A	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9061	-48,0461	Jacupiranga	SP
FM-450B	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,9104	-48,0516	Jacupiranga	SP
FM-547	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8257	-48,174	Cajati	SP
FM-548	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8338	-48,176	Cajati	SP
FM-563	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8211	-48,0615	Jacupiranga	SP
SW-004	Talco	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Não explotado	-24,8802	-48,1253	Jacupiranga	SP

Quadro 6.1 – Relação e classificação das ocorrências minerais cadastradas na folha Eldorado Paulista.



## 6.1 METAIS NOBRES

### 6.1.1 OURO

A existência de ouro no Vale do Ribeira remonta ao século XVI, quando os bandeirantes extraíam ouro aluvionar do rio Ribeira de Iguape e de seus principais afluentes situados na margem esquerda (Iporanga, Ivaporunduva, Pedro Cubas e Taquari) (CÂMARA, 1992; CÂMARA e VASCONCELOS, 1992), localizados na área denominada Região Aurífera dos Agudos Grandes (PAIVA e MORGENTAL, 1980). Os depósitos do tipo primário são relacionados a veios quartzosos com mineralização sulfetada polimetálica e os de tipo secundário, a aluviões. Em ambas as situações, os depósitos apresentavam baixo volume de minério e suas reservas foram praticamente esgotadas, restando hoje, apenas, aluviões com baixo teor. A Mina do Ouro, a única explorada na região, no município de Apiaí, esteve em atividade desde o século XIX até meados de 1942.

A gênese dos depósitos está ligada à percolação de fluidos hidrotermais oriundos do Granito Agudos Grandes (BETTENCOURT et al., 1971), os quais mobilizaram o minério presente em lentes de rochas metabásicas e de formações ferríferas das formações Piririca e Nhunguara, pertencentes ao Grupo Votuverava, Supergrupo Açungui (CAMPANHA, 1991; CAMPANHA e SADOWSKI, 1999).

Projetos de prospecção geoquímica no Vale do Ribeira (ADDAS e VINHA, 1975; MORGENTAL et al., 1975, 1978) nortearam diversos trabalhos para prospecção de ouro e sulfetos na porção noroeste da Folha Eldorado Paulista (ADDAS e PINTO, 1979; ADDAS et al., 1979; ALEGRI et al., 1980; BORIN JÚNIOR, 1983; BORIN JÚNIOR et al., 1980; LOPES JÚNIOR et al., 1994; MACEDO et al., 1981; MORGENTAL et al., 1981; PAIVA e MORGENTAL, 1980; PERROTTA, 1996; PERROTTA e CAMPOS NETO, 1999; PINTO et al., 1979; SILVA, 1982). A partir desses estudos, foram identificados os depósitos do Piririca, Ivaporunduva (SILVA e CÂMARA, 1990) e de Pedro Cubas, onde se chegou a instalar uma lavra experimental (CPRM, inédito). Foi identificada, também, a ocorrência do alvo São Pedro (CÂMARA e VASCONCELOS, 1992).

Foram cadastradas 36 ocorrências de ouro na Folha Eldorado Paulista e um depósito referente a Pedro Cubas.

A maioria das ocorrências (27), além da lavra experimental desativada, encontra-se no Domínio Apiaí, a norte do rio Ribeira de Iguape, nas localidades citadas anteriormente. As outras nove ocorrên-

cias localizam-se na porção sul da folha, nas unidades Formação Turvo-Cajati, Complexo Serra Negra, Formação Rio das Minas e Granito Mandira.

Amostras de veio quartzoso mineralizado, coletadas no rio Taquari (a NW de Eldorado Paulista), da Formação Nhunguara, forneceram valores de aproximadamente 8 ppb de ouro.

Outras três ocorrências de ouro sulfetado foram identificadas na porção sul da área mapeada. Duas delas estão associadas a veios de quartzo gerados durante a colocação dos granitos Alto Turvo e Rio Guaraú (litofácies mesopertita-granito rosa).

No caso da ocorrência associada ao Granito Alto Turvo, o veio de quartzo mineralizado apresenta pirita, calcopirita e galena, tendo sido coletado no Complexo Serra Negra, próximo ao contato intrusivo. A análise química do material revelou teor da ordem de 9 ppb de ouro no veio.

Na ocorrência associada ao Granito Rio Guaraú, o minério encontra-se em veios de quartzo com pirita, galena e esfalerita, que preenchem fraturas no próprio granito. O teor de ouro determinado nessa amostra é de aproximadamente 7 ppb.

A terceira ocorrência de ouro na porção sul da folha é distinta das demais, por ser caracterizada por sulfeto disseminado na rocha (ca. de 5% de pirita modal), com teor de aproximadamente 15 ppb de ouro.

### 6.1.2 PRATA

A prata ocorre como subproduto das mineralizações sulfetadas de ouro associadas a lentes calcissilicáticas e metabásicas da Formação Piririca.

## 6.2 METAIS FERROSOS

### 6.2.1 FERRO

Foram cadastradas, na Folha Eldorado Paulista, 17 ocorrências de ferro, estando distribuídas da seguinte forma: nove ocorrências associadas aos metapelitos das formações que constituem o Supergrupo Açungui; uma ocorrência associada ao Complexo Alcalino Jacupiranga (que será descrita no item relacionado ao complexo); uma associada à Formação Turvo-Cajati; cinco associadas ao Terreno Luís Alves (Complexo Serra Negra e Formação Rio das Minas). Como esses depósitos têm gênese distinta, serão descritos de acordo com sua ambiência tectônica.

### Supergrupo Açungui

Os depósitos cadastrados encontram-se associados, em sua maioria, aos metapelitos do Grupo Votuverava, havendo apenas uma ocorrência na Unidade Metapelítica da Sequência Serra das Andorinhas (MPsap).

Esses depósitos ocorrem como intercalações em filitos acinzentados bandados, com presença de níveis de *chert* e associados a lentes de rocha metabásica. São caracterizados por níveis constituídos por material limonítico, de coloração cinza-escuro a ocre, com concentrações de óxidos de manganês, ora concordantes com a estrutura, ora associados a veios de quartzo discordantes. Segundo Campanha et al. (1985), essas intercalações podem corresponder a gonditos e/ou formações ferríferas bandadas (FFBs) afetados pelo metamorfismo regional de fácies xisto-verde.

### Formação Turvo-Cajati

Nos metapelitos dessa formação foi cadastrada apenas uma ocorrência de ferro, nas proximidades do município de Cajati, que pode estar associada a intrusões alcalinas de menor expressão do Complexo Alcalino Jacupiranga, como o Gabro Itapuvuçu (Kλ1it).

### Terreno Luís Alves

#### Complexo Serra Negra

Duas ocorrências foram catalogadas nas unidades que constituem o complexo. Os afloramentos são constituídos por exposições isoladas de gondito metamorfizado bastante intemperizado, com aspecto visual de crostas lateríticas (*gossans*). Por meio de análise petrográfica em microscópio e posterior caracterização do material com microscopia eletrônica de varredura, foi possível identificar a composição mineralógica desses depósitos.

A rocha é composta por granada espessartítica (Sps: 62%; Alm: 20%; Prp: 10%; And: 8%), anfólio incolor parcialmente alterado (*grunerita?*), biotita e magnetita (Figura 6.1), com precipitação de óxido de ferro em fraturas de espessura submilimétrica.

#### Formação Rio das Minas

A ocorrência de ferro corresponde à presença de lente(s) espessa(s) de FFBs intercalada(s) aos filitos e ardósias que constituem a unidade. A análise em microscópio eletrônico de varredura revelou composição rica em óxido de ferro (magnetita e hematita), com óxidos de Fe-Ti e quartzo como fases acessórias.

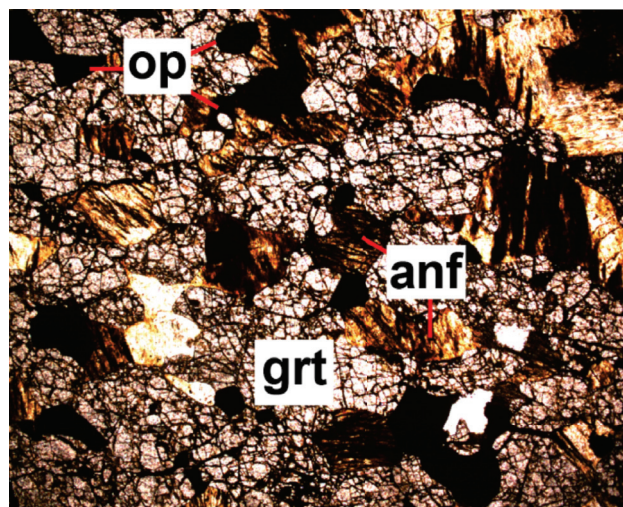


Figura 6.1 – Padrão textural da rocha do afloramento 2149-FM-030 (nicóis descruzados).

## 6.3 METAIS NÃO FERROSOS E SEMIMETAIS

### 6.3.1 COBRE

Foram cadastradas duas ocorrências de cobre, com chumbo e zinco como subprodutos, localizadas no Granito Mandira (NP3γ3Amd). Segundo Vasconcelos et al. (1999), essas ocorrências representam depósitos filoneanos de baixo teor.

### 6.3.2 CHUMBO

Apenas uma ocorrência de chumbo como substância principal foi cadastrada. É representada por veios quartzosos sulfetados que cortam metapelitos da Formação Piririca (MP1pi).

### 6.3.3 MANGANÊS

Duas ocorrências de manganês foram cadastradas, associadas a veios quartzosos sulfetados que cortam metapelitos da Formação Nhunguara (MP1nh). O elemento ocorre como subproduto das mineralizações em quatro ocorrências de ferro, associadas a veios quartzosos mineralizados cortando FFBs na Formação Ribeirão das Pedras (Mp1pe) e nas ocorrências de ferro localizadas no Complexo Serra Negra (A4sn).

### 6.3.4 NÍQUEL

Foram cadastradas duas ocorrências de níquel como substância principal, associadas à Suíte Intrusi-

va Jacupiranga (K1λja), as quais serão descritas com detalhe no item relacionado à Suíte.

Como substância de importância secundária, níquel foi identificado na forma de pentlandita junto a pirita, galena e calcopirita em veios quartzosos associados a diques máficos intrudidos em rochas do Complexo Serra Negra (A4sn).

### 6.3.5 ZINCO

Zinco ocorre como subproduto das mineralizações sulfetadas no Granito Mandira (NP3γ3Amd), associado a cobre e chumbo.

## 6.4 ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

### 6.4.1 ARDÓSIA

Entre os bens minerais cadastrados nessa categoria, há apenas uma mina inativa de ardósia em metapelitos intemperizados da Formação Rubuquara, próximo ao rio Ribeira de Iguape.

### 6.4.2 AREIA

Duas minas ativas e uma ocorrência de areia localizam-se nas proximidades do município de Eldorado Paulista. A exploração do material se dá por meio da dragagem de sedimentos inconsolidados do leito do rio Ribeira de Iguape.

### 6.4.3 ARGILA

Para argila, duas ocorrências e uma mina em atividade foram cadastradas, localizadas nos municípios de Cajati e Jacupiranga. Esses depósitos representam planícies aluvionares dos rios Jacupiranga, Padre André e Turvo. A mina em atividade está sob concessão da Sociedade de Cimentos do Brasil Ltda. (segundo processo no Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, nº 801959/1971).

### 6.4.4 BRITA

Quatro jazimentos de brita foram cadastrados. Três minas representam ortognaisses intemperizados do Complexo Atuba. Uma delas localiza-se na rodovia municipal que dá acesso à cidade de Barra

do Turvo a partir do km 551 da Rodovia Régis Bittencourt (BR-116). A segunda mina encontra-se sob concessão da empresa Engenharia de Projetos, Consultoria e Construções Ltda (EPCCO) (segundo processo no DNPM, no 820280/1993). A terceira localiza-se no bairro Pindaúva do Meio em Cajati.

A quarta mina encontra-se no Complexo Serra Negra, a sul da Rodovia BR-116, representando gnaisses granulítico intemperizado.

### 6.4.5 CASCALHO

Nas três minas de cascalho cadastradas são lavrados depósitos holocênicos dos rios Ribeira de Iguape e Jacupiranga.

### 6.4.6 COLUMBITA E CASSITERITA

Columbita e cassiterita ocorrem como fases acessórias no Granito Rio Guaraú – Litofácies Sienograno cinza (NP3γrgs) e em pegmatitos associados ao corpo. No entanto, não há informações suficientes para indicar a localização das ocorrências. Mais informações sobre a caracterização desses minerais encontram-se em Pereira et al. (2007, 2008).

### 6.4.7 DOLOMITO E MÁRMORE

Os jazimentos de rochas calcárias (metamorfizadas ou não) são o principal recurso mineral do Vale do Ribeira, correspondendo à maior reserva do estado de São Paulo. A maior parte da extração é destinada à produção de cal, cimento e insumos agrícolas.

Foram cadastradas cinco minas atualmente inativas e oito ocorrências de mármore e uma mina inativa de dolomito.

Quatro jazimentos (duas minas e duas ocorrências) representam lentes carbonáticas da Unidade Metapelítica da Sequência Serra das Andorinhas (MPsa).

Três minas e seis ocorrências representam lentes de rocha calcissilicática da Unidade Paragnáissica do Complexo Turvo-Cajati (NPtcp). Três dessas ocorrências correspondem a “tetos-pendentes” nos corpos graníticos da Suíte Intrusiva Itapeúna (NP3γ1it).

Das três minas cadastradas, uma se localiza nas proximidades do município de Barra do Turvo. No entanto, não há informações sobre a destinação do material extraído. As demais minas situam-se no mu-

nício de Cajati, sendo que apenas uma se encontra em fase de concessão de lavra (Anaconda – Mineração e Empreendimentos Ltda., processo no DNPM nº 9342/1961).

#### **6.4.8 FLUORITA**

Apenas uma ocorrência foi cadastrada na folha. Encontra-se na porção leste do Granito Rio Guaraú (Np3γ3Ag) – serra da Piririca (município de Jacupiranga), formando pequenas concentrações (2 a 5 cm) de coloração azulada, associadas a venulações quartzosas em rocha milonitizada.

#### **6.4.9 GRANITO**

Três depósitos de granito para rocha ornamental foram cadastrados. Todos os depósitos são representados por blocos decamétricos do Granito Rio Guaraú – litofácies sienogranito cinza-claro (NP3γ3Agd). A rocha é hololeucocrática (índice de cor inferior a 3%), fanerítica fina a média, exibindo tênue foliação magmática e coloração cinza-esbranquiçado. Alguns blocos estavam cortados, provavelmente, para ensaios tecnológicos.

#### **6.4.10 QUARTZITO**

Cinco jazimentos correspondendo a três ocorrências e duas minas em atividade foram cadastrados. Todos os jazimentos correspondem a lentes quartzíticas nas unidades da Formação Turvo-Cajati (NPtc).

As duas minas situam-se em lente de quartzito na Unidade de Micaxisto da Formação Turvo-Cajati (NPtcx). O material lavrado é utilizado como rocha ornamental na forma de piso/revestimento.

#### **6.4.11 SAIBRO**

Foram cadastradas 30 minas (entre ativas e inativas) e 21 ocorrências. O destino do material lavrado é, principalmente, cascalhamento de estradas vicinais.

Grande parte das minas existentes na folha representa rochas ígneas (plutônicas e subvulcânicas) e ortognaisses de alto grau (por exemplo, Complexo Atuba).

As principais minas em operação localizam-se nas proximidades da Mina de Cajati, sendo explorados afloramentos de olivina-monzonitos da Suíte Intrusi-

va Jacupiranga (K1ljaom) e exposições fortemente intemperizadas da Suíte Intrusiva Itapeúna (Np3γ1it). As demais minas cadastradas são lavradas esporadicamente, dependendo da necessidade de material.

#### **6.4.12 SULFETOS**

Foram cadastradas 22 ocorrências de sulfetos, sendo 18 de pirita, duas de calcopirita, uma de pirrotita e uma de arsenopirita. Sua distribuição é centralizada nos litotipos do Supergrupo Açungui, região onde foram executados diversos projetos de prospecção geoquímica.

Os sulfetos ocorrem, principalmente, associados a veios de quartzo, sendo apenas uma ocorrência de pirita disseminada no Granito Mandira (NP3γ3Amd).

Na região do rio Taquari, os veios de quartzo sulfetados que cortam os metapelitos da Formação Nhunguara (MP1nh) estão associados a diques de rochas básicas mesozoicas (JKβ).

A única ocorrência de pirrotita caracteriza-se por estar associada a veios de quartzo mineralizados no Granito Agudos Grandes (NP3γlag).

#### **6.4.13 TALCO**

Foram cadastradas quatro minas e 18 ocorrências de talco, localizadas, predominantemente, na porção sudeste da folha, representando lentes de (serpentina)-talco-xistos no Complexo Atuba (PP2at). Alguns desses jazimentos encontram-se na borda do Granito Rio Guaraú (Np3γ3Ag).

