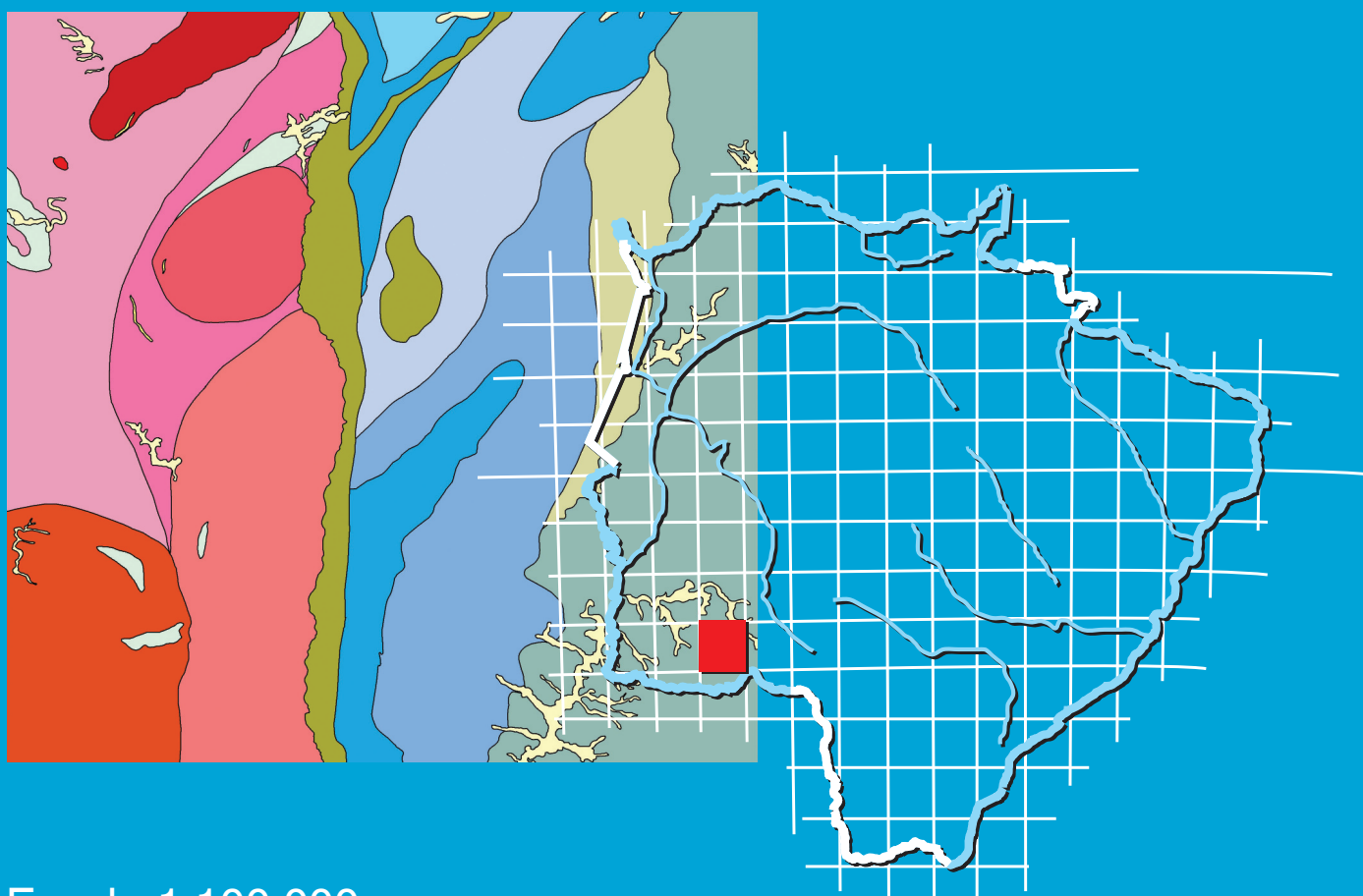


Programa Geologia do Brasil
Levantamentos Geológicos Básicos

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DA FOLHA FAZENDA MARGARIDA
SF.21-X-C-IV



Escala 1:100.000
2014

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 FAZENDA MARGARIDA
SF.21-X-C-IV

ESCALA 1:100.000
ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL



SÃO PAULO
2014

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 Fazenda Margarida – SF.21-X-C-IV –, estado de Mato Grosso do Sul, escala 1:100.000 / Marcio José Remédio ... [et al.] – São Paulo: CPRM, 2014.
106 p.: il. color.

Programa Geologia do Brasil (PGB). Integração e Difusão de Dados de Geologia do Brasil.
ISBN 978-85-7499-228-0

1. Geologia Regional – São Paulo. 2. Recursos Minerais – São Paulo. 3. Estratigrafia – São Paulo. 4. Geotectônica – São Paulo. 5. Petrologia – Mato Grosso do Sul.
I. Remédio, Marcio José.

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 FAZENDA MARGARIDA
SF.21-X-C-IV
ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

Marcio José Remédio
Frederico Meira Faleiros



SÃO PAULO
2014

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

Patricia Düringer Jacques

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 Pizzatto

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

Marcio José Remédio
Frederico Meira Faleiros

CRÉDITOS DE AUTORIA DO RELATÓRIO

RESUMO

Frederico Meira Faleiros
Marcio José Remédio

ABSTRACT

Frederico Meira Faleiros
Marcio José Remédio

1. INTRODUÇÃO

Marcio José Remédio

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Deborah Mendes
Marcio José Remédio
Sérgio Wilians de Oliveira Rodrigues

3. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Marcio José Remédio
Frederico Meira Faleiros
Mariane Brumatti
Vidyã Vieira de Almeida
Vicente Sérgio Costa

4. GEOLOGIA ESTRUTURAL

Frederico Meira Faleiros
Marcio José Remédio

5. GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

Viviane Carillo Ferrari

6. GEOFÍSICA

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

7. RECURSOS MINERAIS

Eduardo Jorge H. Azevedo
Marcio José Remédio

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Marcio José Remédio
Frederico Meira Faleiros

CRÉDITOS DE AUTORIA DA CARTOGRAFIA GEOLÓGICA

Marcio José Remédio (Chefe do Projeto)
Vicente Sérgio Costa

RECURSOS MINERAIS

Marcio José Remédio
Eduardo Jorge H. Azevedo

GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

Viviane Carillo Ferrari

GEOFÍSICA

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

PETROGRAFIA

Vidyã Vieira de Almeida

SIG GEOLÓGICO

Fabrizio Prior Caltabeloti

COLABORAÇÃO

Fabrizio Prior Caltabeloti
Sérgio Wilians de Oliveira Rodrigues
Eduardo Jorge H. Azevedo
Mariane Brumatti
Eduardo Gazoli Longo
Joffre Valmório de Lacerda Filho

APOIO TÉCNICO

Roylane Barbosa
(Técnico Geoquímica Prospectiva – SUREG-SP)
Reinaldo Rodrigues da Gama
(Técnico Geoquímica Prospectiva – 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 FAZENDA MARGARIDA

APOIO TÉCNICO DA CPRM

REGINALDO ALVES DOS SANTOS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

JOFFRE VALMÓRIO DE LACERDA FILHO
SUPERVISOR TÉCNICO REGIONAL (SUREG-GO)

EDILTON JOSÉ DOS SANTOS
DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA-DIGEOP

FREDERICO MEIRA FALEIROS
SUPERVISOR DE GEOLOGIA

MÔNICA MAZZINI PERROTTA
DIVISÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO-DISERE

VIVIANE CARILLO FERRARI
SUPERVISORA DE RECURSOS MINERAIS

JOÃO HENRIQUE GONÇALVES
DIVISÃO DE GEOPROCESSAMENTO-DIGEOP

VIDYÃ VIEIRA DE ALMEIDA
PETROGRAFIA

ANTONIO CARLOS BACELAR NUNES
DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DESENVOLVIMENTO

VIVIANE CARILLO FERRARI
GEOQUÍMICA

ERNESTO VON SPERLING
DEPARTAMENTO DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DIVULGAÇÃO

DENISE ABDO MARCONDES TRINDADE
MARÍLIA MARIA VINIER BRUSTOLINI
ESTAGIÁRIOS

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 Fazenda Margarida é a primeira a ser concluída no âmbito desse programa no estado do Mato Grosso do Sul.

O mapeamento geológico dessa folha na escala 1:100.000 integra, assim como os demais levantamentos geoquímicos e geofísicos realizados no estado de Mato Grosso do Sul, 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 - o mapa em formato pdf. do Projeto Geologia e Recursos Minerais da Folha Fazenda Margarida.

A Nota Explicativa e o Mapa Geológico (escala 1:100.000) da Folha Fazenda Margarida (SG.21-X-C-IV), localizada no estado do Mato Grosso do Sul, 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 Fazenda Margarida (SF.21-X-C-IV) está localizada na porção sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul, sendo limitada pelos meridianos 57°00'W e 56°30'W e paralelos 21°30'S e 22°00'S. O mapeamento geológico em escala 1:100.000 possibilitou uma reformulação substancial no quadro tectonoestratigráfico da região, principalmente com a cartografia de unidades pré-cambrianas até então desconhecidas e a identificação de indícios de mineralizações. As unidades geológicas se relacionam a três domínios geotectônicos principais: Cráton Amazônico (Terreno Rio Apa), Província Tocantins (Faixa Paraguai) e Coberturas Fanerozoicas (Bacia do Paraná e sedimentos cenozoicos).

O Terreno Rio Apa é constituído pela Formação Alto Tererê, Complexo Rio Apa e cinco corpos graníticos intrusivos.

A Formação Alto Tererê compreende enclaves de rochas metassedimentares de baixo a médio grau (micaxisto e quartzito) e de anfibolito encaixadas por rochas gnáissicas e graníticas.

O Complexo Rio Apa foi subdividido em duas unidades informais: Unidade Granítica, dominada por biotita-monzogranito heterogeneamente milonitizado, e Unidade Gnáissica, dominada por biotita-gnaisse bandado, milonítico, de composição monzogranítica. Análises químicas realizadas em rochas dessas unidades apontam para magmatismo com assinaturas das séries calcialcalina de alto-K e alcalina (pós-colisional a anorogênico).

Cinco unidades graníticas até então desconhecidas foram identificadas e caracterizadas: (i) Augengnaisse Rio da Areia (1820 ± 18 Ma), dominado por monzogranito porfiroclástico (blastoporfírico), com assinatura da série calcialcalina de alto-K; (ii) Granito Scardine (1791 ± 19 Ma), dominado por monzogranito equigranular médio a grosso, isotrópico, com assinatura geoquímica da série alcalina de ambiente extensional; (iii) Ortognaisse Santa Clarinha (1735 ± 15 Ma), dominado por hornblenda-biotita-gnaisse monzogranítico, com assinatura geoquímica de magmas calcialcalinos de alto-K; (iv) Granito Sanga Bonita (1721 ± 26 Ma), dominado por biotita-monzogranito, com assinatura geoquímica de magmas calcialcalinos de alto-K; (v) Ortognaisse Espinilho (1716 ± 11 Ma), constituído por biotita-gnaisse bandado, de composição monzogranítica, com assinatura geoquímica de magmas calcialcalinos de alto-K.

O padrão estrutural do Terreno Rio Apa é caracterizado por foliação milonítica de baixo ângulo, anastomosada em larga escala, com variações de orientações de NE a NW, com a foliação geralmente contornando os plútons graníticos mais jovens. Diques de rochas básicas a intermediárias, de direções NW-SE e E-W, cortam todas as litologias do Terreno Rio Apa. Relações estratigráficas sugerem que os diques têm idades entre o Esteniano e o Ediacarano, enquanto análises litogeoquímicas registram assinaturas de basaltos e andesitos toleíticos de médio K de arcos magmáticos.

A Faixa Paraguai compreende rochas carbonáticas e siliciclásticas anquimetamórficas do Grupo Corumbá (Ediacarano), este subdividido nas formações Cerradinho (arenito arcoseano, conglomerado e marga), Bocaina (dolomito estromatolítico), Tamengo (calcário, calcário dolomítico e dolomito) e Guaicurus (filito, quartzito, metarenito e metamarga). O Grupo Corumbá apresenta padrão estrutural regional caracterizado por uma orientação estrutural NNE dominante. A macroestrutura é representada por dobras regionais invertidas, fechadas a apertadas, com eixo NNE/sub-horizontal e vergência para oeste. Falhas de empurrão de mesma orientação e vergência ocorrem nos contatos entre algumas das formações.

Rochas associadas à Bacia do Paraná na folha se restringem à Formação Aquidauana, que compreende camadas de arenito grosso, arenito fino, microconglomerado e conglomerado com matriz arenosa e/ou caulínica.

Complementam o quadro estratigráfico sedimentos cenozoicos associados à Formação Serra da Bodoquena (tufa calcária e micrito) e depósitos aluvionares.

Do ponto de vista econômico, a Formação Tamengo é a unidade mais importante da folha, devido aos depósitos de calcário, utilizado na indústria do cimento e de insumos agrícolas e na construção civil (como brita).

Outros recursos minerais atualmente em utilização compreendem: (i) argila, para uso na indústria cerâmica (Formação Aquidauana); (ii) saibro e cascalho, para pavimentação de rodovias vicinais; (iii) laterita, para uso em construções.

Foram cadastradas ocorrências de pirita, ouro e cassiterita e identificados indícios de mineralizações do tipo Cu-Mo-(Au-W) pórfiro (Granito Sanga Bonita), anomalias geoquímicas de elementos terras-raras (Granito Scardine), bem como minerais-satélites de kimberlitos.

ABSTRACT

The Fazenda Margarida Sheet (SF.21-X-C-IV) is located at the southwestern portion of the Mato Grosso do Sul state, being bounded by longitudes 57°00'W and 56°30'W and latitudes 21°30'S and 22°00'S. Geological mapping at 1:100,000 scale allowed for a substantive reformulation of the tectono-stratigraphic framework of the region, primarily with the cartography of previously unknown Precambrian units. Indications of previously unknown mineralizations were also identified. The geological units are related to three main geotectonic domains: Amazon Craton (Rio Apa Terrane), Tocantins Province (Paraguai Belt), and Phanerozoic Covers (Paraná Basin and Cenozoic sediments).

The Rio Apa Terrane is formed by Alto Tererê Formation, Rio Apa Complex, and by five intrusive granitic bodies.

The Alto Tererê Formation comprises enclaves of low to medium-grade metasedimentary rocks (micaschist and quartzite) and of amphibolite, hosted by granitic and gneissic rocks.

The Rio Apa Complex was subdivided in two informal units: Granitic Unit, dominated by heterogeneously mylonitized biotite monzogranite; and Gneissic Unit, dominated by mylonitic banded biotite gneiss of monzogranitic composition. Geochemical analyzes carried out in rocks from the granitic and gneissic units suggest magmatism of the high-K calc-alkaline and alkaline series (post-collisional to anorogenic).

Five previously unknown granitic plutons were identified and characterized: (i) Rio da Areia Augengneiss (1820 ± 18 Ma), dominated by porphyroclastic (blastoporphyratic) monzogranite with geochemical signature of the syn-collisional high-K calc-alkaline magma series; (ii) Scardine Granite (1791 ± 19 Ma), dominated by coarse- to medium-grained equigranular granite with geochemical signature of the alkaline series of extensional setting; (iii) Santa Clarinha Ortogneiss (1735 ± 15 Ma), dominated by monzogranitic hornblende-biotite gneiss with geochemical signature of high-K calc-alkaline magmas; (iv) Sanga Bonita Granite (1721 ± 26 Ma), dominated by biotite monzogranite with geochemical signature of high-K calc-alkaline magmas; and (v) Espinilho Ortogneiss (1716 ± 11 Ma), composed of banded biotite-gneiss, of monzogranitic composition, with geochemical signature of high-K calc-alkaline magmas.

The structural pattern of the Rio Apa Terrane is characterized by a low-angle mylonitic foliation, anastomosed in large scale, with orientations varying from NE to NW, with the foliation generally surrounding the younger granitic plutons. Dykes of basic to intermediate rocks, with orientation NW-SE and E-W, cut all lithologies of the Rio Apa Terrane. Stratigraphic relationships suggest that the dykes have Stenian to Ediacaran ages, while geochemical analyzes suggest signatures of medium-K-tholeiitic basalts and andesites of magmatic arcs.

The Paraguai Belt comprises very low-grade metamorphic carbonatic and siliciclastic rocks from the Corumbá Group (Ediacaran), subdivided in the Cerradinho Formation (arkosic sandstone, conglomerate and marl), Bocaina Formation (stromatolitic dolomite), Tamengo Formation (limestone, dolomitic limestone and dolomite) and Guaicurus Formation (phyllite, quartzite, metasandstone, metamarl). The Corumbá Group presents a regional structural pattern characterized by a dominant NNE structural orientation. The macrostructure is represented by inverted closed

to tight regional folds with NNE-trending subhorizontal axis and westward vergence. Thrust faults of the same orientation and vergence occur on the contact between some formations.

Rocks associated with the Paraná Basin in the Fazenda Margarida sheet are restricted to the Aquidauana Formation, which comprises layers of coarse-grained sandstone, fine-grained sandstone, microconglomerate and conglomerate with sandy and/or kaolinitic matrix.

Complement the stratigraphic framework Cenozoic sediments associated with the Serra da Bodoquena Formation (calcareous tufa and micrite) and alluvial deposits.

From an economic standpoint the Tamengo Formation is the most important unit of the Fazenda Margarida sheet due to deposits of limestone used in the cement and agricultural inputs industry, and as gravel.

Other mineral resources currently in use include: (i) clay used in the ceramics industry (Formation Aquidauana), (ii) gravel used for vicinal road paving, and (iii) laterite used in buildings.

Occurrences of pyrite, gold and cassiterite were registered; and indications of mineralizations of the Cu-Mo-(Au-W) porphyry type (Sanga Bonita Granite), rare earth elements geochemical anomalies (Scardine Granite), and satellite kimberlite minerals were identified.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Localização e acesso	19
2.2 Materiais e métodos	19
2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	23
2.1 Cráton Amazônico (Terreno Rio Apa).....	23
2.2 Faixa Paraguai	26
2.3 Coberturas fanerozoicas.....	27
2.3.1 Bacia do Paraná	27
2.3.2 Sedimentação cenozoica	27
3 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.....	29
3.1 Terreno Rio Apa (Cráton Amazônico).....	30
3.1.1 Formação Alto Tererê (PP3at).....	30
3.1.2 Complexo Rio Apa (PP3ap).....	31
3.1.2.1 Unidade Gnáissica (PP3apgn)	31
3.1.2.2 Unidade Granítica (PP3apg)	36
3.1.3 Plútons Graníticos Intrusivos no Complexo Rio Apa	38
3.1.3.1 Augengnaisse Rio da Areia (PP4yra)	38
3.1.3.2 Granito Scardine (PP34ys).....	42
3.1.3.3 Granito Sanga Bonita (PP4sb)	44
3.1.3.4 Ortognaisse Santa Clarinha (PP4yscl)	47
3.1.3.5 Ortognaisse Espinilho (PP4yes).....	48
3.1.4 Diques Máficos	49
3.2 Faixa Paraguai	54
3.2.1 Grupo Corumbá (NP3co)	54
3.2.1.1 Formação Cerradinho (NP3ce).....	54
3.2.1.2 Formação Bocaina (NP3bo).....	55
3.2.1.3 Formação Tamengo (NP3t).....	55
3.2.1.4 Formação Guaicurus (NPg)	58
3.3 Bacia do Paraná.....	60
3.3.1 Grupo Itararé (C2P1i).....	60
3.3.1.1 Formação Aquidauana (C2P1a)	61
3.4 Sedimentação cenozoica	61
3.4.1 Formação Serra da Bodoquena (Q2sb)	61
3.4.2 Depósitos Aluvionares (Q2a)	62
4 GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA.....	63
4.1 Domínio Rio Apa (Cráton Amazônico)	63

4.1.1 Estruturas dúcteis	63
4.1.2 Estruturas rúpteis	65
4.2 Faixa Paraguai	66
4.2.1 Estruturas dúcteis	66
4.2.2 Estruturas rúpteis	67
5 GEOQUÍMICA PROSPECTIVA	69
5.1 Métodos	69
5.1.1 Amostragem.....	69
5.1.2 Métodos analíticos.....	69
5.1.2.1 Sedimentos de corrente e solo	69
5.1.2.2 Concentrados de bateia	69
5.2 Tratamento dos dados e resultados obtidos	70
5.2.1 Sedimentos de corrente.....	70
5.2.1.1 Estudo de variância	70
5.2.1.2 Sumário dos estimadores	71
5.2.1.3 Histogramas e tipos de distribuição	71
5.2.1.4 Correlações e análise de agrupamentos	75
5.2.1.5 Distribuição dos elementos e cálculo das anomalias.....	78
5.2.2 Concentrados de bateia	78
5.2.2.1 Destaques mineralógicos.....	79
5.2.3 Solos.....	82
5.2.3.1 Sumário dos estimadores	82
5.2.3.2 Histogramas e cartogramas de solo	84
5.3 Mapa Geoquímico	87
6 GEOFÍSICA	89
6.1 Levantamento aerogeofísico na Folha Fazenda Margarida	89
6.2 Dados utilizados	89
6.3 Interpretação aerogeofísica qualitativa	89
6.3.1 Magnetometria	89
6.3.1.1 Campo magnético total	90
6.3.1.2 Sinal analítico	90
6.3.1.3 Primeira derivada vertical.....	90
6.3.2 Gamaespectrometria.....	90
6.4 Mapa de Interpretação Aerogeofísica de Dados Magnetométricos e Gamaespectrométricos	92
7 RECURSOS MINERAIS	95
7.1 Rochas e minerais industriais e agrominerais	95
7.1.1 Calcário.....	95
7.1.2 Agregados da construção civil.....	96
7.1.2.1 Argila	96
7.1.2.2 Areia	96
7.1.2.3 Saibro e cascalho para pavimentação.....	97

7.1.2.4 Laterita.....	97
7.1.2.5 Pegmatito	97
7.1.2.6 Pirita	97
7.2 Metais não ferrosos	97
7.3 Metais nobres	97
7.4 Áreas com indícios de mineralizações	97
7.4.1 Área I.....	97
7.4.2 Área II	97
7.4.3 Áreas III e V	97
7.4.4 Área IV	99
7.4.5 Áreas VI e VII	99
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

**PROJETO GEOLOGIA E RECURSOS MINE-
RAIS DA FOLHA FAZENDA MARGARIDA
ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL**

1 – INTRODUÇÃO

A Folha Fazenda Margarida (SF.21-X-C-IV) está inserida no Projeto Bonito-Porto Murtinho (MS), desenvolvido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) – Superintendência Regional de São Paulo (SUREG-SP). Com esse estudo, teve-se como objetivo executar o mapeamento geológico, na escala 1:100.000, da área abrangida pela folha, acompanhado de levantamento geoquímico prospectivo e interpretação de dados aerogeofísicos (magnetometria e gamaespectrometria), de modo a se dotar a região de uma cartografia geológica atualizada e caracterizar seu potencial mineral.

No que se refere ao conhecimento geocientífico, as publicações preexistentes na literatura geológica sobre a região de abrangência da folha são restritas e as informações, baseadas em escalas menores, carecem de uniformidade e atualização.

De modo a suprir essa lacuna, apresenta-se uma síntese das informações geradas no projeto, contemplando os novos dados geológicos, de acordo com a atualização do conhecimento, acrescidos de levantamentos geofísicos e geoquímicos prospectivos e dados de ocorrências minerais.

Os resultados alcançados passam a constituir o SIG Geológico final e o GEOBANK (sistema de

bancos de dados geológicos corporativo da CPRM/SGB), sendo disponibilizados ao público no portal da Empresa (<http://www.cprm.gov.br>).

1.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Folha Fazenda Margarida compreende uma área de aproximadamente 2.900 km² na porção sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul (MS). Delimitada pelos meridianos 56°30'W e 57°00'W e paralelos 21°30'S e 22°00'S (Figura 1.1), abrange parte dos municípios de Jardim, Bela Vista, Caracol e Porto Murtinho.

O acesso rodoviário à área se dá a partir de Campo Grande, pela Rodovia BR-060, que corta a parte sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul, seguindo pela BR-267 em direção a Porto Murtinho (Figura 1.1). No interior da região, estradas secundárias, sem pavimentação, interligam fazendas, assentamentos e comunidades.

1.2 MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades de mapeamento geológico e de levantamento de recursos minerais da Folha Fazenda Margarida foram desenvolvidas segundo métodos e normas da CPRM/SGB e consistiram de três etapas: preparatória, principal e final.

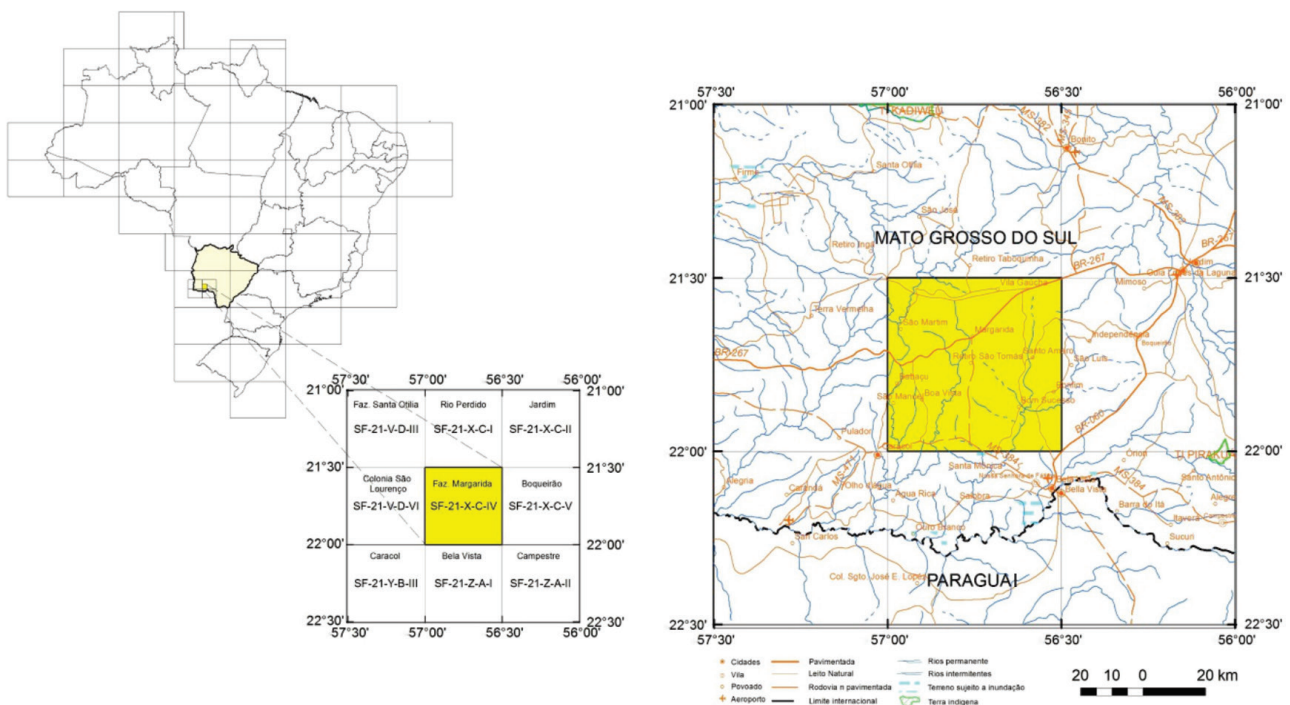


Figura 1.1 – Localização da folha Fazenda Margarida e acessos rodoviários à área (escala 1:100.000).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Na etapa preparatória, procedeu-se à análise do acervo disponível, com aquisição de documentação cartográfica, mapas geológicos preexistentes, bases cartográficas, fotografias aéreas, imagens de satélite LandSat 7 ETM+ (bandas 7, 4 e 2, e fusão com a banda 8), mosaico GeoCover, base de dados aerogeofísicos e dados geocronológicos, litológicos e litoquímicos do GEOBANK.

Essa etapa envolveu, ainda, a interpretação de imagens de satélite e de fotografias aéreas, bem como dos dados geofísicos disponíveis, com a geração de mapas interpretativos de aerogeofísica, estruturais e litológicos. Tais dados, aliados a projetos de mapeamento geológico regionais preexistentes (CORREIA FILHO; MARTINS; ARAÚJO, 1981; JUSTO, 2000; LACERDA FILHO et al., 2006; NOGUEIRA et al., 1978) (Figura 1.2), foram utilizados como subsídio para elaboração do mapa geológico preliminar da Folha Fazenda Margarida. Todas as informações foram georreferenciadas com base em imagens-âncora GeoCover e integradas em um SIG geológico preliminar. Em seguida, procedeu-se ao planejamento das atividades de campo para mapeamento geológico e coleta geoquímica.

A etapa principal do projeto focou, no primeiro momento, o reconhecimento geológico em campo e a revisão da interpretação preliminar. Seguiram-se várias campanhas de campo, com caminhamentos ao longo de perfis estratégicos, principalmente

transversais às unidades geológicas e à estruturação regional, enfatizando relações de contato, metamorfismo, deformação e características mineralógicas, incluindo coleta de amostras de rochas para análises petrográficas, geoquímicas e geocronológicas.

Nessa etapa, foram desenvolvidas atividades de laboratório, tais como: análises geocronológicas pelo método U-Pb em zircão; análises químicas em rocha total e de sedimento de corrente; análises mineralométricas de concentrados de bateia; preparação e descrição de lâminas petrográficas; interpretação de dados de geoquímica exploratória, litogeoquímicos, geocronológicos e estruturais.

As análises químicas em rocha total foram realizadas no Laboratório Acme (Analytical Laboratories Ltd.), em Vancouver (Canadá), onde óxidos de elementos maiores e menores foram determinados por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), e elementos-traço, incluindo elementos terras-raras, foram determinados por espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente (ICP-MS).

Análises geocronológicas pelo método U-Pb LA-ICP-MS (espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente e sistema de ablação a laser) em zircão foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LGI/IG/

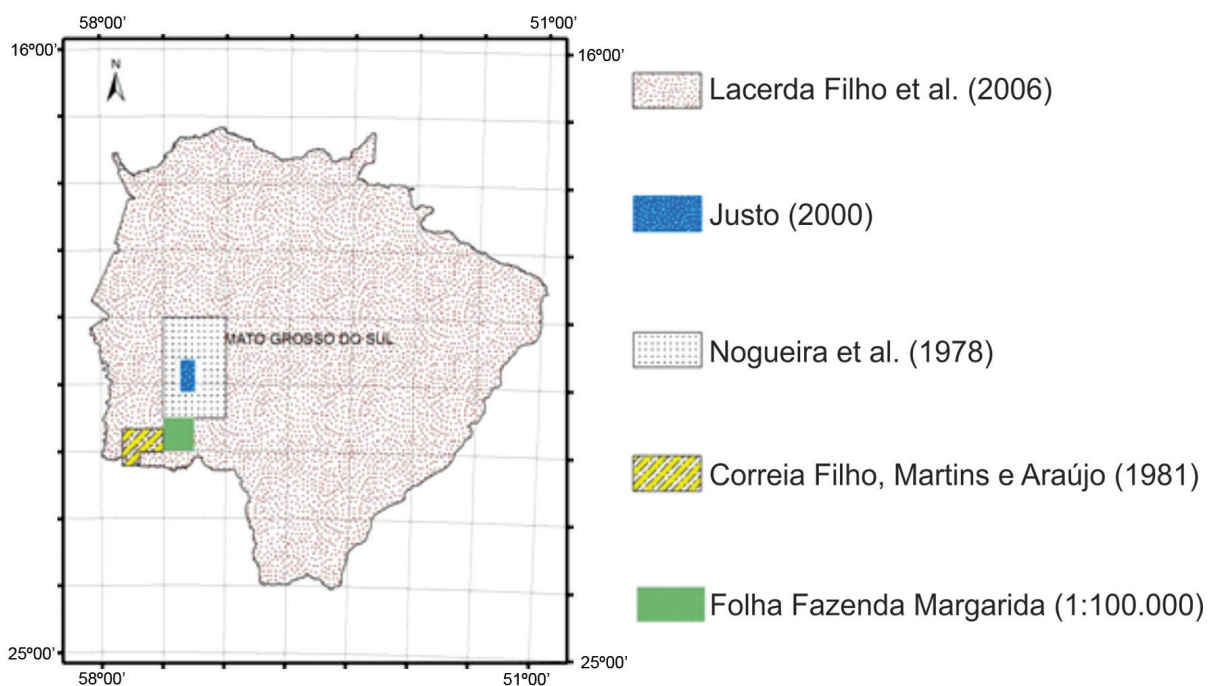


Figura 1.2 – Localização das áreas abrangidas pelos principais mapas geológicos preexistentes, utilizados na fase de integração de dados da folha Fazenda Margarida (escala 1:100.000).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

UFRGS). Utilizou-se para as análises instrumento Neptune da Finnigan, com sistema de ablação acoplado (Nd-YAG *laser* - $k = 213$ nm) da New Wave Research. Os dados foram executados e reduzidos pela professora doutora geóloga Juliana Charão Marques (UFRGS), geóloga Maria Luiza C.C. Rosa (UFRGS) e doutora geóloga Joseneusa Brilhante Rodrigues (CPRM-DF).

Os *mounts* foram confeccionados com resina epóxi (a frio), desgastados e polidos para exposição do interior dos grãos. A superfície do *mount* de cada amostra foi fotografada para identificação dos grãos durante a análise. Imagens de elétrons retroespalhados foram obtidas em microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM-5800, na mesma universidade, para melhor posicionamento dos pontos analíticos.

As determinações seguiram o procedimento apresentado por Bühn et al. (2009). A ablação dos grãos foi realizada em *spots* de 30 μm , com frequência de 10 Hz e intensidade de 0.19 a 1.02 J/cm², o material pulverizado foi carregado por um fluxo

de He (~ 0.40 L/min) e Ar (~ 0.90 L/min), utilizaram-se os padrões internacionais GJ-1 para correções da deriva do equipamento e o fracionamento entre os isótopos de U e Pb, e UQZ, para verificação da acurácia das determinações. Os dados foram adquiridos em 40 ciclos de 1 segundo. O procedimento de coleta de dados seguiu a sequência de leitura: 1 branco, 1 padrão, 4 amostras, 1 branco e 1 padrão. Em cada leitura foram determinadas as intensidades das massas ²⁰²Hg, ²⁰⁴(Pb+Hg), ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb e ²³⁸U. As idades foram calculadas utilizando-se o Isoplot 3.0 (LUDWIG, 2003) e os diagramas (95% de confiança) confeccionados no mesmo programa.

Os dados obtidos em afloramentos e a partir das descrições de lâminas, bem como os resultados de análises geoquímicas e geocronológicas, foram cadastrados e inseridos nas bases de dados (AFLORA/FCAMPO) que integram o GEOBANK.

A etapa final constou da integração dos dados e resultados obtidos, com a elaboração do mapa geológico final, na escala 1:100.000, em ambiente SIG, e deste relatório.

2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Folha Fazenda Margarida esta inserida no âmbito de três domínios geotectônicos distintos: Cráton Amazônico (Terreno Rio Apa), Província Tocantins (Faixa Paraguai) e Coberturas Fanerozoicas (Bacia do Paraná e sedimentos cenozoicos) (Figura 2.1).

2.1 CRÁTON AMAZÔNICO (TERRENO RIO APA)

O Cráton Amazônico (Figura 2.2) é a maior unidade geotectônica em área da América do Sul. Caracterizado por rochas pré-cambrianas não afetadas pela Orogenia Brasileira, ocupa quase toda a região noroeste do Brasil, totalizando, aproximadamente, 430.000 km² (GODOY et al., 2009).

Os primeiros esboços do Cráton Amazônico (ALMEIDA, 1964, 1985; HASUI; ALMEIDA, 1970) apresentam o Terreno Rio Apa como parte integrante dessa unidade geotectônica. Compartimentações tectonogeocronológicas apresentadas por Cordani et al. (1979), Litherland e Bloomfield (1981) e Litherland et al. (1986) consideram o Terreno Rio Apa um segmento crustal alóctone ao Cráton Amazônico,

acrescido à margem cratônica na consolidação da Faixa Tucavaca, gerada pela colisão do Cráton Amazônico com esse terreno. Assim, a Faixa Tucavaca assumiria o *status* de cinturão marginal, ou seja, o limite meridional do Cráton Amazônico. Trabalhos recentes correlacionam o Terreno Rio Apa ao Cráton Amazônico, admitindo que ambos foram unidos antes da instalação da Faixa Tucavaca (CORDANI et al., 2010; LACERDA FILHO et al., 2006; RUIZ; SIMÕES; BRITO NEVES, 2005).

O Terreno Rio Apa (Figura 2.3) corresponde à porção meridional do Cráton Amazônico, ocorrendo no sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul, fronteira com o Paraguai. Em parte, é encoberto por sedimentos da Bacia do Pantanal. É caracterizado, principalmente, por terrenos granítico-gnáissicos paleoproterozoicos.

O conhecimento geológico da região se deve aos mapeamentos geológicos sistemáticos iniciados na década de 1970, desenvolvidos pela CPRM/SGB, seguidos por trabalhos de cartografia regional.

Merecem destaque os mapeamentos nas escalas 1:50.000 (NOGUEIRA et al., 1978); 1:100.000 (CORREIA

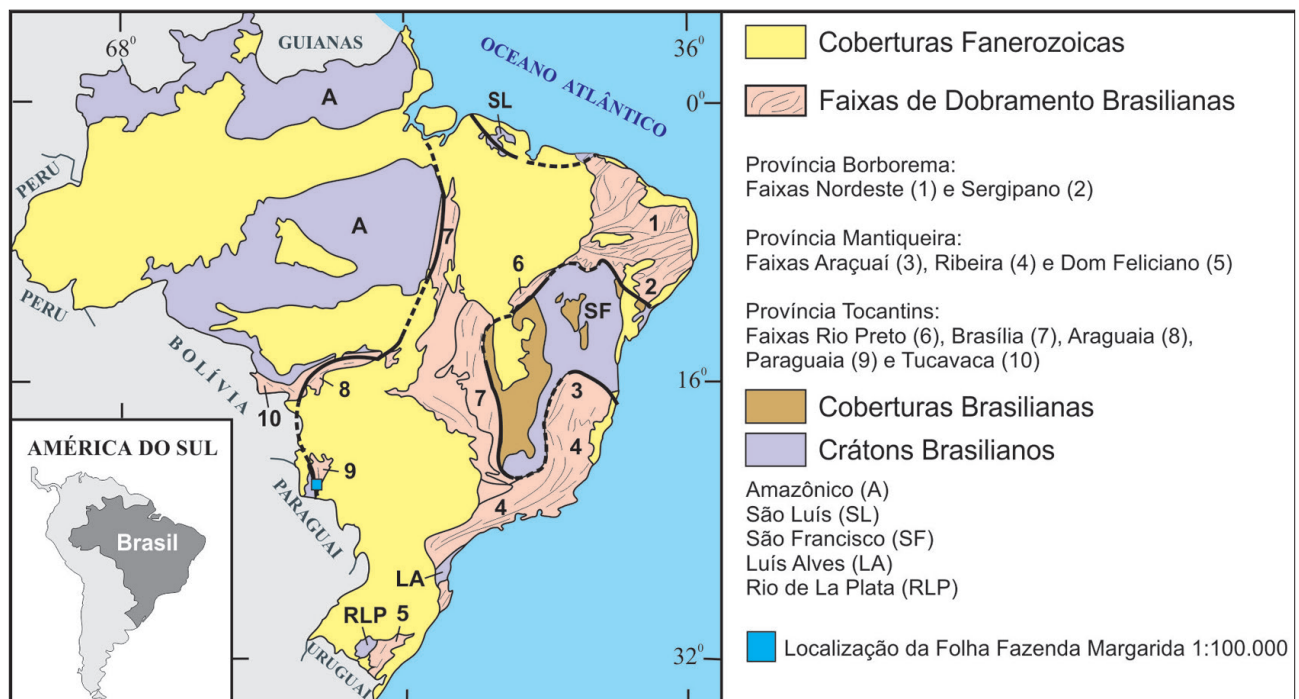


Figura 2.1 – Compartimentação tectônica do território brasileiro, com localização da folha Fazenda Margarida (escala 1:100.000).

Fonte: Adaptado de SCHOBENHAUS et al., 1984.

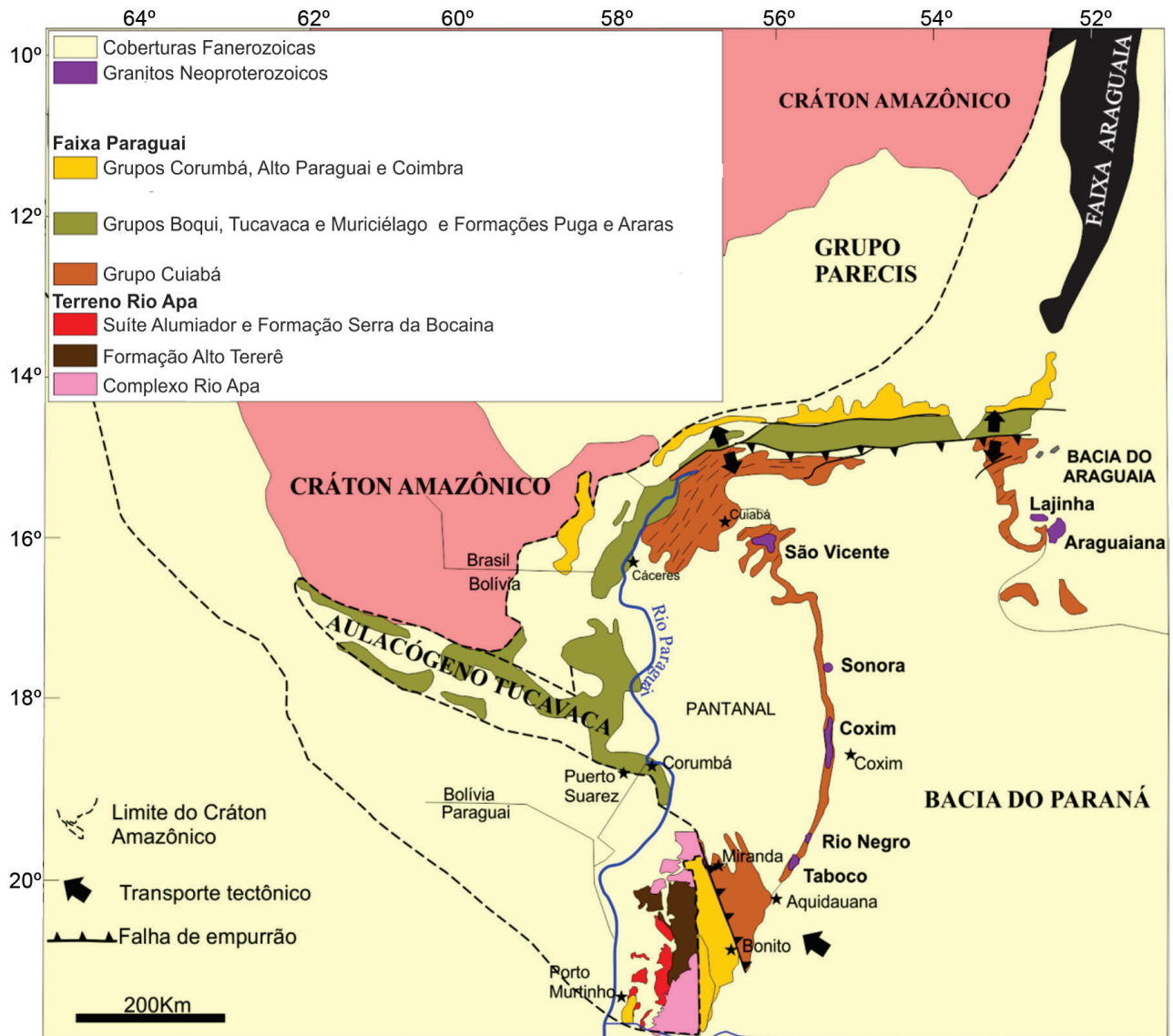


Figura 2.2 – Mapa geológico esquemático do cráton Amazônico e das faixas Paraguai e Tucavaca.

Fonte: Modificado de GODOY et al., 2009.

FILHO; MARTINS; ARAÚJO, 1981; THEODOROVICZ; CÂMARA, 1991); 1:250.000 (ARAÚJO; MONTALVÃO, 1980; CORRÊA et al., 1976; GODOI, 2001; GODOI; MARTINS; MELLO, 2001); 1:1.000.000 (ARAÚJO et al., 1982; DEL'ARCO et al., 1982; GODOI; MARTINS, 1999; LACERDA FILHO et al., 2006; SCHOBENHAUS; OLIVA, 1979; SCHOBENHAUS FILHO; SOARES, 1979); 1:2.500.000 (BIZZI et al., 2003).

Devem-se ressaltar, também, os mapeamentos em escala de semidetalhe (MORAES, 1958; SILVA, 1998) e os trabalhos regionais de âmbito acadêmico (CORDANI et al., 2010; GODOY et al., 2007, 2009; RUIZ; SIMÕES; BRITO NEVES, 2005; SILVA et al., 2006; SILVA; LACERDA FILHO; BRITO, 2006; SILVA; BRITO; LACERDA FILHO, 2007; WIENS, 1986).

As primeiras referências às rochas do Terreno Rio Apa devem-se a Fonseca (1880), Evans (1894) e Lisboa (1909), que descrevem rochas graníticas, gnáissicas e xistosas na região sul do estado de Mato Grosso do Sul.

Segue-se o trabalho de Paiva e Leinz (1939), que inserem os gnaiesses, granitos e micaxistos que ocorrem nessa região na unidade por eles identificada como Escudo Cristalino Fundamental. Almeida (1965a, b), por sua vez, engloba essas litologias na unidade a que denominou Complexo Cristalino Brasileiro.

Corrêa et al. (1976) dividiram o Complexo Cristalino Brasileiro em duas unidades: Complexo Basal – composto por rochas gnáissicas, gnaiesses graníticos e granitos metamorizados na fácies anfífolito – e Associação Metamórfica do Alto Tererê, representada por litotipos considerados mais jovens, de fácies xisto-verde e anfífolito, sendo os mais comuns xistos, quartzitos, biotita-gnaiesses e gnaiesses granatíferos.

Araújo e Montalvão (1980) redefiniram como Complexo Rio Apa o Complexo Cristalino Brasileiro de Almeida (1965a), englobando as rochas gnáissicas e também as rochas da Associação Metamórfica do Alto Tererê.

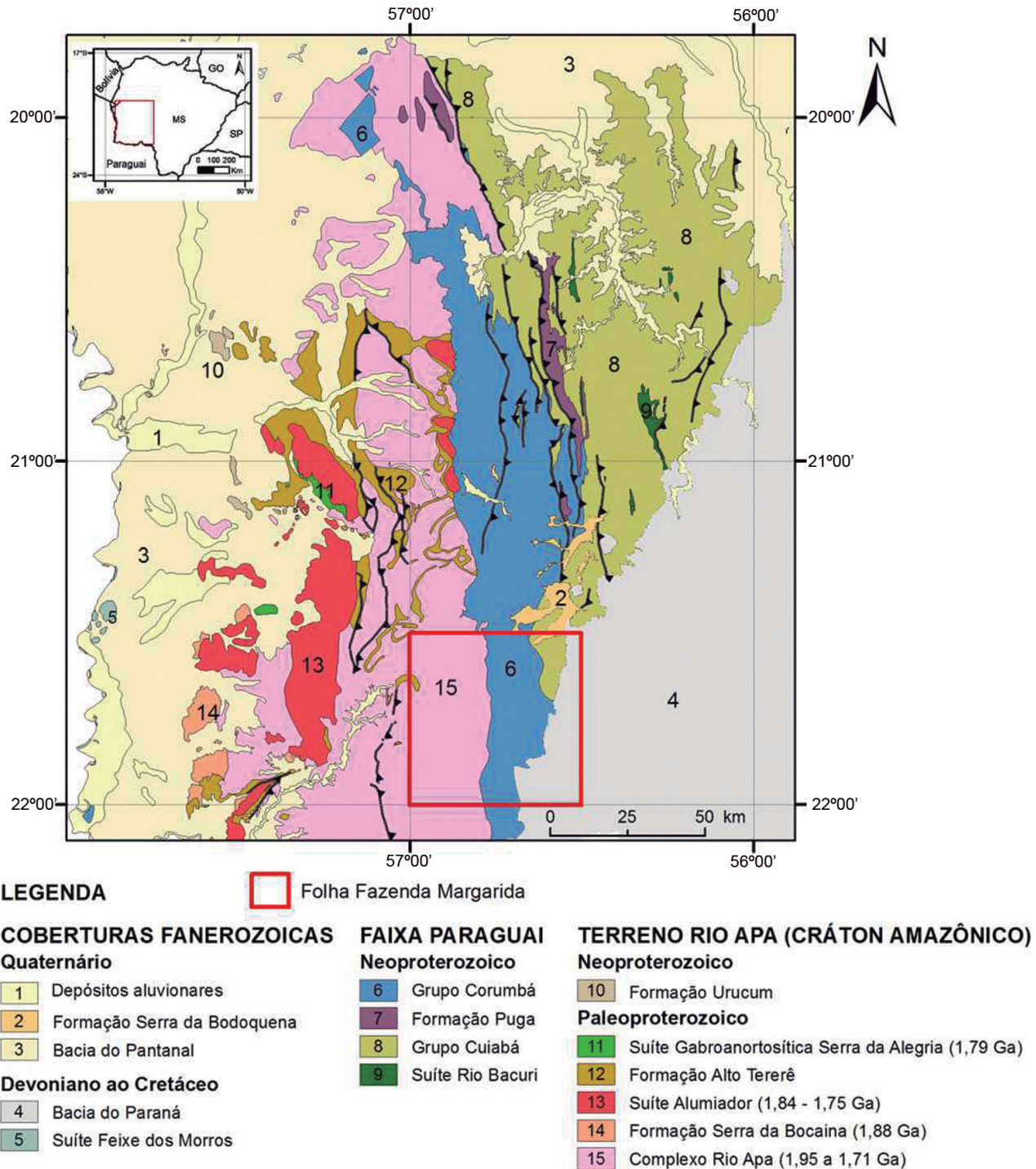


Figura 2.3 – Mapa geológico simplificado, mostrando as relações entre terreno Rio Apa, faixa Paraguai e coberturas fanerozoicas.

Fonte: Modificado de: FALEIROS, CALTABELOTI; PINTO (2014); PAVAN; CALTABELOTI; PINTO (2014).

Lacerda Filho et al. (2006) consideram como Província Rio Apa um conjunto de unidades de idades predominantemente paleoproterozoicas, integrantes do Cráton Amazônico, resultantes da aglutinação de massas continentais em ambiente de arcos magmáticos juvenis, caracterizadas por terrenos granítico-gnáissicos e sequências metavulcanossedimentares individualizados nos seguintes conjuntos litotectônicos:

- Grupo Alto Tererê, representado por rochas supracrustais metavulcanossedimentares de mé-

dio a alto grau, interpretadas como remanescentes de um fundo oceânico;

- Complexo Rio Apa, constituído por rochas granítico-gnáissicas e migmatíticas, tonalitos e granodioritos, interpretado como um arco magmático posteriormente intrudido por corpos graníticos mais jovens;
- Suíte Amoguijá (subdividida em Granito Alumiador e Vulcânicas Félsicas Serra da Bocaina), constituída por rochas plutonovulcânicas áci-

das a intermediárias, interpretadas como associadas a um arco magmático mais jovem em relação ao Complexo Rio Apa. No contexto do “arco” Amoguijá, ocorrem, ainda: Rochas Intrusivas Básicas Morro do Triunfo, Suíte Gabro-anortosítica Serra da Alegria e diques e soleiras básicas associadas.

2.2 FAIXA PARAGUAI

A Faixa Paraguai (ALMEIDA, 1968) constitui um cinturão móvel neoproterozoico (600-540 Ma), situado na porção ocidental da Província Tocantins (Figura 2.3). É caracterizada por uma associação de rochas metassedimentares dobradas, de idade ediacarana, evoluída às margens sul-sudoeste do Cráton Amazônico (Terreno Rio Apa). Os contatos com o Terreno Rio Apa são discordantes e dispostos em longas e estreitas faixas paralelas à borda do cráton, deformadas durante os estágios finais da Orogenia Brasileira (entre 550 e 500 Ma). A Faixa Paraguai possui aproximadamente 1.200 km de comprimento, estendendo-se desde o Paraguai e Bolívia, passando por Corumbá, até atingir a região de Cuiabá, onde inflete para a região da Bacia do Bananal/Araguaia. No entanto, as maiores exposições de rochas dessa faixa restringem-se às regiões das serras da Bodoquena e do Amolar (MS), Província Serrana (MT) e, em menores trechos, às margens da serra Azul (MT) (MANZANO; GODOY; ARAUJO, 2008).

Alvarenga e Trompette (1993) observaram três estágios estruturais em uma deformação progressiva, revelando-se esta mais intensa na zona interna da faixa e com vergência para NW. Ruiz e Santos (1999) denominaram esses estágios como: Domínio Tectônico das Coberturas de Antepaís, Domínio Tectônico Externo e Domínio Tectônico Interno.

Segundo Alvarenga et al. (2000), essa faixa exhibe zonalidades sedimentar, tectônica e metamórfica, as quais permitem o reconhecimento de três compartimentos, que, de oeste para leste, compreendem: (i) Zona Cratônica, com estratos sub-horizontais; (ii) Zona Pericratônica, com dobras holomórficas de grande amplitude; (iii) Zona Bacinal, profunda, metamórfica, com dobras e empurrões com vergência para oeste.

Lacerda Filho et al. (2006) subdividem a Faixa Paraguai em três domínios litotectônicos: Margem Passiva I, Margem Passiva II e Remanescente de Crosta Oceânica.

O Domínio da Margem Passiva I seria representado pela sequência de rochas metassedimentares do Grupo Cuiabá, que configura a sedimentação mais an-

tiga da Faixa Paraguai. Compreende depósitos de plataforma profunda a transicional, englobando filitos e metassiltitos, com intercalações de turbiditos distais, representados por metaconglomerados polimíticos, quartzitos, metarritmitos pelítico-psamíticos.

O Domínio da Margem Passiva II seria caracterizado por uma sedimentação inicial em riftes que progrediu para regime plataformar, de margem passiva. A fase rifte é representada por sedimentos clásticos e químicos, com destaque para formações ferríferas e manganíferas dos depósitos de Urucum, pertencentes ao Grupo Jacadigo. A sedimentação de rifte evoluiu para depósitos glaciomarinhas turbidíticos da Formação Puga, a qual deu lugar a ampla plataforma, representada por quartzitos, pelitos e carbonatos do Grupo Corumbá, no qual se alojam depósitos de fostafo.

O Domínio Remanescente de Crosta Oceânica seria representado por rochas metavulcânicas máficas e metassedimentares (formações ferríferas bandadas, filitos carbonosos, dentre outros) da Sequência Metavulcanossedimentar Rio Bacuri. Estudos litogeoquímicos realizados nas rochas metavulcânicas revelaram assinatura toleítica do tipo MORB, indicando, portanto, um potencial metalogenético para os depósitos de ferro e, provavelmente, manganês, ouro e metais-base.

Parte da porção sul da Faixa Paraguai aflora na porção central da Folha Fazenda Margarida, sendo representada por uma sucessão de rochas metassedimentares pelítico-carbonáticas do Grupo Corumbá.

O Grupo Corumbá foi subdividido por Almeida (1965b) em formações Cerradinho, Bocaina, Tamengo e Guaicurus, proposta adotada neste trabalho. Posteriormente, Boggiani (1997) incluiu a Formação Cadiueus como unidade inferior desse grupo, sugestão adotada por Alvarenga et al. (2000) e Gaucher et al. (2003).

De acordo com Alvarenga et al. (2000), a deposição do Grupo Corumbá teve início na abertura do rifte, com a sedimentação de uma associação mista de rochas carbonáticas e clásticas das formações Cadiueus e Cerradinho, em inconformidade sobre as rochas do Terreno Rio Apa (GAUCHER et al., 2003). A sucessão de litologias inclui calcários, margas e folhelhos da sequência drifte, representada pelas formações Bocaina, Tamengo e Guaicurus.

No Domínio Tectônico das Coberturas de Antepaís afloram rochas do Grupo Corumbá; já no Domínio Tectônico Interno afloram rochas do Grupo Cuiabá (ALMEIDA, 1965a, b).

2.3 COBERTURAS FANEROZOICAS

A sedimentação fanerozoica está representada na área por rochas sedimentares da Bacia do Paraná e sedimentos da Bacia do Pantanal, além de sedimentos cenozoicos encontrados nas encostas e ao longo das drenagens.

2.3.1 BACIA DO PARANÁ

A Bacia do Paraná (Figura 2.3) compreende uma estrutura flexural intracratônica e está representada na área por rochas da Formação Aquidauana (Grupo Tubarão), caracterizada por pacotes de arenito, siltito,

tilito e conglomerado fluvioglacial, de idade permo-carbonífera, correspondente à fase sinéclise da deposição das sequências gondwânicas.

2.3.2 SEDIMENTAÇÃO CENOZOICA

Os sedimentos cenozoicos estão relacionados à Bacia do Pantanal e são representados por sedimentos arenosos e síltico-argilosos fluviais e lacustrinos. Ainda são encontrados sedimentos quaternários, representados por tufas calcárias, travertinos e conglomerados das formações Xaraiés e Serra da Bodoquena, bem como areias e cascalhos das aluviões dos rios.

3 - UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

As unidades geológicas presentes na Folha Fazenda Margarida estão associadas a três domínios geotectônicos principais: Cráton Amazônico (Terreno Rio

Apa), Província Tocantins (Faixa Paraguai) e Coberturas Fanerozoicas (Bacia do Paraná e sedimentos cenozoicos) (Figura 3.1).

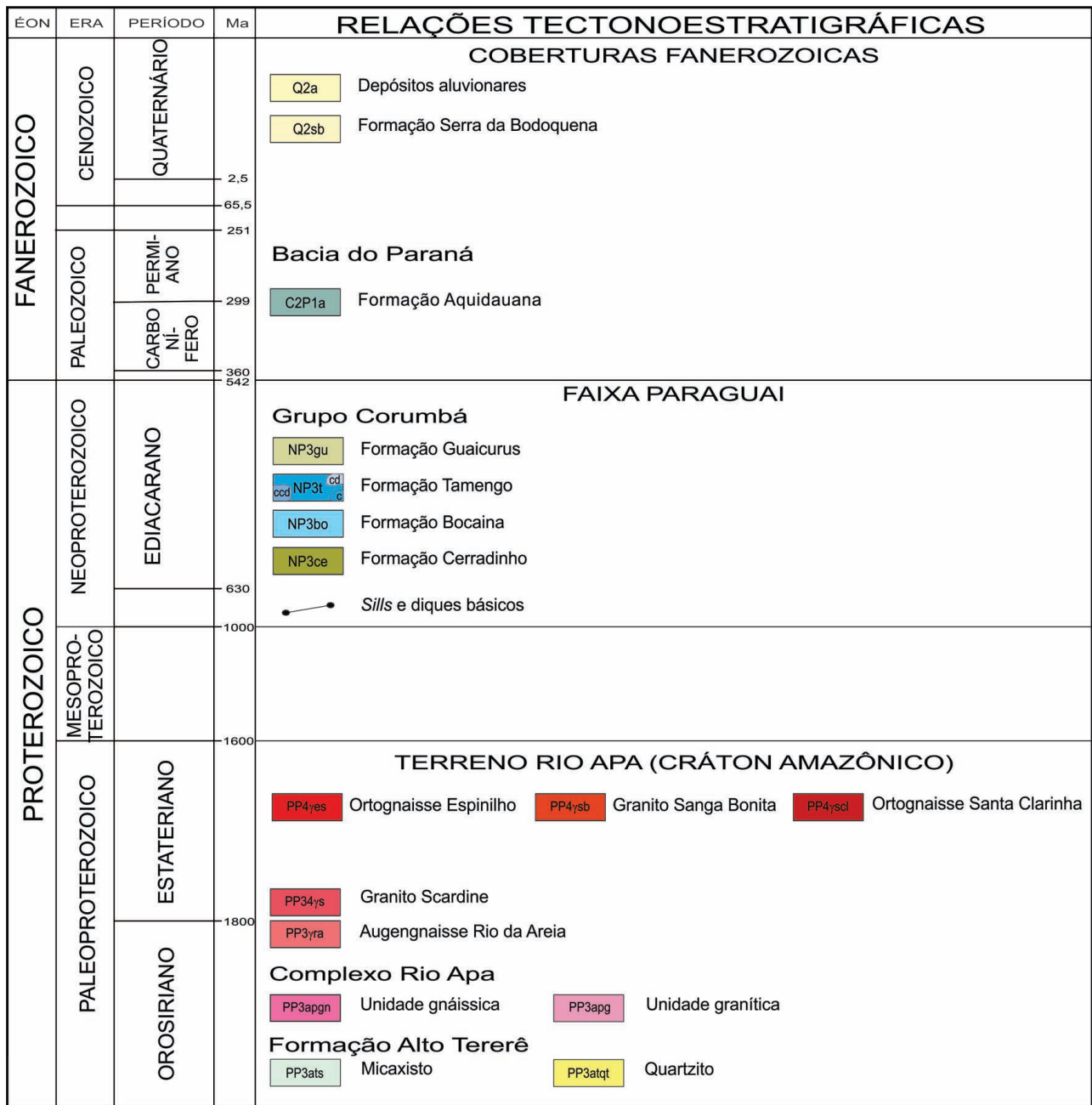


Figura 3.1 – Relações tectonoestratigráficas entre as unidades geológicas presentes na folha Fazenda Margarida (escala 1:100.000).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

3.1 TERRENO RIO APA (CRÁTON AMAZÔNICO)

O Terreno Rio Apa na Folha Fazenda Margarida está subdividido nas seguintes unidades: Formação Alto Tererê, Complexo Rio Apa, Augengnaisse Rio da Areia, Granito Scardine, Ortognaisse Santa Clarinha, Granito Sanga Bonita e Ortognaisse Espinilho (Figura 3.1).

3.1.1 FORMAÇÃO ALTO TERERÊ (PP3at)

A unidade, definida originalmente como Associação Metamórfica do Alto Tererê (CORRÊA et al., 1976), incluía três unidades informais: (i) unidade de biotita-gnaiss (a mais abrangente); (ii) unidade dominada por micaxisto e quartzito metamorfizados em condições de fácies anfíbolito; (iii) unidade dominada por filito e micaxisto metamorfizados em condições de fácies xisto-verde inferior (de ocorrência restrita). Tal denominação, com o mesmo conceito, foi mantida nos mapeamentos subsequentes realizados no final da década de 1970 e início dos anos de 1980 (ARAÚJO; MONTALVÃO, 1980; CORREIA FILHO; MARTINS; ARAÚJO, 1981; NOGUEIRA et al., 1978).

Entretanto, Godoi, Martins e Mello (2001) propõem uma revisão estratigráfica para a Associação Metamórfica do Alto Tererê, restringindo a unidade a rochas de origem metassedimentar e metavulcânica e dela excluindo corpos anteriormente individualizados de biotita-gnaiss, que foram reinterpretados como rochas de origem metassedimentar.

Lacerda Filho et al. (2004, 2006), utilizando o mesmo conceito adotado por Godoi, Martins e Mello (2001), redefinem a unidade como Grupo Alto Tererê, porém, sem subdividi-lo em formações.

Considerando que ambas as definições estão em desacordo com o Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica vigente, propõe-se, com este trabalho, a redefinição da unidade como Formação Alto Tererê, constituída por rochas metassedimentares (quartzito, filito, micaxisto, metaconglomerado, metarcóseo) e metabasitos, ambos metamorfizados em condições variando de fácies xisto-verde inferior a anfíbolito intermediário, com aumento do grau metamórfico de oeste para leste.

As maiores ocorrências contínuas dessa unidade afloram na Folha Aldeia Tomázia (FALEIROS; CALTABELOTI; PINTO, 2013), a noroeste da Folha Fazenda Margarida, e incluem intercalações entre pacotes espessos de filito e quartzito metamorfizados em condições de fácies xisto-verde inferior, com estruturas primárias preservadas.

Na Folha Fazenda Margarida, a Formação Alto Tererê ocorre exclusivamente como enclaves lenti-

culares de micaxisto (PP3ats) e quartzito (PP3atqt), comumente granatíferos, metamorfizados em condições de fácies xisto-verde superior a anfíbolito, encaixados por rochas gnáissicas e graníticas do Complexo Rio Apa e outros corpos graníticos paleoproterozóicos. Ressalta-se que os contatos entre os enclaves e as encaixantes são sempre de natureza tectônica, com ocorrência comum de filonitos derivados tanto dos enclaves como das encaixantes, obscurecendo as relações prévias entre as unidades.

A relação estratigráfica entre o Complexo Rio Apa e a Formação Alto Tererê é atualmente alvo de debates, com a maior parte dos autores considerando a Formação Alto Tererê como unidade mais jovem, com base no empilhamento estratigráfico aparente (CORDANI et al., 2010; CORRÊA et al., 1976; CORREIA FILHO; MARTINS; ARAÚJO, 1981; GODOI et al., 2009; GODOI; MARTINS, 1999; GODOI; MARTINS; MELLO, 2001; LACERDA FILHO et al., 2004; NOGUEIRA et al., 1978).

Lacerda Filho et al. (2006) interpretam que a Formação Alto Tererê apresenta idade mais antiga, em baseados no fato de que boa parte da unidade ocorre como enclaves, interpretados como possíveis xenólitos e tetos pendentes, no Complexo Rio Apa. Entretanto, nunca foi descrito metamorfismo de contato que comprovasse que esses enclaves seriam realmente xenólitos e tetos pendentes, os contatos são sempre de natureza tectônica e não existem dados geocronológicos indicativos da idade de deposição da Formação Alto Tererê. Assim, as relações estratigráficas entre essa unidade e suas encaixantes são especulativas e carecem de investigações posteriores envolvendo geocronologia.

Os corpos mapeados como litofácies micaxisto (PP3ats) compreendem lentes de microclínio-muscovita-quartzo-xisto, granada-silimanita-quartzo-muscovita-xisto, granada-silimanita-muscovita-quartzo-xisto, granada-muscovita-quartzo-xisto, biotita-feldspato-muscovita-quartzo-xisto, muscovita-biotita-clorita-metarcóseo, epidoto-quartzo-xisto e plagioclásio-quartzo-epidoto-xisto, além de lentes de muscovita-quartzo-xisto milonítico. Todos os litotipos apresentam intercalações de camadas de quartzito subordinadas. Geralmente, os xistos são miloníticos e exibem foliação lenticularizada, com tramas SC associadas. Localmente, essa foliação apresenta-se dobrada em padrão isoclinal intrafolial. Uma lente de maior espessura de muscovita-quartzo-xisto milonítico, dobrada, encaixada pela Unidade Granítica do Complexo Rio Apa, apresenta assinatura radiométrica bastante distinta em relação às rochas graníticas encaixantes, caracterizada por valores relativamente mais baixos de radioelementos. As rochas portadoras de granada apresentam granada milimétrica a, localmente, centimétrica, e

bandamento composicional marcado por leitos enriquecidos e empobrecidos em quartzo. A estrutura principal consiste de xistosidade lenticularizada, paralela ao bandamento, com porfiroblastos envolvidos por sombras de deformação assimétricas.

As lentes de quartzito (PP3atqt) são dominadas por muscovita-quartzito milonítico, de granulação média, comumente com granada. A estrutura principal compreende xistosidade ou clivagem disjuntiva (S_1), paralela a bandamento metamórfico, com intercalações entre leitos quartzosos e lâminas ricas em muscovita. Ocorre clivagem S_2 oblíqua a S_1 , definida pela orientação de cristais isolados de muscovita. Localmente, ocorrem tramas SC.

Lentes de anfibolito não mapeáveis na escala de trabalho compreendem rochas cinza-escuro-esverdeadas, de granulação média a grossa, normalmente com bandamento definido pela intercalação de lâminas ricas em hornblenda e lentes com concentração de plagioclásio e, por vezes, epidoto. Ocorre xistosidade paralela ao bandamento composicional definida pela orientação preferencial de forma de hornblenda e plagioclásio. A mineralogia essencial consiste de hornblenda e plagioclásio. Localmente, quartzo alcança 10-22% e clinopiroxênio, 15%, em volume, em amostras distintas. Epidoto, clorita, titanita, minerais opacos, biotita e apatita são os acessórios mais comuns.

3.1.2 COMPLEXO RIO APA (PP3ap)

Compreende uma associação de rochas graníticas e gnaisses originalmente descrita como integrante do Complexo Cristalino Brasileiro (ALMEIDA, 1965a), e, posteriormente, redefinida como Complexo Basal (CORRÊA et al., 1976; CORREIA FILHO; MARTINS; ARAÚJO, 1981; NOGUEIRA et al., 1978).

Araújo e Montalvão (1980) redefiniram a unidade como Complexo Rio Apa, englobando tanto as rochas ortoderivadas do Complexo Basal como as rochas da Associação Metamórfica do Alto Tererê. Godoi, Martins e Mello (2001) restringem a denominação Complexo Rio Apa às rochas graníticas e gnáissicas ortoderivadas, proposição seguida pela maioria dos trabalhos posteriores (CORDANI et al., 2010; LACERDA FILHO et al., 2004, 2006).

No sudoeste do Mato Grosso do Sul, o Complexo Rio Apa apresenta uma distribuição norte-sul (Figura 2.3), prolongando-se para o nordeste do Paraguai, exibindo uma paisagem homogênea de relevo arrasado e cotas baixas, ou exposta de forma localizada entre os sedimentos quaternários da Bacia do Pantanal. É limitado, a leste, por rochas pelítico-carbonáticas do Grupo Corumbá, depositadas em discordância

erosiva e angular; a oeste, está recoberto por sedimentos quaternários da Bacia do Pantanal.

As rochas do Complexo Rio Apa exibem uma estruturação dúctil de baixo ângulo com vergência principalmente para leste, aparentemente sem deformação dúctil associada à Faixa Paraguai. Isso é corroborado pela ausência de deformação nas rochas da Formação Cerradinho (Grupo Corumbá), nas regiões em que esta repousa em discordância angular e erosiva sobre rochas do Complexo Rio Apa e plútons graníticos nele intrusivos.

Dados geocronológicos disponíveis indicam que as rochas do Complexo Rio Apa foram geradas entre 1,95 e 1,75 Ga, e, posteriormente, metamorfizadas em condições de fácies xisto-verde a anfibolito (LACERDA FILHO et al., 2006). Dados Ar-Ar em biotita indicam que as rochas se resfriaram principalmente no período de cerca de 1.3 Ga (CORDANI et al., 2010), mostrando que foram deformadas e metamorfizadas durante a Orogenia Rondoniana-San Inácio (1.3 Ga).

Na região de trabalho, o Complexo Rio Apa foi subdividido em duas unidades: Granítica (PP3apg) e Gnáissica (PP3apgn) (Figura 3.2).

3.1.2.1 UNIDADE GNÁISSICA (PP3apgn)

A Unidade Gnáissica do Complexo Rio Apa apresenta formato sigmoidal em planta, ocupando cerca de 140 km² de área na porção central da Folha Fazenda Margarida (Figura 3.2). Apresenta-se em contato tectônico com a unidade granítica, a oeste, ao longo da Zona de Cisalhamento Serra do Perdido. A leste, a unidade é recoberta, em discordância erosiva, pela Formação Cerradinho (Grupo Corumbá) (Figuras 3.3 e 3.4).

O contato com o Augengnaisse Rio da Areia é também tectônico, embora possa representar um antigo contato intrusivo, posteriormente deformado. A Unidade Gnáissica do Complexo Rio Apa pode ser claramente distinguida da unidade granítica por seu padrão radiométrico, caracterizado por teores consideravelmente mais baixos de potássio, e presença de lentes de anfibolito, ausentes na unidade granítica.

Macroscopicamente, a unidade é constituída por gnaisse bandado e, subordinadamente, por rochas graníticas heterogeneamente deformadas. As rochas gnáissicas apresentam granulação média a fina e bandamento composicional de espessura milimétrica a centimétrica, com intercalações entre leitos quartzofeldspáticos róseos hololeucocráticos e leitos cinza-claro relativamente ricos em biotita, exibindo evidências macroscópicas de migmatização (Figuras 3.5 e 3.6).

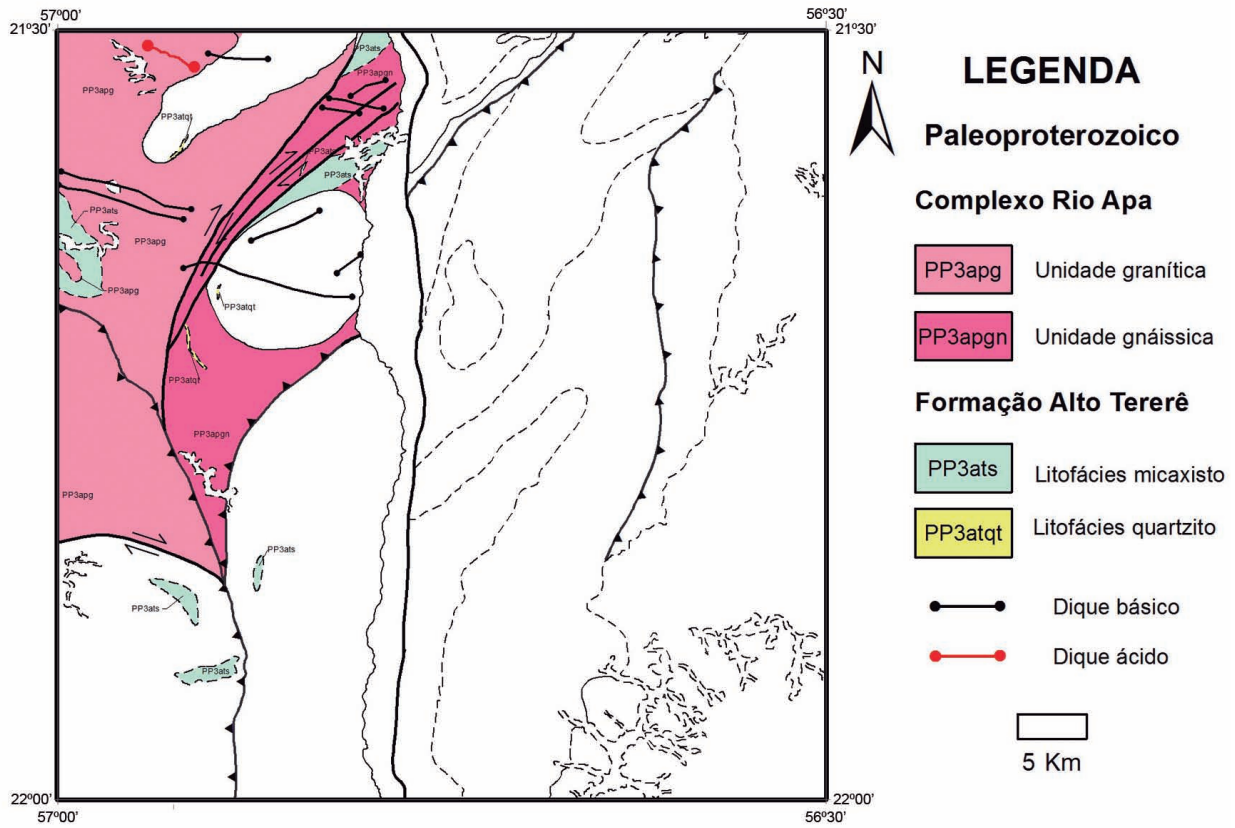


Figura 3.2 – Mapa geológico simplificado, ressaltando as unidades granítica e gnáissica do complexo Rio Apa e a formação Alto Tererê.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.