### **6.5 SUÍTE INTRUSIVA JACUPIRANGA**

A descoberta do complexo ultramáfico-alcalino ocorreu no final do século XIX (BAUER, 1877), sendo alvo de diversos trabalhos de cunho petrológico (RUBERTI et al., 1992 e bibliografia neste trabalho), até a síntese sobre o complexo apresentada em Ruberti et al. (1988).

A produção da Mina de Cajati (Morro da Mina) foi iniciada em 1943, com extração de minério residual composto por apatita, magnetita e argilominerais oriundos da lixiviação de rochas carbonáticas. Esse minério apresentava altos teores de fósforo (>20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Com o esgotamento do minério residual durante a década de 1970, passou-se a lavar o carbonatito



(rocha sã), com teores de  $P_2O_5$  da ordem de 3%. Dessa forma, apatita deixou de ser o único bem mineral extraído da mina, com a massa carbonática sendo utilizada na fabricação de cimento.

A crise econômica na indústria de fertilizantes na década de 1980 forçou o desenvolvimento de outras aplicações para produtos e subprodutos da mina: indústria alimentícia, corretivos agrícolas e agregados graúdos para construção civil (BRUMATTI, 2008).

O principal produto extraído da Mina de Cajati, atualmente, ainda é a apatita, cujo concentrado é utilizado na produção de ácido fosfórico, que, aplicado em matéria-prima carbonática, resulta na produção de fosfálcio (fosfato bicálcico). Esse produto é

utilizado como suplemento em rações animais para balancear níveis de cálcio e fósforo.

A Mina de Cajati é explorada atualmente pela Vale S.A., operando com teor médio de 12% de apatita (5% de  $P_2O_5$ ) e produção média de 51.000 t/mês de concentrado com 36% de  $P_2O_5$ .

Além da Mina de Cajati, duas ocorrências de níquel nos dunitos do complexo foram cadastradas.

Segundo Vasconcelos et al. (1999), os dunitos que compõem a porção norte do complexo já foram alvos de pesquisa para níquel laterítico, revelando possíveis jazimentos, além de indícios para cromo, ouro, ferro e outros bens minerais.

## 7 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

Em consulta à base GEOQ do GEOBANK, constatou-se, na área abrangida pelo projeto, a existência de amostras com análises químicas em dois projetos históricos: Seleção de Áreas/SP (1978) e SUDELPA (1973). A área do Projeto Vale do Ribeira (1981) situa-se a oeste da área do levantamento geoquímico da Folha Eldorado Paulista (Figura 7.1).

As amostras de sedimento de corrente desses projetos foram analisadas por espectrografia de emissão óptica para 30 elementos, dirigida à prospecção de metais-base. Os dados desses projetos não foram aproveitados.

A interpretação dos dados obtidos neste trabalho obedeceu a dois critérios principais:

1. Ordenamento das informações (dados analíticos), por meio de tratamento simples (cálculo dos estimadores da população, estatística univariada e multivariada básica).
2. Interpretação dos dados tratados sobre uma base geológica simplificada, com ênfase na litologia e no arcabouço estrutural, e relacionada às ocorrências minerais pertinentes.

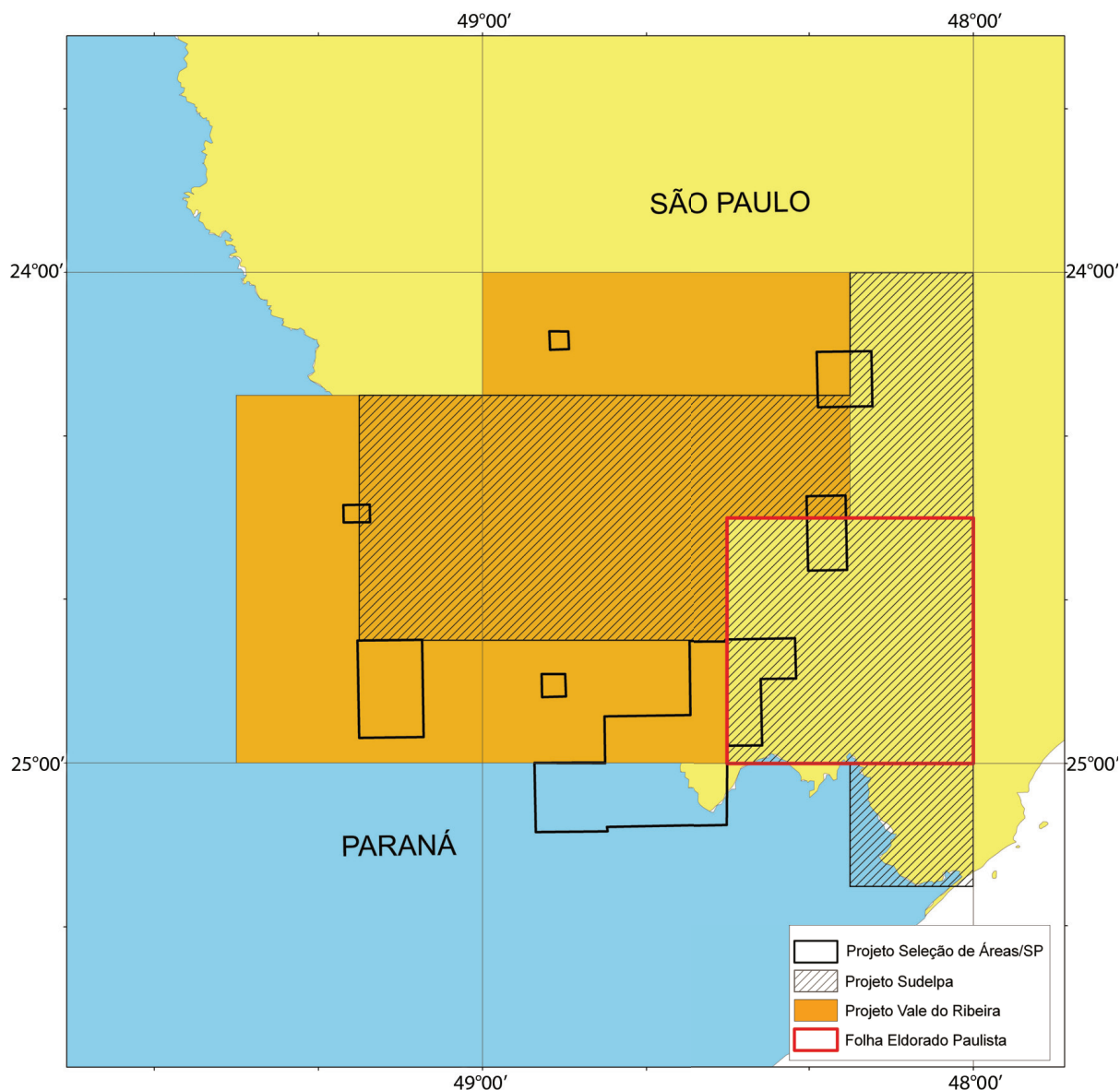


Figura 7.1 – Localização da folha Eldorado Paulista e áreas dos projetos históricos da CPRM/SGB.

Todos os dados estão disponibilizados neste relatório, de forma a serem retomados e reinterpretados mais detalhadamente.

## 7.1 MÉTODOS

### 7.1.1 GENERALIDADES

A distribuição das estações de amostragem obedeceu aos critérios determinados pela metodologia de mapeamento geoquímico dos levantamentos geológicos regionais da CPRM/SGB para as folhas do corte internacional 100.000 (aproximadamente 2.800 km<sup>2</sup>).

Foram programadas 271 estações de amostragem, onde foram coletados 267 sedimentos de corrente, sendo 19 pares de duplicatas de campo. Em 226 dessas estações, foram coletados concentrados de bateia. A distribuição das estações obedeceu, no caso presente, a um padrão regular, de forma a abranger a maior quantidade de território possível. Isso tanto para as amostras de sedimento de corrente como para as de concentrado de bateia.

### 7.1.2 MÉTODOS DE CAMPO

As amostras de sedimento ativo de corrente foram coletadas, de forma composta, no canal ativo da drenagem, em trechos mais retilíneos, em 5 a 10 porções e raio máximo de 50 m.

As amostras de concentrados de bateia foram coletadas também de forma composta; porém, diferentemente dos sedimentos de corrente, nos trechos da drenagem com concentradores naturais (curvas, corredeiras etc.).

Em 19 estações aleatoriamente distribuídas, foram coletadas duplicatas de campo das amostras de sedimento de corrente para teste de variância.

Todas as informações de campo das amostras de sedimento ativo de corrente e de concentrados de bateia foram registradas em formulário próprio (caderneta de campo geoquímica) para posterior arquivamento, junto com os resultados analíticos, na base de dados geoquímicos da CPRM/SGB no GEOBANK.

### 7.1.3 MÉTODOS ANALÍTICOS

#### 7.1.3.1 SEDIMENTOS DE CORRENTE

As amostras de sedimentos foram analisadas pela SGS-Geosol e obedeceram ao seguinte processo analítico:

- a. secagem a 60°C e peneiramento a 80 mesh;
- b. pulverização e digestão com água-régia (0,5 g com 3 ml 2-2-2 HCl-HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O a 95°C por uma hora, diluída para 10 ml);
- c. análise para 53 elementos-traços por ICP-MS e ICP-AES: Au, Ag, Al\*, As, B\*, Ba\*, Be\*, Bi, Ca\*, Cd, Ce\*, Co, Cr\*, Cs\*, Cu, Fe\*, Ga, Ge\*, Hf\*, Hg, In, K\*, La\*, Li\*, Mg\*, Mn\*, Mo, Na\*, Nb\*, Ni\*, P\*, Pd\*, Pt\*, Pb, Rb\*, Re, S\*, Sb, Sc\*, Se, Sn\*, Sr\*, Ta\*, Te, Th\*, Ti\*, Tl, U\*, V\*, W\*, Y\*, Zn, Zr\*.

A solubilidade dos elementos assinalados com asterisco (\*) foi limitada pelas espécies minerais presentes (geralmente resistatos).

#### 7.1.3.2 CONCENTRADOS DE BATEIA

As amostras foram inicialmente secadas e algumas tiveram suas frações magnéticas identificadas em um separador Frantz. O restante do material foi passado através de líquido denso (bromofórmio) e as alíquotas formadas pelos minerais de densidade abaixo de 2,97 foram descartadas. As frações pesadas obtidas seguiram para o estudo analítico com lupa binocular e microscópio. A análise mineralógica foi reportada de forma semiquantitativa nos seguintes intervalos:

<1%	reportado como 01
1-5%	reportado como 03
5-25%	reportado como 15
25-50%	reportado como 40
50-75%	reportado como 60
>75%	reportado como 85

As amostras de concentrado de bateia foram analisadas no laboratório da SGS-Geosol e pelo geólogo João Henrique Wustrow Castro da Superintendência Regional de Porto Alegre da CPRM/SGB.

## 7.2 TRATAMENTO DOS DADOS E RESULTADOS

### 7.2.1 SEDIMENTOS DE CORRENTE

A aquisição dos dados analíticos de sedimento de corrente obedeceu a um processo de interpretação sequencial: estudo da variância; cálculo dos estimadores estatísticos; estudo do tipo de distribuição (histogramas, correlações e análise de agrupamen-

tos); análise da distribuição espacial dos elementos; cálculo e consistência das anomalias.

O total de 54 elementos foi discriminado inicialmente em grupos que levaram em consideração: características geoquímicas, importância metalogenética e grau de detecção (Quadro 7.1).

Foram descartados elementos com baixo grau de detecção: B (0); Re (0); Au (8); Se (26); Te (44); Ta (62). Alguns elementos (Tb, Tl, Yb e Lu) não foram analisados para todas as amostras e foram também

Elementos	Quantidade	Características Geoquímicas
Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, Mn, Ba, Hf, Zr, Sr, Li, Rb, Ga, S e Cs	18	Elementos formadores de rochas e seus elementos-traços associados
Ag, Au	2	Metais preciosos
Cu, Pb, Zn, Cd, Co, Ni, Cr, V, Nb, In, Sn, Be, As, Sb, Hg, Mo, Bi, U, Th, La, Sc, Y, Ce, W, Ge	25	Elementos mineralizantes, associados e farejadores (alguns de importância ambiental)
B, Ta, Se, Re, Te, Tb*, Tl*, Yb*, Lu*	9	Descartados do tratamento estatístico

\* Elementos não analisados para todas as amostras.

descartados. Dada a importância metalogenética, o ouro (Au) não será descartado. O enxofre (S) terá tratamento especial naquelas estações onde ocorrer associado a anomalias de metálicos como Cu, Pb, Zn, Ni etc., o que pode indicar presença de sulfetos.

### 7.2.1.1 ESTUDO DE VARIÂNCIA

Os resultados das análises de 19 pares de duplicatas foram tabulados em uma planilha para o estudo da variância.

Adotou-se o teste t de Student ou teste das pequenas amostras para estabelecer a confiabilidade dos resultados analíticos. De acordo com os resultados obtidos, a hipótese nula para as populações originais e réplicas foi aceita a um nível de significância de 95% para a quase totalidade dos elementos (Quadro 7.2).

Detectaram-se alguns elementos em poucas amostras duplicadas, o que invalidou seu teste: Ag, As, Au, B, Ge, In, Lu, Na, Re, S, Se, Ta, Tb, Te, Tl, W, Yb. Para os demais 37 elementos, o teste não foi aceito para dois elementos (Hf e Zr), sendo considerado satisfatório para o conjunto dos elementos analisados e testados – 37 – ou seja, 95%.

Elemento	t 0,95 < 1,73	Hipótese Nula	Elemento	t 0,95 < 1,73	Hipótese Nula
Al (%)	0,62	Aceito	Mn (ppm)	0,18	Aceito
Ba (ppm)	0,17	Aceito	Mo (ppm)	0,00	Aceito
Be (ppm)	0,00	Aceito	Nb (ppm)	0,79	Aceito
Bi (ppm)	0,35	Aceito	Ni (ppm)	0,49	Aceito
Ca (%)	0,45	Aceito	P (ppm)	0,20	Aceito
Cd (ppm)	0,27	Aceito	Pb (ppm)	0,02	Aceito
Ce (ppm)	0,01	Aceito	Rb (ppm)	0,23	Aceito
Co (ppm)	0,00	Aceito	Sb (ppm)	0,65	Aceito
Cr (ppm)	0,01	Aceito	Sc (ppm)	0,09	Aceito
Cs (ppm)	0,00	Aceito	Sn (ppm)	1,14	Aceito
Cu (ppm)	0,10	Aceito	Sr (ppm)	0,53	Aceito
Fe (%)	0,00	Aceito	Th (ppm)	0,22	Aceito
Ga (ppm)	0,46	Aceito	Ti (%)	0,00	Aceito
Hf (ppm)	1,95	Não	U (ppm)	0,50	Aceito
Hg (ppm)	0,10	Aceito	V (ppm)	0,28	Aceito
K (%)	0,52	Aceito	Y (ppm)	0,23	Aceito
La (ppm)	0,12	Aceito	Zn (ppm)	0,64	Aceito
Li (ppm)	0,30	Aceito	Zr (ppm)	0,30	Não
Mg (%)	0,03	Aceito			

Quadro 7.2 – Resultados do teste de variância das amostras de duplicatas de sedimento de corrente.



## 7.2.1.2 SUMÁRIO DOS ESTIMADORES

Para o cálculo dos estimadores foram selecionados 40 elementos, agrupados por características geoquímicas e metalogenéticas. Para os elementos maiores e associados (14), foram definidos os estimadores da população. Porém, o cálculo do limiar e das anomalias é um recurso meramente estatístico que poderá au-

xiliar na interpretação das anomalias dos elementos mineralizantes e associados (Quadro 7.3).

Para os demais elementos (26) – mineralizantes e associados (incluindo os metais preciosos) –, foram calculados os limiares e o número de anomalias (Quadro 7.4), assim como definidas as amostras com teores anômalos (Quadro 7.5).

Elemento	Grau de Detecção	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Aritmético	Média Geométrica	Desvio Geométrico	Valor Limiar	Anomalias
Al (%)	267/267	0,09	4,09	1,16	0,68	0,98	1,83	3,30	7
Ca (%)	266/267	0,005	6,83	0,16	0,49	0,08	2,74	0,60	8
Fe (%)	267/27	0,24	14,08	2,82	1,74	2,44	1,73	7,31	5
K (%)	266/267	0,005	0,8	0,18	0,12	0,15	2,13	0,66	2
Mg (%)	267/267	0,01	1,32	0,24	0,20	0,17	2,47	1,04	2
P (ppm)	262/267	25	8439	382,43	686,63	261,39	2,14	1195,45	6
Ti (%)	264/267	0,005	2	0,20	0,27	0,11	2,99	0,99	7
Mn (ppm)	267/267	38	3984	662,42	565,46	485,52	2,28	2532,68	3
Ba (ppm)	265/267	2,5	511	81,47	52,98	66,74	2,00	265,66	2
Cs (ppm)	267/267	0,08	8,68	1,63	1,15	1,29	2,07	5,53	4
Ga (ppm)	267/267	0,5	15,6	5,58	2,73	4,88	1,74	14,77	1
Li (ppm)	262/267	0,5	47	10,12	6,75	7,85	2,20	38,06	1
Rb (ppm)	267/267	0,8	88,8	19,55	12,05	15,68	2,09	68,18	1
Sr (ppm)	267/267	1,1	898,7	18,01	65,73	9,22	2,41	53,67	7

Quadro 7.3 – Sumário estatístico das análises químicas de sedimento de corrente e elementos maiores.

Elemento	Grau de Detecção	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Aritmético	Média Geométrica	Desvio Geométrico	Valor Limiar	Anomalias
Ag* (ppm)	180	0,005	0,790	0,048	0,085	0,020	3,513	0,252	8
As* (ppm)	129	0,5	253,0	4,7	17,4	1,4	3,6	18,1	13
Au* (ppm)	7/267	0,05	0,30	0,05	0,03	0,05	1,24	0,08	7
Be (ppm)	262/267	0,05	2,2	0,68	0,37	0,58	1,92	2,12	1
Bi (ppm)	258/267	0,01	4,58	0,17	0,31	0,11	2,34	0,61	5
Cd (ppm)	250/267	0,005	0,32	0,05	0,05	0,03	2,37	0,19	5
Ce (ppm)	266/267	2,98	1000	88,50	110,87	57,74	2,39	329,35	13
Co (ppm)	267/267	0,7	132,7	11,19	10,96	8,72	2,07	37,38	4
Cr (ppm)	267/267	2	1262	51,13	91,58	35,15	2,15	162,27	8
Cu (ppm)	267/267	1,2	129	18,68	14,86	14,79	2,01	59,99	4
Hg (ppm)	209/267	0,005	0,27	0,04	0,04	0,02	2,77	0,18	3
La (ppm)	267/267	1,4	589,3	46,69	61,55	29,00	2,53	185,89	10
Mo (ppm)	267/267	0,07	10,65	1,21	1,48	0,75	2,66	5,33	7
Nb (ppm)	267/267	0,09	18,23	2,44	2,26	1,80	2,20	8,68	8
Ni (ppm)	267/267	0,7	1053	24,23	65,75	16,49	2,10	72,87	3
Pb (ppm)	267/267	0,8	143,8	13,73	13,84	11,04	1,82	36,40	12
S* (%)	122/267	0,005	0,180	0,017	0,022	0,010	2,499	0,064	10
Sb (ppm)	210/267	0,025	18,86	0,29	1,22	0,10	3,19	1,05	11
Sc (ppm)	267/267	0,3	34,8	4,00	2,90	3,31	1,90	11,97	5
Sn (ppm)	258/267	0,15	4,4	1,14	0,71	0,96	1,85	3,26	6
Th (ppm)	267/267	0,3	232,9	16,91	23,18	10,58	2,48	65,10	9
U (ppm)	266/267	0,025	33,96	2,19	3,38	1,32	2,53	8,43	13
V (ppm)	266/267	0,5	409	41,80	39,08	33,01	2,00	132,27	6
W* (ppm)	145/267	0,05	12,40	0,24	0,84	0,11	2,55	0,73	9
Y (ppm)	267/267	0,61	83,09	10,66	9,23	8,06	2,12	36,19	7
Zn (ppm)	267/267	3	151	49,85	22,69	43,91	1,75	134,37	1

Quadro 7.4 – Sumário estatístico das análises químicas de sedimento de corrente e elementos-traços.

Ordem	Nº de Campo	Amostra	UTM Leste	UTM Norte	Anomalias	Ordem	Nº de Campo	Amostra	UTM Leste	UTM Norte	Anomalias
1	MB-S-0002	IBV199	762177	7233486	Nb, Ti	49	RB-S-0211	IBV536	757175	7277842	As, Sb
2	MB-S-0012	IBV200	751971	7235418	Al, Ca, Fe, K, Lu, P, Sc, V	50	RB-S-0212	IBV537	783726	7278062	Pb
3	MB-S-0013	IBV201	762500	7235750	Nb	51	RB-S-0216	IBV540	803601	7279427	Ce, La, Mo, Se, Tb, Th, U, Y
4	MB-S-0019	IBV203	768738	7236691	La, Nb, Ti	52	RB-S-0218	IBV541	788653	7279428	Ce, La, Th, U, Y
5	MB-S-0029	IBV204	755873	7238675	Ca, Cr, Fe, Lu, P, V, Y	53	RB-S-0221	IBV544	799446	7280560	U
6	MB-S-0035	IBV207	775120	7239961	Nb	54	RB-S-0225	IBV548	764185	7280734	As, Bi, Pb, Sb
7	MB-S-0060	IBV209	755145	7243885	Ca, Mg	55	RB-S-0227	IBV549	790851	7282211	Pb
8	MB-S-0061	IBV210	755463	7243989	Ce, Cr, Fe, La, Lu, Mo, Nb, Pb, Th, Ti, V, Y, Yb	56	RB-S-0228	IBV550	760721	7282033	Hg
9	MB-S-0126	IBV220	753895	7258306	Ag	57	RB-S-0234	IBV552	804120	7282783	Ag
10	MB-S-0265	IBV229	745119	7267706	As, Cu	58	RB-S-0237	IBV553	790359	7283680	Pb, Ti
11	RB-S-0021	IBV235	769452	7237973	Ce, La, Ta, Th	59	RB-S-0239	IBV554	761408	7284856	As, Pb, Sb
12	RB-S-0215	IBV241	761931	7278474	As, Au, Sb, As	60	RB-S-0243	IBV556	789255	7285998	Ti
13	RB-S-0226	IBV242	757882	7281916	Ag, As, Bi, Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Sb, Sc, Ti, W, Zn	61	RB-S-0244	IBV557	799081	7286516	Cd
14	RB-S-0236	IBV243	753744	7283675	Mn	62	RB-S-0248	IBV558	786971	7286313	Ti, V
15	RB-S-0256	IBV244	755044	7245802	S	63	RB-S-0015	IBV895	802908	7236109	Nb
16	RB-S-0261	IBV246	744525	7275600	As, Mn, Sb	64	RB-S-0075	IBV906	793449	7246908	Au
17	RB-S-0262	IBV247	749420	7273315	Ag, W, As	65	RB-S-0082	IBV907	793808	7248689	Sr
18	RB-S-0263	IBV248	746735	7271092	W, As	66	RB-S-0090	IBV912	793888	7250678	Sn
19	RB-S-0020	IBV288	760449	7237477	S	67	RB-S-0095	IBV914	793927	7252034	Nb, Sn, W, Y
20	RB-S-0022	IBV289	760293	7237641	Sn	68	RB-S-0098	IBV915	793976	7252799	Sn
21	RB-S-0028	IBV290	771416	7238268	Ti	69	RB-S-0143	IBV926	781873	7262700	Au
22	RB-S-0042	IBV293	777006	7241251	Sn	70	RB-S-0145	IBV928	795459	7263117	P, S, Sc
23	RB-S-0062	IBV296	779167	7244105	Al, Co	71	RB-S-0146	IBV929	799642	7262993	Bi, S
24	RB-S-0072	IBV298	781642	7246422	W	72	RB-S-0147	IBV930	795554	7263137	Ca, P, Sr
25	RB-S-0078	IBV300	756640	7248206	Pb, S	73	RB-S-0148	IBV931	786534	7263304	Cr

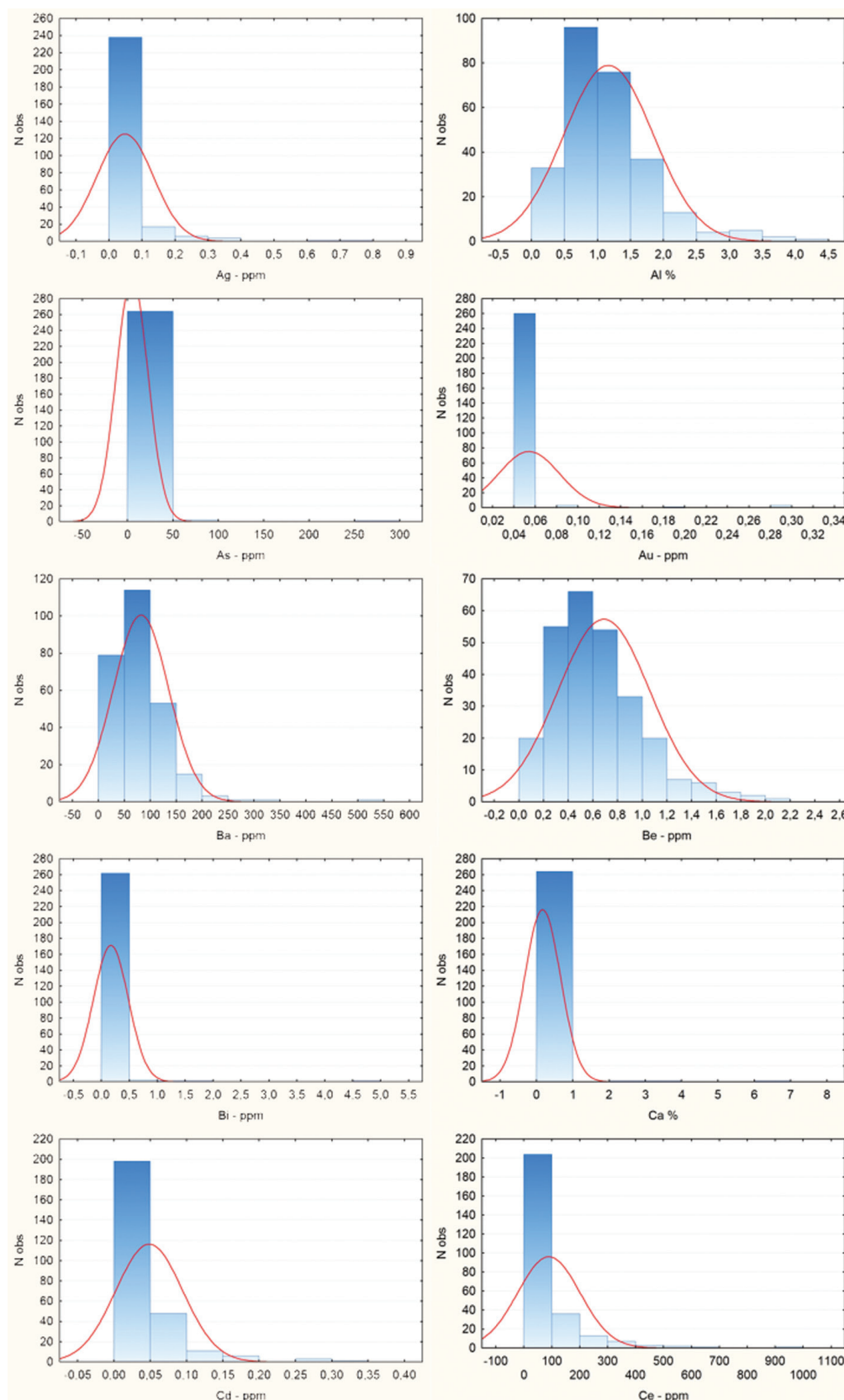
Ordem	Nº de Campo	Amostra	UTM Leste	UTM Norte	Anomalias	Ordem	Nº de Campo	Amostra	UTM Leste	UTM Norte	Anomalias
26	RB-S-0084	IBV302	779447	7249670	S	74	RB-S-0155	IBV935	803273	7264652	Ca, S, Sr
27	RB-S-0093	IBV305	769074	7251894	Ce	75	RB-S-0162	IBV937	790038	7266591	Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, In, Mn, Ni, P, S, Sc, Sr, V
28	RB-S-0137	IBV323	792575	7261338	Hg	76	RB-S-0245	IBV944	756848	7286490	Au
29	RB-S-0141	IBV325	791940	7262113	Ba, Ca, Cr, Mg, P, S, Sr, V	77	RB-S-0132	IBX201	768395	7261063	Bi
30	RB-S-0204	IBV329	782790	7276181	Ce, La, Th, U	78	RB-S-0169	IBX214	789620	7268991	Co, Cr, Fe, Ni, Sc
31	RB-S-0206	IBV330	767541	7276633	W	79	RB-S-0190	IBX221	762666	7273224	Sn
32	RB-S-0001	IBV510	792924	7232258	S, Sr	80	RB-S-0229	IBX225	781674	7282254	As
33	RB-S-0175	IBV515	785319	7269811	Ce, U	81	RB-S-0232	IBX227	771996	7282654	As
34	RB-S-0176	IBV516	775771	7269820	U	82	RB-S-0233	IBX228	771880	7282912	As, Cd, Sb
35	RB-S-0178	IBV517	785487	7269901	Mo	83	RB-S-0238	IBX229	765373	7283637	As, Bi, Cd, Cs, Cu, Pb, Sb, W
36	RB-S-0183	IBV519	788922	7271564	Ce, Cr, La, Mo, Th, U	84	RB-S-0242	IBX230	774804	7285408	As, Sb
37	RB-S-0184	IBV520	786740	7271684	Ce, Cr, La, Th, U	85	RB-S-0247	IBX232	773151	7286995	As, Pb, Sb
38	RB-S-0188	IBV523	773181	7272313	Au	86	RB-S-0050	IBX711	769096	7241325	Ag
39	RB-S-0191	IBV524	800511	7274457	Ce, La, Mo, Se, Tb, Th, U, Y	87	RB-S-0063	IBX712	771086	7244869	Al, W
40	RB-S-0193	IBV526	797238	7273793	Ce, U	88	RB-S-0067	IBX713	796038	7245688	Au
41	RB-S-0194	IBV527	798627	7273434	Mo, U	89	RB-S-0068	IBX714	796148	7245822	Al, Sr
42	RB-S-0195	IBV528	774726	7274427	Nb	90	RB-S-0077	IBX715	777007	7247313	Al
43	RB-S-0196	IBV529	800674	7275124	Ce, Hg, U	91	RB-S-0079	IBX717	774918	7247338	Ag, Al
44	RB-S-0199	IBV530	782390	7275181	Ce, La, Th, U, Y	92	RB-S-0097	IBX719	776415	7252515	Al, Be, Cs, K, Li, Rb
45	RB-S-0200	IBV531	782192	7275456	Ag, Mo	93	RB-S-0123	IBX720	766676	7259399	Ag
46	RB-S-0201	IBV532	755612	7275958	As, Sb, As,	94	RB-S-0168	IBX726	757865	7267099	Au, Ca
47	RB-S-0209	IBV534	779331	7277453	W	95	RB-S-0034	IBX956	784662	7239587	Pb
48	RB-S-0210	IBV535	769179	7277318	Pb						

Quadro 7.5 – Anomalias geoquímicas das amostras de sedimento de corrente.