Figura 3.3 – Contato das rochas do complexo Rio Apa com as rochas da formação Cerradinho (faixa Paraguaí) (vista geral do afloramento MR-065).
Fotografia: Vicente Sérgio Costa, 2008.

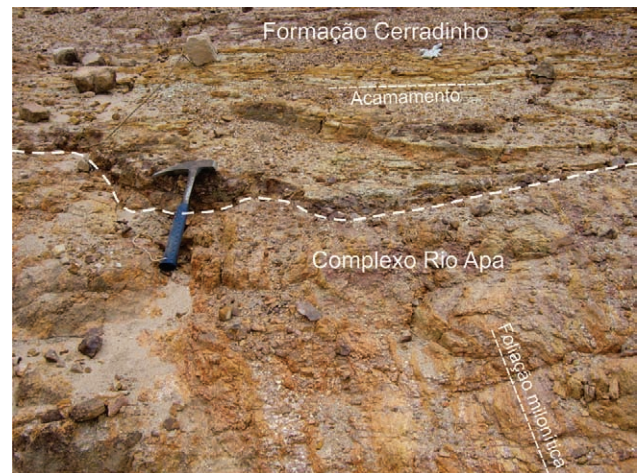


Figura 3.4 – Detalhe de contato erosivo entre rocha da formação Cerradinho, com acamamento sub-horizontal, e gnaíse do complexo Rio Apa (afloramento MR-065).
Fotografia: Vicente Sérgio Costa, 2008.

As rochas graníticas são constituídas por granito equigranular médio a fino, foliado, com cores rosa, rosa-acinzentado, marrom-esverdeado e marrom-avermelhado. Apresentam passagens entre termos brechados, cataclásticos, protomiloníticos e miloníticos.

Em termos modais, as rochas gnáissicas e graníticas são essencialmente monzograníticas (Figura 3.7),

com mineralogia essencial representada por quartzo, microclínio e plagioclásio (andesina). Biotita é o mineral máfico quase sempre presente, com proporções geralmente entre 2 e 5%; localmente, atinge de 10 a 15% em volume. Zircão, minerais opacos e titanita são os acessórios mais comuns, enquanto hornblenda e granada ocorrem ocasionalmente. Epidoto e clorita são minerais secundários.

Procedeu-se a análises químicas em rocha total para sete amostras de biotita-gnaiss e de um enclave diorítico (Quadro 3.1).

As amostras podem ser divididas em dois grupos principais – Gn-1 e Gn-2 –, com base no padrão geoquímico, evidenciados, principalmente, pelo comportamento dos elementos-traço.



Figura 3.5 – Aspecto macroscópico da unidade gnáissica do complexo Rio Apa (notar a ocorrência de leucossoma paralelo ao bandamento gnáissico).
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.



Figura 3.6 – Aspecto macroscópico da unidade gnáissica do complexo Rio Apa (notar a intensa lineação de estiramento nos planos de foliação na porção superior direita da fotografia).
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

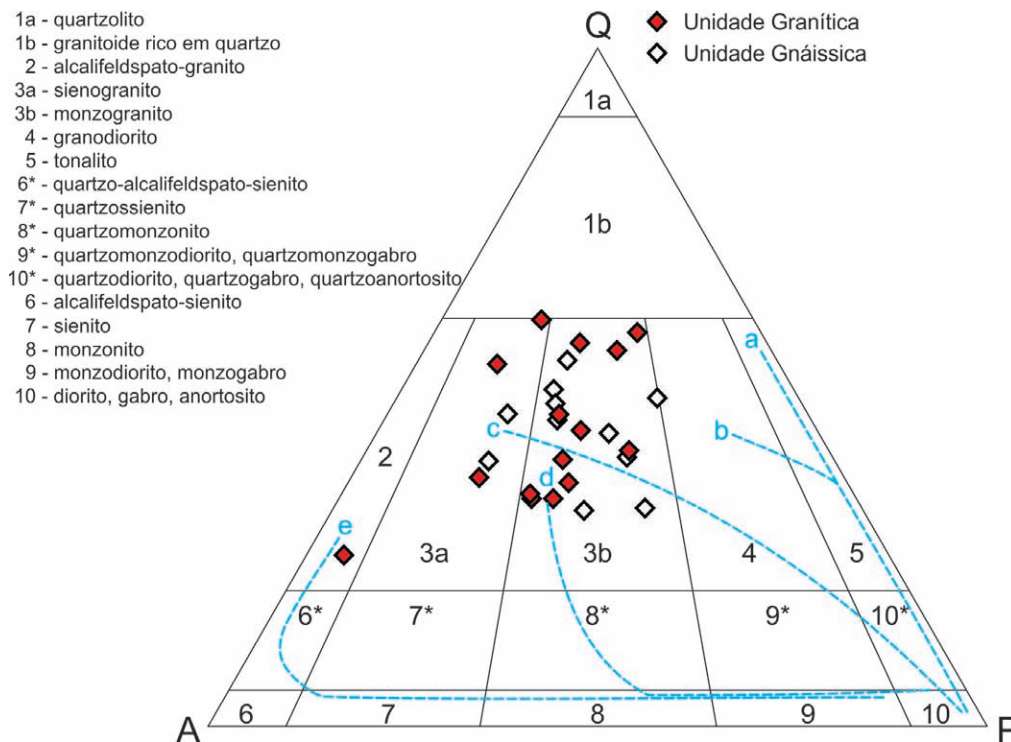


Figura 3.7 – Diagrama QAP, com amostras das unidades granítica e gnáissica do complexo Rio Apa.
Fonte: STREICKEISEN, 1976.

Nota: As linhas em azul se referem às tendências de séries granitoides, segundo Lamayre e Bowden (1982) e Bowden et al. (1984): a = toleítica; b = calcialcalina ou trondhjemítica; c = calcialcalina; d = subalcalina monzonítica ou shoshonítica; e = alcalina e peralcalina.

ELEMENTO	AMOSTRA							
	MR-317-R	MR-325-R	MR-061B-B-R	MR-062-B-R	MR-235-RA	MR-061-RA [†]	MR-060-E-R	MR-223-RA [†]
Percentual de Peso (%)								
SiO ₂	79,93	79,80	78,70	78,28	78,09	76,23	75,61	75,58
TiO ₂	0,14	0,17	0,15	0,15	0,26	0,19	0,24	0,51
Al ₂ O ₃	10,69	9,90	11,00	10,96	11,14	12,21	12,68	12,47
Fe ₂ O ₃	1,14	2,59	2,03	2,48	1,80	2,72	2,33	3,30
FeO ¹	0,92	2,10	1,65	2,01	1,46	2,20	1,89	2,68
MnO	0,04	0,03	0,03	0,05	0,02	< 0,01	0,08	0,08
MgO	0,09	0,03	0,04	0,06	0,17	0,02	0,09	0,41
CaO	0,34	0,15	0,20	0,24	0,51	0,27	0,46	3,53
Na ₂ O	2,92	1,70	3,29	2,92	2,57	3,27	3,82	3,40
K ₂ O	4,73	5,63	4,56	4,90	5,48	4,86	4,70	0,65
P ₂ O ₅	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,22	< 0,01	0,08
Total	100,00	100,00	100,01	100,03	100,05	99,99	100,01	100,02
LOI	0,09	0,18	0,19	< 0,01	0,09	0,45	0,28	0,17
K ₂ O/Na ₂ O	1,62	3,32	1,39	1,68	2,13	1,48	1,23	0,19
#mg	9,21	1,57	2,54	2,75	10,63	1,28	5,27	15,21
ppm								
Ni	1,2	2,3	0,8	2,1	1,90	1,60	1,9	2,30
Co	< 0,1	0,5	< 0,1	0,1	0,90	0,50	0,3	2,60
Cu	2,2	5,1	3,4	14	6,90	10,90	4,4	9,40
Pb	3,1	5,2	8,6	15,8	6,30	11,60	7	5,10
Zn	14	12	130	97	39,00	16,00	142	83,00
Rb	273	218	216	225	98,90	125,00	174	72,00
Cs	1,39	0,75	0,24	0,38	0,33	0,14	0,68	1,89
Ba	62	146	33	158	343,00	47,00	1066	319,00
Sr	16	55,8	9,4	26,1	33,60	9,90	44,9	235,00
Ga	15,8	21,6	24,1	23,8	5,20	17,70	19,4	18,10
Ta	1,83	0,11	1,07	1,81	0,89	1,21	1,72	4,03
Nb	9,78	13,77	21,8	25,45	6,75	15,23	17,8	15,49
Hf	3,16	21,93	18,42	17,32	3,95	15,28	9,54	11,64
Zr	73,3	583	486	495	265,00	436,00	323	291,00
Y	43,18	118,74	103	92,69	11,99	21,24	66,97	41,90
Th	16,8	25,2	22,7	23,7	10,60	15,00	17,4	18,10
U	1,63	3,9	3,16	6,09	2,11	3,64	4,48	4,09
La	33,8	57,4	74	78,3	33,50	6,40	66,3	68,40
Ce	65,6	151,4	148,9	165,2	76,40	36,00	136,1	134,90
Pr	8,52	17,89	19,8	21,84	9,33	1,98	16,94	18,53
Nd	33,4	71,1	71,3	78,1	32,70	7,30	62,9	63,60
Sm	6,2	17,9	16,9	22,4	6,00	2,60	13	12,70
Eu	0,38	0,46	0,38	0,54	0,30	0,14	2,32	3,11
Gd	7,57	22,28	23,58	25,21	5,14	3,86	15,74	11,50
Tb	1,32	3,99	3,18	4,06	0,95	1,06	1,97	2,26
Dy	6,38	24,81	21,04	16,97	5,34	7,72	12,07	10,04
Ho	1,68	4,46	3,5	3,77	1,19	2,07	2,36	2,68
Er	4,41	13,33	9,88	9,65	3,38	7,46	8,41	6,69
Tm	0,6	1,71	1,76	1,61	0,51	1,28	0,93	1,34
Yb	4,8	11,2	9,7	11,3	3,30	8,20	7,6	6,50
Lu	0,68	1,68	1,96	1,57	0,55	1,28	1,17	1,31
Ba/Sr	3,88	2,62	3,51	6,05	10,21	4,75	23,74	1,36
LaN/YbN	4,75	3,46	5,14	4,67	6,84	0,53	5,88	7,09
Eu/Eu*	0,17	0,07	0,06	0,07	0,17	0,14	0,50	0,79

Quadro 3.1 – Resultado de análises químicas em rocha total para amostras da unidade gnáissica do complexo Rio Apa. Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

([†]) Amostra não utilizada na interpretação dos resultados; (¹) FeO calculado.

No grupo Gn-1, os conteúdos de sílica e álcalis são pouco variáveis nos intervalos de 78-80% e 7,3-8,5%, respectivamente (Quadro 3.1). Todas as amostras são fracamente peraluminosas, fato condizente com a presença de biotita como principal mineral máfico, e apresentam alto conteúdo de K_2O (4,7-5,6%) e alta razão FeO_T/MgO . Quanto aos padrões dos elementos terras-raras (ETR) (Figura 3.8a), normalizados pelo condrito de Boynton (1984), as amostras apresentam elevados conteúdos totais de ETR, leve fracionamento de ETR leves, padrão mais plano para ETR pesados e fortes anomalias negativas de Eu. Esse padrão é tipicamente encontrado em granitoides do tipo A. Com relação aos conteúdos totais de ETR, as amostras Gn-1 podem ser subdivididas em dois grupos: um mais enriquecido (Gn-1a), na porção norte da unidade, e um empobrecido (Gn-1b), na porção sul (Figura 3.8a). Os padrões multielementos (Figura 3.8b), normalizados pelo manto primitivo de Wood et al. (1979) para ambos os subgrupos, também apresentam características típicas de granitoides do tipo A: elevados teores de elementos de alta força de campo (High Field Strength Elements (HFSE)), notada-

mente Ta, Nb, Y e Yb, e fortes anomalias negativas de Ba, Sr e Ti. O conteúdo de fósforo está abaixo do limite de detecção na maioria das amostras.

O grupo Gn-2 distingue-se do Gn-1 basicamente por menores teores de sílica (em torno de 75,5%) e anomalia negativa de Eu consideravelmente mais fraca (Figura 3.8a). À exceção de Eu, o comportamento dos outros ETR é similar aos de Gn-1: elevados conteúdos totais de ETR, leve fracionamento de ETR leves e padrão mais plano para ETR pesados. Os padrões multielementos também são muito similares, com elevados teores de Ta, Nb, Y e Yb e fortes anomalias negativas de Sr e Ti. De forma geral, os padrões geoquímicos das amostras Gn-2 também apontam para afinidades de granitoides do tipo A.

A análise conjunta de todas as amostras em diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971) indica uma tendência próxima ao eixo A-F do diagrama (Figura 3.9), uma característica comum de magmatismo da série alcalina.

No diagrama tectônico de Pearce, Harris e Tindle (1984), as amostras dos grupos Gn-1a e Gn-2 se posicionam no campo dos granitos intraplaca (Figura 3.10a), enquanto as amostras de Gn-1b, no campo de granitos de arcos vulcânicos, porém no campo superposto ao dos granitos pós-colisionais. No diagrama R_1-R_2 modificado por Batchelor e Bowden (1985), as rochas seguem a linha de tendência dos granitos anorogênicos (Figura 3.10b). Todas essas características, em conjunto, corroboram a afinidade com magmatismo do tipo A.

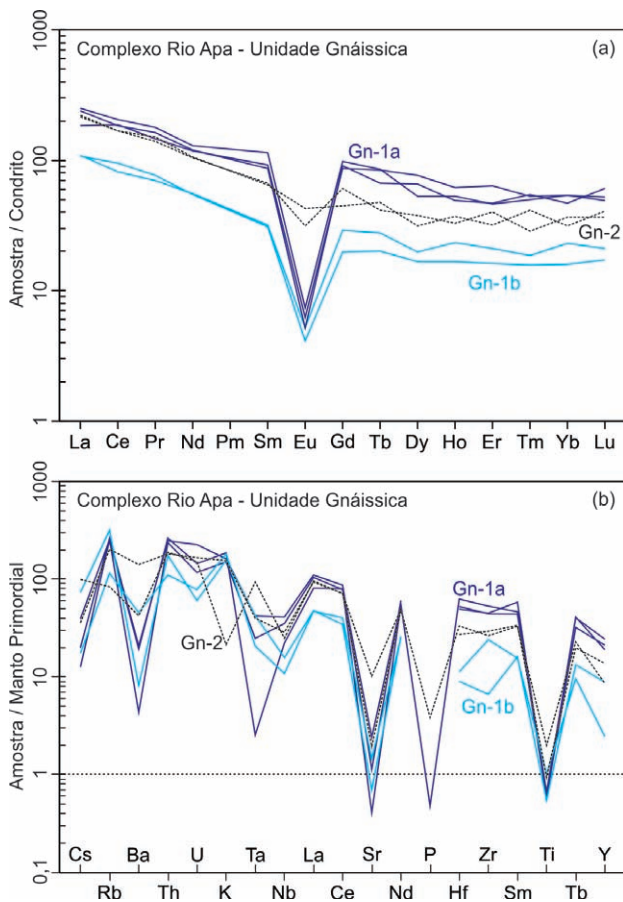


Figura 3.8 – Diagramas de elementos terras-raras normalizados pelo condrito de Boynton (1984) (a) e multielementos normalizados pelo manto primordial de Wood et al. (1979) (b), com dados de amostras da unidade gnáissica do complexo Rio Apa.

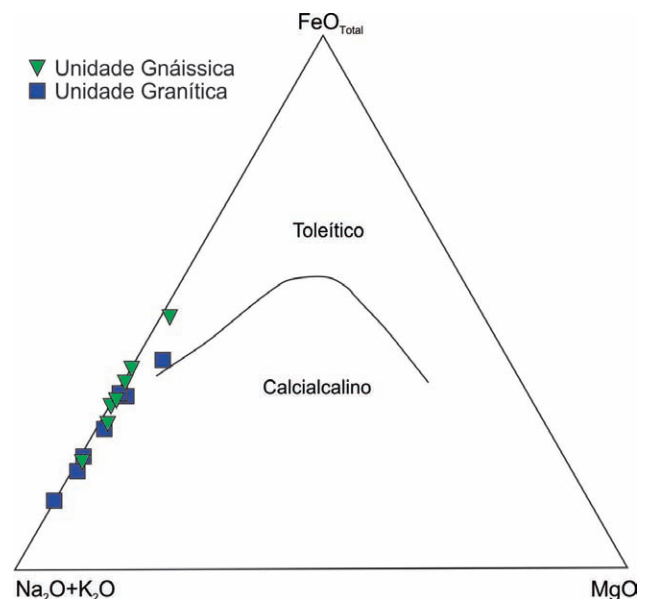


Figura 3.9 – Diagrama AFM, com dados litoquímicos de amostras de rochas do complexo Rio Apa. Fonte: IRVINE; BARAGAR, 1971.

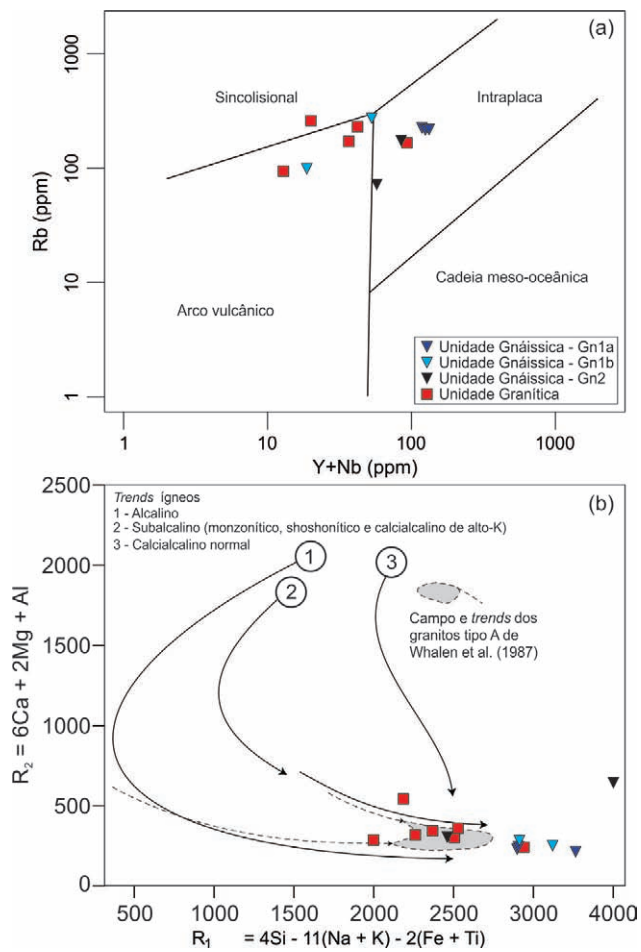


Figura 3.10 – Diagramas com dados litoquímicos de rocha total para amostras do complexo Rio Apa: (a) diagrama discriminatório de ambiência tectônica; (b) diagrama R_1 - R_2 . Fonte: (a) PEARCE; HARRIS; TINDLE, 1984; (b) Modificado de DE LA ROCHE et al., 1980.

3.1.2.2 UNIDADE GRANÍTICA (PP3apg)

A Unidade Granítica do Complexo Rio Apa é dominada por granitos foliados (Figuras 3.11 e 3.12), por vezes gnáissicos, com termos variando de protomilonito a milonito. Nos domínios centrais de zonas de cisalhamento dúcteis, ocorrem faixas de ultramilonito e filonito.

O padrão radiométrico da unidade é caracterizado por teores altos de potássio e relativamente médios de tório e urânio.

Os granitos foliados são principalmente equigranulares de granulação média a fina, com termos porfiroclásticos (blastoporfíricos) de ocorrência local, e de cores predominantemente cinza-rosado a rosa-amarronzado. A foliação principal é caracterizada como lenticularizada milonítica, comumente paralela a um bandamento de espessura milimétrica a centimétrica, onde leitões quartzofeldspáticos hololeucocráticos se alternam com leitões enriquecidos em biotita e de menor granulação.



Figura 3.11 – Granito foliado (milonítico), róseo, da unidade granítica do complexo Rio Apa. Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.



Figura 3.12 – Granito milonítico com trama SC da unidade granítica do complexo Rio Apa. Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

Nos termos porfiroclásticos, cristais de microclínio perfitico e plagioclásio com até 1-1,5 cm de diâmetro maior estão dispostos em matriz fina. Em termos modais, as rochas se classificam como monzogranito (Figura 3.7), com mineralogia essencial composta por quartzo, plagioclásio (oligoclásio-andesina) e microclínio. A biotita é predominantemente acessória, sendo o principal mineral máfico, embora, localmente, ocorra em proporções entre 15 e 23%. Além da biotita, minerais opacos, titanita e zircão são os principais acessórios. Hornblenda foi observada em três amostras e granada, em cinco amostras; essa última presente em lentes de granada-biotita-muscovita-gnaiss milonítico. Muscovita, epídoto e clorita ocorrem, principalmente, como minerais de alteração, geralmente associados à milonitização.

Foram realizadas análises químicas em rocha total para sete amostras de rochas graníticas (Quadro 3.2).

ELEMENTO	AMOSTRA						
	VC-080-RA [†]	EA-001-RA	VC-077-R	VC-079-RA	MR-324-R	MR-001-RA [†]	VC-083-RA
Percentual de Peso (%)							
SiO ₂	80,52	77,12	76,95	76,65	76,23	74,47	71,95
TiO ₂	0,16	0,20	0,23	0,15	0,22	0,01	0,36
Al ₂ O ₃	10,48	11,63	11,94	12,64	12,09	13,47	14,13
Fe ₂ O ₃	1,14	2,30	1,69	1,09	2,36	0,91	3,09
FeO ¹	0,92	1,87	1,37	0,89	1,91	0,74	2,51
MnO	< 0,01	0,03	0,02	0,02	0,10	0,01	0,04
MgO	0,09	0,28	0,20	0,14	0,12	0,04	0,66
CaO	0,15	0,42	0,94	0,69	0,56	0,05	2,04
Na ₂ O	1,94	2,57	2,43	3,42	4,15	0,92	3,34
K ₂ O	5,50	5,57	5,74	5,10	4,16	10,23	4,39
P ₂ O ₅	0,03	< 0,01	< 0,01	0,11	0,01	< 0,01	< 0,01
Total	100,01	100,12	100,14	100,01	99,99	100,11	100,01
LOI	0,12	0,05	0,19	0,14	0,05	0,12	0,24
K ₂ O/Na ₂ O	2,84	2,17	2,36	1,49	1,00	11,14	1,31
#mg	10,71	13,52	12,97	15,58	6,30	6,61	20,30
ppm							
Ni	1,10	27,20	4,00	1,20	1,8	2,20	4,60
Co	0,40	3,10	1,40	1,00	0,1	0,70	4,90
Cu	4,30	69,70	9,10	3,00	4,1	5,40	30,30
Pb	3,20	5,20	4,40	6,50	5,3	3,30	8,90
Zn	12,00	3,00	18,00	13,00	72	150,00	< 1
Rb	226,00	126,00	92,30	168,00	163	255,00	138,00
Cs	1,96	0,79	1,14	1,86	0,74	8,36	3,34
Ba	182,00	101,00	788,00	256,00	1149	1351,00	826,00
Sr	12,70	20,50	162,00	63,00	48	101,00	208,00
Ga	7,60	7,10	4,60	6,90	18,6	11,40	9,30
Ta	2,38	0,38	1,16	2,63	1,06	0,32	1,29
Nb	14,44	5,01	4,50	9,43	19,26	1,47	8,44
Hf	4,80	2,03	2,13	3,66	9,8	0,50	5,37
Zr	87,40	79,50	84,70	80,10	393	7,50	152,00
Y	27,77	< 0,05	8,38	27,26	73,75	18,54	< 0,05
Th	16,50	7,90	9,20	16,40	13,5	1,30	12,40
U	3,44	1,56	1,73	5,75	2,08	0,17	5,35
La	8,40	17,90	41,90	44,00	71,8	3,60	44,60
Ce	11,30	37,00	79,90	88,20	138,2	5,30	94,30
Pr	1,12	4,67	9,35	10,82	19,29	0,74	10,49
Nd	3,10	15,70	30,70	37,00	76,7	2,00	41,70
Sm	1,20	3,50	4,80	7,20	14,6	0,30	7,10
Eu	0,19	0,21	0,64	0,37	3,15	< 0,05	0,97
Gd	2,49	3,31	3,82	7,29	17,87	0,53	6,98
Tb	0,84	0,64	0,78	1,11	2,65	0,11	1,14
Dy	5,35	2,94	2,93	7,40	14,36	0,46	6,52
Ho	1,55	0,67	0,79	1,59	2,84	0,15	1,36
Er	4,99	1,85	1,85	5,28	8,79	0,36	4,68
Tm	0,85	0,30	0,37	0,89	1,15	0,08	0,73
Yb	5,10	2,00	2,10	6,60	8,7	0,30	5,20
Lu	0,89	0,31	0,44	1,02	1,24	0,11	0,82
Ba/Sr	14,33	4,93	4,86	4,06	23,94	13,38	3,97
LaN/YbN	1,11	6,03	13,45	4,49	5,56	8,09	5,78
Eu/Eu*	0,34	0,19	0,46	0,16	0,60	-	0,42

Quadro 3.2 – Resultados de análises químicas em rocha total para amostras da unidade granítica do complexo Rio Apa. Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

([†]) Amostra não utilizada na interpretação dos resultados; (¹) FeO calculado.

As amostras apresentam conteúdo de sílica entre 72 e 80% e de álcalis, principalmente, em torno de 8%, com altos teores de K (entre 4,2 e 5,6%) e alta razão FeO_T/MgO . A composição é fracamente peraluminosa, sendo que apenas uma amostra tem composição metaluminosa. No diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971), as amostras definem uma tendência paralela e próxima ao eixo AF (Figura 3.9), padrão que pode estar associado às séries alcalina e calcialcalina.

Os padrões de ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984), são caracterizados por altos conteúdos totais de ETR, enriquecimento de ETR leves em relação aos pesados, leve fracionamento de ETR leves, padrão plano para ETR pesados e fortes anomalias negativas de Eu (Figura 3.13a). Os padrões multielementos, normalizados pelo manto primordial de Wood et al. (1979), mostram fortes anomalias negativas de Ta-Nb, Ti e P (Figura 3.13b). Ocorrem, também, anomalias negativas de Sr fortes a moderadas. Os conteúdos de Y e Yb variam de valores altos a baixos.

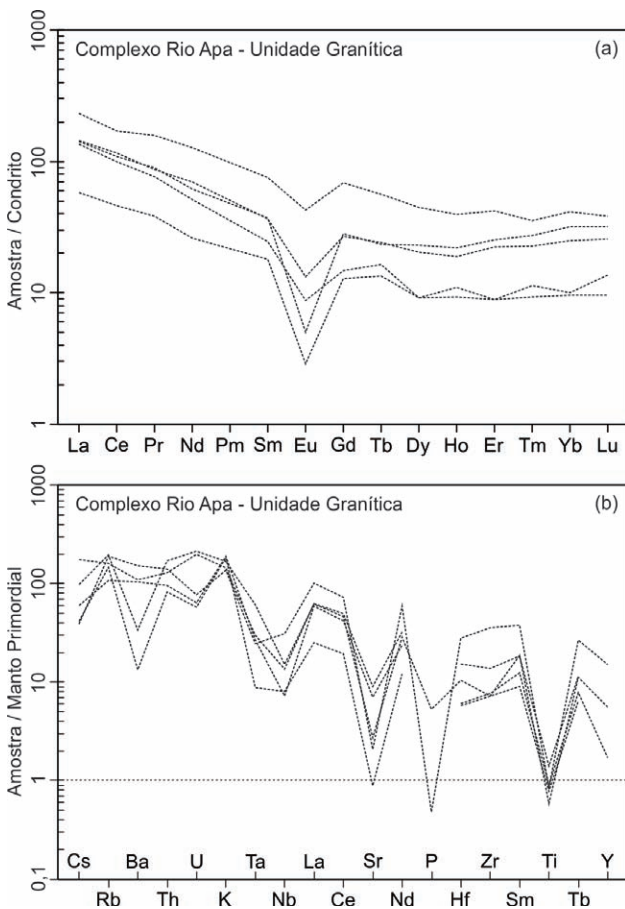


Figura 3.13 – Diagramas de elementos terras-raras normalizados pelo condrito de Boynton (1984) (a) e multielementos normalizados pelo manto primordial de Wood et al. (1979) (b), com dados de amostras da unidade granítica do complexo Rio Apa.

De modo geral, o comportamento dos elementos-traço da unidade granítica segue a mesma linha de tendência apresentada pela Unidade Gnáissica do Complexo Rio Apa, principalmente no que diz respeito aos subgrupos de amostras Gn-1b e Gn-2 (comparar as figuras 3.8 e 3.13).

No diagrama discriminatório de ambiência tectônica de Pearce, Harris e Tindle (1984), as amostras da unidade granítica se distribuem ao longo dos campos de granitos sincolisionais, de arcos vulcânicos e intraplaca, porém, essencialmente no campo superposto ao dos granitos pós-colisionais.

No diagrama R_1 - R_2 modificado (Figura 3.10b), as amostras se ajustam à tendência de evolução da série magmática calcialcalina de alto-K; nesse caso, correspondendo aos membros mais evoluídos, mas também seguem a linha de tendência dos granitos de tipo A de Whalen, Currie e Chappel (1987). Em conjunto, o comportamento dos elementos maiores, traço e terras-raras aponta para magmatismo pós-colisional ou anorogênico.

3.1.3 PLÚTONS GRANÍTICOS INTRUSIVOS NO COMPLEXO RIO APA

Cinco plútons graníticos até então desconhecidos foram individualizados na Folha Fazenda Margarida (Figura 3.14), denominados, neste trabalho, como: Augengnaisse Rio da Areia (Orosiriano), Granito Scardine (Estateriano), Ortognaisse Santa Clarinha (Estateriano), Ortognaisse Espinilho (Estateriano) e Granito Sanga Bonita (Estateriano).

A princípio, esses plútons foram tentativamente correlacionados a corpos e suítes conhecidos regionalmente, tais como Granito Alumiador e Vulcânicas Félsicas Serra da Bocaina, da Suíte Amoguijá (segundo proposta de Lacerda Filho et al., 2006), e plútons da Província Passo Bravo (CORDANI et al., 2010). Entretanto, dados geocronológicos U-Pb LA-ICP-MS em zircão e dados químicos em rocha total, obtidos neste trabalho, mostram características distintas em relação ao magmatismo descrito anteriormente no Terreno Rio Apa, levando à caracterização individualizada desses corpos.

3.1.3.1 AUGENGNAISSE RIO DA AREIA (PP4yra)

Propõe-se a denominação Augengnaisse Rio da Areia para caracterizar um batólito deformado, alongado segundo a direção N-S (Figura 3.14), que ocorre na fazenda homônima, com cerca de 300 km² de área aflorante na folha. A leste, a unidade é recoberta, em discordância angular e erosiva, por rochas

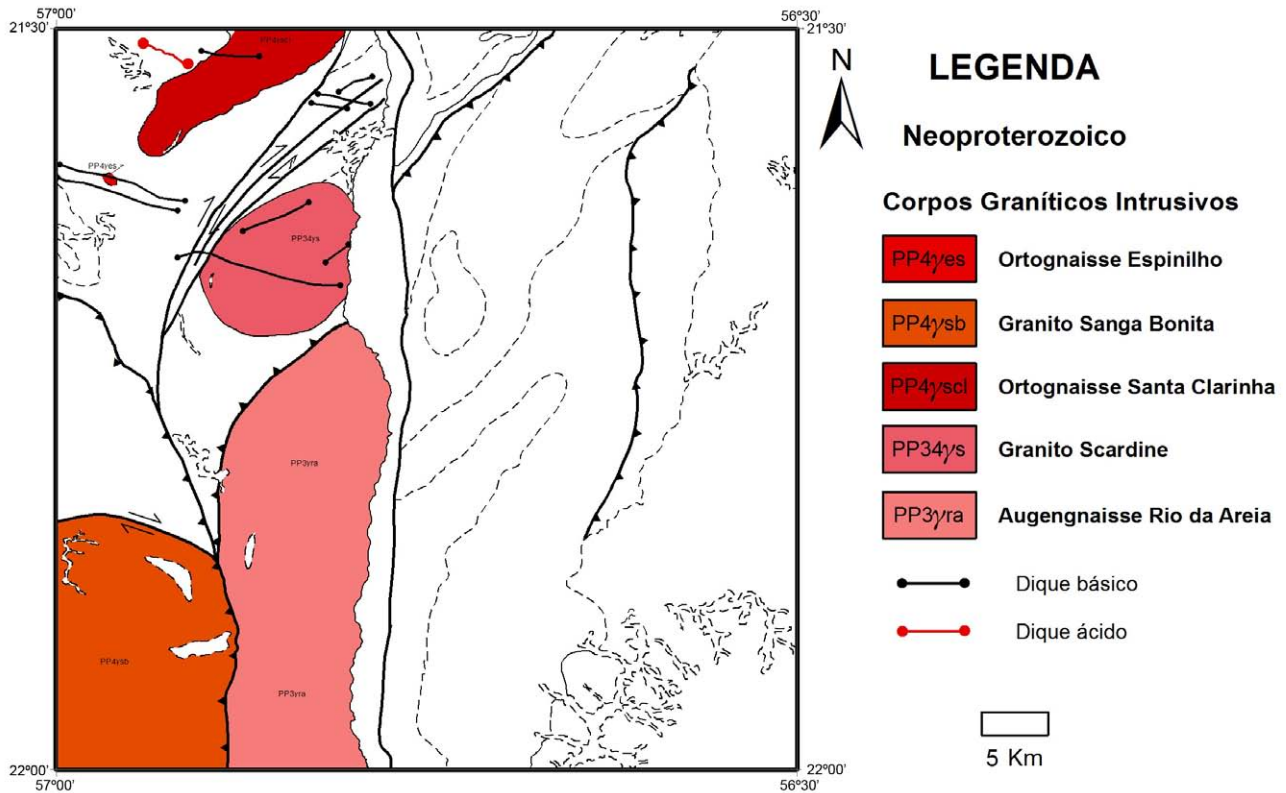


Figura 3.14 – Mapa geológico simplificado, ressaltando os corpos graníticos intrusivos no complexo Rio Apa.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

da Formação Cerradinho (Grupo Corumbá). A oeste, apresenta-se em contato tectônico com as rochas do Complexo Rio Apa e com o Granito Sanga Bonita, ambos de idade estateriana.

O Augengnaisse Rio da Areia é constituído por rochas graníticas heterogeneamente milonitizadas, dominado por granito protomilonítico a milonítico (doravante denominado granito milonítico, independentemente do grau de recristalização) e gnaiss bandado milonítico (Figuras 3.15 e 3.16). Ocorrem enclaves de anfibolito e rochas metassedimentares. Devido ao intemperismo, os afloramentos dessa unidade são, em geral, muito escassos, restando, geralmente, blocos e matacões.

Macroscopicamente, o granito milonítico apresenta cor rósea a marrom-avermelhado, localmente com porções cinza-esverdeado, granulação média a grossa, estrutura foliada/lenticularizada e textura porfiroclástica (blastoporfirítica), onde porfiroclastos de feldspato alcançam 3 cm de diâmetro maior, conferindo à rocha aspecto de augengnaisse (Figuras 3.15 e 3.16).

Ao microscópio petrográfico, é composto essencialmente por quartzo, microclínio e plagioclásio. Biotita é mineral essencial em uma parte das amostras, enquanto outra parte é desprovida desse mi-



Figura 3.15 – Aspecto macroscópico de granito porfiroclástico (blastoporfirítico) relacionado ao augengnaisse Rio da Areia (afloramento VC-015).
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.



Figura 3.16 – Detalhe de matriz micácea envolvendo megacristais de feldspato (afloramento VC-015).
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

neral. Minerais opacos, titanita, apatita e zircão são os acessórios mais comuns, enquanto granada foi identificada em apenas uma amostra. Epidoto, clorita, sericita e muscovita ocorrem como minerais secundários. O plagioclásio se apresenta heterogeneamente saussuritizado e o microclínio, preservado de alteração hidrotermal, frequentemente é rico em inclusões arredondadas de quartzo.

Em termos modais, as rochas se classificam, essencialmente, como monzogranito (Figura 3.17), localmente granodiorito e microclínio-granito. A deformação dúctil foi principalmente acomodada

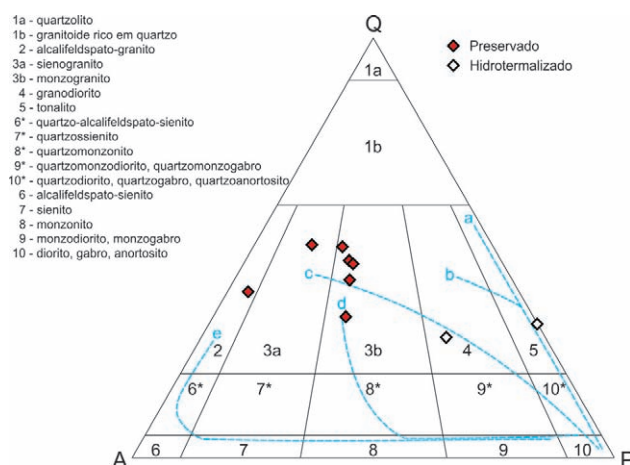


Figura 3.17 – Diagrama QAP, com dados de amostras do augengnaise Rio da Areia.
Fonte: STREICKEISEN, 1976.

Nota: As linhas em azul se referem às tendências de séries granitoides segundo Lamayre e Bowden (1982) e Bowden et al. (1984): a = toleítica; b = calcialcalina ou trondhjemítica; c = calcialcalina; d = subalcalina monzonítica ou shoshonítica; e = alcalina e peralcalina.

em agregados de quartzo, que apresentam microestruturas indicativas de recristalização dinâmica generalizada. Os feldspatos registram sinais de recristalização dinâmica incipiente, indicando que a deformação atingiu temperaturas em torno de 480-500°C (PASSCHIER; TROUW, 2005). Ocorrem amostras fortemente hidrotermalizadas, nas quais todo o feldspato foi substituído por sericita/muscovita ou sericita + epidoto.

O gnaise milonítico apresenta bandamento com alternância entre bandas ou lentes quartzofeldspáticas leucocráticas de espessura centimétrica e bandas milimétricas a centimétricas compostas por biotita (intercrescida com clorita) ou muscovita. A granulção é média a grossa.

Ao microscópio, as bandas quartzofeldspáticas são formadas, essencialmente, por quartzo, microclínio e plagioclásio. O plagioclásio encontra-se parcialmente saussuritizado, enquanto o microclínio, a exemplo do que ocorre no granito milonítico, é rico em inclusões arredondadas de quartzo. Os sinais microscópicos de deformação também são similares àqueles descritos para o granito milonítico. Os dois tipos principais de rocha podem ser interpretados como tectonofácies da mesma unidade.

Análises geoquímicas em amostras de composição granítica a granodiorítica mostraram teores de SiO₂ variando de 69 a 79%, teores de Al₂O₃ entre 11 e 15% e altos teores de K₂O (4,5 a 6%) (Quadro 3.3). Apresentam razões molares A/CNK maiores que 1, refletindo composição peraluminosa, condizente com a presença de biotita como principal mineral máfico, conforme observado ao microscópio petrográfico.

No diagrama AFM (Figura 3.18), as amostras definem curva de tendência paralela ao campo de separação das séries toleítica e calcialcalina, uma característica comum de magmas calcialcalinos normais (WINTER, 2010).

Os padrões de ETR (Figura 3.19a), normalizados pelo condrito de Boynton (1984), mostram um padrão descendente com enriquecimento moderado de ETR leves em relação a ETR pesados e anomalias negativas de Eu proeminentes. Os conteúdos totais de ETR são altos em parte das amostras. Os padrões multielementos (Figura 3.19b), normalizados pelo manto primordial de Wood et al. (1979), são caracterizados por altos conteúdos de elementos litófilos de grande raio iônico (Large Ion Lithophile Elements (LILE) (por exemplo, Rb, Ba, K, Th)), fortes anomalias negativas de Ta-Nb, Sr e Ti, conteúdos geralmente altos de P e valores de Y e Yb altos em parte das amostras.

Geologia e Recursos Minerais da Folha Fazenda Margarida

Elemento	Amostra													
	MR-234-RI	MR-234-RF [†]	MR-316-R	VC-013-B-R	MR-259-RB	MR-294-RA	MR-234-RE	MR-320-R	MR-160-B-R	MR-143-B-R	MR-145-B-R	MR-159-C-R	MR-159-B-R	
	Corpo													
	Rio da Areia	Rio da Areia	Rio da Areia	Rio da Areia	Rio da Areia	Rio da Areia	Rio da Areia	Scardine	Scardine	Scardine	Scardine	Scardine	Scardine	
Percentual de Peso (%)														
SiO ₂	72,29	71,54	80,91	79,44	79,27	75,84	73,68	77,58	77,49	76,6	72,98	72,17	72,13	
TiO ₂	0,37	0,26	0,18	0,19	0,17	0,31	0,33	0,23	0,23	0,19	0,55	0,34	0,38	
Al ₂ O ₃	14,47	15,22	9,81	10,69	11,44	12,33	14,2	11,04	11,21	12,13	12,44	13,76	13,58	
Fe ₂ O ₃	2,89	2,31	1,17	1,33	1,19	1,89	3,12	2,52	2,48	2,3	3,52	3,36	3,65	
FeO [†]	2,34	1,88	0,95	1,08	0,96	1,53	2,53	2,04	2,01	1,86	2,85	2,73	2,96	
MnO	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,07	0,05	0,08	0,12	0,11	0,12	
MgO	0,58	0,29	0,14	0,15	0,19	0,16	0,73	0,1	0,07	0,1	0,48	0,4	0,44	
CaO	0,75	1,54	0,23	0,47	0,17	0,49	2,54	0,42	0,44	0,31	1,34	1,5	1,51	
Na ₂ O	4	3,34	1,49	2,01	2,31	3,44	4,38	3,22	3,06	4,26	4,03	4,22	4,14	
K ₂ O	4,48	5,5	6,05	5,69	5,31	5,43	1,08	4,86	4,95	4,04	4,48	4,07	3,97	
P ₂ O ₅	0,12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,12	<0,01	<0,01	<0,02	<0,03	0,09	0,06	0,08	
Total	100	100,03	100	99,99	100,07	100,01	100,09	100,02	99,99	100	100,02	100	99,99	
LOI	0,72	0,68	0,17	0,1	0,5	0,25	0,8	<0,01	0,22	0,13	0,19	0,12	0,15	
K ₂ O/Na ₂ O	1,12	1,64	4,07	2,83	2,3	1,58	0,25	1,51	1,62	0,95	1,11	0,96	0,96	
#mg	21,06	17,16	51,59	12,62	20,9	12,36	24,45	4,66	4,02	5,78	16,73	11,83	11,95	
ppm														
Ni	3,6	1,7	1,4	1,3	1,5	1,7	13,4	1,6	1,4	0,8	1,6	1,5	1,4	
Co	3,8	0,8	1,9	0,6	0,9	0,7	6,3	0,3	0,2	0,2	0,6	1,3	1,6	
Cu	6,9	3,1	4,6	6,6	12,9	5	25,3	2,9	3,1	4,3	6,9	4	2,4	
Pb	14,4	14,3	6,1	8,2	2,4	2,2	14,2	11,4	4,8	4,1	5,7	3,7	3,6	
Zn	79	60	15	33	59	18	83	43	42	87	57	44	50	
Rb	84,3	115	309	301	72,1	111	38,3	191	227	159	164	127	136	
Cs	1,55	1,97	1,87	2,27	0,53	0,53	1,14	1,03	0,51	0,65	0,69	0,72	1,03	
Ba	1545	2011	794	325	472	1008	297	677	242	1005	1171	1176	1130	
Sr	210	274	103	73,3	60,7	53,5	245	27,1	15,5	33,6	141	126	114	
Ga	7,8	7,9	10,3	12,5	3,5	14,6	8,9	19,3	17	19,5	19,1	17,4	18,5	
Ta	0,47	1,32	1,4	0,69	0,71	1,09	1,2	1,19	1,38	1,28	1,22	0,92	0,72	
Nb	4,68	4,46	18,24	6,13	3,87	11,96	5,25	18,97	19,45	20,36	17,12	12,65	14,95	
Hf	4,66	2,35	6,47	4,4	1,77	7,39	3,98	10,99	12,19	10,09	9,48	9,6	9,72	
Zr	194	88,5	113	110	89,4	232	161	395	436	337	405	320	337	
Y	22,29	12,22	83,68	27,25	7,39	18,98	41,9	92,73	70,23	27,95	71,98	60,62	65,27	
Th	6,1	4	25,3	20,6	6,3	9,7	7,3	20,7	19,9	14,2	11	8	11,6	
U	1,24	2,85	3,41	1,69	1,14	2,28	1,86	3,9	3,26	1,42	2,27	1,1	1,82	
La	29,3	6	164,1	65,9	14,1	81,2	18,3	92,6	83,5	49,5	61,6	51,1	66,6	
Ce	62	17,9	136,8	106,5	34,6	125,6	42,3	179,9	168,2	119,9	124,6	100,8	128	
Pr	7,57	2,52	37,63	15,98	4,64	18,65	5,39	22,85	19,57	12,14	16,37	12,61	16,42	
Nd	26,4	8,3	128,2	50,6	15,5	66,7	17,6	92,3	76,1	40	67,1	44,8	57,4	
Sm	4,4	2	22,3	9	2,7	12,2	3,5	18,1	16,1	9	12,8	9,3	10,4	
Eu	0,6	0,59	3,56	1,06	0,23	1,22	0,91	1,37	0,73	1,14	3,07	3,21	2,54	
Gd	4,04	2,68	28,35	7,62	2,16	10,84	2,98	21,74	16,05	8,5	15,69	11,95	12,82	
Tb	0,62	0,71	4,27	1,48	0,36	1,72	0,58	3,09	2,55	1,08	2,04	1,78	2,01	
Dy	2,89	5,05	17,5	6,5	1,27	9,55	2,37	19,48	12,56	4,99	11,85	11,68	10,98	
Ho	0,62	1,5	3,6	1,06	0,36	2,14	0,65	3,5	2,92	1,06	2,56	2,02	2,27	
Er	1,66	4,99	9,62	2,44	0,85	6,08	1,77	11,12	6,95	2,83	7,92	5,94	7,55	
Tm	0,2	0,83	1,35	0,37	0,11	0,95	0,28	1,67	1,06	0,28	1,26	1,12	0,93	
Yb	1,6	5,6	9	2,9	0,8	5,9	1,8	11,4	8,1	2,8	7,9	7,4	7,5	
Lu	0,25	0,89	1,5	0,4	0,15	0,92	0,34	1,67	1,16	0,51	1,34	1,08	1,34	
Ba/Sr	7,36	7,34	7,71	4,43	7,78	18,84	1,21	24,98	15,61	29,91	8,3	9,33	9,91	
LaN/YbN	12,35	0,72	12,29	15,32	11,88	9,28	6,85	5,48	6,95	11,92	5,26	4,66	5,99	
Eu/Eu*	0,44	0,78	0,43	0,39	0,29	0,32	0,86	0,21	0,14	0,4	0,66	0,93	0,67	

Quadro 3.3 – Resultados de análises químicas em rocha total para o granito Scardine e augengnaisse Rio da Areia.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

([†]) Amostra não utilizada na interpretação dos resultados; ([†]) FeO calculado.

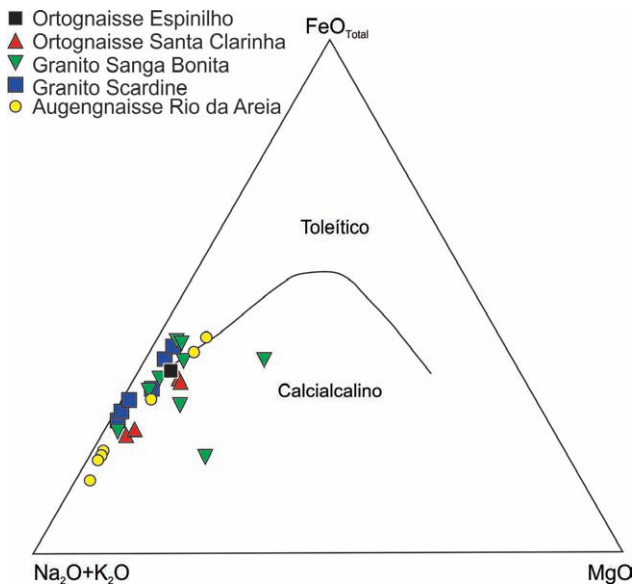


Figura 3.18 – Diagrama AFM com dados litoquímicos de amostras de granitos intrusivos no complexo Rio Apa. Fonte: IRVINE; BARAGAR, 1971.

Os padrões de ETR (Figura 3.19a), normalizados pelo condrito de Boynton (1984), mostram um padrão descendente com enriquecimento moderado de ETR leves em relação a ETR pesados e anomalias negativas de Eu proeminentes. Os conteúdos totais de ETR são altos em parte das amostras. Os padrões multielementos (Figura 3.19b), normalizados pelo manto primordial de Wood et al. (1979), são caracterizados por altos conteúdos de elementos litófilos de grande raio iônico (Large Ion Lithophile Elements (LILE) (por exemplo, Rb, Ba, K, Th)), fortes anomalias negativas de Ta-Nb, Sr e Ti, conteúdos geralmente altos de P e valores de Y e Yb altos em parte das amostras.

No diagrama Y-Nb de Pearce, Harris e Tindle (1984), as rochas se posicionam no campo dos granitos sincollisionais e de arcos vulcânicos (Figura 3.20a), enquanto no diagrama R_1 - R_2 modificado (Figura 3.20b), as amostras seguem, de maneira geral, a linha de tendência das rochas calcicalinas de alto-K. Os padrões litoquímicos, de forma geral, sugerem magmatismo calcicalino de alto-K sincollisional.

A amostra VC-R-015 foi selecionada para análises geocronológicas pelo método U-Pb LA-ICP-MS em zircão. Os grãos de zircão da amostra são prismáticos, com bordas arredondadas e razão axial (eixo maior/eixo menor) entre 2 e 3. Imagens de elétrons retroespalhados revelaram dominância de grãos com zonações composicionais regulares e irregulares. Grãos composicionalmente homogêneos são escassos. Os grãos analisados apresentam teores muito elevados de Pb comum e somente 20 análises foram realizadas por completo. Dentre estas, 17 forneceram uma idade do intercepto superior

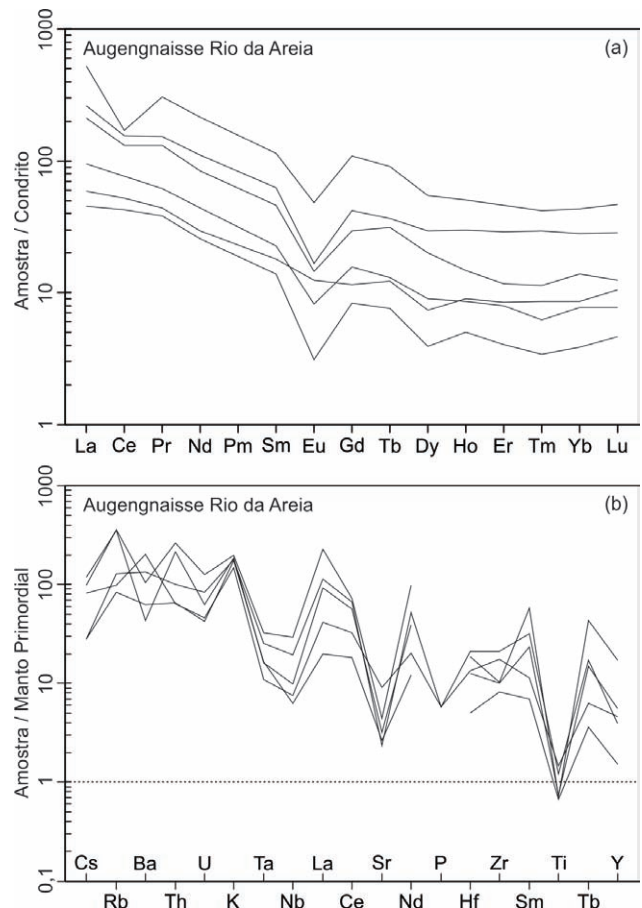


Figura 3.19 – Diagramas de elementos terras-raras normalizados pelo condrito de Boynton (1984) (a) e multielementos normalizados pelo manto primordial de Wood et al. (1979) (b), com dados de amostras do augengnaisse Rio da Areia.

de 1820 ± 18 Ma, com MSWD de 4,7 (Figura 3.21), interpretada como idade de cristalização da rocha. As análises mostram grande discordância e formam um *trend* em direção à origem, porém a idade obtida para o intercepto inferior não possui significado geológico.

3.1.3.2 GRANITO SCARDINE (PP34ys)

O Granito Scardine compreende um corpo semicircular de aproximadamente 91 km², situado na porção noroeste da folha (Figura 3.14), na área da Fazenda Scardine. O corpo intrudiu rochas da Unidade Gnáissica do Complexo Rio Apa e está parcialmente recoberto, em discordância angular e erosiva, pela Formação Cerradinho (Grupo Corumbá). Apresenta padrão radiométrico caracterizado por baixos teores de potássio, que o distinguem da Unidade Gnáissica do Complexo Rio Apa, e teores relativamente médios de tório e urânio. Afloramentos desse corpo são encontrados no formato de blocos, na maior parte das vezes, deslocados.

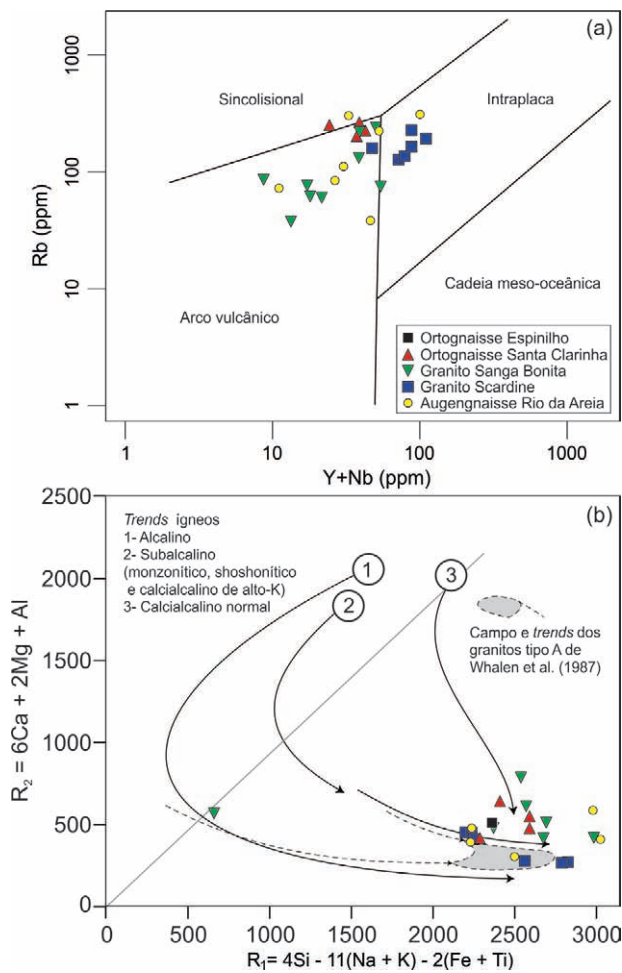


Figura 3.20 – Diagramas com dados litoquímicos de rocha total para amostras de granitos intrusivos no complexo Rio Apa: (a) diagrama discriminatório de ambiência tectônica; (b) diagrama R_1R_2 .
Fonte: (a) PEARCE; HARRIS; TINDLE, 1984; (b) Modificado de DE LA ROCHE et al., 1980.

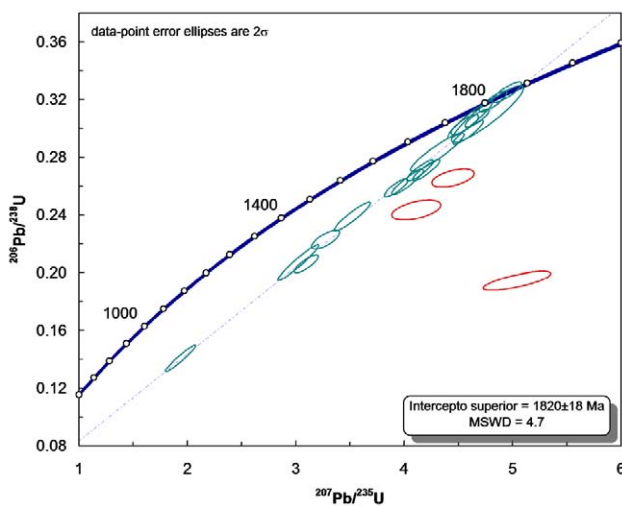


Figura 3.21 – Diagrama concórdia da amostra VC-015 do augengnaisse Rio da Areia.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.
Nota: As elipses em vermelho correspondem a dados desconsiderados no cálculo; a idade é interpretada como idade de cristalização da unidade.

Macroscopicamente, o Granito Scardine é constituído por rocha granítica de coloração rosa-avermelhado a rosa-acinzentado (Figura 3.22), leucocrática a hololeucocrática (índice $M \leq 10$), equigranular de granulação média a grossa, isotrópico a levemente foliado, localmente exibindo aspecto gnáissico. Próximo às regiões de borda do corpo, as rochas apresentam aumento considerável na quantidade de micas e passam a ter estrutura foliada de natureza milonítica (protomilonito a milonito). Em termos modais, a unidade é constituída por monzogranito, com mineralogia essencial representada por quartzo, microclínio e plagioclásio. Acessórios compreendem biotita, hornblenda, minerais opacos, apatita e zircão. Epidoto ocorre como mineral de alteração.



Figura 3.22 – Aspecto macroscópico do granito Scardine (afloramento MR-149).
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

Análises químicas mostram teores de SiO_2 variando entre 72 e 78% (composição granítica), caráter fracamente metaluminoso, condizente com a presença de biotita e hornblenda como principais minerais máficos, e altos teores de K_2O (entre 4 e 5%) (Quadro 3.3). Quanto ao comportamento de elementos-traço e terras-raras, as amostras podem ser subdivididas em dois grupos distintos: GS-1 e GS-2.

O grupo GS-1 apresenta altos conteúdos totais de ETR (Figura 3.23a). Os padrões normalizados pelo condrito de Boynton (1984) mostram leve fracionamento de ETR leves, padrão mais plano para ETR pesados e fortes anomalias negativas de Eu (Figura 3.23a). Os padrões multielementos (Figura 3.23b), normalizados pelo manto primitivo de Wood et al. (1979), mostram altos conteúdos de Ta e Nb, apesar de anomalias negativas pronunciadas, altos conteúdos de Y e Yb, fortes anomalias negativas de Sr, Ti e P (esse último abaixo do limite de detecção). Essas características, em conjunto, apontam para magmatismo anorogênico (tipo A).

O grupo GS-2 também apresenta altos conteúdos totais de ETR, mas seu padrão normalizado pelo condrito distingue-se de GS-1 por apresentar fraca anomalia negativa de Eu (Figura 3.23a). O padrão multielementos distingue-se de GS-1, principalmente, por anomalias negativas menos pronunciadas de Sr e P (Figura 3.23b).

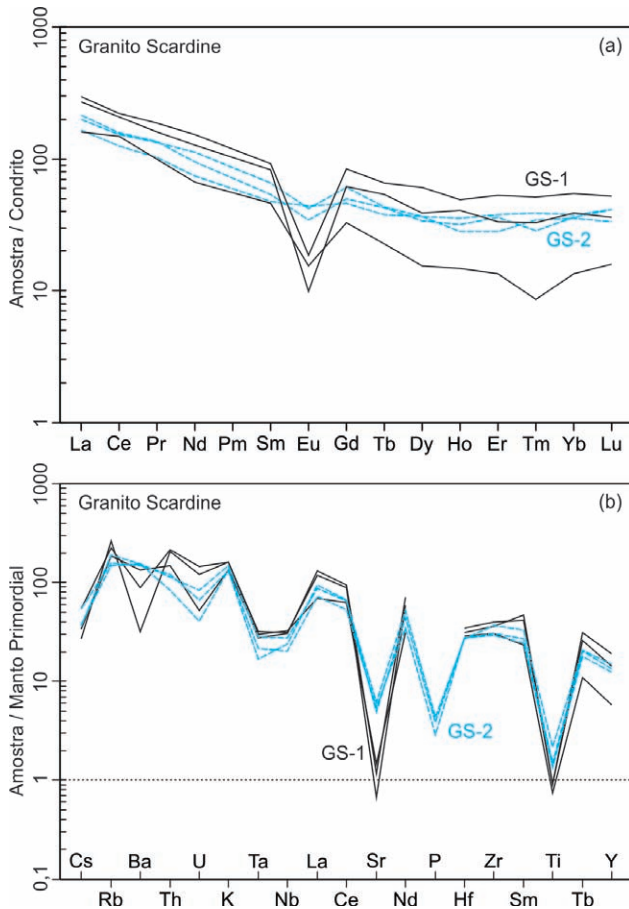


Figura 3.23 – Diagramas de elementos terras-raras normalizados pelo condrito de Boynton (1984) (a) e multielementos normalizados pelo manto primordial de Wood et al. (1979) (b), com dados de amostras do granito Scardine.

No diagrama AFM, os pontos situam-se próximos ao eixo $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\text{-FeO}_T$ (Figura 3.18), condizente com uma série magmática alcalina.

No diagrama discriminante de Pearce, Harris e Tindle (1984), ambos os grupos de amostras se posicionam no campo dos granitos intraplaca (Figura 3.20a).

No diagrama $R_1\text{-}R_2$ modificado, o GS-1 é compatível com o campo das rochas magmáticas do tipo A, enquanto GS-2 se ajusta à tendência das rochas da série calcialcalina de alto-K e também à série anorogênica (Figura 3.20b).

Em conjunto, as evidências geológicas, estruturais, petrográficas e litoquímicas apontam para uma origem pós-colisional a anorogênica para o Granito Scardine.

Realizaram-se, neste trabalho, análises geocronológicas pelo método U-Pb LA-ICP-MS em zircão da amostra MR-R-159, representativa do Granito Scardine. Ocorre apenas uma população, com razão axial em torno de 2, forma prismática e bordas arredondadas. Imagens de elétrons retroespalhados mostraram dominância de grãos composicionalmente homogêneos. Foram realizadas 26 análises completas, das quais 14, com concordância entre 97 e 102%, definem idade do intercepto superior de 1791 ± 19 Ma, com MSWD de 1,3 (Figura 3.24), interpretada como idade de cristalização do plúton. Observa-se, assim, que tanto a ambiência tectônica quanto a idade mostra claramente que o Granito Scardine é tardio em relação às rochas da Suíte Amoguijá (Granito Alumiador, datado em 1839 ± 33 Ma; CORDANI et al., 2010).

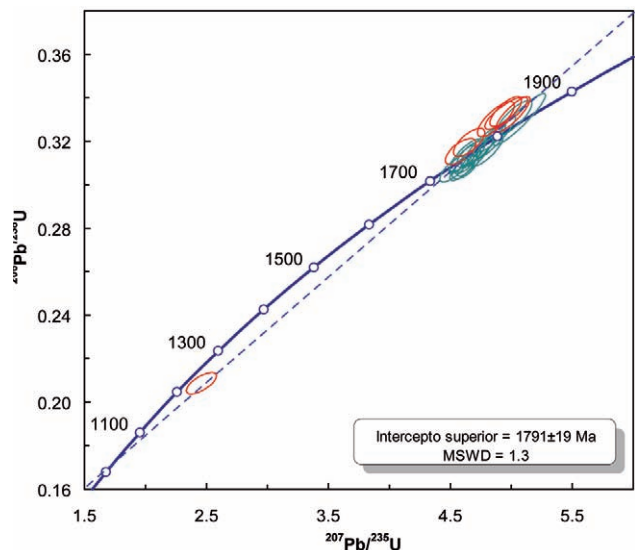


Figura 3.24 – Diagrama concórdia da amostra MR-159 (granito Scardine), mostrando idade do intercepto superior de 1791 ± 19 Ma.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Nota: As elipses em vermelho representam as análises desconsideradas do cálculo.

3.1.3.3 GRANITO SANGA BONITA (PP4sb)

Neste trabalho, é proposta a denominação Granito Sanga Bonita para um batólito com cerca de 20 km de diâmetro que ocorre no extremo sudoeste da folha em estudo (Figura 3.14), na região do município de Caracol. O batólito apresenta uma área aflorante dentro da folha de cerca de 180 km², mas ultrapassa seus limites. Seus melhores

afloramentos ocorrem na Rodovia BR-62, próximo à cidade de Caracol.

A unidade é composta por biotita-granito cinza a rosa (Figura 3.25), equigranular médio a grosso, ocorrendo termos deformados (Figura 3.26) e indeformados. Os termos deformados são compostos por granito milonítico, por vezes gnáissico, em geral com bandamento descontínuo, com alternâncias entre leitos quartzofeldspáticos hololeucocráticos e lâminas milimétricas ricas em biotita e/ou muscovita.

Tanto os termos deformados quanto os indeformados apresentam composição monzogranítica (Figura 3.27) e, localmente, sienogranítica e granodiorítica, com mineralogia essencial composta por quartzo, plagioclásio, microclínio e biotita. Os teores de biotita, em geral, variam de 4 a 15%, embora ocorram fácies desprovidas desse mineral. Minerais



Figura 3.25 – Aspecto dos matacões do granito Sanga Bonita encontrados na rodovia MT-642, próximo à cidade de Caracol (MS).

Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.



Figura 3.26 – Granito Sanga Bonita, termo deformado (afloramento na rodovia MT-642).

Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

opacos, titanita, apatita e zircão são os acessórios principais. Uma amostra apresentou traços de granada. Muscovita ocorre em grande quantidade, alcançando 10%, mas suas relações texturais sugerem origem ligada a processos de alteração hidrotermal. Epidoto, clorita e sericita ocorrem como minerais de alteração ou retrometamórficos.

Análises químicas exibem teores de SiO_2 entre 62 e 78% (composição granodiorítica a granítica), com uma amostra sendo classificada como sienito. A composição é fracamente peraluminosa e os teores de K_2O , em geral, são altos, entre 3,4 e 5,9% (Quadro 3.4).

No diagrama AFM, os dados se ajustam à tendência típica de rochas da série calcialcalina (Figura 3.18). Os padrões ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984), são caracterizados por forte fracionamento de ETR leves em relação a ETR pesados, padrão sub-horizontal para ETR pesados e forte anomalia negativa de Eu (Figura 3.28a). Os padrões multielementos, normalizados pelo manto primordial de Wood et al. (1979), mostram forte enriquecimento em LILE (por exemplo, Rb, Ba, Th), altos valores de Sr, apesar de pronunciadas anomalias negativas, altos teores de P e fortes anomalias negativas de Ta-Nb e Ti (Figura 3.28b). Os valores de Y e Yb são, em geral, pouco expressivos (Quadro 3.4).

De modo geral, os padrões geoquímicos se assemelham àqueles encontrados em séries calcialcalinas de arco magmático. Altos teores de Rb, Ba e K e

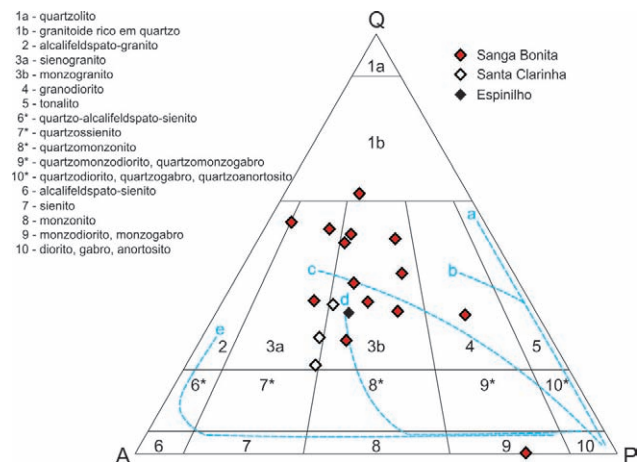


Figura 3.27 – Diagrama QAP, com dados de amostras do granito Sanga Bonita e dos ortognaisses Santa Clarinha e Espinilho.

Fonte: STREICKEISEN, 1976.

Nota: As linhas em azul se referem às tendências de séries granitoides segundo Lamayre e Bowden (1982) e Bowden et al. (1984): a = toleítica; b = calcialcalina ou trondhjemítica; c = calcialcalina; d = subalcalina monzonítica ou shoshonítica; e = alcalina e peralcalina.

Elemento	Amostra												
	MR-050B-C-R	MR-050B-D-R	MR-050B-B-R	MR-050B-A-R	VC-004-B-R	VC-002-B-R	VC-002-C-R	MR-291-RC	MR-291-RB	MR-250-RA	MR-257-RA	MR-296-R	VC-083-RA
	Corpo												
	Santa Clarinha	Santa Clarinha	Santa Clarinha	Santa Clarinha	Sanga Bonita	Sanga Bonita	Sanga Bonita	Sanga Bonita	Sanga Bonita	Sanga Bonita	Sanga Bonita	Sanga Bonita	Espinilho
Percentual de Peso (%)													
SiO ₂	74,46	73,17	72,55	70,41	77,75	77,25	76,07	74,99	72,69	72,63	70,71	62,37	71,95
TiO ₂	0,22	0,26	0,37	0,41	0,25	0,35	0,35	0,3	0,44	0,5	0,4	0,48	0,36
Al ₂ O ₃	12,69	13,74	13,63	14,75	11,99	12,2	12,21	13,03	13,64	13,6	14,66	18,22	14,13
Fe ₂ O ₃	1,87	2,16	2,82	3,04	1,43	1,9	2,27	2,5	3,57	2,94	3,4	3,23	3,09
FeO ¹	1,52	1,75	2,28	2,47	1,16	1,54	1,84	2,03	2,89	2,39	2,75	2,62	2,51
MnO	0,04	0,04	0,08	0,06	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,07	0,06	0,04
MgO	0,43	0,58	0,91	0,99	0,19	0,3	0,36	0,42	0,76	0,61	1,16	3,61	0,66
CaO	1,93	1,09	2,21	2,83	1,19	3,16	1,51	1,31	1,94	1,7	2,5	0,3	2,04
Na ₂ O	2,85	3,41	3,09	3,36	2,39	3,36	2,56	3,41	3,4	3,36	3,11	5,68	3,34
K ₂ O	5,47	5,5	4,33	4,1	4,78	1,42	4,56	4,04	3,44	4,67	3,99	5,86	4,39
P ₂ O ₅	0,03	0,05	0,02	0,04	0,01	0,01	0,04	<0,01	0,06	<0,01	0,02	0,19	<0,01
Total	99,98	99,99	100	100	100	100	99,99	100,06	100	100,07	100,01	99,99	100,01
LOI	0,56	0,61	0,51	0,49	0,41	0,24	0,1	0,26	0,65	0,11	0,52	1,82	0,24
K ₂ O/Na ₂ O	1,92	1,61	1,4	1,22	2	0,42	1,78	1,18	1,01	1,39	1,28	1,03	1,31
#mg	22,79	25,58	27,22	29,41	12,81	16,85	15,55	11,8	22,81	15,4	38,18	64,94	20,30
ppm													
Ni	3,2	3,9	5	6,5	2	3,5	2,4	1,9	3,2	3	8,6	3,4	4,60
Co	2,1	3	4,7	6,4	0,9	1,9	2,2	1,7	5,7	4	7,2	6,1	4,90
Cu	9,9	3,1	3,9	9,8	13,9	24,5	3,4	4	7,1	4,3	4,6	4	30,30
Pb	3,7	2,1	3,8	3,2	3,9	4,1	11,3	3,9	7	5,5	3,3	5	8,90
Zn	44	20	27	28	131	21	29	57	13	39	89	38	<1
Rb	265	251	225	201	219	75,2	238	60	76,2	85,4	61,9	131	138,00
Cs	2,16	2,02	4,22	4,25	3,63	1,24	3,23	1,08	1,8	1,69	1,63	1,4	3,34
Ba	963	1363	1231	1209	1369	697	1174	953	917	996	998	1118	826,00
Sr	225	192	315	328	137	153	153	164	203	150	305	81,5	208,00
Ga	13,2	12,2	14,7	17	12,7	13,7	14,2	5,5	7,9	5,8	5,7	19,6	9,30
Ta	0,93	0,68	1,19	0,81	1,23	1,61	1,26	0,4	0,6	0,55	0,36	1,32	1,29
Nb	10,38	7,34	9,91	12,08	11,15	16,26	12,48	4,27	5,46	4,61	2,92	12,04	8,44
Hf	4,69	3,29	4,9	5,35	5,09	6,2	6,16	2,46	3,78	3,95	1,77	6,69	5,37
Zr	124	112	192	234	155	272	222	150	174	243	103	183	152,00
Y	29,17	17,49	33,68	25,94	28,68	39,07	38,95	17,69	12,03	4,24	15,39	27,31	<0,05
Th	16	9,9	17,1	15,4	15,2	15,4	16,7	5,6	7,4	7,6	4,6	9,7	12,40
U	3,91	1,58	3,89	3,45	3,92	4,93	3,89	1,31	1,69	2,08	1,01	5,03	5,35
La	32,9	18,9	35,4	32,5	41,2	53,8	49,1	20,5	45,2	17	8,8	35,3	44,60
Ce	63,7	38	73,2	65,3	80,6	100,4	93,7	42,3	96,2	45	26,9	112,9	94,30
Pr	8,01	4,68	9,25	8,4	9,1	11,81	11,39	5,33	10,97	5,68	3,43	8,02	10,49
Nd	27,2	17,6	35,1	30,9	34,3	44,2	41,6	19,3	41	20,3	11,9	30	41,70
Sm	5,6	2,7	6,9	6,2	6,5	7,4	7,8	3,8	7,6	4,1	2,4	6	7,10
Eu	1,08	1,06	1,72	1,41	1,98	1,92	1,64	0,64	1,11	0,66	0,4	0,87	0,97
Gd	6,22	3,31	7,21	6,15	7,01	10,35	10,08	3,27	6,43	3,54	2,06	5,36	6,98
Tb	1,06	0,59	1,07	0,8	0,99	1,51	1,35	0,56	0,89	0,65	0,39	0,87	1,14
Dy	5,06	3,21	5,44	5,45	6,08	7,17	6,72	2,4	5,65	3,48	1,45	4,17	6,52
Ho	0,92	0,56	1,01	0,86	0,97	1,35	1,18	0,62	1,17	0,79	0,4	1,02	1,36
Er	2,98	2,1	4,17	2,57	3,06	4,2	3,51	1,7	3,29	2,19	1,09	3,2	4,68
Tm	0,37	0,22	0,45	0,4	0,53	0,86	0,8	0,26	0,5	0,34	0,19	0,49	0,73
Yb	3,5	2,3	3,5	3,5	3,3	4,4	4,5	1,8	3,8	2,3	1,1	3,5	5,20
Lu	0,61	0,32	0,54	0,55	0,62	0,62	0,69	0,31	0,5	0,4	0,22	0,63	0,82
Ba/Sr	4,28	7,1	3,91	3,69	9,99	4,56	7,67	5,81	4,52	6,64	3,27	13,72	3,97
LaN/YbN	6,34	5,54	6,82	6,26	8,42	8,24	7,36	7,68	8,02	4,98	5,39	6,8	5,78
Eu/Eu*	0,56	1,08	0,75	0,7	0,9	0,67	0,57	0,56	0,49	0,53	0,55	0,47	0,42

Quadro 3.4 – Resultados de análises químicas em rocha total para amostras de rochas do granito Sanga Bonita e ortogneisses Santa Clarinha e Espinilho.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

(¹) FeO calculado.