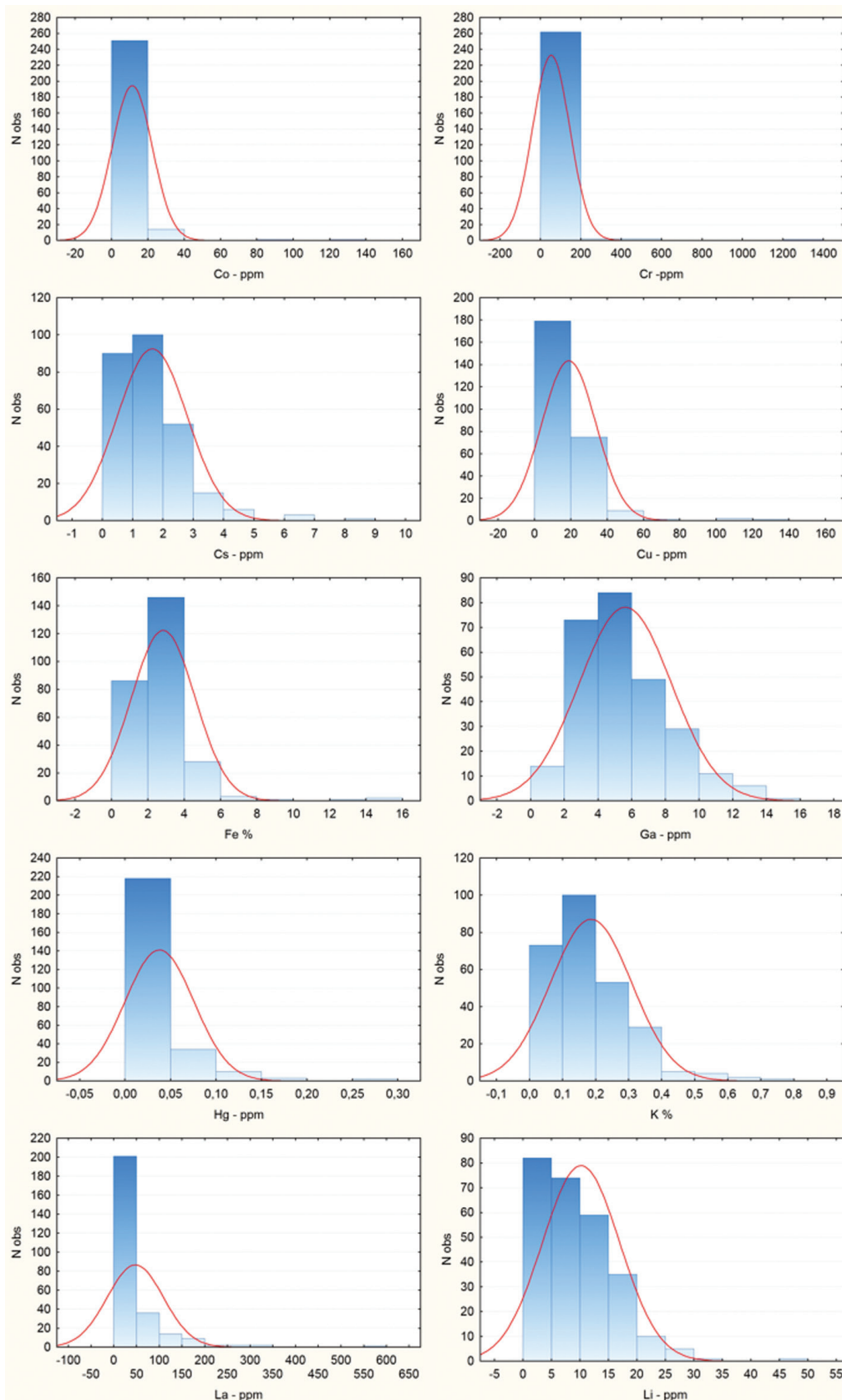
### 7.2.1.3 HISTOGRAMAS E TIPOS DE DISTRIBUIÇÃO

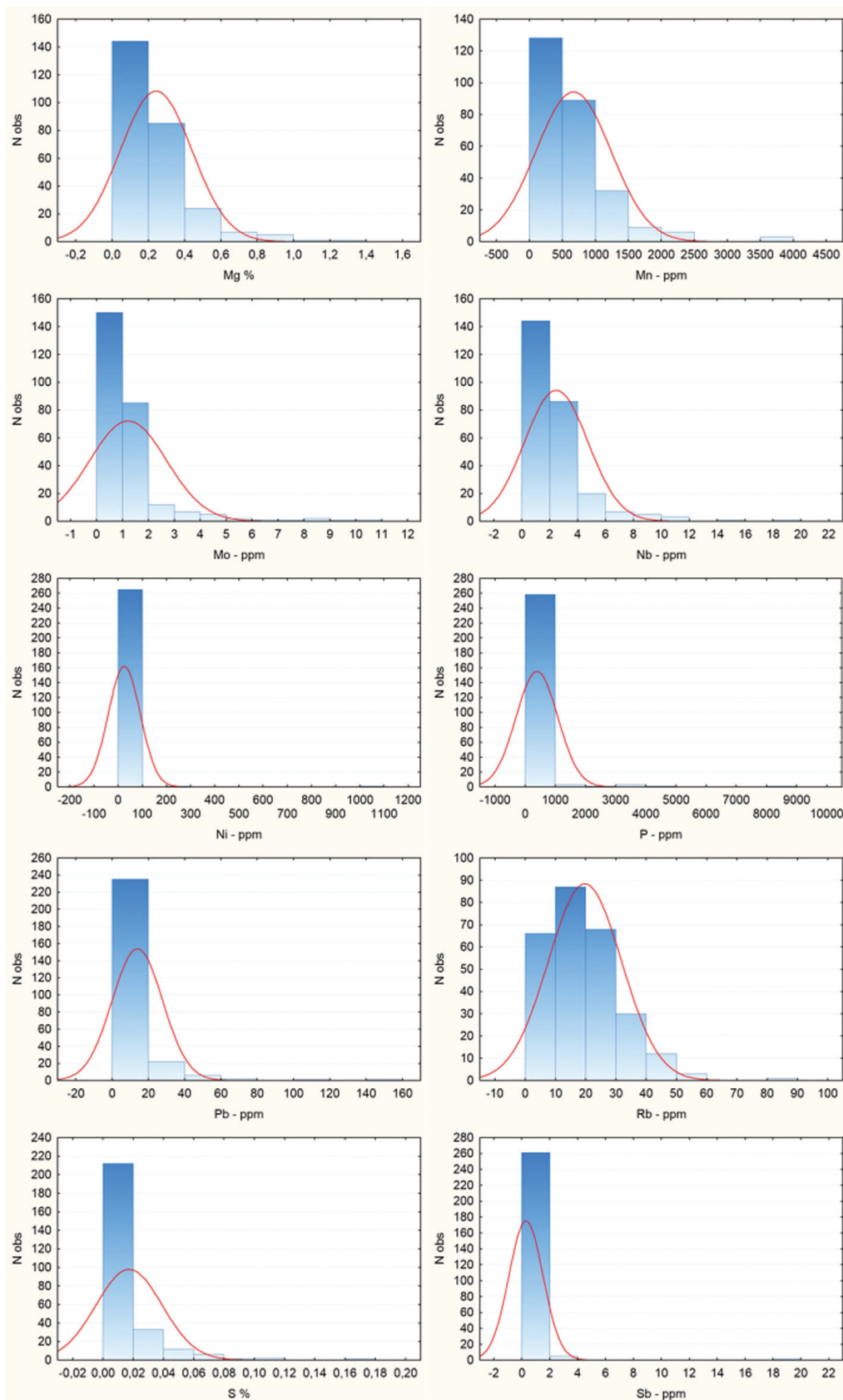
Foram elaborados histogramas para todos os elementos-traços mineralizantes e associados (21) e para todos os elementos maiores e associados (14) (Figura 7.2).

Para a maioria dos elementos-traços, entre mineralizantes e aqueles associados aos elementos maiores na formação dos minerais constituintes das rochas, nota-se a tendência lognormal da distribuição, esperada para esses elementos.









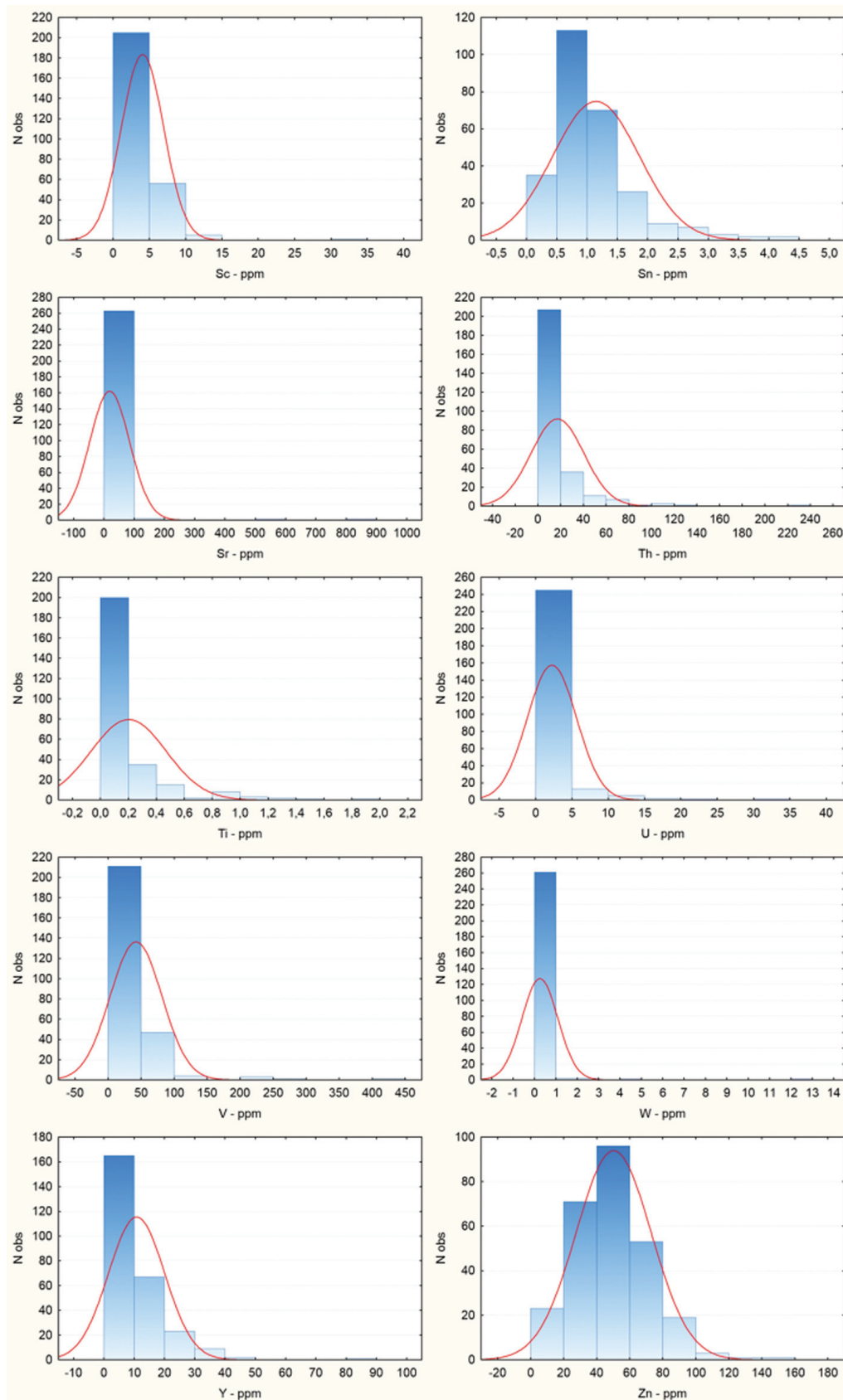


Figura 7.2 – Histograma e tipos de distribuição de elementos maiores e associados.

### 7.2.1.4 CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

Utilizou-se a correlação linear com o Índice de Pearson para estudar as relações entre os diversos elementos analisados, considerando-se os seguintes limiares de valores: elevado (> 0,8); bom (> 0,7); regular (> 0,5).

Na elaboração da matriz, eliminaram-se os elementos com número significativo de dados não

qualificados e aqueles não aceitos no teste de variância. Assim, a matriz foi elaborada com os demais 35 elementos (Figura 7.3).

Essa matriz foi importante para o estudo da análise de agrupamentos (*cluster analysis*), tendo sido utilizada como metodologia para estudo dos agrupamentos de elementos e construção sequencial de dendrogramas. Admitiu-se como grupo inicial os elementos que apresentaram alguma correlação na

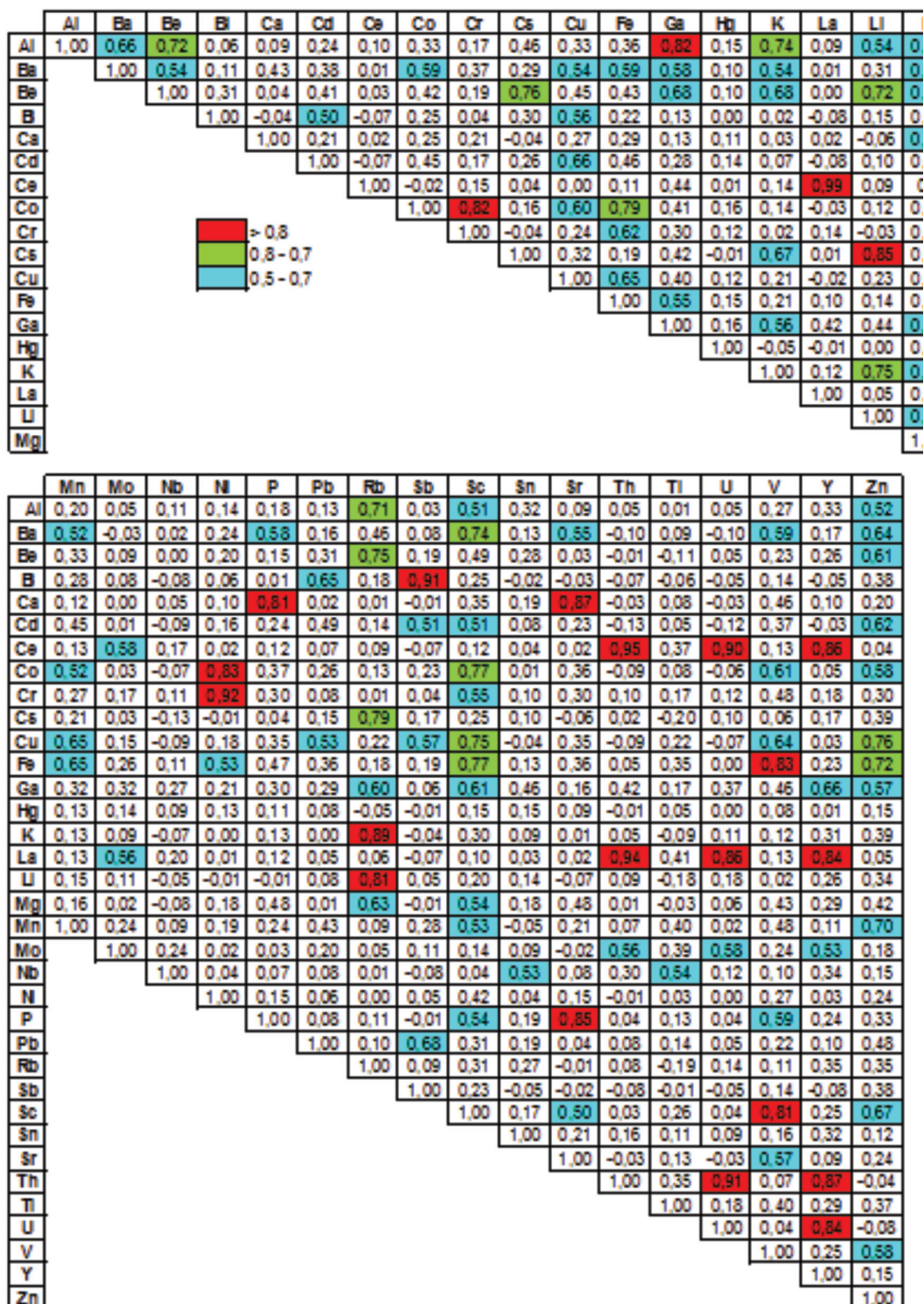


Figura 7.3 – Matriz de correlação dos elementos químicos selecionados.



matriz de Pearson. A partir daí, foram retirados os elementos que não se agruparam de forma significativa ou apresentaram distância de ligação (*linkage distance*) muito alta.

Nos dendrogramas, o coeficiente de Pearson foi aplicado como medida para o cálculo da distância de ligação. Para o primeiro dendrograma construído, utilizaram-se 34 elementos, eliminando-se o Hg por

não apresentar correlação linear significativa com outros elementos (Figura 7.4).

Os grupamentos Al-Ga-Be-Cs-Li-K-Rb (rochas graníticas), Ce-Th-La-U-Y-P-Ca-Sr (rochas alcalinas) e Ni-Cr-Co-Fe-V-Sc-Cu-Zn (rochas ultramáficas) são típicos das litologias conhecidas da região. Outros grupamentos, como Bi-Sb-Pb e Nb-Ti-Sn, podem estar ligados a eventos hidrotermais que afetaram as rochas da região.

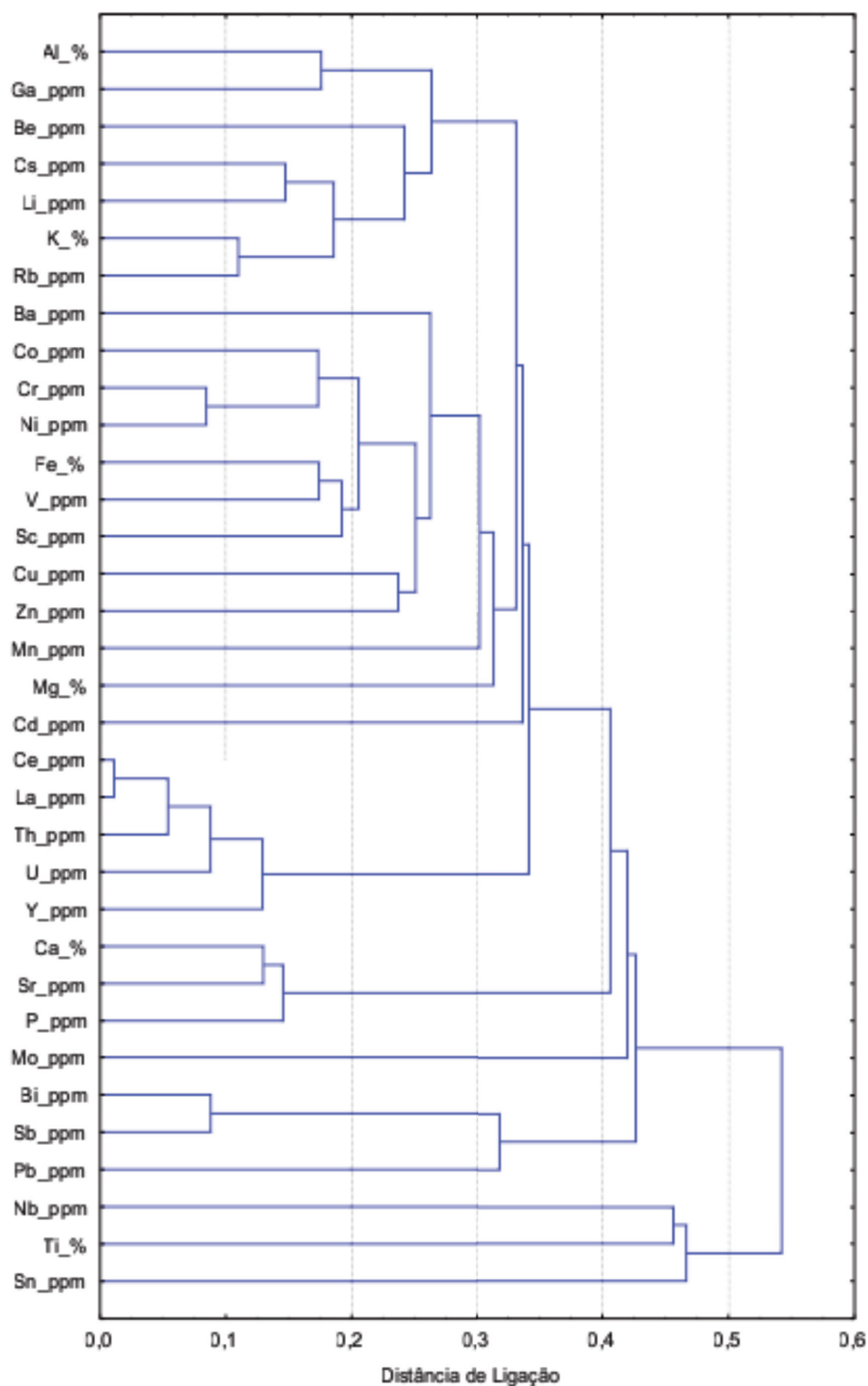


Figura 7.4 – Dendrograma para 34 elementos.

### 7.2.1.5 DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS E CÁLCULO DAS ANOMALIAS

O estabelecimento dos valores limiares foi baseado em análise estatística simples: média geométrica multiplicada pelo desvio geométrico ao quadrado. A média geométrica representa melhor os elementos-traços, que, normalmente, possuem distribuição lognormal.

Esse tipo de cálculo de limiar pode não ser a melhor maneira para determinado elemento, porém, o elevado número de elementos e a exiguidade de tempo para disponibilizar as informações o tornam um método adequado às circunstâncias. Assim, o retrabalhamento dos dados, para alguns elementos, não deve ser descartado.

Foram representados no mapa geoquímico em zonas anômalas (duas ou mais drenagens contíguas) e anomalias pontuais.

### 7.2.2 CONCENTRADOS DE BATEIA

Os dados analíticos de concentrados de bateia receberam tratamento específico diferente dos de sedimentos de corrente. As amostras foram analisadas para identificação mineralógica de minerais pesados semiquantitativa. Apenas o ouro foi analisado por contagem de pintas. Para efeito de interpretação, consideramos apenas os minerais de minério e associados mais importantes.

A análise mineralógica dos concentrados de bateia (Quadros 7.6 e 7.7) possibilitou a identificação

Mineral	Número de Amostras nas Classes					
	<1%	1-5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%
Au <0,5 mm	4	1	0	0	0	0
Au 0,5-1 mm	1	1	0	0	0	0
Pirrotita-Limonita	137	8	1	0	0	0
Magnetita	10	57	95	47	14	0
Hematita	70	28	40	6	1	0
Ilmenita	15	18	107	43	29	11
Limonita	59	41	89	16	8	1
Cassiterita	2	0	0	0	0	0
Rutilo	158	3	1	0	0	0
Cromita	111	32	7	1	0	0
Anatásio	75	0	0	0	0	0
Coríndon	11	0	0	0	0	0
Espinélio	25	1	0	0	0	0
Leucoxênio	42	31	6	0	0	0
Scheelita	10	0	0	0	0	0
Barita	1	0	0	0	0	0
Monazita	30	0	0	0	0	0
Xenotímio	11	0	0	0	0	0
Apatita	51	1	0	0	0	0
Zircão	70	51	81	7	0	0
Topázio	0	0	0	0	0	0
Granada	120	21	29	4	0	0
Piroxênios	55	21	82	16	4	0
Anfibólios	69	19	19	3	0	0
Turmalina	86	31	80	15	3	0
Esfênio	5	0	0	0	0	0
Goetita	13	0	0	0	0	0
Ganita	3	0	0	0	0	0
Granada Kimberlítica	7	0	0	0	0	0
Espinélio Kimberlítico	51	0	0	0	0	0
Espinélio de Zn	3	0	0	0	0	0
Espinélio de Al	1	0	0	0	0	0
Prata	1	0	0	0	0	0
Cromo-Espinélios (Kimberlíticos)	7	0	0	0	0	0
Calcita	1	0	0	0	0	0

Quadro 7.6 – Distribuição dos minerais das amostras de concentrado de bateia.

Ordem	Nº de Campo	Amostra	UTM Leste	UTM Norte	Mineralizações	Ordem	Nº de Campo	Amostra	UTM Leste	UTM Norte	Mineralizações
1	MB-B-0002	IBV249	762177	7233486	llm85 chr15	40	RB-B-118	IBV876	796419	7258828	Au1
2	MB-B-012	IBV250	751971	7235418	mag60 ap3	41	RB-B-135	IBV878	797867	7261003	rt15
3	MB-B-0017	IBV251	762900	7236450	llm85	42	RB-B-143	IBV881	781873	7262700	gth1
4	MB-B-0019	IBV252	768738	7236691	llm85	43	RB-B-146	IBV883	799642	7262993	mag60
5	MB-B-266	IBV274	745823	7266750	Au1	44	RB-B-159	IBV886	783497	7266058	gth1
6	MB-B-267	IBV275	747715	7264770	py-lm3	45	RB-B-169	IBV888	789620	7268991	mag60
7	RB-B-256	IBV282	755044	7245802	mag60 py-lm3	46	RB-B-0171	IBV890	798156	7269496	chr15
8	RB-B-261	IBV284	744525	7275600	Hem40	47	RB-B-0179	IBV892	797160	7269881	chr15
9	RB-B-262	IBV285	749420	7273315	sch1 mag60	48	RB-B-0189	IBV894	790663	7272855	tur60
10	RB-B-0014	IBV337	765441	7236295	Hem40	49	RB-B-040	IBX144	791490	7240850	mag60
11	RB-B-0020	IBV338	760449	7237477	Hem40	50	RB-B-048	IBX146	791624	7241214	mag60
12	RB-B-0028	IBV340	771416	7238268	Hem40	51	RB-B-0049	IBX147	803536	7242090	chr15
13	RB-B-0044	IBV344	777059	7241245	Au1	52	RB-B-053	IBX148	793632	7242664	sch1 py-lm3
14	RB-B-0066	IBV346	768488	7245493	Hem40	53	RB-B-0081	IBX152	800039	7248722	llm85
15	RB-B-0084	IBV352	779447	7249670	mag60	54	RB-B-130	IBX155	770583	7261335	Au2
16	RB-B-0088	IBV353	780997	7250243	Hem40	55	RB-B-132	IBX156	768395	7261063	gth1
17	RB-B-0093	IBV354	769074	7251894	tur60	56	RB-B-134	IBX157	768387	7261059	py-lm3
18	RB-B-0099	IBV356	781813	7253150	cst1	57	RB-B-149	IBX158	769489	7263325	gth1
19	RB-B-0114	IBV364	781539	7257057	mag60	58	RB-B-150	IBX159	769577	7263630	gth1
20	RB-B-0136	IBV368	790443	7261078	py1	59	RB-B-156	IBX160	764437	7264704	gth1 mag60
21	RB-B-0141	IBV370	791940	7262113	py1	60	RB-B-160	IBX162	765533	7266406	mag60
22	RB-B-0151	IBV372	757965	7263645	chr15	61	RB-B-161	IBX163	765450	7266662	sch1
23	RB-B-0204	IBV375	782790	7276181	cst1 chr15 Au1	62	RB-B-163	IBX164	776716	7267242	sch1 py-lm3
24	RB-B-0253	IBV378	763219	7254764	mag60	63	RB-B-164	IBX165	770515	7267201	sch1
25	RB-B-0173	IBV560	775698	7269822	tur60 sch1	64	RB-B-165	IBX166	769015	7267347	sch1
26	RB-B-0188	IBV568	773181	7272313	mag60	65	RB-B-174	IBX168	770379	7270169	py-lm3
27	RB-B-0201	IBV576	755612	7275958	gth1	66	RB-B-177	IBX169	769874	7269795	py-lm3
28	RB-B-0210	IBV579	769179	7277318	gth1	67	RB-B-0050	IBX727	769096	7241325	llm85
29	RB-B-0211	IBV580	757175	7277842	gth1	68	RB-B-077	IBX729	777007	7247313	sch1
30	RB-B-0223	IBV586	776219	7280805	gth1	69	RB-B-079	IBX730	774918	7247338	gth1
31	RB-B-0225	IBV587	764185	7280734	gth1 Au2	70	RB-B-080	IBX731	777237	7247571	sch1
32	RB-B-0240	IBV594	761296	7285002	Hem40	71	RB-B-097	IBX732	776415	7252515	sch1
33	RB-B-054	IBV858	788610	7242566	mag60	72	RB-B-0168	IBX735	757865	7267099	llm85
34	RB-B-0070	IBV861	791645	7245954	chr15	73	RB-B-005	IBX960	782579	7266441	gth1 py-lm3
35	RB-B-0075	IBV863	793449	7246908	chr15	74	RB-B-0006	IBX961	774232	7232394	llm85
36	RB-B-102	IBV870	785687	7254013	Ag1	75	RB-B-008	IBX963	782531	7233425	py-lm3
37	RB-B-0103	IBV871	799608	7254127	chr15 Au1	76	RB-B-011	IBX965	787365	7234087	py1
38	RB-B-0108	IBV873	797695	7255365	llm85	77	RB-B-0023	IBX967	776143	7238275	llm85
39	RB-B-0113	IBV874	794187	7256338	llm85	78	RB-B-0038	IBX973	765724	7241888	llm85

Quadro 7.7 – Indícios mineralógicos.

de indícios de mineralização de ouro, prata, minerais-satélites associados a kimberlitos diamantíferos (granada, espinélio) (Figura 7.5), apatita e cromita. Minerais de ferro (goetita, magnetita e hematita) e de titânio (rutilo e ilmenita) também foram identificados.

Os dados analíticos mineralógicos tiveram o seguinte tratamento:

Para as amostras de ouro e prata, todas as estações foram consideradas indícios mineralógicos, colocando-se junto ao símbolo do elemento o número de pintas detectadas.

Os indícios mineralógicos de ouro e prata foram plotados no mapa de destaques mineralógicos.

### 7.2.2.1 DESTAQUES MINERALÓGICOS

Foram identificados 28 grupos de minerais (Quadro 7.5). Observou-se a presença de cinco indícios para ouro, um de prata, dois de cassiterita e um de apatita.

Minerais-satélites do diamante (espinélio e granada) ocorrem em 57 amostras do total analisado (Figura 7.5).

## 7.3 MAPA GEOQUÍMICO

O mapa geoquímico é consequência da compatibilização dos dados geoquímicos e mineralógicos com a base geológica e a perspectiva metalogenética da área.

Em sua elaboração foram consideradas, sobre uma base geológica simplificada, as anomalias geoquímicas dos sedimentos de corrente e os destaques mineralógicos da fração pesada dos concentrados de bateia.

O mapa geoquímico é constituído por zonas anômalas de elementos em sedimentos de corrente, zonas de destaques mineralógicos em concentrados de bateia, anomalias pontuais e destaques mineralógicos pontuais. Todas as informações geoquímicas estão plotadas sobre uma base planimétrica e geológica simplificada.

Cartogramas com a distribuição dos elementos mais importantes para avaliação metalogenética da área foram colocados associados ao mapa geoquímico. Entre os selecionados estão os elementos Cu, Pb, Nb, P, Sn, devido à amplitude de seus valores e à perspectiva metalogenética para a área. Os elementos As e Hg foram selecionados por sua importância

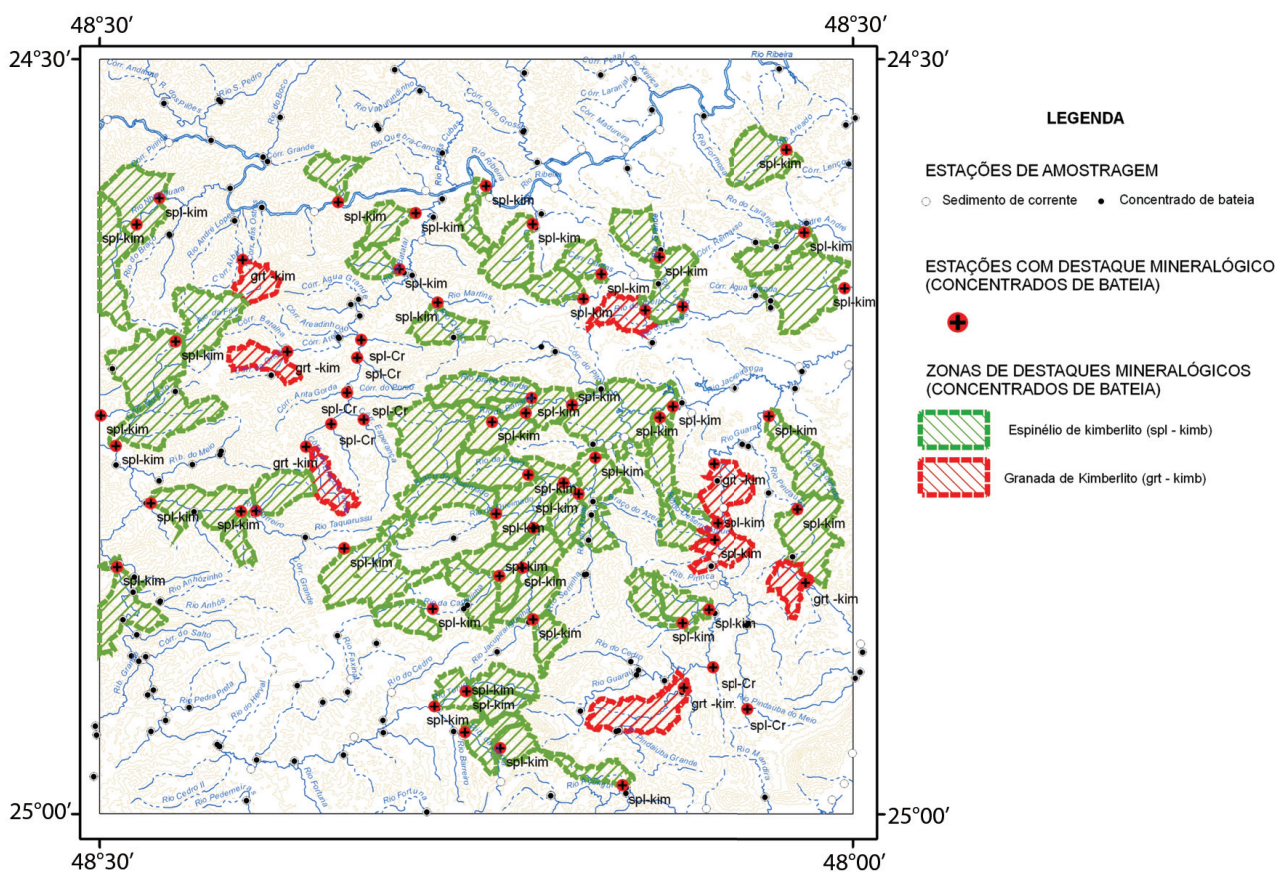


Figura 7.5 – Mapa de minerais-satélites de kimberlito.



como farejadores de mineralizações associadas a hidrotermalismo de baixa temperatura (epitermais).