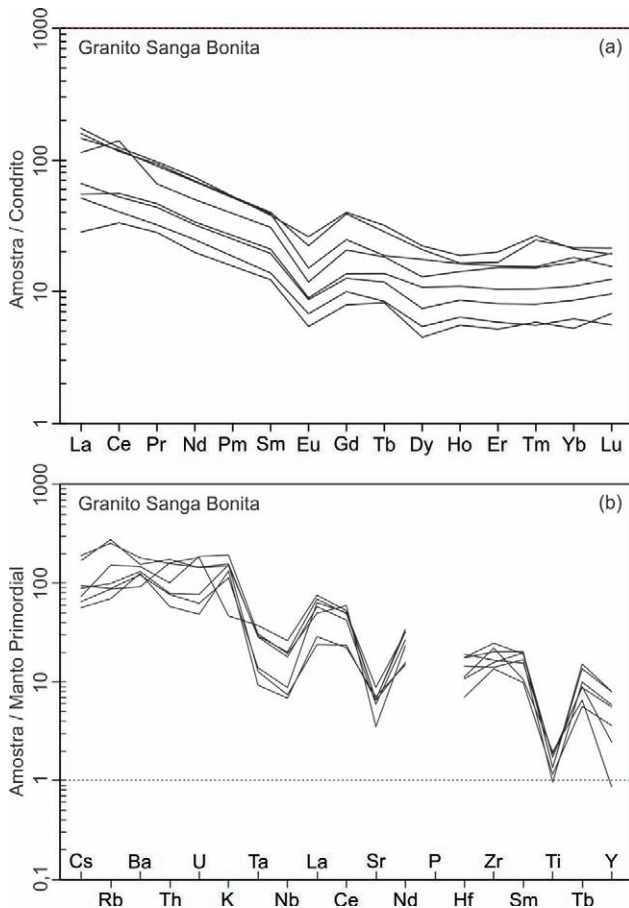


Figura 3.28 – Diagramas de elementos terras-raras normalizados pelo condrito de Boynton (1984) (a) e multielementos normalizados pelo manto primordial de Wood et al. (1979) (b), com dados de amostras do granito Sanga Bonita.

fortes anomalias negativas de Ta-Nb sugerem fusão de fonte de manto metassomatizado por processos de subducção. Os dados levantam a possibilidade de duas interpretações: o magmatismo estaria associado a um ambiente de arco magmático ou a um ambiente tardi- a pós-colisional, com fusão de manto previamente metassomatizado.

Estudos geocronológicos U-Pb em zircões de amostra do Granito Sanga Bonita forneceram idade de 1721 ± 26 Ma, interpretada como idade de cristalização do plúton (CORDANI et al., 2010).

3.1.3.4 ORTOGNAISSE SANTA CLARINHA (PP4yscl)

O Ortognaisse Santa Clarinha compreende um corpo alongado na direção NE (Figura 3.14), aflorante na área da fazenda homônima. O corpo apresenta área aflorante dentro da folha de cerca de 45 km², mas ultrapassa seus limites. É dominado por hornblenda-biotita-gnaiss protomilonítico a milonítico, cinza-médio, equigranular médio, com bandamento

definido pela intercalação entre bandas essencialmente quartzofeldspáticas de cor branca, com até 1 cm de espessura, e lâminas/bandas melanocráticas formadas, essencialmente, por biotita e hornblenda. Esse litotipo apresenta composição principalmente monzogranítica, com mineralogia essencial constituída por microclínio, quartzo, plagioclásio (An_{~30}), biotita e hornblenda. Rochas de composição granodiorítica ocorrem com menor frequência. Os teores de biotita alcançam 12%, enquanto os de hornblenda chegam a 5%. Epídoto, titanita, alanita, apatita e zircão são os acessórios principais. Epídoto, clorita e sericita ocorrem como minerais de alteração, associados à saussuritização de plagioclásio e substituição de biotita.

Essa unidade apresenta uma fácies de ocorrência subordinada, constituída por granada-sienogranito porfírico com fenocristais de microclínio pertítico de até 2 cm de diâmetro maior. A mineralogia principal observada ao microscópio petrográfico compreende microclínio, plagioclásio e quartzo como essenciais, e minerais opacos, granada, muscovita e biotita como acessórios. Essa fácies apresenta feições microscópicas de deformação, incluindo microfalhas em cristais de feldspato e quartzo com extinção ondulante e feições de recristalização dinâmica.

Análises geoquímicas em quatro amostras de composição granítica a granodiorítica do Ortognaisse Santa Clarinha mostram teores de SiO₂ entre 70 e 75% e teores de Al₂O₃ de 13 a 15% (Quadro 3.4). Apresenta composição metaluminosa, com índice de saturação em alumina próximo a 1, e alto conteúdo de K₂O (entre 4,1 e 5,5%) (Quadro 3.4).

O comportamento dos elementos-traço é muito semelhante àquele apresentado pelo Granito Sanga Bonita (Figura 3.29), sugerindo que os dois corpos devem ter uma natureza cogenética e podem estar relacionados a uma mesma suíte magmática. Os padrões ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984), mostram fracionamento de ETR leves em relação a ETR pesados, padrão mais plano para ETR pesados, leves anomalias negativas de Eu e anomalias positivas de Er (Figura 3.29a).

Como característica ligeiramente distintiva em relação ao Granito Sanga Bonita, as amostras do Ortognaisse Santa Clarinha apresentam maiores teores de LILE, sobretudo Rb, Ba, K e Sr (Quadro 3.4). Os padrões multielementos, normalizados pelo manto de Wood et al. (1979), mostram anomalias negativas de Sr menos pronunciadas, além de fortes anomalias negativas de Ta-Nb e Ti (Figura 3.29b). Os teores de Y e Yb são também pouco expressivos. Os padrões geoquímicos com enriquecimento em LILE (por exemplo, Sr, Rb e Ba) e valores pouco expres-

sivos de HFSE (Y e Yb, entre outros) sugerem que o Ortognaisse Santa Clarinha foi formado por líquidos gerados por fusão de fonte mantélica metassomatizada por processos de subducção em níveis profundos, fora do campo de estabilidade do plagioclásio, permitindo enriquecimento em Sr no líquido e dentro do campo de estabilidade da granada, que teria retido Y e Yb no resíduo de fusão. Os padrões geoquímicos são, de maneira geral, semelhantes àquelas encontrados em séries calcálicas normais e poderiam ter sido gerados em ambiente de arco magmático ou em ambiente tardi- a pós-colisional por fusão de fonte de manto previamente metassomatizada.

Análises geocronológicas pelo método U-Pb LA-ICP-MS foram realizadas em grãos de zircão da amostra MR-R-050, representativa do Ortognaisse Santa Clarinha. Os grãos de zircão analisados apresentam formas prismáticas com bordas arredondadas ou ovaladas e razões axiais entre 1 e 3. Imagens de elétrons retroespalhados mostram dominância de cristais composicionalmente homogêneos.

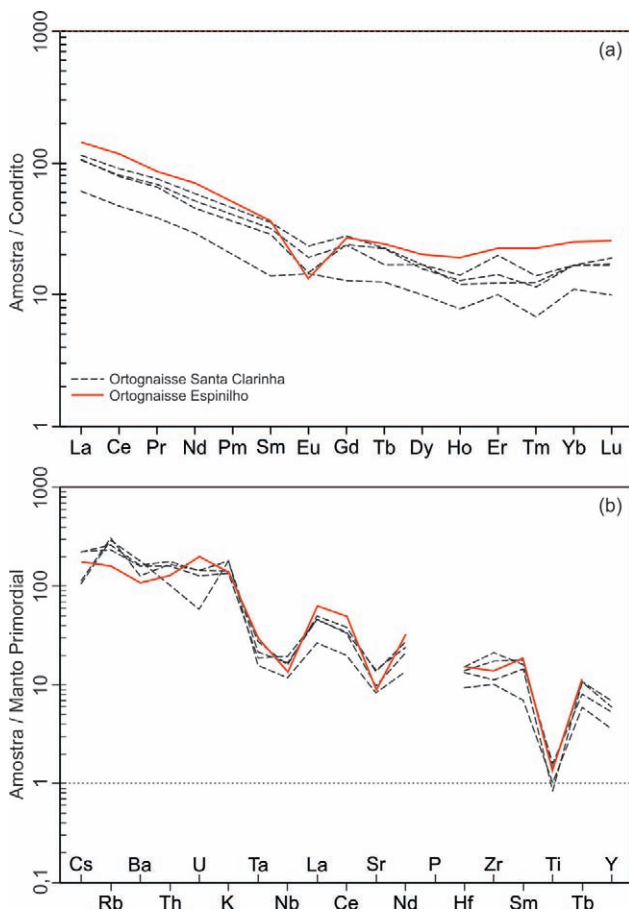


Figura 3.29 – Diagramas de elementos terras-raras normalizados pelo condrito de Boynton (1984) (a) e multielementos normalizados pelo manto primordial de Wood et al. (1979) (b), com dados de amostras dos ortognaisses Santa Clarinha e Espinilho.

Foram realizadas 25 análises pontuais em zircões, das quais cinco foram descartadas, devido ao grande erro analítico. As 20 análises restantes são concordantes, mas apresentam espalhamento na concórdia em torno de uma idade central. Quatorze análises com concordância no intervalo entre 97 e 103% forneceram uma idade de intercepto superior de 1735 ± 12 Ma (MSWD de 1,3) (Figura 3.30), interpretada como idade de cristalização do plúton.

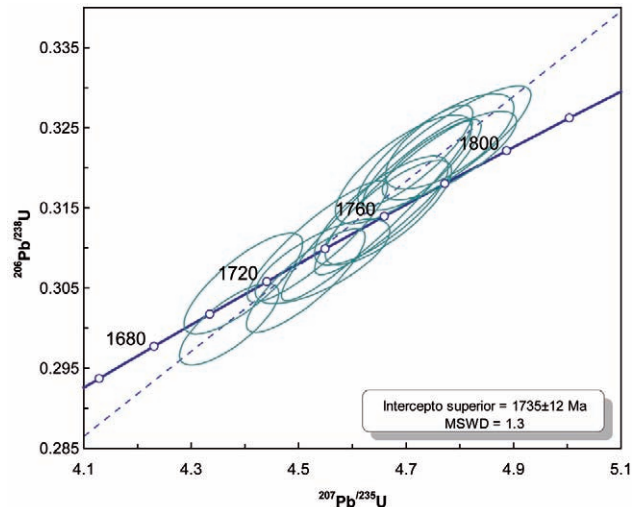


Figura 3.30 – Diagrama concórdia da amostra MR-050 (ortognaisse Santa Clarinha), com o detalhe das análises mais concordantes e a idade do intercepto superior obtida.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

3.1.3.5 ORTOGNAISSE ESPINILHO (PP4yes)

O Ortognaisse Espinilho compreende um stock granítico com forma elipsoidal alongada na direção NW (Figura 3.14), com razão axial de 1,6 e área aflorante de aproximadamente 0,7 km². O nome dado ao corpo é uma alusão ao córrego Espinilho, um afluente que desemboca no rio Perdido nas proximidades do plúton. É constituído por biotita-ortognaisse equigranular médio, marrom-claro, hololeucocrático, com bandamento definido pela intercalação entre leitões quartzofeldspáticos subcentimétricos de cor marrom, lentes melanocráticas de espessuras milimétricas formadas essencialmente por biotita e, subordinadamente, bandas quartzofeldspáticas centimétricas de cor cinza-claro (Figura 3.31a). Apresenta composição monzogranítica, sendo formado, essencialmente, por quartzo, microclínio, plagioclásio e biotita. Magnetita, pirita e zircão são os acessórios principais. Clorita, sericita e

epídoto ocorrem como minerais de alteração hidrotermal, associados à substituição de biotita e saussuritização de plagioclásio. A rocha apresenta textura micrográfica reliquiar parcialmente transposta por foliação protomilonítica.

Análise litogeoquímica da amostra VC-R-083-A, representativa de monzogranito protomilonítico, mostrou teores aproximados de SiO_2 de 72% e de Al_2O_3 de 14% (Quadro 3.4). A amostra apresenta composição fracamente peraluminosa, com índice de saturação em alumina próximo a 1, e alto conteúdo de K_2O (~ 4,4%) (Quadro 3.4).

O comportamento dos elementos-traço é muito semelhante àquele apresentado pelos plútons Sanga Bonita e Santa Clarinha (Figura 3.29), sugerindo que os três corpos devem ter natureza cogenética e podem estar relacionados a uma mesma suíte magmática. Os padrões ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984), mostram fracionamento de ETR leves em relação a ETR pesados, padrão aproximadamente plano para ETR pesados e forte anomalia negativa de Eu (Figura 3.29a). O padrão multielementos, normalizado pelo manto primordial de Wood et al. (1979), mostra forte enriquecimento em LILE (por exemplo, Sr, Rb e Ba), valores pouco expressivos de HFSE (Y e Yb, entre outros), teor relativamente alto de Sr e fortes anomalias negativas de Ta-Nb e Ti (Figura 3.29b).

O padrão geoquímico do Ortognaisse Espinilho é, de maneira geral, semelhante àquele encontrado em séries calcalcalinas de alto-K, sugerindo que esse plúton poderia ter sido gerado em ambiente de arco magmático ou em ambiente tardi- a pós-colisional por fusão de manto previamente metassomatizado.

A amostra VC-R-083-A foi selecionada para datação pelo método U-Pb LA-ICP-MS em zircão. A amostra apresenta duas populações de zircão, com razões axiais em torno de 1 e 2. Os grãos da primeira população são arredondados, enquanto os da segunda são prismáticos, com bordas arredondadas. Imagens de elétrons retroespalhados mostram padrões de zonação composicional interna característicos de crescimento de zircões ígneos, sem presença de núcleos herdados.

Foram realizadas 23 análises pontuais em zonas de núcleos e bordas. Entretanto, não houve variação significativa entre as idades de diferentes zonas. As análises pontuais forneceram uma idade do intercepto superior de 1713 ± 14 Ma, com intercepto inferior apontando para o Brasiliano, mas com alto erro. Doze pontos analíticos definiram uma idade concórdia de 1716 ± 11 Ma (Figura 3.31b), que interpretamos como a melhor estimativa para a idade de cristalização do plúton. Essa idade é muito próxima da apresentada pelo Granito Sanga Bonita e Ortognaisse Santa Clarinha, reforçando a possibilidade de cogeneticidade entre os três plútons. A existência de plútons com características de magmatismo calcalcalino, possivelmente associados a arco magmático, cerca de 80 Ma mais jovens que o Granito Scardine, que apresenta assinatura alcalino-anorogênica, sugere que a Zona de Cisalhamento Serra do Perdido pode estar separando terrenos tectônicos distintos.

3.1.4 DIQUES MÁFICOS

A área apresenta uma série de corpos de rochas máficas, essencialmente sob a forma de diques de direções NW-SE e E-W (Figuras 3.2 e 3.14). Observações de campo e dados aeromagnetométricos

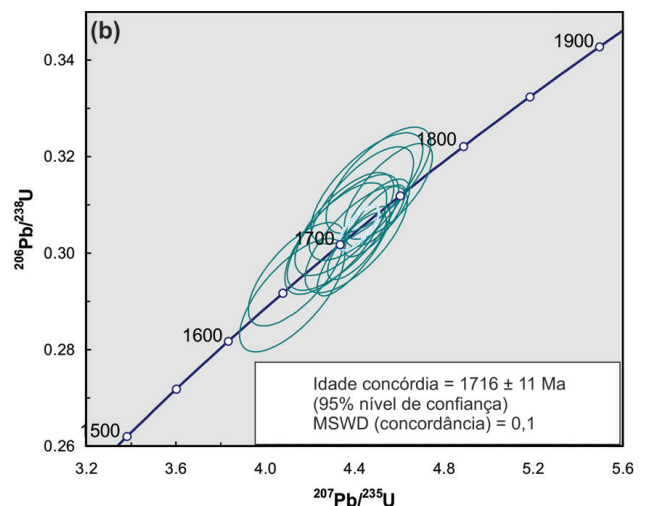


Figura 3.31 – (a) Aspecto macroscópico do ortognaisse Espinilho, mostrando bandamento composicional lenticular paralelo à foliação protomilonítica (amostra VC-R-083-A); (b) Idade concórdia de 1716 ± 11 Ma, obtida utilizando-se resultados de 12 análises U-Pb pontuais em grãos de zircão da amostra VC-R-083-A.

(a) Fotografia: Frederico Meira Faleiros, 2012; (b) Elaborado pelos autores, 2014.

indicam que os diques cortam as unidades proterozoicas (Complexo Rio Apa e corpos graníticos intrusivos), mas não intrudem as unidades da Faixa Paraguai. Essa evidência sugere que os diques são mais antigos do que as rochas da Faixa Paraguai e permite interpretar uma idade mínima ediacarana. Dados Ar-Ar em anfibólio e biotita indicam idade em torno de 1300 Ma para a última fase de metamorfismo do Terreno Rio Apa (CORDANI et al., 2010), que pode ser também interpretada como a idade máxima para colocação dos diques, uma vez que estes não foram metamorfizados. Foram identificados corpos de microgabro (Figura 3.32), microdiorito e microtonalito.



Figura 3.32 – Característica macroscópica de dique de gabro (afioramento VC-086).
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

Os corpos de microgabro apresentam cor cinza-escuro-esverdeada, estrutura maciça e textura fanerítica equigranular média, com granulação variando principalmente entre 1 e 3 mm. Em termos modais, têm variação composicional significativa: clinopiroxênio-quartzonorito, ortopiroxênio-gabro, ortopiroxênio-leucogabro, clinopiroxênio-ortopiroxênio-quartzodiorito, hornblenda-diorito e ortopiroxênio-hornblenda-clinopiroxênio-tonalito (Figura 3.33).

Labradorita (An_{52-60}), clinopiroxênio e ortopiroxênio são sempre minerais essenciais, enquanto quartzo e hornblenda podem ser essenciais ou acessórios. Os demais minerais acessórios compreendem minerais opacos, biotita, titanita e epidoto. Clorita, actinolita e sericita, frequentemente, ocorrem como minerais de alteração, podendo representar, em conjunto, até 5% da rocha. Os cristais de piroxênio mostram borda de reação formada

por intercrescimento entre hornblenda e biotita. O quartzo ocorre intersticial (podendo alcançar 1 mm de diâmetro) e, comumente, intercrescido com feldspato em textura micrográfica (Figura 3.34). A labradorita aparece parcialmente saussuritizada em algumas amostras.

Os diques de microdiorito ocorrem com menor frequência e podem ser divididos em dois grupos. O primeiro grupo é formado por rochas mesocráticas com feições macroscópicas e microscópicas semelhantes àquelas descritas para as amostras de gabroides, diferenciando-se, essencialmente, por apresentarem plagioclásio com teor levemente menor de anortita ($An_{~45}$). São compostos, essencialmente, por ande-

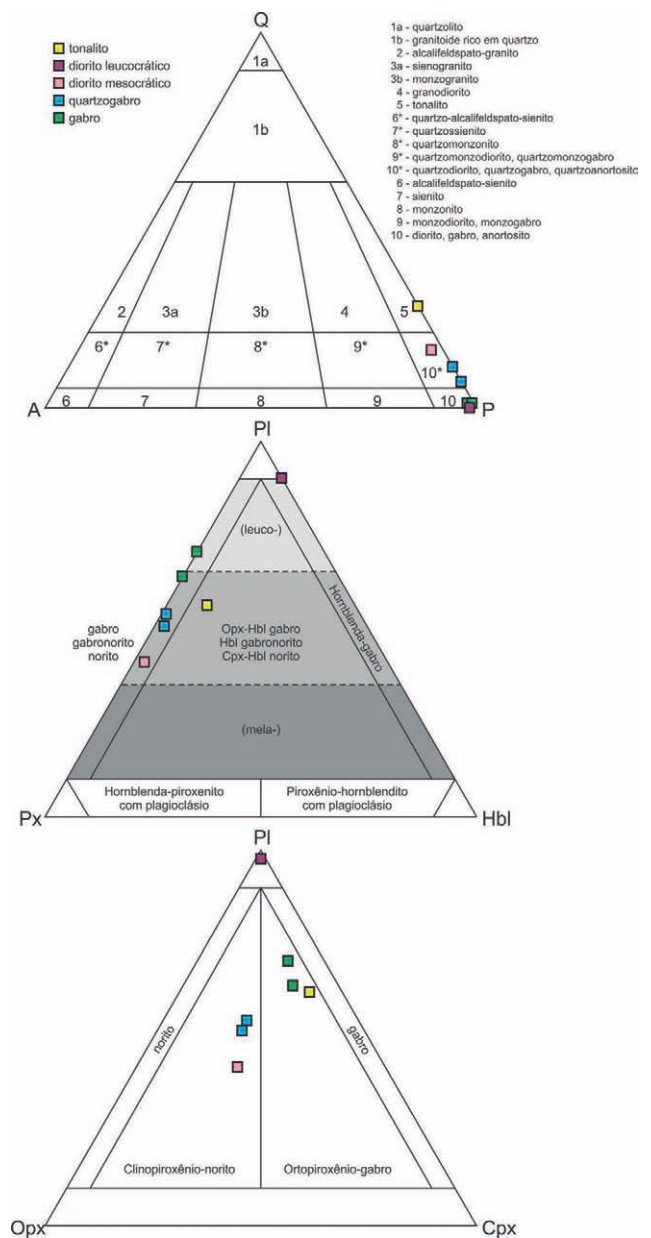


Figura 3.33 – Diagramas classificatórios, com dados de amostras de diques de rochas máficas: (a) QAP (STREICKEISEN, 1976); (b) PI-Px-Hbl (LE MAITRE et al., 1989); (c) PI-Opx-Cpx (LE MAITRE et al., 1989).

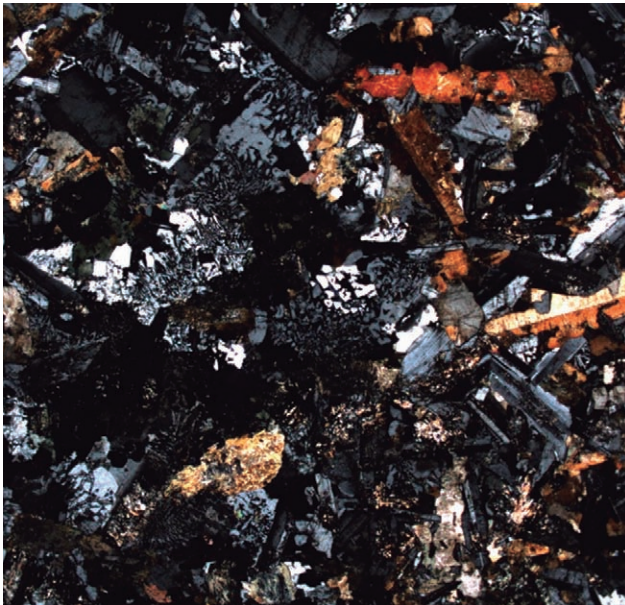


Figura 3.34 – Ripas de plagioclásio euédrico e subédrico, com até 2 mm, por vezes deformadas, parcialmente sericitizadas (amostra VC-086).

Fotografia: Vidyã Vieira de Almeida, 2010.

sina, ortopiroxênio, clinopiroxênio e quartzo, sendo classificados em termos modais como quartzo-clinopiroxênio-norito. Biotita, hornblenda, minerais opacos e microclínio são os acessórios principais. Actinolita e clorita são minerais secundários.

O segundo grupo compreende leucodiorito com estrutura foliada e é formado, essencialmente, por plagioclásio (andesina – An_{25}), epidoto e hornblenda. O plagioclásio mostra zonação textural proeminente, marcada por extinção concêntrica e núcleos com lamelas de microclínio. Ocorrem finas lentes e bolsões com concentração de hornblenda verde-escuro, epidoto e titanita, em textura tipo mosaico, com cristais reliquias corroídos de clinopiroxênio verde-claro. Aparentemente, tais lentes e bolsões são de natureza metamórfica. Titanita, minerais opacos, hornblenda verde-claro, apatita e zircão são os acessórios principais.

Procedeu-se a análises químicas em rocha total em nove amostras de diques máficos (Quadro 3.5).

O teor de SiO_2 varia de 48,9 a 56,6%, mostrando composição básica a intermediária. Todas as amostras apresentam assinaturas toleíticas (Figura 3.35). A análise dos elementos maiores no diagrama SiO_2 versus álcalis mostra composição variando de basalto a andesito basáltico (Figura 3.36). As amostras podem ser divididas em dois grupos com relação ao comportamento dos elementos maiores e ETR: M1 – basalto, com $\sum ETR$ entre 41 e 72 ppm; M2 – andesito basáltico, com $\sum ETR$ entre 115 e 156 ppm.

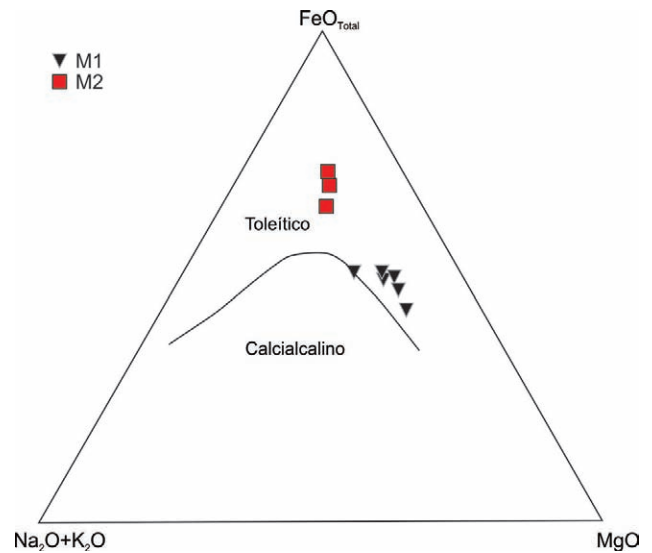


Figura 3.35 – Diagrama AFM, com dados litoquímicos de amostras de diques máficos.

Fonte: IRVINE; BARAGAR, 1971.

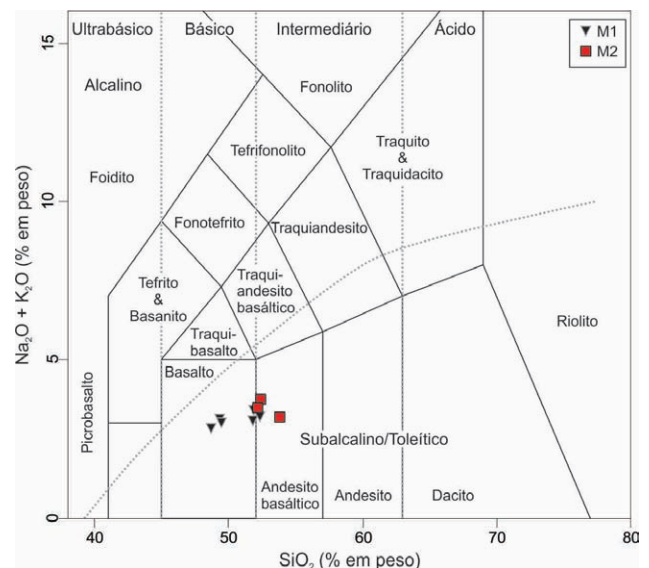


Figura 3.36 – Diagrama classificatório TAS, com dados de amostras de diques máficos.

Fonte: LE BAS et al., 1986.

As amostras M1 apresentam padrões ETR, normalizados pelo condrito, com forte enriquecimento de ETR leves em relação aos pesados (Figura 3.37a), com valores de $(La/Yb)_N$ entre 2,2 e 5,7. O fracionamento é maior para ETR leves, enquanto ETR pesados apresentam padrão sub-horizontal (Figura 3.37a). No diagrama multielementos, normalizado pelo MORB, as amostras M1 mostram empobrecimento fraco a moderado dos HFSE (de Nb a Yb), à exceção de Ce, que apresenta anomalia positiva significativa e enriquecimento forte em LILE (Figura 3.37b). Os teores de Th variam de 10 a 40 vezes os valores condríticos (Figura 3.37b). As amostras M1 apresen-

Elemento	Amostra								
	MR-234-RG [†]	VC-086-RA	MR-234-RH	EL-009-RB	EL-014-RA	MR-222-RA	EL-026-RA	MR-060-RA	MR-60-RB
	Corpo								
	M2	M2	M2	M1	M1	M1	M1	M1	M1
Percentual de Peso (%)									
SiO ₂	56,64	54,28	54,25	52,89	52,87	52,18	49,93	49,64	48,94
TiO ₂	1,75	1,15	1,82	0,72	0,94	0,91	1,20	1,16	1,02
Al ₂ O ₃	14,40	15,01	14,07	13,36	12,61	17,70	15,43	15,11	15,75
Fe ₂ O ₃	14,63	12,48	15,09	10,70	12,12	9,70	11,75	11,31	11,30
FeO [‡]	11,86	10,12	12,24	8,68	9,83	7,87	9,53	9,17	9,16
MnO	0,18	0,13	0,17	0,11	0,13	0,12	0,13	0,12	0,13
MgO	4,04	4,37	4,45	10,75	10,03	5,63	8,23	7,81	9,16
CaO	4,57	8,64	6,12	8,34	7,91	10,20	10,16	11,84	10,75
Na ₂ O	0,72	2,47	1,96	1,73	1,96	2,91	2,52	2,55	2,32
K ₂ O	2,65	1,43	1,68	1,52	1,19	0,53	0,65	0,48	0,54
P ₂ O ₅	0,44	0,07	0,39	<0,01	0,13	0,10	<0,01	<0,01	0,06
Total	100,02	100,02	100,00	100,12	99,90	99,99	100,02	100,03	99,96
LOI	2,84	0,64	1,67	1,14	0,58	0,72	1,00	0,55	0,82
K ₂ O/Na ₂ O	3,67	0,58	0,85	0,88	0,61	0,18	0,26	0,19	0,23
#mg	28,09	34,40	31,08	64,35	57,73	51,73	55,46	56,93	60,33
ppm									
Ni	19,8	27	15,9	84,5	83,8	12,3	73	23,8	36,9
Co	40,4	22,8	31	19,2	19,7	14,3	24,4	11,1	12,7
Cu	81,9	136	8,2	95,4	110	38,5	134	107	47,4
Pb	7,2	4,8	4,2	3,1	5,5	2,8	1,4	0,9	4,8
Zn	5	31	77	20	17	31	50	1	109
Rb	107	37,6	49,6	57,7	37,5	8,2	19,5	10,4	14,8
Cs	2,37	1,79	0,95	1,13	1,24	0,33	0,42	0,29	0,24
Ba	684	261	643	270	240	159	196	221	182
Sr	157	147	249	248	148	457	251	246	234
Ga	11,7	11,5	13,3	8,2	10,7	12,5	10,9	15,1	5,7
Ta	0,65	0,51	0,66	0,17	0,36	0,19	0,12	0,14	1,49
Nb	4,65	4,54	5,03	2,07	3,56	1,83	1,81	1,42	1,84
Hf	4,28	3,9	4,58	1,39	2,19	1,76	2,17	2,07	1,56
Zr	182	122	165	64,4	90,4	58,6	78,8	68,2	66,3
Y	34,44	25,44	26,16	14,29	8,86	13,06	14,88	1,4	25,44
Th	4,2	6,5	3,3	4,7	5,6	2,6	3,5	1	2,7
U	0,84	1,21	1,02	0,58	0,98	0,22	0,18	0,14	0,2
La	22,7	17,3	23,7	7,7	14,5	12,4	7,1	9,9	11,3
Ce	52	42,6	58,5	15,2	27,1	23,4	15,4	19	15
Pr	7,02	5,25	8,04	1,87	3,21	3,6	2,44	3,05	3,47
Nd	29,8	23,1	32,1	7	12,4	15,6	10,3	13,8	8,7
Sm	6,7	4,8	7	1,9	3,1	3,8	3,2	3,4	2,8
Eu	1,71	1,48	1,67	0,54	0,81	1,26	1,17	1,15	1,47
Gd	6,56	5,63	7,13	2,1	3,3	3,94	3,81	4,09	2,98
Tb	1,08	1,04	1,04	0,38	0,61	0,63	0,72	0,63	1,02
Dy	5,5	5,57	6,72	1,66	2,58	2,9	3,49	4,34	2,42
Ho	1,23	1,13	1,36	0,44	0,7	0,68	0,88	0,88	0,88
Er	3,67	3,61	4,16	1,21	1,67	1,85	2,39	2,62	1,67
Tm	0,53	0,51	0,58	0,15	0,26	0,24	0,37	0,35	0,47
Yb	3,5	3	3,7	1,1	1,7	1,7	2,2	2,5	1,4
Lu	0,56	0,55	0,59	0,2	0,35	0,31	0,37	0,38	0,49
Ba/Sr	4,36	1,78	2,58	1,09	1,62	0,35	0,78	0,90	0,78
LaN/YbN	4,37	3,89	4,32	4,72	5,75	4,92	2,18	2,67	5,44
Eu/Eu*	0,79	0,86	0,72	0,83	0,77	1	1,02	0,94	1,56

Quadro 3.5 – Resultados de análises químicas em rocha total para amostras de diques máficos.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

([†]) Amostra não utilizada na interpretação dos resultados; ([‡]) FeO calculado.

tam, também, fortes anomalias negativas de Ta-Nb. O comportamento dos elementos-traço com enriquecimento em LILE e empobrecimento em HFSE em relação ao MORB sugere importante contribuição do componente de subducção (PEARCE; PEATE, 1995) e é semelhante aos padrões encontrados em basaltos de arcos vulcânicos modernos (arcos de ilhas e arcos continentais) (WINTER, 2010).

As amostras M2 apresentam padrões de comportamento dos elementos-traço semelhantes ao das amostras M1, como indicado por tendências paralelas nos diagramas de ETR, normalizados pelo condrito, e multielementos, normalizados pelo MORB (Figura 3.37a, b), distinguindo-se pelas maiores concentrações de elementos-traço. Como as amostras M2 são mais evoluídas em relação às amostras M1 (apresentam maior conteúdo de SiO₂), a diferença entre os dois grupos pode ser explicada por cristalização fracionada (WINTER, 2010). No diagrama AFM, as amostras M1 e M2 seguem uma tendência de enriquecimento em Fe semelhante àquela apresentada por magmas da série toleítica.

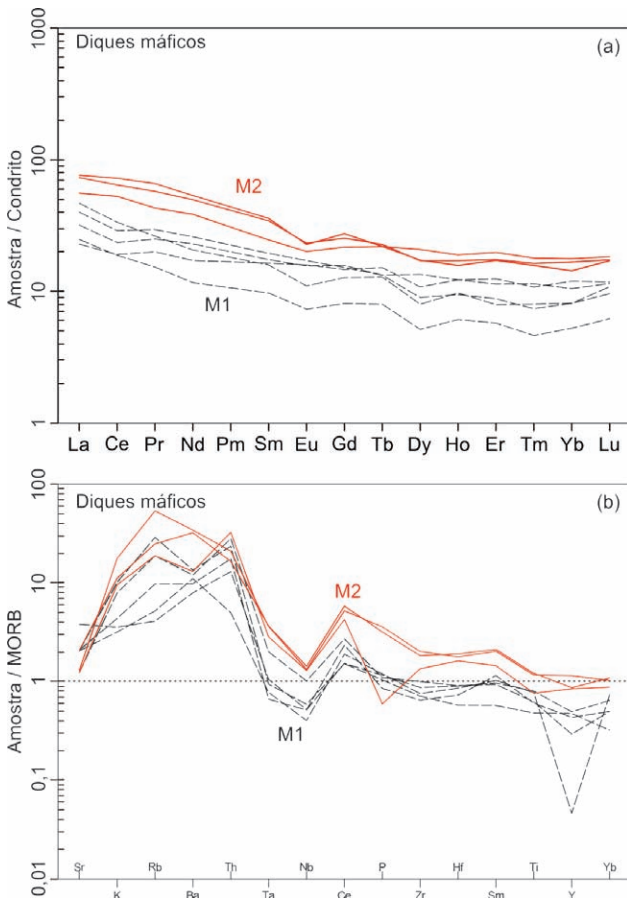


Figura 3.37 – Diagramas de elementos terras-raras normalizados pelo condrito de Boynton (1984) (a) e multielementos normalizados pelo MORB de Pearce (1983) (b), com dados de amostras de diques de rochas máficas.

Os padrões de ETR dos diques são semelhantes às tendências de andesitos e andesitos basálticos de médio potássio (série calcialcalina) (GILL, 1981), condizente com o conteúdo de potássio apresentado pelas amostras estudadas (K₂O entre 0,5 e 1,5%).

No diagrama binário Nb/Yb-TiO₂/Yb, as amostras M1 e M2 se posicionam, essencialmente, no campo de variação composicional mantélica tipo MORB (Figura 3.38a), indicando que o magma foi gerado por fusão em ambiente raso (PEARCE, 2008). Esse padrão é encontrado em basaltos de cadeias meso-oceânicas e de arcos vulcânicos, uma vez que o titânio é um elemento conservativo para magmas de arcos vulcânicos, isto é, não existe contribuição detectável de titânio no componente de subducção para a fonte do magmatismo de arco (PEARCE; PEATE, 1995).

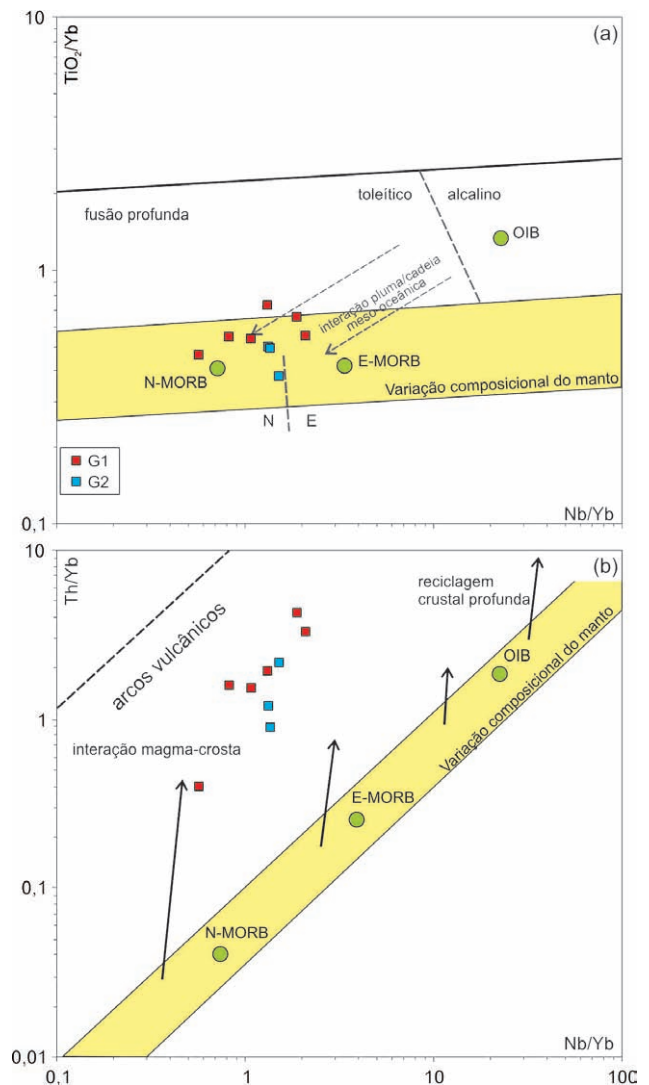


Figura 3.38 – Diagramas petrogenéticos binários Nb/Yb-TiO₂/Yb e Nb/Yb-Th/Yb.

Fonte: PEARCE, 2008.

Nota: N-MORB = basaltos de cadeias meso-oceânicas normais; E-MORB = basaltos de cadeias meso-oceânicas enriquecidos; OIB = basaltos de ilhas oceânicas.

Por outro lado, a variabilidade da razão Th/Yb é sensível à composição da fonte do magmatismo básico, aos efeitos de contaminação crustal e à interação relacionada ao componente de subducção, uma vez que o tório é elemento não conservativo para magmas de arco, ou seja, existe uma contribuição detectável de tório no componente de subducção para a fonte do magmatismo de arco (PEARCE; PEATE, 1995).

Todas as amostras M1 e M2 apresentam valores elevados da razão Th/Yb, o que as posiciona no campo dos basaltos de arcos vulcânicos no diagrama Nb/Yb-Th/Yb de Pearce (2008) (Figura 3.38b). Alternativamente, os altos teores de tório poderiam ser explicados por forte interação entre o magma e a crosta continental.

O padrão sub-horizontal dos ETR pesados reforça a interpretação de líquidos gerados por fusão em ambiente relativamente raso, indicando que o magma foi gerado em uma profundidade fora do campo de estabilidade da granada, que, ao contrário, seria responsável pelo fracionamento dos ETR pesados.

Os padrões geoquímicos sugerem, de forma geral, que o magmatismo básico a intermediário estudado é decorrente de atividade ígnea relacionada à subducção (arco vulcânico). Outras evidências petrológicas que reforçam essa interpretação são a presença de rochas de composição andesítica, tipicamente relacionadas a arcos vulcânicos continentais do tipo Andino, e a presença de hornblenda ígnea, que indica um magma hidratado, além do fato de a grande maioria das ocorrências de hornblenda-basalto conhecidas no mundo estar associada a arcos vulcânicos (BARCLAY; CAMICHAEL, 2004).

Análises litogeoquímicas realizadas em diques presumivelmente correlacionados no estado do Mato Grosso do Sul revelaram afinidade toleítica de ambiente intraplaca continental (LACERDA FILHO et al., 2006), enquanto datação K/Ar em plagioclásio disponível forneceu idade de 914 ± 9 Ma, que foi interpretada como idade mínima de cristalização dos diques (ARAÚJO et al., 1982).

Os resultados das análises químicas apresentados neste trabalho divergem de dados publicados e discutidos anteriormente e qualquer tentativa de posicionamento estratigráfico desses diques máficos pode ser considerada especulativa, necessitando de estudos geocronológicos e isotópicos posteriores para correlações mais efetivas.

3.2 FAIXA PARAGUAI

A porção meridional da Faixa Paraguai aflora na Folha Fazenda Margarida, compreendendo uma su-

cessão de rochas metassedimentares (carbonáticas e terrígenas) de baixo grau do Grupo Corumbá. Essa unidade se distribui na porção central da folha e se encontra depositada em discordância angular e erosiva sobre rochas do Terreno Rio Apa.

3.2.1 GRUPO CORUMBÁ (NP3co)

As primeiras informações sobre a existência de metacalcário no sudoeste de Mato Grosso do Sul datam do século XIX e se devem a Castelnau (1850), seguido por Evans (1894), que definiu o Calcário Província Serrana de Araras e o Calcário Corumbá. Lisboa (1909) propôs a correlação das unidades de calcário e dolomito da serra da Bodoquena aos correspondentes da região de Corumbá, denominando-os Série Bodoquena. Entretanto, as principais propostas para ordenamento e subdivisões estratigráficas do Grupo Corumbá no estado de Mato Grosso do Sul dar-se-iam mais de 50 anos depois, com os trabalhos de Almeida (1965a, b), Corrêa et al. (1976), Nogueira et al. (1978) e Boggianni (1997).

Adotou-se, neste trabalho, a subdivisão estratigráfica estabelecida por Almeida (1965a, b), modificada por Boggianni (1997). Na área da Folha Fazenda Margarida, as rochas do Grupo Corumbá são representadas, da base para o topo, pelas formações Cerradinho, Bocaina, Tamengo e Guaicurus.

3.2.1.1 FORMAÇÃO CERRADINHO (NP3ce)

A Formação Cerradinho (Figura 3.39) representa a base do Grupo Corumbá e foi definida por Almeida (1965b), na fazenda homônima, a cerca de 20 km ao noroeste da cidade de Bonito. Apresenta distribuição por toda a borda oeste do Planalto da Bodoquena, na porção mais ocidental da Faixa Paraguai.

Essa formação é constituída por uma associação heterogênea de rochas sedimentares clásticas e carbonáticas, não metamórficas a anquimetamórficas, representadas por uma sequência de conglomerado, na base, gradando para grânulo-arenito, arenito e marga. Todos os litotipos são arcoseanos e podem ou não apresentar estratificação. No topo da formação ocorre uma unidade pouco espessa de folhelho, eventualmente com intercalações de camadas de arenito arcoseano.

A Formação Cerradinho exhibe contato erosivo, repousando sobre os granitoides do Complexo Rio Apa (Figuras 3.10 e 3.11), geralmente sem evidências macroscópicas e microscópicas de metamorfismo. Entretanto, suas porções mais orientais apresentam, localmente, desenvolvimento incipiente de muscovi-

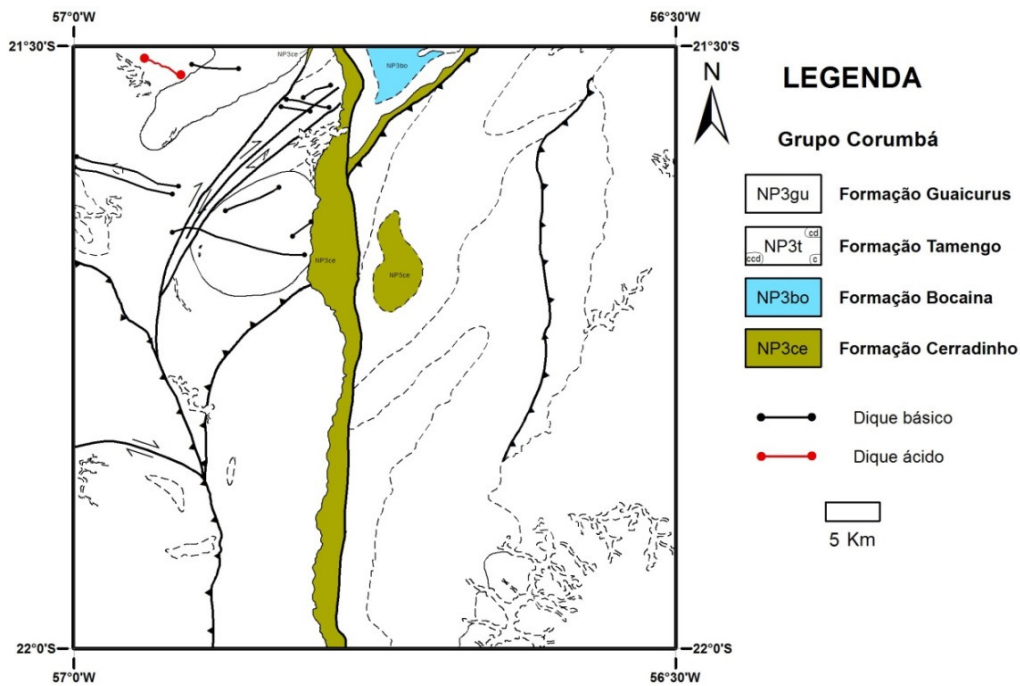


Figura 3.39 – Mapa geológico simplificado, com a localização das formações Cerradinho e Bocaina.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

ta metamórfica. Sua porção oriental apresenta, aparentemente, passagem gradacional para a Formação Tamengo (unidade sobreposta).

Os principais afloramentos dessa unidade na folha em estudo ocorrem ao longo da Rodovia BR-267, nos arredores da Fazenda Margarida, e na antiga estrada que liga Jardim a Porto Murinho. Uma seção-tipo pode ser observada no local conhecido popularmente como Garganta do Diabo (Figuras 3.37 e 3.38) e em seus arredores, onde também se nota o contato erosivo com a Unidade Gnáissica do Complexo Rio Apa.

Um conglomerado oligomítico representa o litotipo menos expressivo da formação, tendo sido identificado em poucos afloramentos. Exibe cor rosada, matriz inequigranular grânulo-arenítica a arenítica fina, composta por 70 a 80% de quartzo arredondado e subesférico, 20 a 30% de feldspato, com predominância de microclínio, e 0 a 3% de muscovita detrítica. Os clastos são, em sua maioria, subarredondados e achatados, com granulação entre 1 e 5 cm, compostos, essencialmente, por quartzo e quartzito. Fragmentos de granito ocorrem com menor frequência.

As camadas de grânulo-arenito apresentam arcabouço macroscopicamente muito parecido com a matriz do conglomerado supradescrito. Compreendem pacotes homogêneos e maciços de coloração avermelhada, com granulação fina a média. Seus grãos possuem maior esfericidade em relação à matriz do conglomerado.

Os pacotes de arenito arcoseano apresentam até 50 m de espessura. Compreendem rocha estratificada (Figuras 3.40 e 3.41), de cor vermelha a branca, granulação fina, bem selecionada, com alta esfericidade e arredondamento dos grãos. A estratificação é do tipo cruzada acanalada e não ultrapassa 0,8 m entre os sets. No topo da unidade, ocorrem intercalações de camadas de folhelho roxo, com laminação plano-paralela e níveis arenosos submilimétricos. Os litotipos dessa formação encontram-se indeformados ou fracamente deformados, com as camadas apresentando direção geral N-S, com suaves mergulhos para leste.

3.2.1.2 FORMAÇÃO BOCAINA (NP3bo)

Definida por Almeida (1945), a sudeste da cidade de Corumbá e arredores da localidade de Albuquerque, compõe-se de pacotes calcários, predominantemente dolomíticos, cinza-claro a cinza-escuro, frequentemente silicificados, bastante fraturados, com desenvolvimento de caneluras de dissolução.

A Formação Bocaina aflora somente na porção norte da Folha Fazenda Margarida, no centro de uma estrutura antiformal de traço axial NNE (Figura 3.39). Litologicamente, é constituída na área por dolomito cinza-claro estromatolítico.

3.2.1.3 FORMAÇÃO TAMENGO (NP3t)

A Formação Tamengo ocorre na área da Folha Fazenda Margarida, com orientação geral N-S (Figura

3.42), sendo constituída, predominantemente, por calcário e folhelho cinza-escuro a preto.

Das unidades presentes na folha, é a formação mais importante do ponto de vista econômico, devido ao grande potencial para extração de calcário. Amostras

de calcário analisadas no Centro de Treinamento e Controle da Poluição na Mineração (CECOPOMIN/CPRM-SUREG-SP) apresentaram teores de CaO de até 61,6% e de MgO limitado a 0,9%.



Figura 3.40 – Afloramento da formação Cerradinho (Garganta do Diabo).
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.



Figura 3.41 – Arenito da formação Cerradinho, com estratificação cruzada preservada.
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

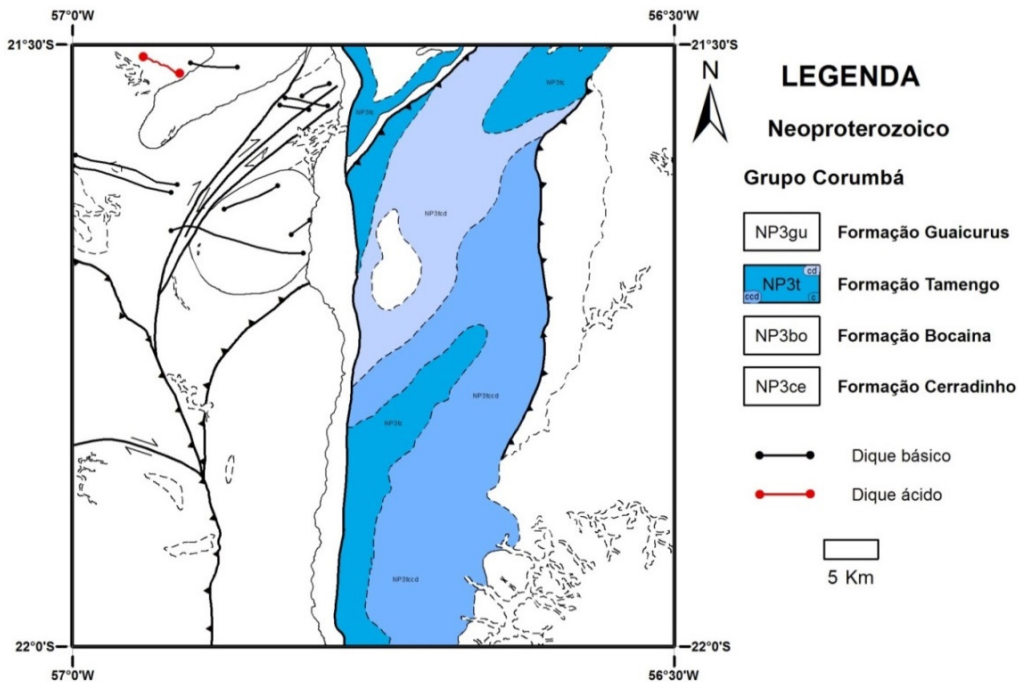


Figura 3.42 – Mapa geológico simplificado, com a localização da formação Tamengo.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Lajes e blocos soltos, por vezes recobertos por solos pouco espessos, são os principais tipos de afloramento da unidade por toda sua área de ocorrência (Figura 3.43), como se observa nas áreas de empréstimo para construção da Rodovia BR-267 e em açudes construídos para o gado em áreas de pastagens.



Figura 3.43 – Padrão de afloramento típico das rochas da formação Tamengo.
Fotografia: Vicente Sérgio Costa, 2008.

Os afloramentos de calcário são os mais abundantes, sendo encontrados em corpos maciços, oolíticos e laminados (Figura 3.44), interpretados como estruturas de esteiras algais. Localmente, apresentam intercalações rítmicas de camadas de folhelho (Figura 3.45).

Três associações de litofácies principais da Formação Tamengo foram cartografadas:

- calcário calcítico (NP3tc): dominância de calcário puro com calcário dolomítico, dolomito, siltito e folhelho subordinados (Figura 3.46);



Figura 3.44 – Calcário laminado da formação Tamengo.
Fotografia: Vicente Sérgio Costa, 2008.



Figura 3.45 – Ritmito com intercalação de camadas de calcário e folhelho da formação Tamengo.
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

- calcário calcítico e dolomítico (NP3tccd): intercalações entre camadas de calcário puro, calcário dolomítico e dolomito, em proporções aproximadamente equivalentes;
- calcário calcítico e dolomito (NP3tcd): dominância de camadas de dolomito e calcário dolomítico, com intercalações subordinadas de camadas de calcário puro.



Figura 3.46 – Folhelho da formação Tamengo.
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

As camadas de calcário dolomítico exibem níveis calcíticos e brechas intraformacionais, onde se observam estruturas rúpteis como estilólitos, *tension gashes* e fraturas preenchidas por calcita (Figuras 3.47 e 3.48).

O padrão deformacional da unidade é caracterizado por dobras com vergência para oeste e mergulho suave a subvertical. Constatou-se que os pacotes de calcário mais puro apresentam dobras mais

desenvolvidas (Figura 3.49), enquanto os mais dolomíticos mostram feições de deformação predominantemente rúptil. Os pacotes mais dolomíticos apresentam capa de alteração intempérica com feições similares a couro de paquiderme (Figura 3.50), característica de campo que auxilia o mapeamento da unidade.



Figura 3.47 – Calcário dolomítico com níveis calcíticos da formação Tamengo.
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.



Figura 3.48 – Calcário dolomítico da formação Tamengo, mostrando estruturas rúpteis como estilólitos, tension gashes e fraturas preenchidas por calcita.
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

Ao microscópio petrográfico, os vários tipos de calcário apresentam matriz predominantemente micrítica e, em menor proporção, esparítica.

Estudos geocronológicos realizados na Formação Tamengo (BABINSKI et al., 2008) tratam com cautela idades U/Pb obtidas em zircões de camadas de tufo vulcânico intercalados nessa formação. Entretanto, os dados apontam uma idade razoável de 543 ± 2



Figura 3.49 – Pedreira de calcário da formação Tamengo, mostrando dobra fechada em escala de afloramento.
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.



Figura 3.50 – Superfície de alteração dos calcários com teor maior de magnésio.
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

Ma, interpretada como a idade de cristalização do tufo e de sedimentação da unidade.

3.2.1.4 FORMAÇÃO GUAICURUS (Npg)

A Formação Guaicurus foi definida por Almeida (1965b) e interpretada como representante de um ambiente distal da paleobacia que deu origem à Faixa Paraguai. Na folha, essa unidade apresenta uma forma alongada na direção N-S (Figura 3.51). O contato com a Formação Tamengo se dá ao longo de uma zona de cavalgamento de direção N-S com movimento de topo para oeste. A leste, é recoberta em discordância angular e erosiva por rochas sedimentares da Formação Aquidauana (Bacia do Paraná).

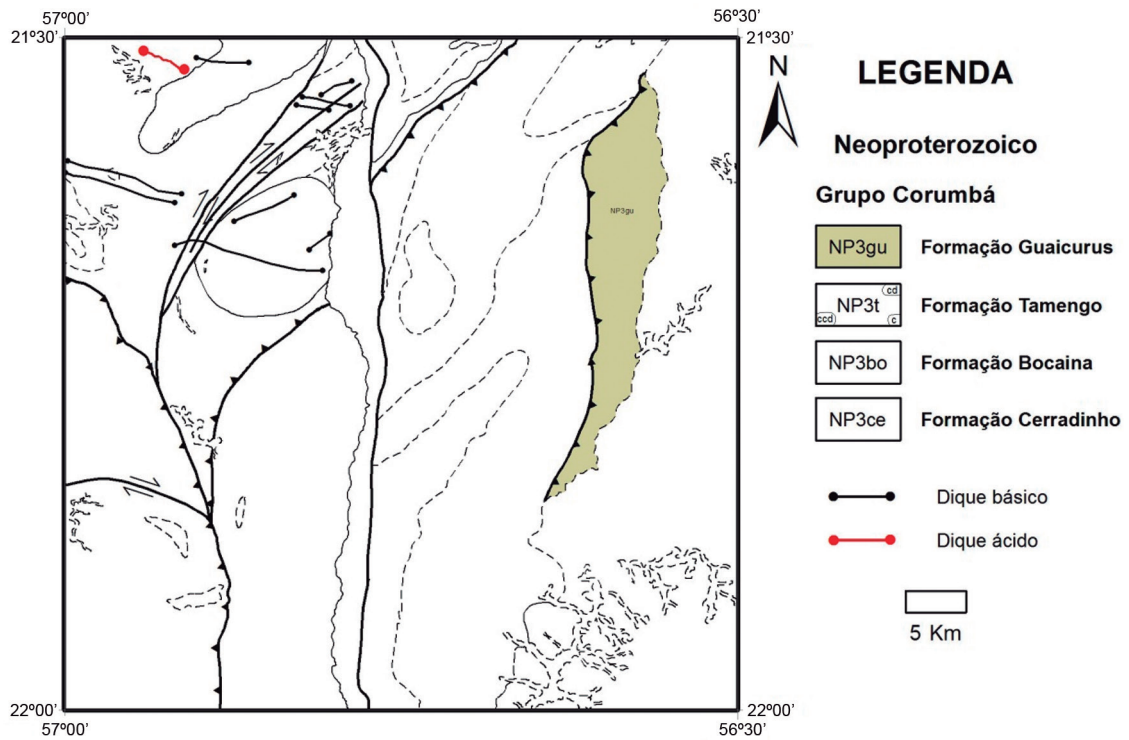


Figura 3.51 – Mapa geológico simplificado, com localização da formação Guaicurus.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Filito roxo (Figura 3.52), quartzito, metarenito (Figura 3.53) e metamarga são os principais litotipos presentes na unidade, sendo reconhecidos em afloramentos na estrada conhecida como Apa-Poré, que liga as rodovias MS-267 e BR-062. Camadas de metamarga (Figura 3.54) ocorrem nas regiões de contato com a Formação Tamengo, sugerindo um paleocontato transicional, onde, posteriormente, ter-se-ia desenvolvido uma zona de cavalgamento.

Ao microscópio petrográfico, as rochas da Formação Guaicurus apresentam clivagem ardósiana



Figura 3.53 – Veios de quartzo encaixado em arenito da formação Guaicurus.
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.



Figura 3.52 – Filito roxo da formação Guaicurus.
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

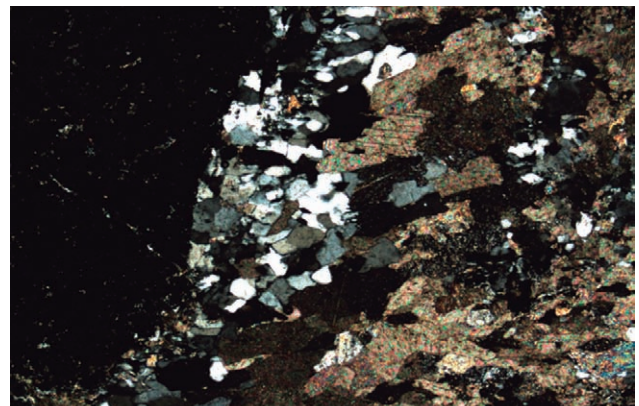


Figura 3.54 – Marga da formação Guaicurus.
Fotografia: Vidyã Vieira de Almeida, 2010.

(S_1) bem desenvolvida, marcada por isorientação de cristais alongados de quartzo, carbonato e sericita. A metamarga apresenta lentes enriquecidas em quartzo e lentes formadas por quartzo e minerais opacos, subconcordantes com clivagem S_1 , sugerindo alta deformação e transposição do acamamento primário S_0 para posição da clivagem ardosiária. Além da variação composicional, o acamamento S_0 é marcado por variação granulométrica. Ocorrem veios de quartzo lenticularizados discordantes de S_1 . Localmente, ocorrem tramas SC indicativas de movimentação de topo para oeste (Figura 3.55), desenvolvidas ao longo do contato com a Formação Tamengo. Essas estruturas e microestruturas dúcteis denotam uma deformação muito mais intensa em relação às outras unidades do Grupo Corumbá. Frequentemente, as rochas estão fraturadas e cortadas por veios de quartzo leitoso (Figura 3.53) e de calcita.



Figura 3.55 – Vênula de quartzo discordante da clivagem ardosiária em ardósia carbonática da formação Guaicurus. Fotografia: Vidyã Vieira de Almeida, 2010.

3.3 BACIA DO PARANÁ

Rochas da Bacia do Paraná ocorrem na porção leste da área e se restringem às rochas da Formação Aquidauana (Grupo Itararé) (Figura 3.56).

3.3.1 GRUPO ITARARÉ (C2P1i)

A denominação Grupo Itararé foi dada por Schneider et al. (1974), para designar camadas glaciais e carbonosas, de idade permocarbonífera, que ocorrem na borda oriental da Bacia do Paraná, em

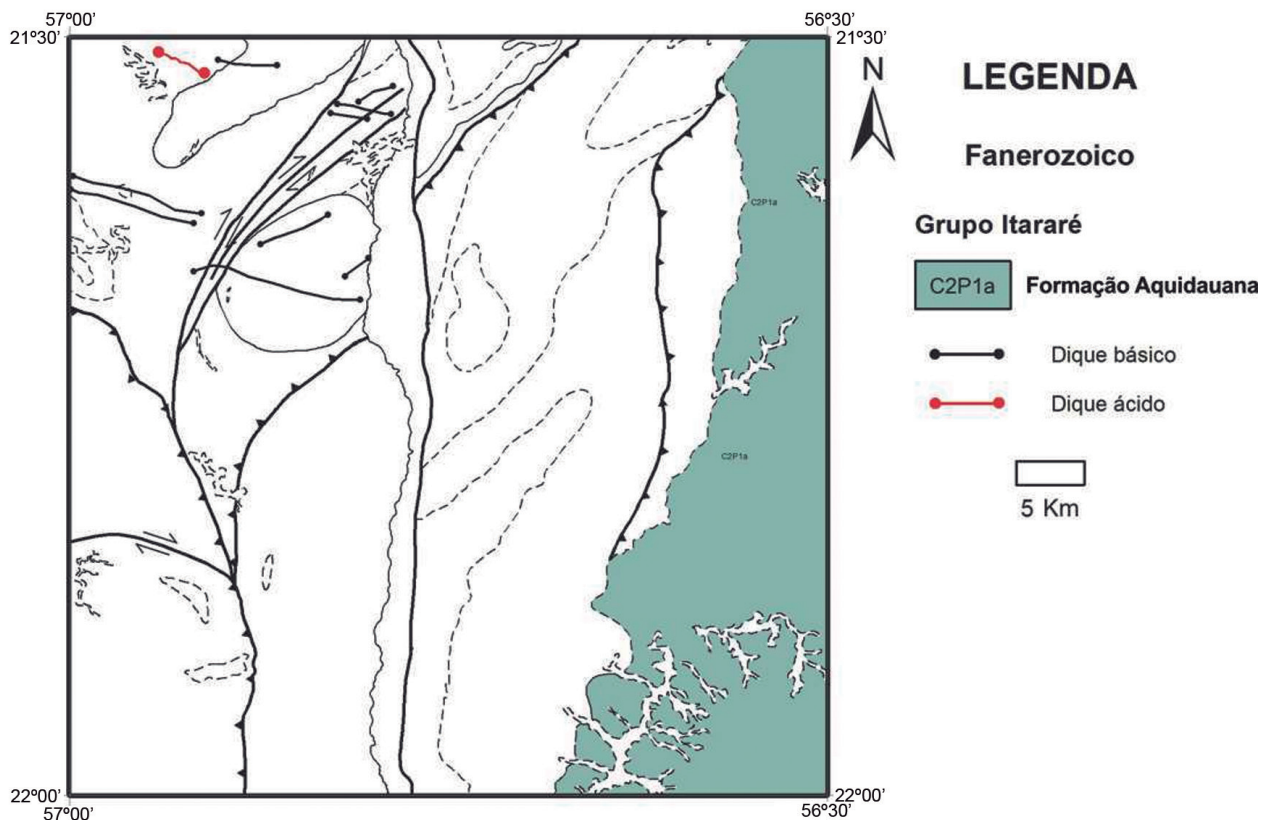


Figura 3.56 – Mapa geológico simplificado, com localização da formação Aquidauana. Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

substituição à denominação Grupo Tubarão (WHITE, 1908), que, por sua vez, era subdividido nas formações Campo do Tenente, Mafra, Rio do Sul e Aquidauana. Essa concepção foi modificada por França e Potter (1988), a partir de dados de sondagens, com subdivisão do grupo nas formações Lagoa Azul, Campo Mourão, Taciba e Aquidauana.

A unidade apresenta espessura máxima estimada em 1.310 m e idade entre o Carbonífero Superior e o Permiano Inferior (DAEMON; QUADROS, 1970). Somente a Formação Aquidauana ocorre no estado de Mato Grosso do Sul.

3.3.1.1 FORMAÇÃO AQUIDAUANA (C2P1a)

Definida originalmente por Lisboa (1909), a Formação Aquidauana apresenta área-tipo no cruzamento da estrada de ferro sobre o vale do rio Aquidauana. No estado de Mato Grosso do Sul, a unidade ocupa área de pouco mais de 14.000 km², ao longo de uma faixa de direção NE-SW, com cerca de 35 km de largura média e mais de 500 km de comprimento.

Schneider et al. (1974) dividem essa formação em três intervalos estratigráficos:

- Intervalo inferior: caracterizado por conglomerado basal seguido de arenito vermelho a róseo, médio a grosso, com estratificação cruzada acanalada e intercalações de camadas de diamictito e arenito esbranquiçado.
- Intervalo médio: compreende camadas de siltito, folhelho e arenito fino vermelho a róseo, laminado, com intercalações de camadas de diamictito e folhelho cinza-esverdeado.
- Intervalo superior: dominado por camadas de arenito vermelho com estratificação cruzada, interpretado como produto de deposição em ambiente fluvial e lacustre.

Corrêa et al. (1976) mantêm a mesma subdivisão e descrevem rochas arcoseanas presentes nos intervalos inferior e superior da Formação Aquidauana.

Gesicki (1997) reconheceu 11 fácies sedimentares controladas por oscilações glacioclimáticas neopaleozoicas na Formação Aquidauana, que reuniu em três intervalos informais:

- Intervalo inferior: predominantemente arenoso, apresenta espessura média de 120 m; interpretado como associado a sistemas aluvial e fluvial entrelaçados com retrabalhamento eólico localizado.
- Intervalo médio: compreende cerca de 40 m de espessura de pelito depositado por cor-

rente de turbidez de baixa densidade; interpretado como relacionado a uma fase interglacial de afogamento generalizado da bacia.

- Intervalo superior: pacote com cerca de 330 m de espessura, formado por arenito depositado em ambiente progracional; intercalado com níveis de ritmito, lamito, folhelho, siltito e calcário relacionados à deposição em ambiente continental e transicional.

A Formação Aquidauana ocupa a porção oriental da Folha Fazenda Margarida, disposta ao longo de uma faixa de direção NNE. Encontra-se depositada em contato angular e erosivo sobre as rochas do Grupo Corumbá. As principais fácies identificadas compreendem: arenito grosso, malselecionado, sem estratificação; arenito fino a muito fino, com estratificação plano-paralela; e cimento caulínico, microconglomerado e conglomerado, com matriz arenosa e/ou caulínica. As cores variam de amarelo-claro a vermelho. O acamamento sedimentar apresenta mergulhos de até 5°. Na borda da bacia, os afloramentos encontram-se bastante alterados.

3.4 SEDIMENTAÇÃO CENOZOICA

Depósitos cenozoicos na área de estudo são representados por tufas calcárias da Formação Serra da Bodoquena e depósitos aluvionares.

3.4.1 FORMAÇÃO SERRA DA BODOQUENA (Q2sb)

Depósitos sedimentares quaternários formados por tufas ocorrem extensamente na serra da Bodoquena (MS), associados ao sistema cárstico desenvolvido sobre as rochas carbonáticas do Grupo Corumbá, e representam a ocorrência mais expressiva de tufas na América do Sul (SALLUN FILHO; BOGGIANI; CRISTALLI, 2009).

Ocorrências de tufas calcárias no estado de Mato Grosso do Sul foram originalmente definidas como Formação Xaraiés, com seção de referência descrita na escarpa de Corumbá-Ladário (ALMEIDA, 1945). Trabalhos posteriores incluíram na Formação Xaraiés as ocorrências de tufas associadas às bacias hidrográficas e aos sistemas cársticos presentes na região da serra da Bodoquena (ALMEIDA, 1965a; ARAÚJO et al., 1982; NOGUEIRA et al., 1978).

Sallun Filho, Boggiani e Cristalli (2009) propõem a formalização dos depósitos sedimentares de tufas calcárias ocorrentes no sistema cárstico da serra da Bodoquena como uma nova unidade estratigráfica, denominada Formação Serra da Bodoquena, subdi-

vidida nos membros Rio Formoso (depósitos de represas e cachoeiras de tufas ativas ou não) e Fazenda São Geraldo (depósitos de micrito). Neste trabalho, adota-se a denominação Formação Serra da Bodoquena indivisa.

Corpos mapeáveis da Formação Serra da Bodoquena ocorrem exclusivamente no norte da Folha Fazenda Margarida (Figura 3.57), na bacia hidrográfica do rio da Prata. São caracterizados por depósitos de tufa calcária e micrito em discordância erosiva e angular sobre rochas metassedimentares carbonáticas das formações Bocaina e Tamengo (Grupo Corumbá).

A deposição da tufa ocorre cobrindo as margens e os canais, sobre o material rochoso e restos vegetais, formando represas e cachoeiras ao longo dos principais vales fluviais (SALLUN FILHO; BOGGIANI; CRISTALLI, 2009). As tufas formam represas decimétricas a métricas, muitas vezes formando patamares que desmoronam ocasionalmente por seu próprio peso (SALLUN FILHO; BOGGIANI; CRISTALLI, 2009). Impressões fósseis no carbonato são comuns, tais

como troncos de árvores e folhas. Os depósitos antigos de micrito são ricos em gastrópodes, apresentando, também, ostracodes, girogonites de algas calcáreas e microgastrópodes (UTIDA et al., 2007, 2008).

3.4.2 DEPÓSITOS ALUVIONARES (Q2a)

Compreende depósitos compostos predominantemente por areia e, subordinadamente, por cascalho, lentes siltico-argilosas e turfa. Nas frações mais grossas, podem ocorrer concentrações de minerais pesados, eventualmente com minerais de interesse econômico. Tais depósitos distribuem-se, principalmente, nas planícies de inundação e ao longo dos canais das drenagens de maior porte e baixo gradiente, como nas bacias do rio Paraguai (Figura 3.57). Aluviões de maior expressão foram desenvolvidas sobre as rochas sedimentares da Formação Aquidauana, enquanto aquelas depositadas sobre o embasamento cristalino apresentam áreas mais restritas, limitadas às calhas e margens dos principais rios e córregos da área, fora da zona de influência da Planície do Pantanal.