Para análise da distribuição dos elementos dos cartogramas, utilizou-se uma representação de valores graduados de cada elemento sobre um mapa de distribuição contínua com os mesmos intervalos. Embora os conteúdos dos elementos-traços em drenagens representem variáveis discretas, suas representações em isovalores permitem melhor compreensão dos *trends* de suas distribuições. Esse tipo de representação é sugerido no “Atlas Geoquímico da Europa”, desenvolvido por Forum of European Geological Surveys (FOREGS), atendendo a recomendações do IUGS/IAGC Global Geochemical Baselines Programme e exemplificado no sítio desenvolvido, mantido e atualizado na Internet pelo Serviço Geológico da Finlândia ([http://www.gsf.fi/publ/foregsatlas/maps/StreamSed/s\\_aricpaes\\_as\\_edit.pdf](http://www.gsf.fi/publ/foregsatlas/maps/StreamSed/s_aricpaes_as_edit.pdf)). Essa sugestão visa a uniformizar a informação geoquímica no mundo, objetivo principal do International Geochemical Mapping Project (IGCP 259), origem de todo o processo global de uniformização dos dados geoquímicos no mundo (DARNLEY et al., 1995).

## 7.4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir da análise do mapa geoquímico e dos cartogramas de distribuição, algumas conclusões podem ser admitidas:

- O mapa mostra uma zona anômala de fósforo possivelmente ligada a coberturas quaternárias desenvolvidas no contato entre o Complexo Serra Negra e o Granito Alto Turvo.
- Sobre as unidades do Neoproterozoico ocorrem, entre os minerais pesados, cassiterita e ouro, que devem estar associados a processos de mineralizações distintos. Cassiterita deve estar associada a granitoides especializados em Sn, enquanto o ouro deve estar associado a veios hidrotermais que parecem

cortar indiferentemente todas as unidades litológicas da área.

- A presença de scheelita e cromita sobre unidades litológicas neoproterozoicas é indicativa de metamorfismo de contato em calcários (*skarns*) e litotipos ultramáficos mineralizados pela intrusão de rochas graníticas.
- Anomalias de Th, U e P sugerem presença de litotipos alcalinos ou granitoides especializados em terras-raras.
- Destaca-se a presença de minerais pesados associados a kimberlitos (espinélio e grana-da), concentrando-se nas unidades neoproterozoicas.

Como principais recomendações para futuros trabalhos geoquímicos na área, sugere-se:

- Estudo da especialização dos principais litotipos responsáveis pela presença de cassiterita, cromita e scheelita nas frações pesadas dos concentrados de bateia, devido ao não conhecimento de mineralizações específicas desses minerais-minério.
- Estudo dos processos hidrotermais responsáveis pelas mineralizações de Cu, Au e Pb, definindo: quantidade de eventos, veículos dos processos, fontes primárias, idades e associações geoquímicas de cada evento hidrotermal.
- Detalhamentos das principais regiões com concentrações de zonas anômalas, com adensamento da amostragem de sedimentos de corrente, concentrados de bateia e solos.
- Retrabalhamento dos dados atuais e históricos, utilizando-se mais de um nível de limiar e refinando-se a interpretação com tratamento estatístico multivariado e modelagem geostatística.
- Pesquisa de ocorrência de corpos kimberlíticos com potencial para diamante.

## 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento geológico na escala 1:100.000, incluindo novos dados petrográficos e litogeoquímicos, aliado a informações disponíveis na literatura recente, possibilitou melhor entendimento das relações tectonoestratigráficas das unidades geológicas presentes na Folha Eldorado Paulista, que resultou na reformulação substancial do quadro estratigráfico.

A Folha Eldorado Paulista compreende quatro domínios tectônicos justapostos, com histórias evolutivas distintas em período anterior às suas justaposições: Terreno Apiaí, Terreno Curitiba, Terreno Paranaguá e Terreno Luís Alves. Os três primeiros são segmentos do Cinturão Ribeira Meridional, enquanto o último representa um fragmento cratônico não afetado pela Orogenia Brasileiro-Pan-Africana.

O Terreno Apiaí representa algo em torno de 25% da área da folha, sendo limitado ao sul pela Falha da Lancinha, que o separa do Terreno Curitiba. É composto por sequências de rochas supracrustais do Supergrupo Açungui e apresenta orientação estrutural NE a ENE controlada por zonas de cisalhamento principalmente transcorrentes.

Na Folha Eldorado Paulista, o Supergrupo Açungui, neste trabalho considerado um terreno tectonoestratigráfico composto, formado por unidades principalmente mesoproterozoicas, é constituído pelo Grupo Votuverava (ca. 1440-1480 Ma) e pela Sequência Serra das Andorinhas (Calimiano).

O Grupo Votuverava é dividido em quatro subunidades: formações Nhunguara, Piririca, Rubuquara e Ribeirão das Pedras. A característica mais importante desse grupo é a associação de metapelitos rítmicos (turbiditos distais) com rochas metabásicas presumivelmente de origem vulcânica. Na Folha Eldorado Paulista o metamorfismo é de condições de fácies xisto-verde inferior. Os dados litogeoquímicos mostram que os metabasitos representam basaltos subalcalinos de afinidade toleítica. Ocorrem associações de rochas com assinaturas de basaltos de arcos vulcânicos e basaltos de cadeias meso-oceânicas, sugerindo um ambiente de bacia retroarco.

A Sequência Serra das Andorinhas difere das unidades do Grupo Votuverava principalmente pela escassez de metabasitos. Foi subdividida em duas unidades: Unidade Metapelítica, formada por mica-xisto com intercalações de rochas calcissilicáticas e carbonáticas; e Mármore da Tapagem. O metamorfismo atingiu condições de fácies xisto-verde superior a anfíbolito.

O Terreno Curitiba representa em torno de 55% da área da folha. É limitado, ao norte, pela Falha da Lancinha, e, ao sul, pela Zona de Cisalhamento Serra do Azeite. É formado por rochas de embasamento do Complexo Atuba e por sequências supracrustais das formações Turvo-Cajati e Capiru.

O Complexo Atuba, de idade riaciana a orosiriana (ca. 2200-2000 Ma), ocorre em uma janela estrutural e é formado por ortognaisse bandado migmatítico (Gnaiss Bandado Barra do Azeite), metamorfozido em condições de fácies anfíbolito alto e milonitizado em condições de fácies xisto-verde. Apresenta orientação estrutural NNE, discordante da estruturação regional.

A Formação Turvo-Cajati, de idade máxima de sedimentação toniana (ca. 880 Ma), é composta por rochas metassedimentares siliciclásticas e carbonáticas e foi subdividida em três unidades interpretadas como tectonofácies: (i) Unidade de Filito, formada por rochas de fácies xisto-verde inferior a médio; (ii) Unidade de Micaxisto, formada por rochas de fácies xisto-verde a anfíbolito; (iii) Unidade Paragnáissica, formada por paragnaisse e silimanita-granada-biotita-xisto migmatíticos metamorfozados em condições de fácies anfíbolito alto a granulito. A Formação Turvo-Cajati apresenta associações de fácies compatíveis com ambientes de sedimentação em plataformas de margens continentais passivas e possui estruturação associada a uma tectônica de cavalgamentos.

O Terreno Curitiba apresenta, ainda, duas bacias vulcanossedimentares de transição Proterozoico-Fanerozoico, associadas a zonas de cisalhamento transcorrentes: Formação Indaiatuba e Formação Quatis.

O Terreno Luís Alves representa 20% da área da folha. É limitado, ao norte, pela Zona de Cisalhamento Serra do Azeite. É formado pelo Complexo Serra Negra, que pode ser correlacionado ao Complexo Granulítico de Santa Catarina, e pela Formação Rio das Minas. O Complexo Serra Negra, de idade arqueana a paleoproterozoica, representa a unidade mais antiga da Folha Eldorado Paulista. É constituído por rochas gnáissico-granulíticas predominantemente básicas preservadas (Unidade de Gnaiss Granulítico) ou retrometamorfozadas em condições de fácies xisto-verde superior a anfíbolito (Unidade de Gnaiss Anfíbolítico). Gnaisses graníticos ocorrem com menor frequência. Apresenta padrão estrutural anastomosado com *macrolithons* de orientação estrutural NNE

envoltos por zonas de cisalhamento anastomosadas de orientação ENE.

A Formação Rio das Minas (redefinição da Sequência Cachoeira, visando à adequação ao Código de Nomenclatura Estratigráfica), composta por rochas metassedimentares siliciclásticas, metamorfizadas em condições de fácies xisto-verde inferior a anfíbrito alto, foi subdividida em: Unidade de Ardósia e Filito, Unidade de Micaxisto e Unidade Paragnáissica. Destaca-se na Unidade de Ardósia e Filito a presença de lentes de rochas metavulcânicas ultramáficas (talco-xisto, serpentinito, tremolita-serpentina-talco-xisto) e de formações ferríferas bandadas do tipo itabirito.

Apenas uma pequena porção do Terreno Parana-guá aflora na Folha Eldorado Paulista, representada por gnaisses bandados miloníticos do Complexo São Francisco do Sul (ca. 2150-2100 Ma).

A Folha Eldorado Paulista apresenta, ainda, grande volume de corpos graníticos essencialmente ediacaranos, com dimensões e formas variadas (diques, *stocks* e batólitos). O Terreno Apiaí é dominado por rochas da série calcialcalina de alto potássio tipo-I. No Terreno Curitiba ocorre um batólito (Suíte Itape-

úna) e diversos *stocks* de leucogranito peraluminoso com muscovita e biotita e turmalina-granito, aparentemente tipo-S, encaixados em rochas da Formação Turvo-Cajati. Esse magmatismo granítico peraluminoso é incomum regionalmente e merece estudos petrológicos e geocronológicos posteriores. O Terreno Luís Alves é dominado por plútons de granitos alcalinos tipo-A da Suíte Intrusiva Graciosa, tais como os granitos Alto Turvo, Rio Guaraú e Mandira.

Em termos de recursos minerais, a Folha Eldorado Paulista apresenta vasta quantidade de ocorrências minerais metálicas e de minerais e rochas industriais. Destacam-se na região: (i) Complexo Alcalino de Jacupiranga, onde se localiza a Mina de Cajati (Morro da Mina), de onde é extraído fosfato para fabricação de insumos agrícolas; (ii) ocorrências de veios auríferos sulfetados nas rochas do Terreno Apiaí, gerados por percolação hidrotermal; (iii) ocorrências de rochas calcárias na Sequência Serra das Andorinhas (onde se localiza a Caverna do Diabo, explorada para geoturismo) e Formação Turvo-Cajati; (iv) ocorrências de cassiterita, columbita e tantalita nos plútons do Granito Rio Guaraú; (v) lente espessa de formação ferrífera bandada tipo itabirito na Formação Rio das Minas, ao sul do Granito Rio Guaraú.

## 9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDAS, W.; VINHA, C.A.G. da. *Projeto Sudelpa: relatório final reconhecimento geoquímico (partes I a 3)*. São Paulo: Convênio SUDELPA/CPRM, 1975. v. 15/17.
- ADDAS, W.; PINTO, G.G. Os sulfetos de Pb e associados das regiões do Leite, Piririca, Passagem e Nhungara, vale do Ribeira (SP): exemplos de detecção de áreas mineralizadas graças à prospecção geoquímica. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE TÉCNICAS EXPLORATÓRIAS EM GEOLOGIA, 2., 1979, Gravataí. *Atas...* Gravataí: DNPM, 1979. p. 161-168.
- ADDAS, W.; PINHO FILHO, W.D. de; MORGENTHAL, A. Chumbo e zinco: elementos utilizados como indicadores geoquímicos na descoberta de mineralizações epigenéticas de arsenopirita e pirita (possivelmente auríferos) no vale do Ribeira(PR). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. *Atas...* Rio Claro: SBG, 1979. v. 2, p. 101-115.
- ALEGRI, V. et al. *Projeto serra do Jabaquara: relatório de prospecção preliminar*. São Paulo: CPRM, 1980. 2 v.
- ALGARTE, J.P. A influência dos arqueamentos cratônicos no condicionamento das alcalinas dos estados de São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., 1972, Belém. *Anais...* Belém: SBG, 1972. v. 1, p. 65-69.
- ALGARTE, J.P. et al. *Projeto sudeste do estado de São Paulo: relatório final*. São Paulo: Convênio DNPM/CPRM, 1974.
- ALMEIDA, F.F.M. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozoicas da região meridional da plataforma sul-americana. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 139-158, 1983.
- ALMEIDA, F.F.M. et al. The precambrian evolution of the South American cratonic margin south of Amazonas river. In: NAIRN, A.E.M.; STILLE, F.G. (Eds.). *The ocean basin and margins*. New York: Plenum, 1973. v. 1. p. 411-446.
- ALMEIDA, F.F.M. et al. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. *Atas...* Campina Grande: SBG, 1977. p. 363-391. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 6).
- ALMEIDA, F.F.M. et al. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Sciences Reviews*, v. 17, p. 1-21, 1981.
- AMARAL, G. Potassium-argon age studies on the Jacupiranga alkaline district, state of São Paulo, Brazil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CARBONATITOS, 1., 1976, Poços de Caldas. *Anais...* Poços de Caldas: DNPM/SBG/IAGC, 1976.
- BARBOSA, O. *Geologia e petrologia na região de Apiaí, estado de São Paulo*. Tese (Concurso para a Cadeira de Geologia, Petrografia e Mineralogia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1941.
- BARBOSA, O. A chamada série Ribeira. *Mineração e Metalurgia*, São Paulo, v. 13, n. 79, p. 187-189, 1948.
- BASEI, M.A.S. et al. Evolução tectônica dos terrenos entre os cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR-SC). *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 22, p. 216-221, 1992.
- BASEI, M.A.S.; MCREATH, I.; SIGA JÚNIOR, O. The Santa Catarina granulite complex of southern Brazil. *Gondwana Research*, v. 1, p. 383-391, 1998.
- BASEI, M.A.S. et al. Geochronology and isotope geochemistry of Votuverava and Perau mesoproterozoic basins, southern Ribeira belt, Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 4., 2003, Salvador. *Short Papers...* Salvador: CBPM, 2003. p. 501-504.
- BASEI, M.A.S. et al. West Gondwana amalgamation based on detrital zircon ages from Neoproterozoic Ribeira and Dom Feliciano belts of South America and comparison with coeval sequences from SW Africa. *Geological Society*, London, Special Publications, v. 294, p. 239-256, 2008.
- BATCHELOR, R.A.; BOWDEN, P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, v. 48, p. 43-55, 1985.
- BAUER, H.E. As minas de ferro de Jacupiranga. *Rev. Eng.*, Rio de Janeiro, p. 213, 1877.
- BETTENCOURT, J. S. et al. Geologia da folha de Capão Bonito, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., 1971, São Paulo. *Boletim de Resumos...* São Paulo: SBG, 1971. v. 1. p. 178-179.
- BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas e colúvios e várzeas. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, v. 16/17, p. 153-197, 1965.



- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. Estudos preliminares na série Açungui. V. Estruturas organógenas nos dolomitos da formação Capiru (estado do Paraná). *Dusenía*, Curitiba, v. 7, p. 317-323, 1956a.
- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. Estudos preliminares na série Açungui. VII. Algumas estruturas singenéticas nos dolomitos da formação Capiru. *Arq. Biol. Tecnol.*, IBPT. Curitiba, v. 11, p. 197-205, 1956b.
- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. Contribuição à geologia da região sul da série Açungui (estado do Paraná). *Bol. Paul. Geogr.*, São Paulo, v. 29, p. 1-14, 1958a.
- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. *Estudos preliminares na série Açungui*. VIII. A formação Votuverava. Curitiba, Instituto de História Natural, 6 p. (Boletim. Geologia, 2), 1958b.
- BOIN, M.N. et al. Mineralizações polimetálicas hidrotermais, associadas aos granitoides alcalinos de Mandira, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22., 1982, Salvador. *Anais...* SBG: Salvador, 1982. v. 3, p. 945-955.
- BORIN JÚNIOR, T. *Projeto Pilões*: relatório de prospecção preliminar. São Paulo: CPRM, 1983.
- BORIN JÚNIOR, T. et al. Mineralizações filoneanas polimetálicas contendo ouro e prata associados a metais básicos descobertos pelo projeto Eldorado, vale do Ribeira, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriú. *Anais...* Camboriú: SBG, 1980. v. 3, p. 1444-1458.
- BOYNTON, W.V. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: HENDERSON, P. (Ed.). *Rare earth element geochemistry*. Amsterdam: Elsevier, 1984. p. 63-114.
- BRITO NEVES, B.B.; CAMPOS NETO, M.C.; FUCK, R.A. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African cycle and orogenic collage. *Episodes*, v. 22, p. 155-166, 1999.
- BRUMATTI, M. *Mineralogia aplicada ao beneficiamento das zonas de xenólitos, mina de Cajati*, SP. 2001. 161 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- CÂMARA, M.M. Classificação das principais mineralizações auríferas primárias do vale do Ribeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBG, 1992. v. I, p. 236-237, 1992.
- CÂMARA, M.M.; VASCONCELOS, C.S. *Projeto vale do Ribeira: alvo São Pedro*. São Paulo: CPRM, 1992. Informe técnico.
- CAMPANHA, G.A.C. *Tectônica proterozoica no alto e médio vale do Ribeira, estados de São Paulo e Paraná*. 1991. 296 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- CAMPANHA, G.A.C.; TEIXEIRA, A.L. Nota sobre a ocorrência de um novo depósito molássico de possível idade eopaleozoica no estado de São Paulo: formação Quatis. *Anais...* São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, 1986. v. 58, p. 595-595.
- CAMPANHA, G.A.C.; SADOWSKI, G.R. Tectonics of the southern portion of the Ribeira belt (Apiá domain). *Precambrian Research*, v. 98, p. 31-51, 1999.
- CAMPANHA, G.A.C.; SADOWSKI, G.R. Determinações da deformação finita em metassedimentos da faixa Ribeira. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 32, p. 107-118, 2002.
- CAMPANHA, G.A.C.; BRITO NEVES, B.B. Frontal and oblique tectonics in the Brazilian shield. *Episodes*, v. 27, p. 255-259, 2004.
- CAMPANHA, G.A.C.; FALEIROS, F.M. Neoproterozoic terrane collage in the southern and central Ribeira belt, Brazil. In: INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, 12., 2005, Mendoza. GONDWANA 12 CONFERENCE: GEOLOGICAL AND BIOLOGICAL HERITAGE OF GONDWANA. *Abstracts...* Mendoza: National Academy of Sciences (Argentina), 2005. v. 1, p. 81.
- CAMPANHA, G.A.C. et al. *Geologia das folhas Iporanga (SG.22-X-B-V-2) e gruta do Diabo (SG.22-X-B-VI-1), estado de São Paulo*. São Paulo: Contrato IPT/Pró-Minério (IPT. Relatório, 22 352), 1985.
- CAMPANHA, G.A.C.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, M.A. Considerações sobre a organização litoestratigráfica e evolução tectônica da faixa de dobramentos Apiá. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. *Atas...* Curitiba: SBG, 1987. v. 2, p. 725-742.
- CAMPANHA, G.A.C. et al. *Avaliação preliminar da geologia das folhas (em 1:50.000) Taquaral, Mina do Espírito Santo, Ribeirão Itacolomi, Serra do Aboboral, Jacupiranga (Eldorado Paulista), Rio Guaraú (Barra do Azeite), Rio Turvo (Serra do Aleixo) – Vale do Ribeira, SP*. São Paulo: Convênio IPT/SICCT-Pró-Minério. V. 1-4 (IPT. Relatório, 26 863), 1988.
- CAMPANHA, G.A.C. et al. Constraining the age of the Iporanga formation with SHRIMP U-Pb zircon: implications for possible ediacaran glaciation in the Ribeira belt, SE Brazil. *Gondwana Research*, v. 13, p. 117-125, 2008a.
- CAMPANHA, G.A.C. et al. U-Pb SHRIMP and Sm-Nd analysis for Ribeira belt mesoproterozoic and

- neoproterozoic terranes. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 6., 2008, San Carlos de Bariloche. *Short Paper...* Buenos Aires: Ingeis, 2008b. 4 p.
- CAMPANHA, G.A.C. et al. Geocronologia do terreno Apiaí no sul do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO 45 ANOS DE GEOCRONOLOGIA NO BRASIL, 2009, São Paulo. *Boletim de Resumos Expandidos...* São Paulo: IGc-USP, 2009. p. 220-221.
- CAMPANHA, G.A.C. et al. Geocronologia da porção meridional da faixa Ribeira no sul do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 45., 2010, Belém. *Anais...* Belém: SBG, 2010.
- CAMPOS NETO, M.C. Contribuição à litoestratigrafia e estrutura do grupo Açungui no sudoeste do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4., 1983, São Paulo. *Atas...* São Paulo: SBG, 1983.
- CARVALHO, P.I. de; PINTO, E.A. *Reconhecimento geológico da série Assunguy*, Brasil. Rio de Janeiro: Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, 1937. (Boletim, 71).
- CHAPPELL, B.W. Aluminium saturation in I- and S-type granites and the characterization of fractionated haplogranites. *Lithos*, v. 46, p. 535-551, 1999.
- CPRM. *Síntese dos trabalhos de lavra experimental do projeto Pedro Cubas*. CPRM: São Paulo, [S.d.] (inédito). Relatório técnico interno.
- CORDANI, U.G. et al. Geologia da folha de Eldorado, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., 1971, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBG, 1971. p. 103.
- CONDIE, K.C. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? *Lithos*, v. 79, n. 3-4, p. 491-504, 2005.
- CONEY, P.J.; JONES, D.L.; MONGER, J.W.H. Cordilleran suspect terranes. *Nature*, v. 288, p. 329-333, 1980.
- CURY, L.F. *Geologia do terreno Paranaguá*. 2009. 187 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- CURY, L.F. et al. Idades U-Pb (zircões) de 1.75 Ga em granitoides alcalinos deformados dos núcleos Betara e Tigre: evidências de regimes extensionais do Estateriano na faixa Apiaí. *Geol. USP, Sér. cient.*, São Paulo, v. 2, p. 95-108, 2002.
- DARNLEY, A.G. et al. *A global geochemical database for environmental and resource management: recommendations for international geochemical mapping*. Final report of IGCP Project 259. Earth Science Report 19. UNESCO Publishing, Paris, 1995.
- DE LA ROCHE, H.A. et al. Classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major element analyses: its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, v. 29, p. 183-210, 1980.
- DERBY, O.A. Geologia da região diamantífera da província do Paraná no Brasil. *Arq. Mus. Nac.*, Rio de Janeiro, v. 3, p. 89-96, 1878.
- DERBY, O.A. On the magnetic ore districts of Jacupiranga and Ipanema, São Paulo, Brazil. *Amer. J. Sci.*, v. 41, p. 311-321, 1891.
- FALEIROS, A.M. et al. Inclusões fluidas em quartzo de veios auríferos da jazida morro do Ouro, Apiaí-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 45., 2010, Belém. *Anais...* Belém: SBG, 2010.
- FALEIROS, F.M. *Evolução de terrenos tectonometamórficos da Serrania do Ribeira e Planalto Alto Turvo (SP, PR)*. 2008. 306 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- FALEIROS, F.M. et al. Ediacaran high-pressure collision metamorphism and tectonics of the southern Ribeira belt (SE Brazil): evidence for terrane accretion and dispersion during Gondwana assembly. *Precambrian Research*, v. 189, n. 3-4, p. 263-291, 2011.
- FALEIROS, F.M.; MORAIS, S.M.; COSTA, V.S. Unidades litoestratigráficas. In: FALEIROS, F.M.; COSTA, V.S. (Orgs.). *Geologia e recursos minerais da folha Apiaí, SG.22-X-B-V, estados de São Paulo e Paraná, escala 1:100.000*. São Paulo: CPRM, 2012. Programa Geologia do Brasil/Levantamentos Geológicos Básicos. Cap. 4.
- ASSBINDER, E. *A unidade Água Clara no contexto do grupo Açungui: um modelo transpressivo de colisão oblíqua no Neoproterozoico paranaense*. 1996. 207 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- FERREIRA, F.J.F. et al. Contribuição ao estudo do alinhamento estrutural de Guapiara. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1981. *Anais...* Curitiba: SBG, 1981. v. 3, p. 226-240.
- FETTES, D.; DESMONS, J. *Metamorphic rocks: a classification and glossary of terms*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- FROST, B.R. et al. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, n. 42, p. 2033-2048, 2001.
- FUCK, R.A.; BRITO NEVES, B.B.; SCHOBENHAUS, C. Rodinia descendants in South América. *Precambrian Research*, v. 160, p. 108-126, 2008.
- GASPAR, J.C. *Geologie et mineralogie du complexe carbonatitique de Jacupiranga, Brésil*. França, Thèse

- de doctorat, U.E.R. de Science Fundamentales et Appliquées, Université d'Orleans, 344 p. 1989.
- GASPAR, J.C.; WYLLIE, P.J. Magnetite in the carbonatites from the Jacupiranga complex, Brazil. *Amer. Min.*, v. 68, p. 195-213, 1983a.
- GASPAR, J.C.; WYLLIE, P.J. Ilmenite (high Mg, Mn, Nb) in the carbonatites from the Jacupiranga complex, Brazil. *Amer. Min.*, v. 68, p. 960-971, 1983b.
- GASPAR, J.C.; WYLLIE, P.J. The phlogopites from the Jacupiranga carbonatite intrusions. *Cont. Min. Pet.*, v. 36, p. 121-134, 1987.
- GERMAN, A.; MARKER, A.; FRIEDRICH, G. The alkaline complex of Jacupiranga, São Paulo, Brazil: petrology and genetic consideration. *Zentralblatt fuer Geologie und Palaeontologie*, Teil I, Stuttgart, n. 7/8, p. 807-818, 1987.
- GUALDA, G.A.R.; VLACH, S.R.F. The serra da Graciosa A-type granites & syenites, southern Brazil. Part 1: Regional setting and geological characterization. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 79, p. 405-430, 2007a.
- GUALDA, G.A.R.; VLACH, S.R.F. The serra da Graciosa A-type granites & syenites, southern Brazil. Part 2: Petrographic and mineralogical evolution of the alkaline and aluminous associations. *Lithos*, v. 93, p. 310-327, 2007b.
- GUALDA, G.A.R.; VLACH, S.R.F. The serra da Graciosa A-type granites & syenites, southern Brazil. Part 3: Magmatic evolution and post-magmatic breakdown of amphiboles of the alkaline association. *Lithos*, v. 93, p. 328-339, 2007c.
- HACKSPACHER, P.C. et al. Evidence for Neoproterozoic backarc basin development in the central Ribeira belt, southeastern Brazil: new geochronological and geochemical constraints from the São Roque-Açungui groups. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 30, p. 110-114, 2000.
- HARARA, O.M.M. *Mapeamento e investigação petrológica e geocronológica dos litotipos da região do alto rio Negro (PR-SC): um exemplo de sucessivas e distintas atividades magmáticas durante o Neoproterozoico III*. 2001. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- HARTMANN, L.A. et al. Ion microprobe (SHRIMP) dates complex granulite from Santa Catarina, southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 72, p. 560-572, 2000.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. Os granitos e granitoides da região de dobramentos sudeste nos estados de São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. *Anais...* Recife: SBG, 1978. v. 6. p. 2594-2600.
- HEILBRON, M. et al. A evolução tectônica da província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (Org.). *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, 2004. p. 203-234.
- HERZ, N. Timing of spreading in the south Atlantic: information from Brazilian alkalic rocks. *Geological Society of America Bulletin*, n. 88, p. 101-112, 1977.
- HOWELL, G.H. *Principles of terrene analysis: new applications for global tectonics*. London: Chapman & Hall, 1995. 245 p.
- HUSSAK, E. Ueber Brazilit, ein neues tant (niob) mineral von der eisenmine Jacupiranga. *Neues Jb. Min. Geol. Pal.*, n. 2, p. 141-159, 1892.
- HUSSAK, E. Ueber den baddeleyt (syn. Brazilit) von der eisenmine in Jacupiranga, São Paulo. *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, p. 395-411, 1895.
- HUSSAK, E. Ueber die mikrostruktur einiger brasilianischer titanmagneteisenstein. *Jb. Min. Geol. Pal.*, n. 1, p. 94-113, 1904.
- IRVINE, T.N.; BARAGAR, W.R.A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 8, p. 523-548, 1971.
- JANASI, V.A.; LEITE, R.J.; VAN SCHMUS, W.R. U-Pb chronostratigraphy of the granitic magmatism in the Agudos Grandes batholith (west of São Paulo, Brazil): implications for the evolution of the Ribeira belt. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 14, p. 363-376, 2001.
- JONES, D.L. et al. Recognition character, and analysis of tectonostratigraphic terranes in western North America. In: HASHIMOTO, M.; UYEDA, S. (Eds.). *Advances in Earth and planetary sciences*. Tokyo: Terra Sci. Pub. Co, 1983. p. 21-35.
- KAUL, P.F.T. Significado dos granitos anorogênicos da suíte intrusiva Serra do Mar na evolução da crosta do sul-sudeste do Brasil, no âmbito das folhas SG.22 – Curitiba e SG.23 – Iguape. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SGB, 1984. v. 6, p. 2815-2825.
- LE BAS, M.J. et al. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, Oxford, v. 27, p. 745-750, 1986.
- LEITE, R.J. et al. The late- to postorogenic transition in the neoproterozoic Agudos Grandes granite batholith (Apiaí domain, SE Brazil): constraints from geology, mineralogy, and U-Pb geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 23, p. 193-212, 2007a.



- LEITE, R.J. et al. The late- to postorogenic transition in the Apiaí domain, SE Brazil: constraints from the petrogenesis of the neoproterozoic Agudos Grandes granite batholith. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 23, p. 213-235, 2007b.
- LE MAITRE, R.W. *A classification of igneous rocks and glossary of terms*. Great Britain: Blackwell Sci. Pub., 1989.
- LEONARDOS, O.H. *Nota sobre a geologia do distrito de Iporanga, SP*. DNPM: Rio de Janeiro, 1934. (Relatório, 564).
- LEONARDOS, O.H. *Notas petrográficas sobre a série Ribeira do sul do estado de São Paulo*. São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, 1941. p. 7-13. (Boletim, 21, Mineralogia, 4), 1941.
- LOPES JR., L. et al. A prospecção geoquímica descobrindo novas mineralizações auríferas no vale do Ribeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Camboriú. *Anais...* Camboriú: SGB, 1994. v. 3, p. 170-171.
- MACEDO, A.B.; ADDAS, W.; BATOLLA JR., F. Metodologia de prospecção geoquímica em minas do vale do Ribeira (PR). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba, 1981. *Atas...* Curitiba: SGB, 1981. v. I, p. 71-81.
- MACHIAVELLI, A.; BASEI, M.A.S.; SIGA JUNIOR, O. Suíte granítica rio Piên: um arco magmático do Proterozoico superior na microplaca Curitiba. *Geochimica Brasiliensis*, v. 7, n. 2, p. 113-129, 1993.
- MARINI, O.J.; TREIN, E.; FUCK, R.A. O grupo Açungui no estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, v. 23-25, p. 43-104, 1967.
- MARTINS, G.R. Recursos minerais do Ribeira de Iguape. *Min.Metal.*, São Paulo, v. 3, p. 13, 1938.
- MCWILLIAMS, M.O.; HOWELL, D.G. Exotic terranes of western California. *Nature*, v. 297, p. 215-217, 1982.
- MELCHER, G.C. Nota sobre o distrito alcalino de Jacupiranga, estado de São Paulo. *Notas Preliminares e Estudos*, Rio de Janeiro, n. 84, 1954. DNPM/Div. Geol. Min.
- MELCHER, G.C. The carbonatites of Jacupiranga, São Paulo, Brazil. In: TUTTLE, O.F.; GITTINS, J. (Eds.). *Carbonatites*. New York: Intersciences Publishers, 1966. p. 169-181.
- MELO, M.S. *A formação Pariquera-Açu e depósitos relacionados: sedimentação, tectônica e geomorfogênese*. 1990. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.
- MMAJ-JICA. *Report on geological survey of Anta Gorda (phase 1)*. Brasília: Convênio Departamento Nacional de Produção Mineral/Metal Mining Agency of Japan-Japan-International Cooperation Agency, 1981.
- MMAJ-JICA. *Report on geological survey of Anta Gorda (phase 2)*. Brasília: Convênio Departamento Nacional de Produção Mineral/Metal Mining Agency of Japan-Japan International Cooperation Agency, 1982.
- MMAJ-JICA. *Report on geological survey of Anta Gorda (phase 3)*. Brasília: Convênio Departamento Nacional de Produção Mineral/Metal Mining Agency of Japan-Japan International Cooperation Agency, 1983.
- MORAES REGO, L.F. de. *Contribuição ao estudo das formações pré-devoneanas de São Paulo*. São Paulo: Instituto Astronômico e Geofísico de São Paulo, 1933. 60 p.
- MORBIDELLI, L. et al. Petrological and geochemical studies of alkaline rocks from continental Brazil. 3. Fentitization of jacupiranguite by carbonatite magmas in the Jacupiranga complex, SP. *Periódico di Mineralogia*, Rome, v. 55, n. 2-3, p. 261-295, 1986.
- MORGENTAL, A. et al. *Projeto Sudelpa-CPRM*. Relatório final: geologia, v. 1. São Paulo: SUDELPA/CPRM, 1975. 18 v.
- MORGENTAL, A. et al. *Projeto geoquímica no vale do Ribeira: relatório final*. São Paulo, DNPM/CPRM, 1978. 8 v.
- MORGENTAL, A. et al. Pesquisa de ouro no vale do Ribeira: atuação da CPRM. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba. *Atas...* Curitiba: SBG, 1981. p. 56-70.
- MORIKIYO, T.; HIRANO, H.; MATSUHISA, Y. Carbon and oxygen isotopic composition of the carbonates from the Jacupiranga and Catalão I carbonatite complexes, Brazil. *Int. Res. Rev. Coop.*, Japan, p. 96-111, 1987 (Report ITIT Project8316).
- MULLEN, E.D. MnO/TiO<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 62, n. 1, p. 53-62, 1983.
- NELSON, D.R. et al. Geochemical and isotopic systematics in carbonatites and implications for the evolution of ocean-island sources. *Geochim. Cosmochim. Acta*, n. 52, p. 1-17, 1988.
- NOGUEIRA, S.A.A. *Estudo das mineralizações filoneanas auríferas do depósito de Piririca, vale do Ribeira, SP*. 1990. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.