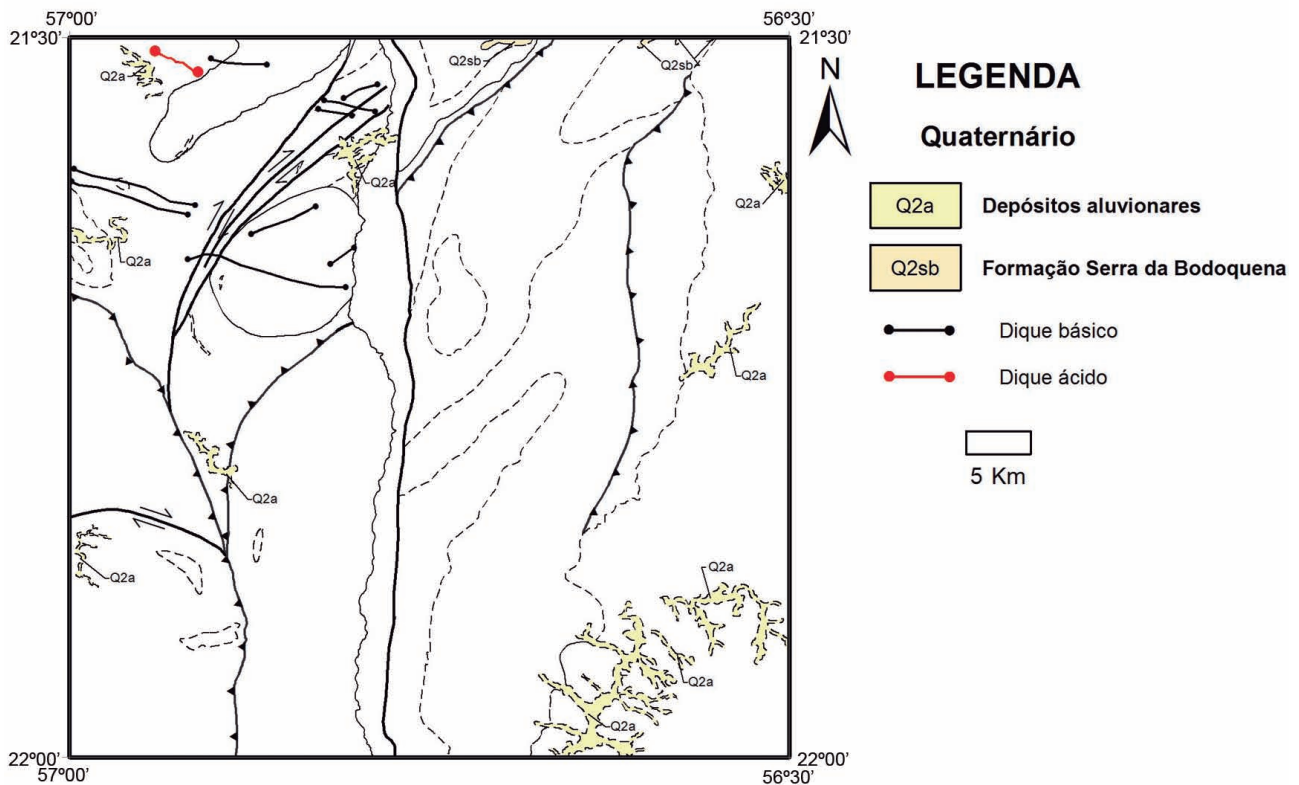


Figura 3.57 – Mapa geológico simplificado, com localização da formação Serra da Bodoquena e depósitos aluvionares. Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

4 - GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA

A análise estrutural foi realizada com base em procedimentos clássicos (RAMSAY; HUBER, 1983, 1987; TURNER; WEISS, 1968), envolvendo descrição e análise em campo das relações geométricas e cinemáticas das estruturas tectônicas, tomada de atitude de estruturas com bússola, hierarquização destas com base em critérios de superposição, coleta e análise de amostras orientadas e tratamento dos dados em escritório com auxílio de estereogramas, seções e mapas. Os domínios geotectônicos maiores (Cráton Amazônico e Faixa Paraguai) foram considerados separadamente e, quando necessário, divididos em subdomínios estruturais.

4.1 DOMÍNIO RIO APA (Cráton Amazônico)

Em termos estruturais, consideraremos como Domínio Rio Apa todo o domínio de embasamento paleoproterozoico relacionado ao Cráton Amazônico na folha.

4.1.1 ESTRUTURAS DÚCTEIS

Em todo o Domínio Rio Apa, a estrutura dúctil principal consiste de uma foliação milonítica a protomilonítica (S_m), com vergência geral para leste e lineação de estiramento mineral (L_m) associada, caracterizando as rochas como tectonitos do tipo SL. Localmente, ocorrem rochas com estrutura linear mais desenvolvida (tectonitos tipo L). O padrão estrutural desse domínio como um todo é caracterizado por uma foliação S_m de baixo ângulo, anastomosada em larga escala, com variações de orientações de NE a NW, com a foliação geralmente contornando plútons graníticos mais jovens (granitos Scardine e Sanga Bonita) (Figura 4.1). A lineação L_m é consistentemente SW em todos os domínios, variando de direcional, nas regiões dominadas por S_m de direção NE, a lineações de máximo mergulho, nos domínios de S_m de direção NW. Também ocorrem casos em que a L_m é oblíqua. Considerando as orientações e relações entre S_m e L_m , é possível subdividir o Domínio Rio Apa em quatro subdomínios principais: RA-1, RA-2, RA-3 e RA-4 (Figura 4.1).

Os subdomínios RA-1 e RA-2 apresentam S_m de direção NW e mergulhos baixos para SW (Figura 4.1a, b), com concentrações máximas contidas em torno das atitudes $N48^{\circ}W/13^{\circ}SW$ e $N48^{\circ}W/17^{\circ}SW$, respectivamente. Os subdomínios RA-1 e RA-2 se diferenciam, principalmente, pela orientação da L_m . O domí-

nio RA-1 apresenta L_m de atitude média $N89^{\circ}W/7^{\circ}$, com obliquidade em torno de 40° em relação à direção da S_m (Figura 4.1a). No subdomínio RA-2, a L_m apresenta orientação WNW a SSW, variando de direcional ao máximo mergulho (Figura 4.1b).

O Granito Sanga Bonita apresenta padrão estrutural semelhante ao do subdomínio RA-1 em seu núcleo e porção norte, mas sua foliação é defletida para direção norte-sul em sua borda leste, na zona de contato com o Augengnaisse Rio da Areia (Figura 4.1c). Esse corpo não apresenta lineação de estiramento mineral bem desenvolvida.

O subdomínio RA-3 apresenta S_m de direção geral NNE e mergulhos baixos para NW, com máximo contido em torno da atitude $N23^{\circ}E/17^{\circ}NW$ (Figura 4.1d). A L_m apresenta caimentos baixos para oeste, aproximando-se de lineações de máximo mergulho.

O Ortognaisse Santa Clarinha apresenta padrão deformacional e geométrico em parte semelhante ao do subdomínio RA-2 e em parte ao do subdomínio RA-3 (Figura 4.1e).

O subdomínio RA-4, limitado a oeste pela Zona de Cisalhamento Serra do Perdido (Figura 4.1), apresenta padrão estrutural bastante diferente dos domínios anteriormente descritos, podendo, por sua vez, ser dividido em dois subdomínios (RA-4a e RA-4b). O subdomínio RA-4a apresenta padrão estrutural fortemente influenciado pela Zona de Cisalhamento Serra do Perdido, de natureza transcorrente dextral e direção NE. A S_m apresenta mergulhos predominantemente moderados para NW (máximo contido em torno de $N50^{\circ}E/42^{\circ}NW$), embora ocorram atitudes com mergulhos baixos a subverticais, sempre com orientação NE (Figura 4.1f). A L_m mostra caimentos baixos para SW (máximo contido em torno de $S60^{\circ}W/10^{\circ}$), sendo, portanto, direcional (Figura 4.1f). O subdomínio RA-4b apresenta S_m de direção NNW com mergulhos baixos para SW (máximo contido em torno de $N16^{\circ}W/27^{\circ}NW$) e L_m com caimentos baixos para SW (máximo em torno de $S60^{\circ}W/16^{\circ}$), aproximando-se ao máximo mergulho (Figura 4.1g).

O Granito Scardine apresenta suas bordas deformadas em padrão em parte semelhante ao do subdomínio RA-4a e em parte ao de RA-4b.

O padrão estrutural do Augengnaisse Rio da Areia diverge em relação ao padrão dos outros subdomínios. Essa unidade apresenta S_m de direção NNE, com

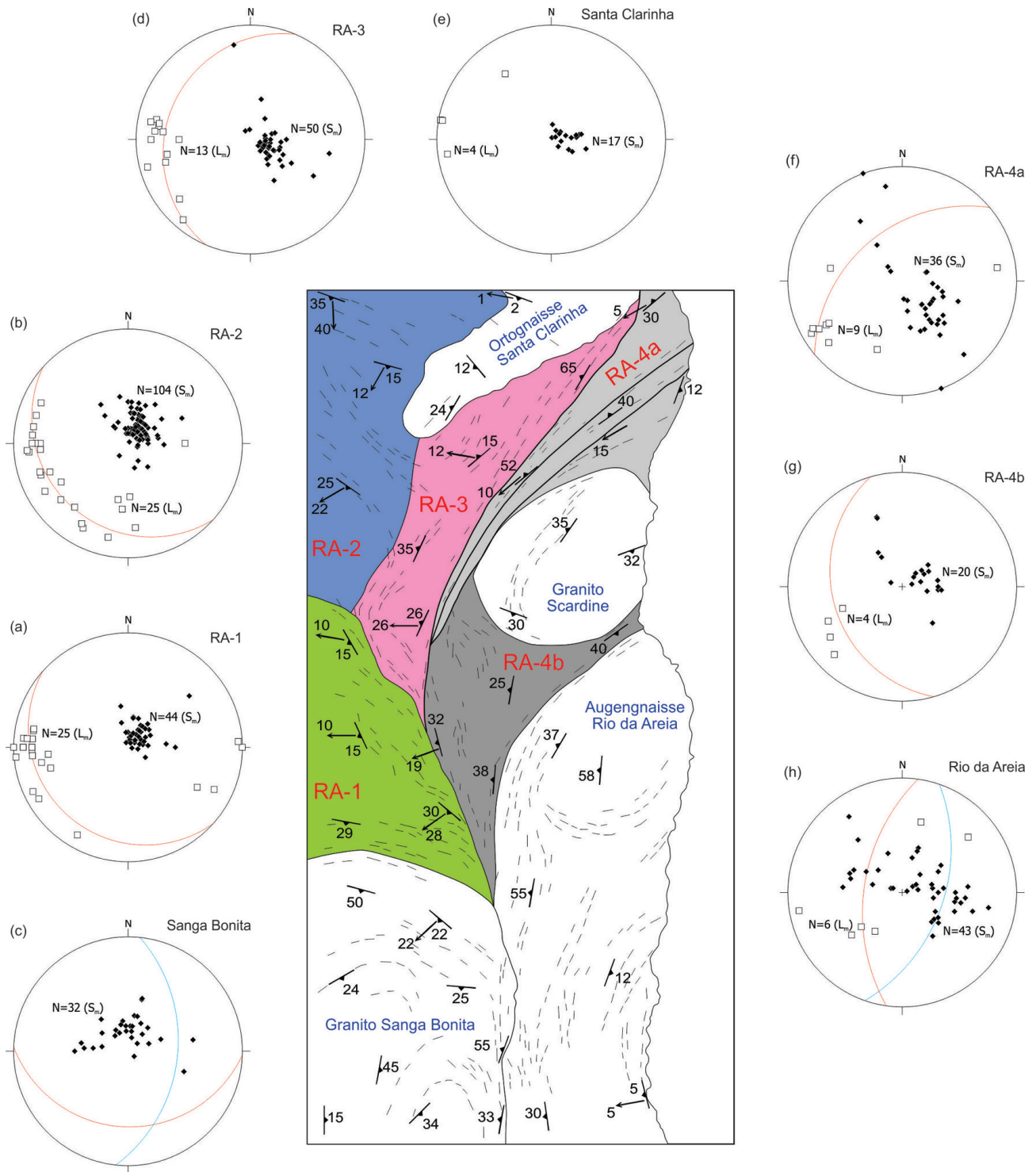


Figura 4.1 – Mapa de domínios estruturais e dados estruturais dúcteis do domínio Rio Apa.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Nota: Polos da S_m (diamante negro); L_m (quadrado branco); (a) subdomínio RA-1; (b) subdomínio RA-2; (c) granito Sanga Bonita; (d) subdomínio RA-3; (e) ortognaisse Santa Clarinha; (f) subdomínio RA-4a; (g) subdomínio RA-4b; (h) augengnaisse Rio da Areia; as guirlandas representam valores de S_m nas concentrações máximas (vermelho) e submáximas (azul) de dados.

mergulhos moderados a baixos para WNW ou ESE (Figura 4.1h), com máximo contido em torno da atitude N08°E/53°NW e submáximo em torno de N19°E/50°SE.

Dados de indicadores cinemáticos ainda são escassos na área de trabalho. Entretanto, dados coletados em amostras e seções delgadas orientadas indi-

cam, sistematicamente, movimentação de topo para leste nas rochas do Complexo Rio Apa (subdomínios estruturais RA-1 a RA-3), sugerindo uma tectônica de cavalgamentos para leste.

O padrão observado contradiz a interpretação de Godoy et al. (2007), de que o Complexo Rio Apa teria

sua estruturação final como resultado de superposição da deformação ediacarana da Faixa Paraguai. Indicadores cinemáticos observados em zona de cisalhamento E-W na região da porção norte do Granito Sanga Bonita mostram movimentação direcional sinistral, com componente de movimentação de topo para leste, podendo ser interpretada como uma rampa lateral associada ao empurrão para leste do Granito Sanga Bonita sobre o Augengnaisse Rio da Areia.

O padrão de inflexão das foliações regionais na região da Zona de Cisalhamento Serra do Perdido sugere movimentação destal, com componente de movimentação de topo para NE, podendo, assim, ser também interpretada como uma zona de escape lateral associada a uma tectônica de empurrão de lascas tectônicas em sentido leste.

Dados microestruturais indicam que a S_m e a L_m se desenvolveram primeiramente sob temperaturas em torno de 480-500°C, conforme indicado pelo início de recristalização dinâmica de feldspatos (plagioclásio e microclínio) por (PASSCHIER; TROUW, 2005). Corroborando essa interpretação o padrão de recristalização generalizada de agregados de quartzo por processos de migração de borda de grãos e rotação de subgrãos (FALEIROS et al., 2010; STIPP et al., 2002). Feições deformacionais rúpteis tardias nos feldspatos e superposição de microestruturas indicativas de *bulging recrystallization* nos agregados de quartzo indicam que a milonitização progrediu nos níveis crustais mais rasos durante a exumação das rochas do Complexo Rio Apa. Processos de *bulging recrystallization* em agregados de quartzo geralmente ocorrem em temperaturas entre 300 e 400°C (FALEIROS et al., 2010; STIPP et al., 2002).

4.1.2 ESTRUTURAS RÚPTEIS

As estruturas rúpteis principais presentes no Domínio Rio Apa consistem de diques, fraturas preenchidas por veios de quartzo e pegmatito e fraturas não preenchidas.

Os diques, de composição básica e ácida, são subverticais e apresentam duas famílias de orientação: família dominante, com direção em torno de N70°W, e família subordinada, com direção entre N50°E a N65°E. Esse padrão geométrico indica que o esforço compressivo máximo (σ_1) na época de colocação dos diques apresentava orientação entre E-W a ENE-WSW sub-horizontal.

Em campo, observaram-se duas famílias de orientação de veios de quartzo, com orientações médias em torno de N88°E/88°SE e N22°W/72°NE (Figura 4.2a). Veios de pegmatito apresentam orientação subconcordante com a segunda família (Figura 4.2a). Considerando os veios como associados às fraturas de cisalhamento conjugadas, pode-se interpretar um σ_1 de orientação em torno de N60°W/sub-horizontal na época de geração dos veios.

Dados de atitudes de fraturas não preenchidas coletados em campo mostram uma grande dispersão das orientações (Figura 4.2b). Apesar dessa dispersão, cinco famílias principais de orientações podem

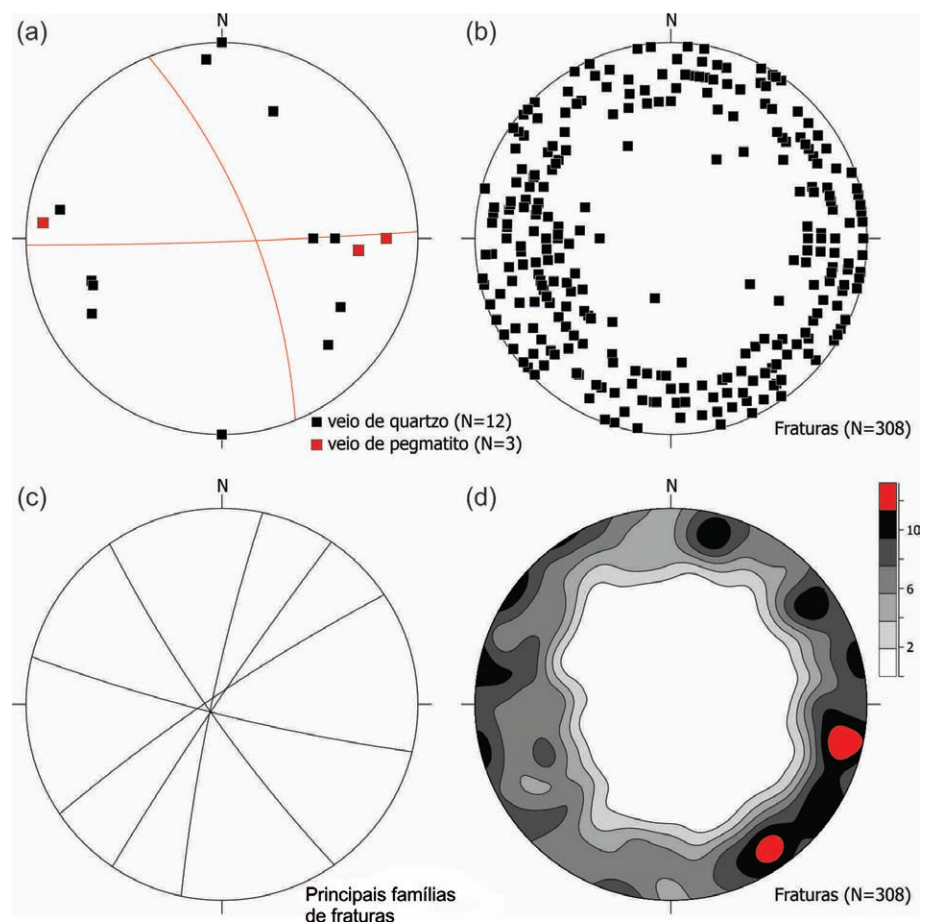


Figura 4.2 – Dados estruturais rúpteis do domínio Rio Apa.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Nota: (a) polos de veios de quartzo (negro) e pegmatíticos (vermelho); (b) polos de fraturas; (c) guirlandas das principais famílias de fraturas; (d) isolinhas de frequência de polos de fraturas.

ser identificadas, todas subverticais (Figura 4.2c, d): (i) N12°E/84°NW, (ii) N56°E/84°NW, (iii) N34°E/87°NW, (iv) N35°W/82°SW e (v) N76°W/84°SW. Em termos de orientação, as famílias (ii) e (v) podem ser correlacionáveis às duas direções principais dos diques básicos intrusivos no Domínio Rio Apa, podendo indicar σ_1 WSW/sub-horizontal, se considerarmos essas famílias como um sistema conjugado de fraturas de cisalhamento.

4.2 FAIXA PARAGUAI

As subunidades do Grupo Corumbá (formações Cerradinho, Bocaina, Tamengo e Guaicurus), no domínio da Faixa Paraguai, apresentam padrão estrutural semelhante e serão tratadas em conjunto.

4.2.1 ESTRUTURAS DÚCTEIS

O Grupo Corumbá apresenta padrão estrutural regional relativamente simples, marcado por

orientação estrutural predominantemente NNE. A macroestrutura é representada por dobras regionais invertidas (D_1), fechadas a apertadas, com eixo NNE/sub-horizontal e vergência para oeste (Figura 4.3). Falhas de empurrão de mesma orientação e vergência ocorrem nos contatos entre algumas subunidades (Figura 4.3). O acamamento sedimentar (S_0) representa a principal estrutura observada em campo, embora as rochas metapelíticas, por vezes, apresentem clivagem ardosiana (S_1), geralmente subparalela ao S_0 .

Em estereogramas, os polos do acamamento S_0 estão concentrados no quadrante NW (Figura 4.4a, b), com máximo em torno da atitude N34°E/30°SE, refletindo predomínio de atitudes com baixo mergulho para leste. Os polos se distribuem ao longo de uma guirlanda de círculo máximo parcial de atitude aproximada E-W/75°N, refletindo dobramento cilíndrico segundo eixo de atitude S/15° (Figura 4.4b).

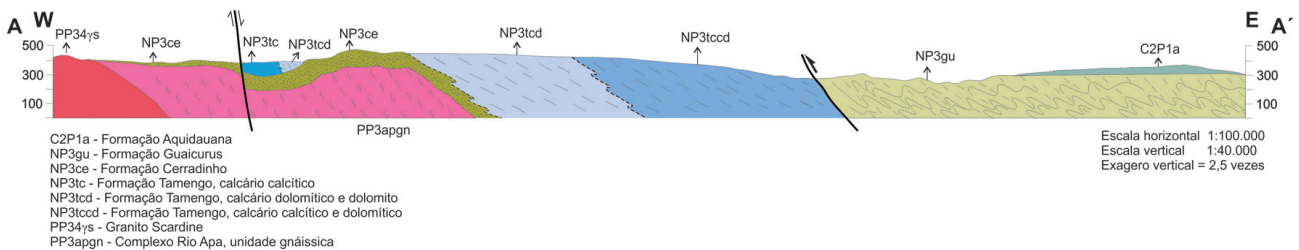


Figura 4.3 – Perfil geológico-estrutural mostrando as relações entre as unidades do grupo Corumbá, do complexo Rio Apa e da formação Aquidauana.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

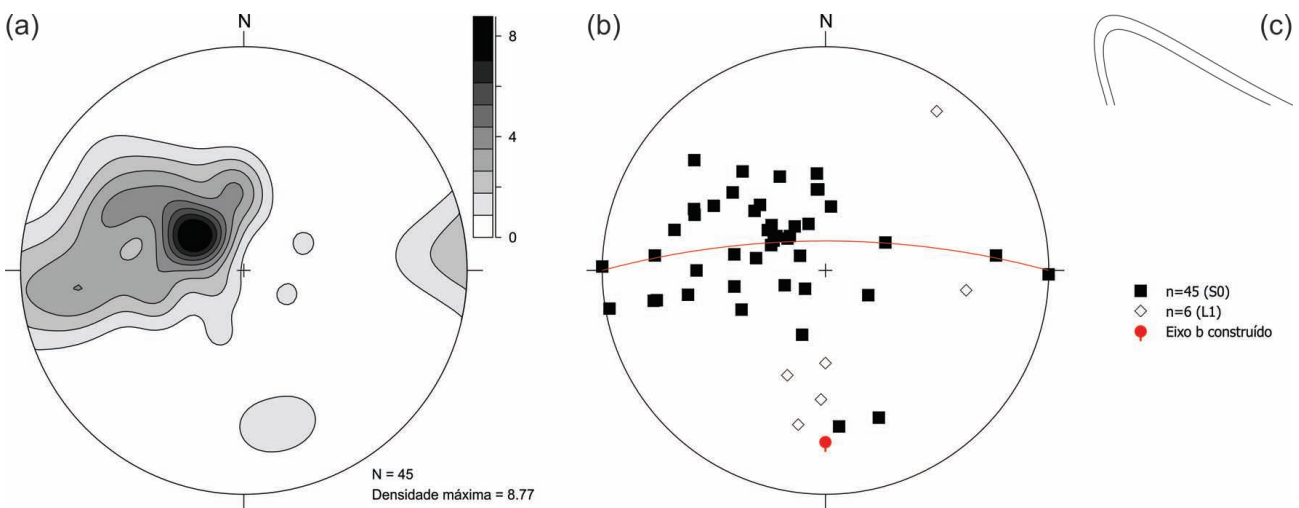


Figura 4.4 – Diagramas de igual-área, semiesfera inferior, com dados estruturais do grupo Corumbá no domínio da faixa Paraguai.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Nota: (a) linhas de isofrequência de polos do acamamento sedimentar S_0 ; (b) polos do acamamento sedimentar S_0 ; eixos (L_1) de dobras D_1 e guirlanda AC e eixo de dobramento aproximados (em vermelho); (c) padrão das dobras mapeadas em campo e interpretadas pela análise de orientação.

Atitudes de eixos de dobras (L_1) medidos em campo se aproximam da atitude do eixo construído, corroborando o padrão de dobras interpretado pela análise de orientação (Figura 4.5b). A ampla dominância de atitudes com mergulhos variados para leste corrobora o padrão de dobras invertidas com vergência para oeste, conforme mapeado em campo.

O padrão estrutural descrito é condizente com uma compressão WNW-ESSE, relacionada ao transporte do Grupo Corumbá em direção ao Cráton Amazônico, a oeste, e difere claramente do padrão deformacional apresentado pelo Domínio Rio Apa como um todo. Essa interpretação é reforçada pelos padrões metamórficos e deformacionais associados às condições de fácies sub-xisto-verde a xisto-verde inferior no Grupo Corumbá e xisto-verde alto a anfibolito nas rochas do Domínio Rio Apa.

4.2.2 ESTRUTURAS RÚPTEIS

Estruturas rúpteis descritas em campo incluem veios de quartzo e fraturas não preenchidas. Os veios de quartzo apresentam duas famílias de orientações principais (Figura 4.5a), com concentrações máximas de dados contidos em torno das atitudes $N50^{\circ}W/60^{\circ}NE$ e $N40^{\circ}E/70^{\circ}NW$.

As fraturas medidas em campo apresentam-se com orientação dispersa (Figura 4.5b), porém com duas famílias principais com atitudes aproximadas de $N10^{\circ}E/80^{\circ}SE$ e $N60^{\circ}W/85^{\circ}SW$, sugerindo direção do esforço σ_1 NNW-sub-horizontal.

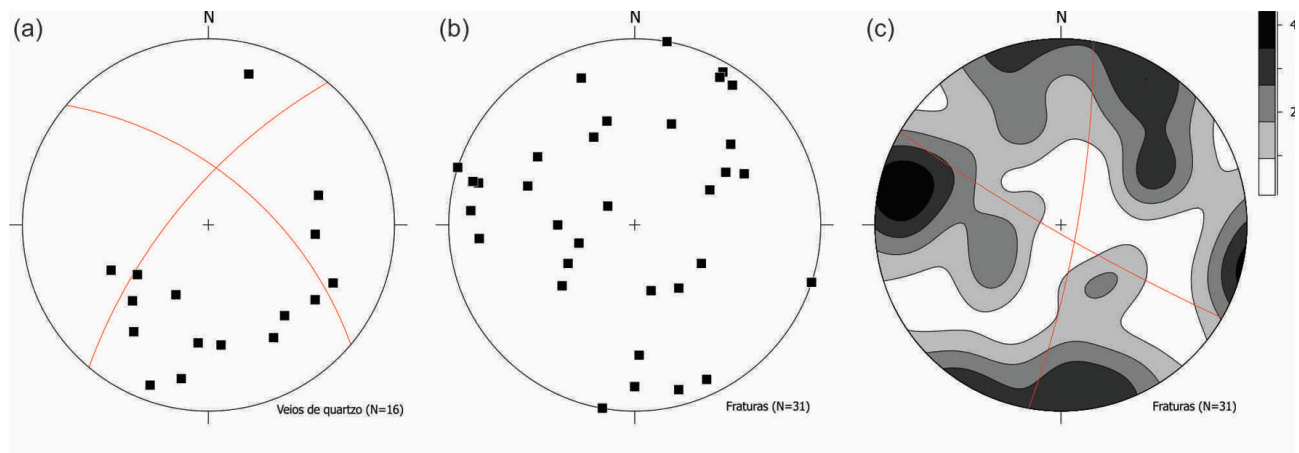


Figura 4.5 – Dados estruturais rúpteis da faixa Paraguai.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Nota: (a) polos de veios de quartzo; (b) polos de fraturas não preenchidas; (c) linhas de isofrequência de polos de fraturas não preenchidas; as guirlandas em vermelho representam as atitudes das famílias principais de orientação.

5 - GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

5.1 MÉTODOS

O levantamento geoquímico constou de diferentes etapas, tais como: planejamento, amostragem sistemática, análise das amostras e tratamento e interpretação dos dados. Essas ações permitiram delinear anomalias associadas a possíveis mineralizações e dar suporte ao mapeamento geológico.

5.1.1 AMOSTRAGEM

A distribuição das estações de amostragem obedeceu a critérios determinados pela metodologia de mapeamento geoquímico dos levantamentos geológicos regionais da CPRM/SGB para as folhas do corte internacional 100.000 (com aproximadamente 2.800 km²).

Foram programadas 207 estações de amostragem, nas quais foram coletadas 226 amostras de sedimentos de corrente, sendo 19 pares de duplicatas de campo. Em 125 dessas estações foram coletadas amostras de concentrado de bateia. A distribuição das estações obedeceu a um padrão regular, de forma a abranger a maior área territorial possível.

As amostras de solo foram coletadas em malha espaçada de aproximadamente 4 x 4 km, perfazendo um total de 67 amostras, distribuídas na área dominada pelas unidades carbonáticas do Grupo Corumbá, a uma profundidade aproximada de 30 cm, de forma a representar o horizonte B do solo. As referidas amostras foram retiradas com auxílio de cava-deira manual.

As amostras de sedimento de corrente foram coletadas nos canais ativos de drenagens de forma composta, nos trechos mais retilíneos, em 5 a 10 porções e em um raio máximo de 50 m. Em 19 estações, aleatoriamente distribuídas, foram colhidas duplicatas de campo das amostras de sedimento de corrente para teste de variância.

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.).

Todas as informações de campo das amostras de sedimento ativo de corrente e de concentrados de bateia, bem como dos resultados analíticos correspondentes, foram registradas em formulário

próprio (caderneta de campo geoquímica) para posterior cadastramento na base de dados geoquímicos (GEOBANK).

5.1.2 MÉTODOS ANALÍTICOS

As amostras de sedimentos de corrente e solo foram processadas de forma a determinar a composição química da fração que mais guarda a assinatura química das mineralizações procuradas, aplicando-se um método analítico suficientemente sensível para permitir a delimitação de áreas anômalas, sobretudo dos elementos-traço que rastreiam as possíveis mineralizações.

As amostras de concentrado de bateia foram analisadas mineralogicamente, com o intuito de identificar minerais-índices associados a mineralizações e processos geológicos.

5.1.2.1 SEDIMENTOS DE CORRENTE E SOLO

As amostras de sedimentos de corrente e solo foram analisadas no Laboratório da SGS-GEOSOL, obedecendo às seguintes etapas de processamento analítico:

- secagem a 60°C e peneiramento a 80 mesh;
- pulverização e digestão com água-régia (0,5 g com 3 ml 2-2-2 HCl-HNO₃-H₂O a 95°C por uma hora, diluída para 10 ml);
- análise por ICP-MS e ICP-AES para os 56 elementos-traço relacionados: Au, Ag, Al*, As, B*, Ba*, Be*, Bi, Ca*, Cd, Ce*, Co, Cr*, Cs*, Cu, Fe*, Ga, Ge*, Hf*, Hg, In, K*, La*, Li*, Lu*, Mg*, Mn*, Mo, Na*, Nb*, Ni*, P*, Pd*, Pt*, Pb, Rb*, Re, S*, Sb, Sc*, Se, Sn*, Sr*, Ta*, Tb*, Te, Th*, Ti*, Tl, U*, V*, W*, Y*, Yb*, Zn, Zr*.

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

5.1.2.2 CONCENTRADOS DE BATEIA

As amostras de concentrado de bateia foram analisadas no Laboratório da SGS-GEOSOL, seguindo esta metodologia de processamento:

- conferência, deslamagem e secagem em estufa;

- quarteamento da amostra, com quarteador Jones, em duas partes: uma para análise e outra para reserva;
- peneiramento a 0,300 mm;
- separação por líquidos densos;
- separação magnética com ímã de mão e análise sob luz ultravioleta para identificar a presença ou não de scheelita; quando necessário, a amostra é levada ao separador eletromagnético Frantz para separação dos minerais nos vários graus de magnetismo;
- análise em lupa binocular, para identificação dos minerais que compõem a amostra, assim como a quantidade existente; minerais cuja identificação visual não é possível ou é dificultada pelo intemperismo são encaminhados para análise por MEV (microscópio eletrônico de varredura) e DRX (difração de raios X).

A quantidade de minerais encontrada é calculada em porcentagem, cadastrada e reportada, após conferência, para formulário padronizado pela CPRM/SGB.

A análise mineralógica semiquantitativa foi reportada nos seguintes intervalos:

<1%	reportado como 1
1-5%	reportado como 3
5-25%	reportado como 15
25-50%	reportado como 40
50-75%	reportado como 60
>75%	reportado como 85

5.2 TRATAMENTO DOS DADOS E RESULTADOS OBTIDOS

Os dados químicos e mineralógicos foram tabulados e classificados de forma a discriminar amostras de sedimento de corrente e solo com teores anômalos para cada elemento, assim como

as amostras de concentrado de bateia, no que se refere a minerais-índices de importância prospectiva e geológica.

5.2.1 SEDIMENTOS DE CORRENTE

O tratamento dos dados analíticos de sedimento de corrente da Folha Fazenda Margarida obedeceu a um processo de interpretação sequencial: (i) estudo da variância; (ii) cálculo dos estimadores estatísticos; (iii) estudo do tipo de distribuição (histogramas, correlações e análise de agrupamentos); (iv) análise da distribuição espacial dos elementos; (v) cálculo e consistência das anomalias.

O total de 56 elementos foi discriminado inicialmente em grupos, considerando características geoquímicas, importância metalogenética e grau de detecção (Quadro 5.1). Foram descartados elementos com baixo grau de detecção: B (0); Re (0); Se (26); Te (44); Ta (62). Alguns elementos (Tb, Tl, Yb e Lu), não analisados para todas as amostras, foram também descartados. Dada a importância metalogenética, o Au foi considerado, independentemente dos teores. O enxofre (S) recebeu tratamento especial nas estações em que ocorreu associado a anomalias de metais (Cu, Pb, Zn, Ni etc.), já que pode indicar presença de sulfetos.

5.2.1.1 ESTUDO DE VARIÂNCIA

Os resultados das análises de 19 pares de amostras (amostra original e duplicata) foram tabulados em planilha para o estudo de 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 (Quadro 5.2), a hipótese nula para as populações originais e réplicas serem iguais foi aceita a um nível de

Elementos	Quantidade	Características Geoquímicas
Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, Mn, Ba, Hf, Zr, Sr, Li, Rb, Ga, S, Cs	18	Elementos formadores de rochas e seus elementos-traço 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*, Pt, Pd	11	Descartados do tratamento estatístico.

Quadro 5.1 – Elementos analisados e características geoquímicas.

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Nota: (*) Elementos não analisados para todas as amostras.

Elemento	$T_{0,975} < 1,73$	Hipótese Nula	Elemento	$T_{0,975} < 1,73$	Hipótese Nula
Ag	1,30	Aceito	Mn	0,28	Aceito
Al	0,41	Aceito	Mo	1,65	Aceito
As	0,29	Aceito	Na	0,26	Aceito
Au	0,00	Aceito	Nb	1,76	Não
B		Não	Ni	0,15	Aceito
Ba	0,04	Aceito	P	0,05	Aceito
Be	0,31	Aceito	Pb	0,17	Aceito
Bi	0,22	Aceito	Rb	0,25	Aceito
Ca	0,14	Aceito	Re	0,00	Aceito
Cd	0,32	Aceito	S	0,29	Aceito
Ce	0,26	Aceito	Sb	0,17	Aceito
Co	0,49	Aceito	Sc	0,30	Aceito
Cr	0,17	Aceito	Se	2,40	Não
Cs	0,44	Aceito	Sn	1,23	Aceito
Cu	0,31	Aceito	Sr	0,05	Aceito
Fe	0,06	Aceito	Ta	0,97	Aceito
Ga	0,27	Aceito	Te	0,91	Aceito
Ge	0,25	Aceito	Th	0,20	Aceito
Hf	0,21	Aceito	Ti	0,13	Aceito
Hg	0,56	Aceito	U	0,24	Aceito
In	0,15	Aceito	V	0,16	Aceito
K	0,02	Aceito	W	0,10	Aceito
La	0,17	Aceito	Y	0,25	Aceito
Li	0,32	Aceito	Zn	0,12	Aceito
Mg	0,22	Aceito	Zr	0,23	Aceito

Quadro 5.2 – Resultados do teste T de Student das amostras duplicatas de sedimento de corrente.
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

significância de 95% para a quase totalidade dos elementos.

Alguns elementos foram detectados em poucas amostras, o que invalidou o teste: Ag, As, Au, B, Ge, In, Lu, Na, Re, S, Se, Ta, Tb, Te, Tl, W, Yb. O teste não foi aceito para dois elementos (Hf e Zr) do total dos 37 analisados, resultado considerado satisfatório (95%).

5.2.1.2 SUMÁRIO DOS ESTIMADORES

Para o cálculo dos estimadores foram selecionados 43 elementos, agrupados segundo características geoquímicas e metalogenéticas. Para elementos maiores e associados (15 elementos), foram definidos os estimadores da população, porém, o cálculo do limiar e das anomalias é um recurso meramente

estatístico, cujo objetivo é auxiliar a interpretação de anomalias de elementos mineralizantes e associados (Quadro 5.3).

Para os demais elementos (28) mineralizantes e associados (incluindo os metais preciosos), foram calculados limiares e número de anomalias (Quadro 5.4) e definidas amostras com teores anômalos (Quadro 5.5).

5.2.1.3 HISTOGRAMAS E TIPOS DE DISTRIBUIÇÃO

Procedeu-se à elaboração de histogramas para os elementos-traço mineralizantes e associados e para os elementos maiores e associados (Figuras 5.1 e 5.2).