- OLIVEIRA, E.P. Geologia do estado do Paraná. *Bol. Min.Agric. Ind.Com.*, Rio de Janeiro, v. 5, p. 77-143, 1916.
- OLIVEIRA, E.P. *Mapa geológico do estado do Paraná: escala 1:1.000.000*. Rio de Janeiro: Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, 1925.
- OLIVEIRA, E.P. *Geologia e recursos minerais do estado do Paraná*. Rio de Janeiro: Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, 1927. 172 p. (Monografia, 6).
- OLIVEIRA, M.C.B. *Petrologia do maciço granítico Mandira-SP*. 1989. 178 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- OLIVEIRA, M.C.B. et al. Petrologia de parte do maciço granítico Guaraú-SP. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. *Atas...* Curitiba: SBG, 1987. v. 2, p. 571-594.
- PASSCHIER, C.W.; TROUW, R.A.J. *Microtectonics*. Heidelberg: Springer Verlag, 2005.
- PAIVA, I.P.; MORGENTAL, A. *Prospecto ouro nas regiões auríferas dos Agudos Grandes e Morro do Ouro, vale do Ribeira*. São Paulo: CPRM, 1980.
- PASSARELLI, C.R. et al. Geocronologia e geologia isotópica dos terrenos pré-cambrianos da porção sul-oriental do estado de São Paulo. *Geol. USP, Sér. cient.*, São Paulo, v. 4, p. 55-74, 2004.
- PEARCE, J.A. A user's guide to basalt discrimination diagrams. In: WYMAN, D.A. (Ed.). *Trace element geochemistry of volcanic rocks: applications for massive sulphide exploration*. Geological Association of Canada, Short Course Notes 12, 1996. p. 79-113.
- PEARCE, J.A. Role of sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: HAWKESWORTH, C.J.; NURRY, M.J. (Eds.). *Continental basalts and mantle xenoliths*. Nantwich: Shiva Publishing, 1983. p. 230-249.
- PEARCE, J.A.; CANN, J.R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 19, n. 2, p. 290-300, 1973.
- PEARCE, J.A. et al. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, v. 25, p. 956-983, 1984.
- PEREIRA, R.M. et al. Plúton Desemborque: exemplo de corpo a metais raros (Nb, Zr, Hf) e estanho no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 257-267, 2007.
- PEREIRA, R.M. et al. Minerais de metais e elementos raros associados ao granito Desemborque. São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, n. 38, v. 4, p. 591-597, 2008.
- PERROTTA, M.M. *Potencial aurífero de uma região no vale do Ribeira, São Paulo, estimado por modelagem de dados geológicos, geofísicos, geoquímicos e de sensores remotos num sistema de informações geográficas*. 1996. 149 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- PERROTTA, M.M.; CAMPOS NETO, M.C. Potencial aurífero no vale do Ribeira estimado em um sistema de informações geográficas. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 635-644, 1999.
- PERROTTA, M.M. et al. *Mapa geológico do estado de São Paulo: escala 1:750.000*. São Paulo: CPRM, 2005.
- PINTO, G.G. et al. Pesquisa de cobre, chumbo e zinco em rochas do grupo Açungui, município de Iporanga, SP. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. *Atas...* Rio Claro: SBG, 1979. v. 2, p. 117-128.
- PRAZERES FILHO, H.J. *Litogeoquímica, geocronologia (U-Pb) e geologia isotópica dos complexos graníticos Cunhaporanga e Três Córregos, estado do Paraná*. 2001. 180 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- PRAZERES FILHO, H.J. *Caracterização geológica e petrogenética do batólito granítico Três Córregos (PR-SP): geoquímica isotópica (Nd-Sr-Pb), idades (ID-TIMS/SHRIMP) e  $\delta^{180}$  em zircão*. 2005. 207 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- PRAZERES FILHO, H.J. et al. Litoquímica, geocronologia U-Pb e geologia isotópica (Sr-Nd-Pb) das rochas graníticas dos batólitos Cunhaporanga e Três Córregos na porção sul do cinturão Ribeira, estado do Paraná. *Geol. USP, Sér. cient.*, São Paulo, v. 3, p. 51-70, 2003.
- RAMSAY, J.G.; HUBERT, M.I. *The techniques of modern structural geology*. Vol. 1: Strain analysis. New York: Academic Press, 1983.
- RAMSAY, J.G.; HUBERT, M.I. *The techniques of modern structural geology*. Vol. 2: Folds and fractures. New York: Academic Press, 1987.
- RASHID, S.A. The precambrian granitic magmatism in the NE Himalaya: implications for ancient tectonics. In: AHMAD, T.; HIRSCH, F.; CHARUSIRI, P. (Eds.). *Geological anatomy of India and the middle east*. *Journal of Virtual Explorer*, Special Edition, v. 32, paper 5, 2009.
- REIS NETO, J.M. *Faixa Itaiacoca: registro de uma colisão entre dois blocos continentais no*

- Neoproterozoico. 1994. 296 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- RIBEIRO, L.M.A.L. *Estudo geológico e geocronológico dos terrenos granito-gnáissicos e seqüências metavulcanossedimentares da região do Betara*, PR. 2006. Dissertação (Mestrado)–Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- RODEN, M.F.; MURTHY, V.R.; GASPAR, J.C. Sr and Nd isotopic composition of the Jacupiranga carbonatite. *Journal of Geology*, n. 93, p. 212-220, 1985.
- RUBERTI, E.; SCHEIBE, L.F.; GOMES, C.B. The Jacupiranga alkaline complex. In: INTERNATIONAL CONFERENCE GEOCHEMICAL EVOLUTION OF THE CONTINENTAL CRUST, 1988, Poços de Caldas. *Guidebook*, Poços de Caldas, p. 11-25, 1988.
- RUBERTI, E.; MARGUTI, R.L.; GOMES, C.B. O complexo carbonatítico de Jacupiranga, SP: informações gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. *Roteiro das excursões*. São Paulo: SBG, 1992. v. 4.
- SATO, K. et al. Mesoarchean orthogneiss in the Atuba complex in a Neoproterozoic Brazilian mobile belt in SE Brazil: an integrated IDTIMS, EVTIMS and SHRIMP zircon dating study. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ASSEMBLY AND BREAKUP OF RODINIA AND GONDWANA AND GROWTH OF ASIA, 2001, Osaka. *Gondwana Research*, Cotton Hill, Trivandrum-India: St. Joseph's Press, 2001. v. 4. p. 775-777.
- SATO, K. et al. The Atuba complex, southern South American platform: archaic components and paleoproterozoic to neoproterozoic tectonothermal events. *Gondwana Research*, v. 6, p. 251-263, 2003.
- SATO, K. et al. In situ isotopic analyses of U and Pb in zircon by remotely operated SHRIMP II, and Hf by LA-ICP-MS: an example of dating and genetic evolution of zircon by  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  from the Ita Quarry in the Atuba complex, SE Brazil. *Geol. USP, Sér. cient.*, São Paulo, v. 9, p. 61-69, 2009.
- SAWYER, E.W. *Atlas of migmatites*. Quebec: The Canadian Mineralogist, 2008. Special Publication 9.
- SCHERMER, E.R.; HOWELL, D.G.; JONES, D.L. The origin of allochthonous terranes: perspectives on the growth and shaping of continents. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 12, p. 107-131, 1984.
- SCHOBENHAUS, C. et al. *Geologia do Brasil*. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000. Brasília: DNPM, 1984. 501 p. il.
- SHAND, S.J. *Eruptive rocks: their genesis, composition, classification, and their relation to ore-deposits with a chapter on meteorite*. New York: John Wiley & Sons, 1943.
- SIGA JÚNIOR, O. *Domínios tectônicos do sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina: geocronologia e evolução crustal*. 1995. 212 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- SIGA JÚNIOR, O.; BASEI, M.A.S.; MACHIAVELLI, A. Evolução geotectônica da porção nordeste de Santa Catarina e sudeste do Paraná com base em interpretações geocronológicas. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 23, p. 215-223, 1993.
- SIGA JÚNIOR, O. et al. O complexo Atuba: um cinturão paleoproterozoico intensamente retrabalhado no Neoproterozoico. *Geol. USP, Sér. cient.*, São Paulo, v. 26, p. 69-98, 1995.
- SIGA JÚNIOR, O. et al. Geocronologia de rochas gnáissico-migmatíticas e sienograníticas do núcleo Setuva (PR): implicações tectônicas. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 37, p. 114-128, 2007.
- SIGAJUNIOR, O. et al. Lower and upper neoproterozoic magmatic records in Itaiacoca belt (Paraná-Brazil): zircon ages and lithostratigraphy studies. *Gondwana Research*, v. 15, p. 197-208, 2009.
- SIGA JÚNIOR, O. et al. Geology and geochronology of the Betara region in south-southeastern Brazil: evidence for possible statherian (1.80-1.75 Ga) and calymmian (1.50-1.45 Ga) extension events. *Gondwana Research*, v. 19, p. 260-274, 2011.
- SILVA, A.A.G.P. *Projeto Serra do Jabaquara: relatório preliminar de pesquisa de ouro, cobre, chumbo e zinco do município de Capão Bonito (SP)*. São Paulo: CPRM, 1982.
- SILVA, A.T.S.F.; ALGARTE, J.P. Contribuição à geologia da seqüência Turvo-Cajati entre o rio Pardo e Pariquera-Açu, estado de São Paulo. I – Litologia e petrografia. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba. *Atas...* Curitiba: SBG, 1981a. v. 1, p. 109-119.
- SILVA, A.T.S.F.; ALGARTE, J.P. Contribuição à geologia da seqüência Turvo-Cajati entre o rio Pardo e Pariquera-Açu, estado de São Paulo. II – Estrutura, metamorfismo e evolução geotectônica. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba. *Atas...* Curitiba: SBG, 1981b. v. 1, p. 121-132.
- SILVA, A.T.S.F. et al. *Projeto Santos-Iguape: relatório final de geologia*. São Paulo: DNPM/CPRM, 1977.
- SILVA, A.T.S.F. et al. Geologia integrada das folhas Iguape e Cananeia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. *Anais...* Recife: SBG, 1978. v. 1, p. 222-2358.

- SILVA, A.T.S.F. et al. *Projeto integração e detalhe geológico no vale do Ribeira: relatório final de integração geológica*. São Paulo: DNPM/CPRM, 1981. 15 v.
- SILVA, C.R.; CÂMARA, M.M. Depósito de Au e Ag do Ivaporunduva, município de Eldorado Paulista (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. *Anais...* Natal: SBG, 1990.
- SOARES, P.C. Sequências tectonossedimentares e tectônica deformadora no centro-oeste do escudo paranaense. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. *Atas...* Curitiba: SBG, 1987. v. 2, p. 743-771.
- SOARES, P.C. Tectônica colisional em torno do bloco Paraná, Brasil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 7., 1988, Belém. *Anais...* Belém: SBG, 1988. v. 1, p. 63-79.
- STRECKEISEN, A.L. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Review*, v. 12, p. 1-33, 1976.
- STRECKEISEN, A.L. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites, and melilitic rocks: recommendations and suggestions of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. *Geology*, Colorado, v. 7, p. 331-335, 1979.
- SUN, S.-s.; MCDONOUGH, W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: SAUNDERS, A.D.; NORRY, M.J. (Eds.). *Magmatism in the ocean basins*. *Geological Society*, London, Special Publication, n. 42, p. 313-345, 1989.
- TEIXEIRA, A.L.; NEGRI, F.A. Novas ocorrências de depósitos da transição Neoproterozoico-Cambriano na região de Barra do Turvo, sul do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 8., 2003, São Pedro, SP. *Boletim de Resumos...* São Pedro (SP): SBG, 2003. p. 51.
- TEIXEIRA, A.L. et al. Bacias do estágio de transição da plataforma sul-americana. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (Org.). *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, 2004. p. 487-537.
- THORNTON, C.P.; TUTTLE, O.F. Chemistry of igneous rocks. [Part] I: Differentiation index. *American Journal of Science*, v. 258, p. 664-684, 1960.
- TURNER, F.J.; WEISS, L.E. *Structural analysis of metamorphic tectonites*. New York: McGraw Hill, 1968.
- ULBRICH, H.H.G.J.; GOMES, C.B. Alkaline rocks from continental Brazil. *Tectonophysics*, v. 17, p. 135-154, 1981.
- VASCONCELOS, C.S.; CÂMARA, M.M. *Projeto vale do Ribeira: relatório final de pesquisa*. São Paulo: CPRM, 1995.
- VASCONCELOS, C.S. et al. *Projeto Jacupiranga-Rio Guaraú: mapeamento geológico na escala 1:50.000*. São Paulo: Secretaria de Estado de Energia de São Paulo/CPRM, 1999.
- VLACH, S.R.F.; GUALDA, G.A.R. Allanite and chevkinite in A-type granites and syenites of the Graciosa province, southern Brazil. *Lithos*, v. 97, p. 98-121, 2007.
- VLACH, S.R.F. et al. Crystallization ages of the A-type magmatism of the Graciosa province (southern Brazil): constraints from U-Pb (ID-TIMS) dating of coeval K-rich gabbro-dioritic rocks. *J. South. Am. Earth Sc.*, v. 32, p. 407-415, 2011.
- WEBER, W. et al. A formação Água Clara na região de Araçáiba-SP: registro U-Pb de uma bacia mesoproterozoica. *Geol. USP, Sér. cient.*, São Paulo, v. 4, p. 101-110, 2004.
- WHALEN, J.B.; CURRIE, K.L.; CHAPPELL, B.W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 95, p. 407-419, 1987.
- WHITE, I.C. *Relatório final da comissão de estudos das minas de carvão de pedra do Brasil*. Rio de Janeiro: DNPM, 1908. Parte I: p. 1-300; Parte II: p. 301-617. (ed. fac-similar).
- WOOD, D.A. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 50, p. 11-30, 1980.



A elaboração do mapa Geológico e de Recursos Minerais da Folha Eldorado Paulista na escala 1:100.000, resulta de uma ação de governo por intermédio do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, empresa pública vinculada à Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia.

O produto foi executado pela Superintendência Regional de São Paulo, no âmbito do Programa Geologia do Brasil. Conta com levantamentos e análises de dados geológicos, geoquímicos e aerogeofísicos (magnetometria e gamaespectrometria), estudos petrográficos, análises químicas de rochas, geoquímica de sedimentos ativos de corrente e análises mineralométricas de concentrados de bateia.

Esse produto deverá auxiliar os governos dos estados de São Paulo e do Paraná e seus respectivos municípios no estabelecimento de políticas públicas de desenvolvimento regional, na medida em que serve de base para novos estudos mais detalhados de prospecção e exploração mineral de substâncias potenciais para a indústria do cimento e corretivo de solos como calcário, além de mineralizações de Pb-Zn-Ag, W-Mo-Cu, Au, barita e fluorita, bem como outros temas correlatos ao meio físico.

O conhecimento geológico e a divulgação de áreas potencialmente favoráveis à presença de substâncias minerais de valor econômico deverão atrair investimentos por parte de empresas de prospecção e pesquisa mineral, com vistas a contribuir e alavancar a atividade de mineração no país.

## GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA ELDORADO PAULISTA SG.22-X-B-VI

Escala 1:100.000

### ESTADOS DE SÃO PAULO E PARANÁ



### FOLHA ELDORADO PAULISTA – SG.22-X-B-VI JUNHO DE 2013

**PAC** PROGRAMA DE  
ACELERAÇÃO DO  
CRESCIMENTO

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)

#### SERVIÇO DE ATENDIMENTO AO USUÁRIO - SEUS

Tel: 21 2295-5997 – Fax: 21 2295-5897

E-mail: seus@cprm.gov.br

#### OUVIDORIA

Tel: 21 2295-4697 – Fax: 21 2295-0495

E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br