Elemento	Grau de Detecção	Mínimo	Máximo	Média Aritmética	Desvio-Padrão Aritmético	Média Geométrica	Desvio-Padrão Geométrico	Valor Limiar	Anomalias
<i>Percentual de Peso (%)</i>									
Al	210/210	0,05	5,23	1,08	1,00	0,73	2,56	4,77	3
Ca	206/210	0,005	15	0,91	2,30	0,19	5,27	5,31	9
Fe	210/210	0,17	7,97	2,13	1,33	1,74	1,97	6,74	1
K	208/210	0,005	1,88	0,22	0,25	0,13	2,93	1,12	3
Mg	194/210	0,005	0,65	0,11	0,12	0,06	3,34	0,69	0
S	82/210	0,005	0,18	0,02	0,03	0,01	2,95	0,09	12
Ti	165/210	0,005	1,29	0,05	0,11	0,03	3,19	0,27	4
<i>ppm</i>									
P	159/210	25	2673	144,70	232,86	88,86	2,55	578,41	3
Mn	210/210	28	2385	418,69	363,23	314,07	2,14	1442,64	5
Ba	210/210	9	415	90,24	70,19	66,93	2,26	342,61	2
Cs	210/210	0,07	5,68	0,98	0,98	0,68	2,29	3,59	6
Ga	210/210	0,1	15,3	3,86	3,22	2,70	2,50	16,88	0
Li	180/210	0,5	46	5,98	7,72	3,14	3,21	32,37	5
Rb	210/210	1,2	70,9	17,91	12,73	13,45	2,29	70,76	1
Sr	210/210	1,1	252	23,67	30,94	13,52	2,92	114,94	5
Ag	178/210	0,005	0,37	0,04	0,05	0,03	2,81	0,20	4
As	125/210	0,5	67	2,71	5,53	1,35	2,89	11,29	8
Au	4/210	0,05	0,2	0,05	0,01	0,05	1,13	0,07	4
Be	199/210	0,05	2,3	0,57	0,47	0,40	2,47	2,45	0
Bi	209/210	0,01	0,58	0,14	0,09	0,11	2,04	0,45	3
Cd	164/210	0,005	0,14	0,02	0,02	0,02	2,31	0,09	1
Ce	210/210	5,92	344,39	57,71	47,15	44,32	2,12	198,26	5
Co	210/210	0,4	39,1	5,91	6,37	3,69	2,67	26,23	3
Cr	209/210	0,5	101	16,53	17,33	10,91	2,57	72,00	5
Cu	210/210	1	36,4	9,34	6,57	7,24	2,11	32,15	1
Hf	193/210	0,025	4,37	0,38	0,56	0,21	2,92	1,76	5
Hg	116/210	0,005	0,51	0,02	0,04	0,01	2,46	0,07	3
In	79/210	0,01	0,09	0,02	0,02	0,02	1,93	0,06	11
La	210/210	2,1	167,8	26,34	23,51	19,66	2,18	93,55	6
Mo	209/210	0,025	22,35	2,10	3,56	0,70	4,41	13,64	6
Nb	210/210	0,05	4,84	0,92	0,69	0,67	2,41	3,89	1
Ni	208/210	0,25	113	8,70	10,72	5,46	2,71	40,18	3
Pb	210/210	1,9	41,4	11,51	7,46	9,39	1,92	34,63	2
Sb	204/210	0,025	1,95	0,19	0,19	0,15	1,97	0,57	3
Sc	189/210	0,05	12,5	2,69	2,66	1,43	4,07	23,80	0
Sn	207/210	0,15	14,9	1,40	1,40	1,09	1,95	4,16	5
Th	210/210	1	53,9	8,92	7,03	7,07	2,00	28,15	6
U	210/210	0,11	5,01	1,07	0,80	0,81	2,17	3,82	2
V	210/210	3	101	25,79	20,65	19,05	2,21	93,31	1
W	121/210	0,05	1,6	0,15	0,16	0,10	2,15	0,47	10
Y	210/210	0,8	52,36	12,64	9,95	9,01	2,47	54,93	0
Zn	210/210	1	99	18,27	16,02	13,06	2,37	73,55	4
Zr	210/210	0,7	130	11,31	15,93	6,76	2,65	47,44	7

Quadro 5.3 – Sumário estatístico das análises químicas de sedimento de corrente e elementos maiores.
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Elemento	Grau de Detecção	Mínimo	Máximo	Média Aritmética	Desvio-Padrão Aritmético	Média Geométrica	Desvio-Padrão Geométrico	Valor Limiar	Anomalias
<i>Percentual de Peso (%)</i>									
S	82/210	0,005	0,18	0,02	0,03	0,01	2,95	0,09	12
<i>ppm</i>									
As	125/210	0,5	67	2,71	5,53	1,35	2,89	11,29	8
Au	4/210	0,05	0,2	0,05	0,01	0,05	1,13	0,07	4
Be	199/210	0,05	2,3	0,57	0,47	0,40	2,47	2,45	0
Bi	209/210	0,01	0,58	0,14	0,09	0,11	2,04	0,45	3
Cd	164/210	0,005	0,14	0,02	0,02	0,02	2,31	0,09	1
Ce	210/210	5,92	344,39	57,71	47,15	44,32	2,12	198,26	5
Co	210/210	0,4	39,1	5,91	6,37	3,69	2,67	26,23	3
Cr	209/210	0,5	101	16,53	17,33	10,91	2,57	72,00	5
Cu	210/210	1	36,4	9,34	6,57	7,24	2,11	32,15	1
Hf	193/210	0,025	4,37	0,38	0,56	0,21	2,92	1,76	5
Hg	116/210	0,005	0,51	0,02	0,04	0,01	2,46	0,07	3
In	79/210	0,01	0,09	0,02	0,02	0,02	1,93	0,06	11
La	210/210	2,1	167,8	26,34	23,51	19,66	2,18	93,55	6
Mo	209/210	0,025	22,35	2,10	3,56	0,70	4,41	13,64	6
Nb	210/210	0,05	4,84	0,92	0,69	0,67	2,41	3,89	1
Ni	208/210	0,25	113	8,70	10,72	5,46	2,71	40,18	3
Pb	210/210	1,9	41,4	11,51	7,46	9,39	1,92	34,63	2
Sb	204/210	0,025	1,95	0,19	0,19	0,15	1,97	0,57	3
Sc	189/210	0,05	12,5	2,69	2,66	1,43	4,07	23,80	0
Sn	207/210	0,15	14,9	1,40	1,40	1,09	1,95	4,16	5
Th	210/210	1	53,9	8,92	7,03	7,07	2,00	28,15	6
U	210/210	0,11	5,01	1,07	0,80	0,81	2,17	3,82	2
V	210/210	3	101	25,79	20,65	19,05	2,21	93,31	1
W	121/210	0,05	1,6	0,15	0,16	0,10	2,15	0,47	10
Y	210/210	0,8	52,36	12,64	9,95	9,01	2,47	54,93	0
Zn	210/210	1	99	18,27	16,02	13,06	2,37	73,55	4
Zr	210/210	0,7	130	11,31	15,93	6,76	2,65	47,44	7

Quadro 5.4 – Sumário estatístico das análises químicas de sedimento de corrente e elementos-traço.
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Ordem	Nº de Campo	Amostra	UTM Leste	UTM Norte	Anomalia	Ordem	Nº de Campo	Amostra	UTM Leste	UTM Norte	Anomalia
1	MB-S-0001	IBV382	537086	7568958	As, S	33	EA-S-0126	IBY067	506754	7597953	Ce, La, Th
2	MB-S-0002	IBV384	504271	7565670	As, Au, Cu, Mo, Sb, W	34	EA-S-0131	IBY024	505601	7599621	Ba, K, Rb
3	MB-S-0003	IBV385	537770	7568257	W	35	EA-S-0134	IBY035	517466	7600635	Ba, Co, Fe, In, Mn, P, Zn
4	MB-S-0004	IBV386	534151	7564162	S, W	36	EA-S-0141	IBY036	517042	7601910	In
5	MB-S-0006	IBV387	523053	7569520	S	37	MB-S-0142	IBV421	540813	7591752	Cr, S
6	MB-S-0008	IBV389	503717	7568496	Mo	38	EA-S-0144	IBX258	543281	7602594	Ce, Co, La, Ni, P, Zn
7	MB-S-0012	IBV392	536946	7568345	Mo	39	EA-S-0145	IBX464	503526	7602746	La, Sn, Th
8	MB-S-0013	IBV393	551499	7566725	Mo, W	40	EA-S-0147	IBY038	514828	7603192	Ce, Hf, In, La, Mn, NTh, Ti, Zr
9	MB-S-0015	IBV394	505589	7570859	U	41	EA-S-0148	IBY039	515072	7603354	Co, In, Zn
10	EA-S-0021	IBX450	525503	7572133	Zn	42	EA-S-0160	IBX267	527267	7607304	As, Mn
11	MB-S-0027	IBV401	503037	7570131	Mo	43	EA-S-0161	IBX268	528156	7608117	As, V
12	MB-S-0031	IBV404	550303	7571459	Mo	44	EA-S-0162	IBX269	542844	7608340	Sr
13	MB-S-0032	IBV405	505936	7571774	Au, W	45	MB-S-0163	IBV422	540919	7596370	S, Sn
14	MB-S-0033	IBV406	529439	7566616	Ag, Hg, W	46	EA-S-0173	IBX272	541097	7610240	As, Sr
15	EA-S-0034	IBY016	502048	7575830	K, Sn, Zr	47	EA-S-0176	IBX475	519787	7610110	P
16	EA-S-0044	IBY062	535319	7576921	In,	48	MB-S-0178	IBV424	541218	7599196	Au, Hg, S, W
17	EA-S-0052	IBY063	531816	7578326	Ag, Cr,	49	MB-S-0184	IBV425	516831	7599098	S
18	EA-S-0060	IBY014	509358	7579767	Hf, Th	50	EA-S-0186	IBX482	509864	7613400	Sn, W
19	EA-S-0073	IBY029	516497	7582469	Hf, W, Zr	51	EA-S-0189	IBX484	504892	7617594	W
20	EA-S-0076	IBY032	520005	7584395	Zr	52	MB-S-0190	IBV428	525021	7602247	S, Sr
21	EA-S-0083	IBY061	543381	7584896	Cr, Ni,	53	EA-S-0191	IBX276	534406	7612153	Cd, Hg, P, S
22	EA-S-0085	IBX453	512179	7585057	Ag	54	EA-S-0193	IBX485	516640	7620011	Bi
23	EA-S-0089	IBX280	503161	7586962	Bi	55	MB-S-0196	IBV429	524567	7602488	S
24	EA-S-0096	IBY026	511439	7588519	Hf, Sn, Zr	56	MB-S-0255	IBV432	508178	7616856	Ag
25	EA-S-0100	IBY059	539854	7588858	Cr,	57	MB-S-0257	IBV433	534716	7617872	As, Cs, In, S
26	EA-S-0102	IBY058	539212	7589253	Al, Cr, Cs, In, Li, Ni	58	MB-S-0263	IBV439	534682	7618575	Cs, In, Li, S
27	EA-S-0107	IBY057	539327	7589930	Al, Cs, In, Li	59	MB-S-0270	IBV441	507474	7617455	S
28	EA-S-0112	IBY055	539223	7591238	Al, As, Cs, In, Li, Mn	60	MB-S-0274	IBV442	541825	7622513	Sr
29	EA-S-0118	IBY045	521112	7593746	Ti	61	MB-S-0276	IBV443	518675	7619557	Ce, La, S, Th
30	EA-S-0119	IBY046	521313	7593886	Ce, Hf, La, Th, Ti, U, Zr	62	MB-S-0278	IBV444	527978	7620630	As, Cs, In, Li, Mn, P
31	EA-S-0122	IBY042	519080	7595664	Ti, Zr	63	MB-S-0284	IBV445	506953	7617787	Au
32	EA-S-0125	IBY022	507048	7597898	Bi, K						

Quadro 5.5 – Anomalias geoquímicas das amostras de sedimento de corrente.
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Observou-se, para a maioria dos elementos-traço, a tendência lognormal da distribuição.

5.2.1.4 CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS

A correlação linear com o índice de Pearson foi aplicada para o estudo das 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. A matriz foi então construída com os demais 41 elementos (Figura 5.3) e empregada no estudo da análise de agrupamentos (*Cluster Analysis*).

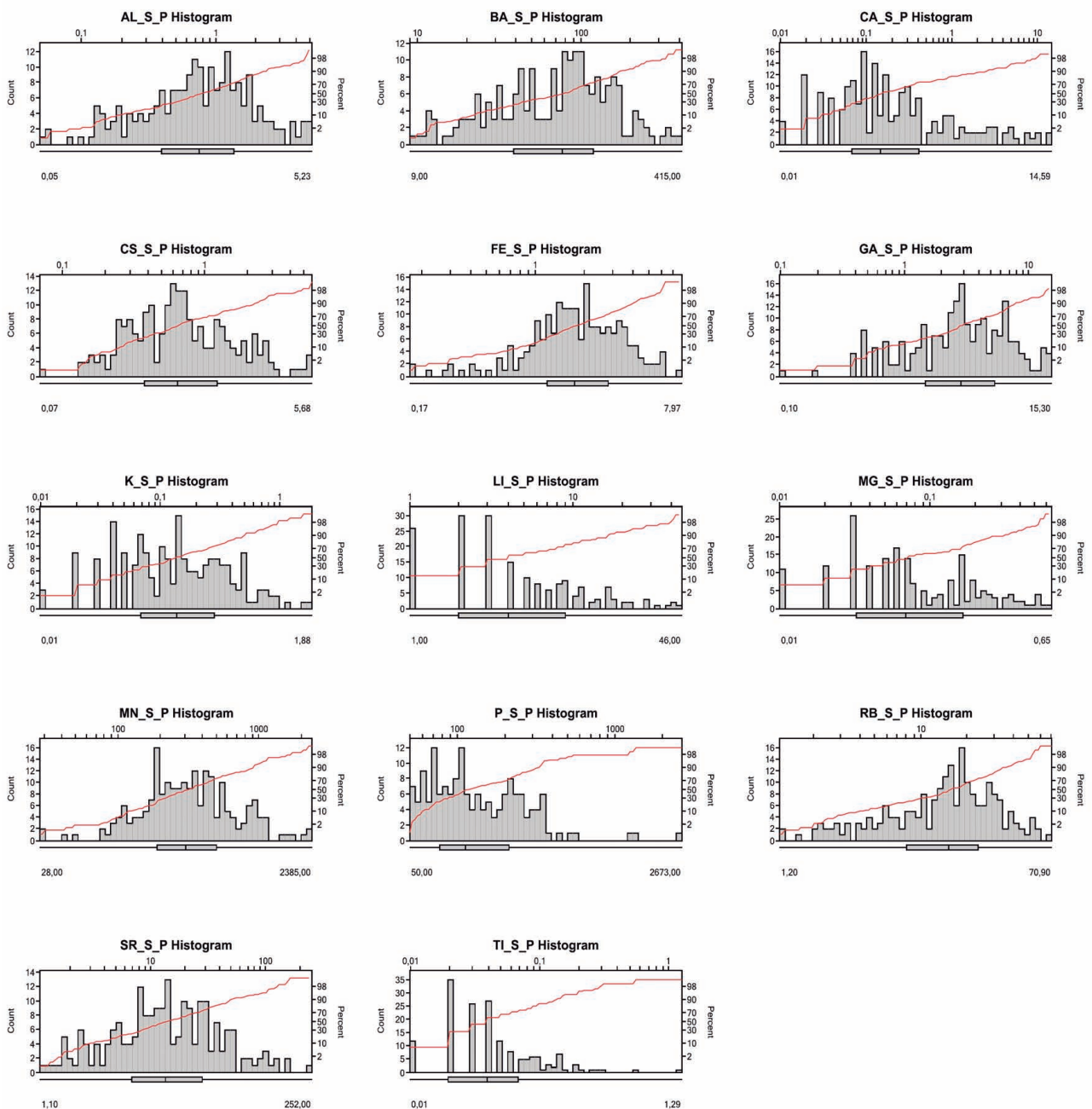


Figura 5.1 – Histogramas: sedimento de corrente.
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

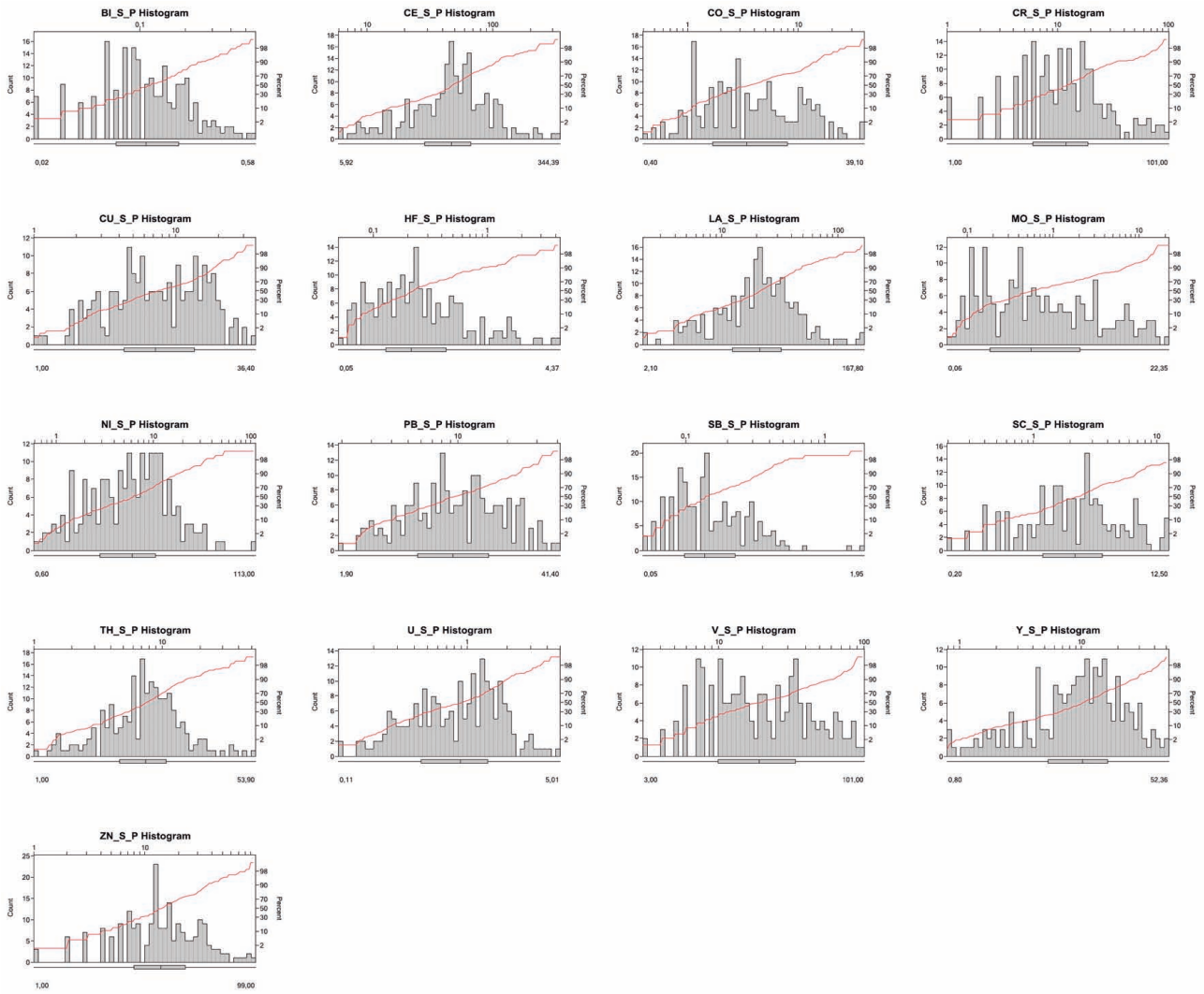


Figura 5.2 – Histogramas: sedimento de corrente.
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Aplicou-se como metodologia para o estudo dos agrupamentos de elementos a construção sequencial de dendrogramas. Utilizaram-se, como grupo inicial, aqueles elementos que apresentaram alguma correlação na matriz de Pearson e, a partir daí, retiraram-se os elementos que não se agruparam de forma significativa ou apresentaram distância de ligação (*Linkage Distance*) muito alta (Figura 5.4).

Os grupamentos Ag-Sn-Ba-Rb-K-Na (rochas com alteração hidrotermal), Ce-Th-La-U-Y-Hf-Zr-Ti (rochas alcalinas), Al-Ga-Be-Cs-Li-In-Sc-Bi (rochas pegmatíticas ou graníticas) e Ca-Sr-Co-Fe-V-Cu-Pb-Cr-Ni-Mg-P-Zn (rochas metassedimentares, lateritas e fosforitos) são típicos das litologias conhecidas

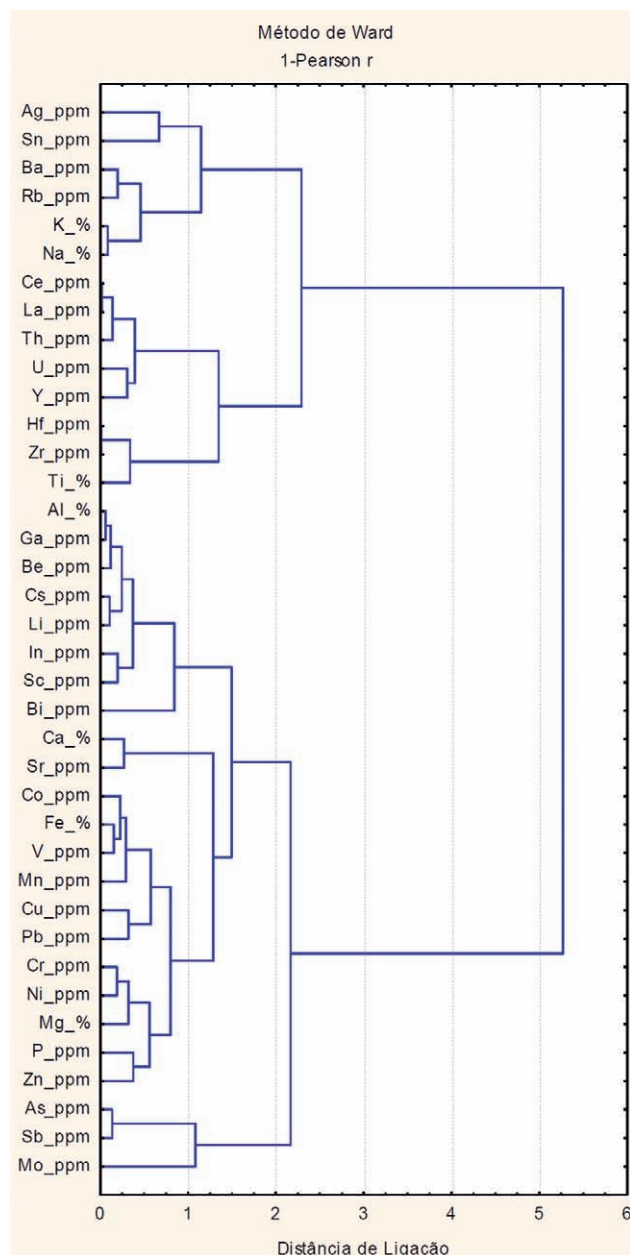


Figura 5.4 – Dendrograma para 38 elementos.
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

da região. O grupamento As-Sb-Mo pode estar associado a sulfetos hidrotermais ou a metamorfismo de contato.

5.2.1.5 DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS E CÁLCULO DAS ANOMALIAS

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

Apesar de a metodologia para cálculo de valores limiares não ser a mais representativa para alguns casos, a opção por sua aplicação levou em conta o elevado número de elementos analisados e a exiguidade de tempo para disponibilização das informações. Dessa forma, o retrabalhamento dos dados, para alguns dos elementos, deve ser considerado.

As informações geradas a partir das análises dos sedimentos de corrente foram representadas no mapa geoquímico como zonas (bacias) anômalas e anomalias pontuais (Figura 5.5).

5.2.2 CONCENTRADOS DE BATEIA

Os dados analíticos de concentrados de bateia receberam tratamento específico, distinto do utilizado no estudo dos sedimentos de corrente. As amostras coletadas foram analisadas para identificação mineralógica semiquantitativa de minerais pesados, exceto o ouro, analisado por contagem de pintas.

Na interpretação dos resultados, foram considerados apenas os minerais de minério e os minerais associados mais importantes para exploração mineral.

A análise mineralógica dos concentrados de bateia (Quadros 5.6 e 5.7) possibilitou a identificação de indícios de mineralização de ouro, prata, minerais-satélites de kimberlitos (granada, ilmenita, espinélio), apatita e cromita. Minerais de ferro (goetita, magnetita e hematita) e de titânio (rutilo e ilmenita) também foram reconhecidos. Essas informações foram plotadas no mapa de destaques mineralógicos (Figura 5.6).

Com relação a ouro e prata, todas as estações foram consideradas como indícios mineralógicos, assinalando-se, junto ao símbolo do elemento, o número de pintas detectadas.

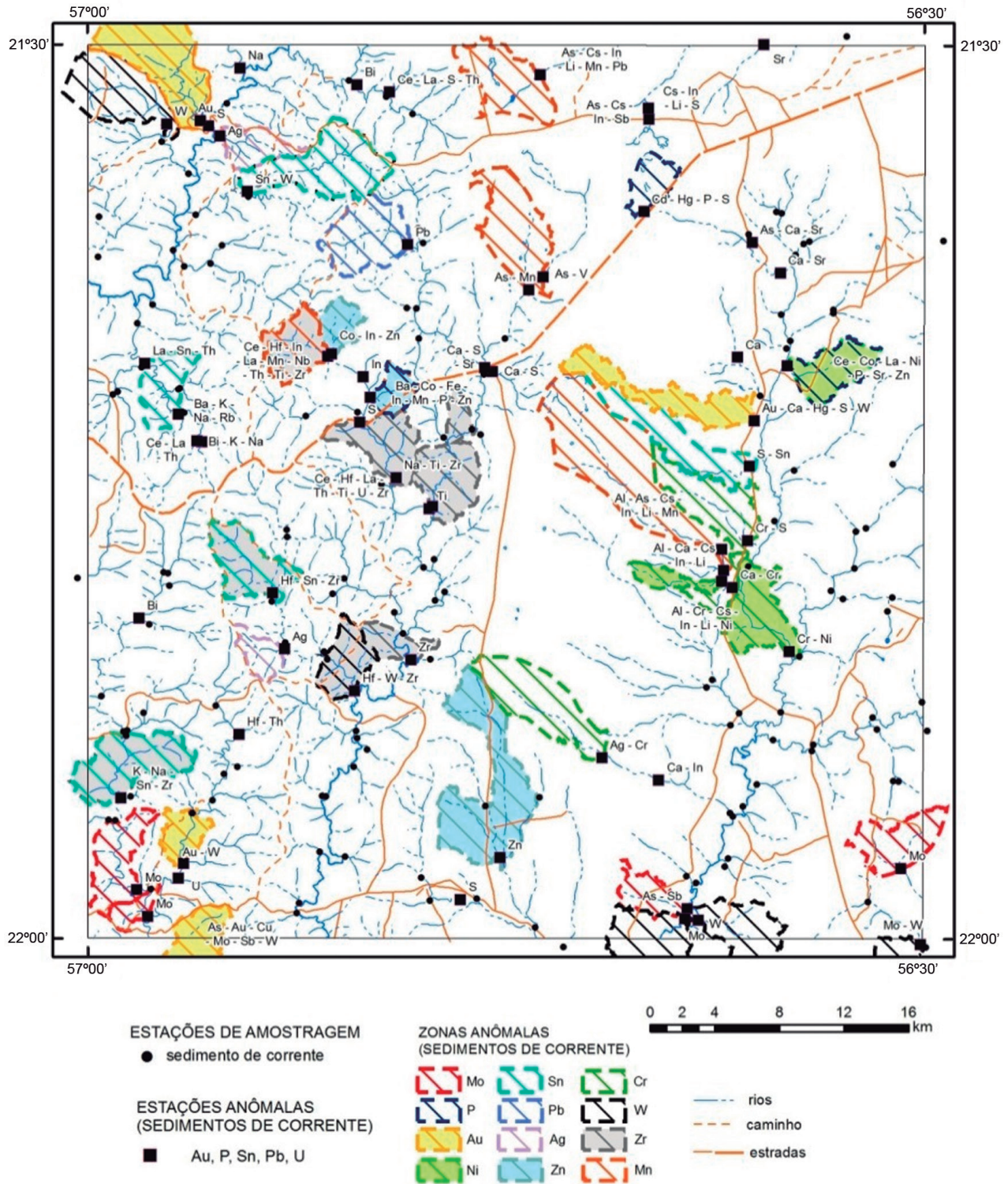


Figura 5.5 – Mapa geoquímico, com zonas anômalas e anomalias pontuais de amostras de sedimento de corrente. Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

5.2.2.1 DESTAQUES MINERALÓGICOS

A partir da análise semiquantitativa, foram identificados 39 grupos de minerais (Quadro 5.6), observando-se a presença de dois indícios para ouro,

três para cassiterita, dois para scheelita e oito para apatita. Minerais-satélites de kimberlitos (espínélio e granada) ocorrem em quatro amostras do total analisado (Figura 5.6).

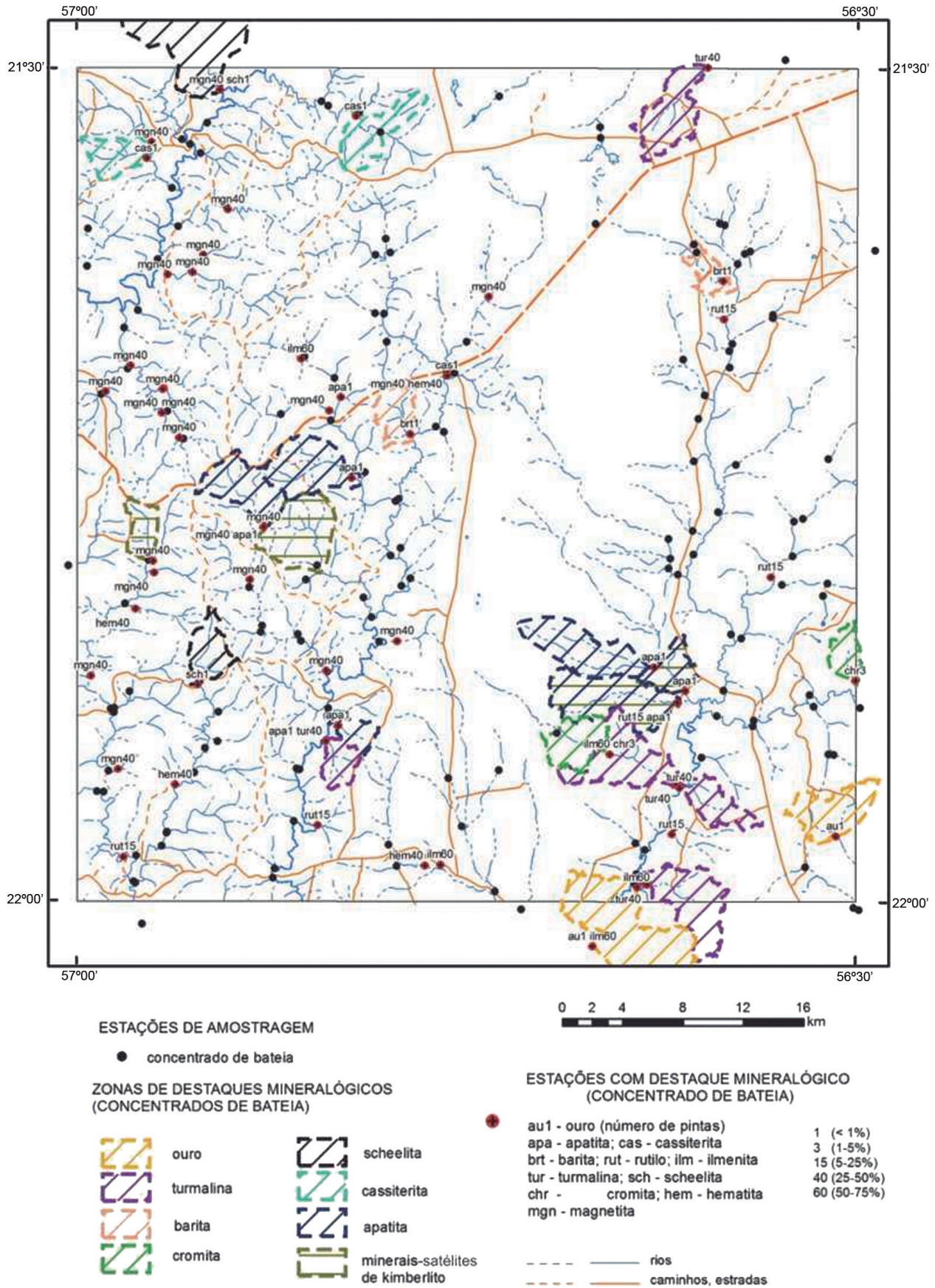


Figura 5.6 – Mapa de destaques minerais das amostras de concentrado de bateia.
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Mineral	Número de Amostras nas Classes					
	< 1%	1-5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%
Ouro (pepita < 0,5 mm)	2	0	0	0	0	0
Pirita-Limonita	31	0	0	0	0	0
Magnetita	13	28	60	24	0	0
Hematita	28	11	39	4	0	0
Ilmenita	8	6	60	42	5	0
Limonita	29	16	55	16	4	3
Cassiterita	3	0	0	0	0	0
Rutilo	84	23	6	0	0	0
Cromita	36	2	0	0	0	0
Anatásio	36	0	0	0	0	0
Coríndon	11	2	1	0	0	0
Espinélio	6	0	0	0	0	0
Leucoxênio	8	0	0	0	0	0
Scheelita	2	0	0	0	0	0
Barita	2	0	0	0	0	0
Monazita	28	4	2	0	0	0
Xenotímio	17	0	0	0	0	0
Apatita	8	0	0	0	0	0
Zircão	20	9	60	29	4	1
Granada	52	20	44	3	0	0
Piroxênio	73	12	11	0	0	0
Anfibólio	46	11	23	3	0	0
Turmalina	70	8	30	5	0	0
Cianita	50	0	0	0	0	0
Estaurólita	75	7	5	0	0	0
Silimanita	7	0	0	0	0	0
Épidoto	34	7	39	27	5	0
Esfênio	44	2	3	0	0	0
Micas	89	0	0	0	0	0
Hornblenda	1	0	0	0	0	0
Ganita	29	0	0	0	0	0
Siderita	5	0	0	0	0	0
Ilmenita kimberlítica	1	0	0	0	0	0
Granada kimberlítica	1	0	0	0	0	0
Goetita	2	0	0	0	0	0
Clinopiroxênio	2	0	0	0	0	0
Calcita	1	0	0	0	0	0
Espinélio kimberlítico	2	0	0	0	0	0

Quadro 5.6 – Distribuição dos minerais das amostras de concentrado de bateia.
 Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Ordem	Nº do Campo	Amostra	UTM Leste	UTM Norte	Mineralização	Ordem	Nº do Campo	Amostra	UTM Leste	UTM-Norte	Mineralização
1	MB0003	IBV447	7568257	537770	tur40	31	EA0115	IBX240	7592459	512336	mgn40 apa1
2	MB0004	IBV448	7564162	534151	au1 ilm60	32	EA0121	IBX991	7595287	518187	apa1
3	MB0006	IBV449	7569529	523053	hem40	33	EA0126	IBX978	7597953	506754	mgn40
4	EA0010	IBX487	7569601	524072	ilm60	34	EA0127	IBX989	7598192	522049	brt1
5	EA0016	IBZ618	7571602	539421	rut15	35	EA0131	IBX979	7599621	505601	mgn40
6	MB0017	IBV452	7568079	537121	ilm60	36	EA0133	IBX987	7599768	516703	mgn40
7	EA0022	IBZ620	7572218	515937	rut15	37	EA0134	IBX988	7600635	517466	apa1
8	MB0027	IBV454	7570131	503037	rut15	38	EA0136	IBX492	7601018	501860	mgn40
9	MB0038	IBV457	7571459	550303	au1	39	RG0137	IBX509	7601237	505715	mgn40
10	EA0039	IBZ637	7575956	502680	mgn40	40	RG0138	IBX510	7601180	505644	mgn40
11	EA0044	IBY008	7576921	535319	ilm60 chr3	41	EA0145	IBX493	7602746	503526	mgn40
12	EA0048	IBZ623	7577792	516465	apa1 tur40	42	EA0147	IBX990	7603192	514828	ilm60
13	MB0051	IBV459	7574920	506497	hem40	43	EA0154	IBX244	7605811	542902	rut15
14	EA0054	IBZ625	7578845	517307	apa1	44	EA0160	IBX245	7607304	527267	mgn40
15	MB0056	IBV460	7574903	539739	tur40	45	EA0162	IBX246	7608340	542844	brt1
16	MB0059	IBV461	7574698	539933	tur40	46	EA0164	IBX495	7608789	505979	mgn40
17	EA0063	IBZ630	7580353	539785	rut15 apa1	47	EA0165	IBX496	7608959	507627	mgn40
18	EA0065	IBZ632	7581111	540306	apa1	48	EA0169	IBX499	7610093	508332	mgn40
19	EA0068	IBZ639	7581561	507952	sch1	49	EA0183	IBZ640	7613121	509965	mgn40
20	EA0070	IBX997	7581795	551614	chr3	50	MB0188	IBV468	7602082	524517	cas1
21	EA0071	IBX975	7582162	500862	mgn40	51	EA0189	IBX507	7617594	504892	mgn40
22	EA0073	IBX984	7582469	516497	mgn40	52	EA0195	IBZ635	7621063	509426	mgn40 sch1
23	EA0074	IBZ633	7582699	538282	apa1	53	MB0196	IBV471	7602488	524567	mgn40 hem40
24	EA0077	IBX986	7584440	521196	mgn40	54	MB0258	IBV474	7616519	504583	cas1
25	EA0088	IBX234	7586600	503837	hem40	55	MB0264	IBV478	7619311	518473	cas1
26	EA0096	IBX983	7588519	511439	mgn40	56	MB0274	IBV480	7622513	541825	tur40
27	EA0099	IBX235	7588685	546006	rut15	57	EA0063	IBZ630	7580353	539785	spn.kmb1
28	EA0101	IBX236	7589010	505080	mgn40	58	EA0065	IBZ632	7581111	540306	spn.kmb1
29	EA0105	IBX237	7589778	504991	mgn40	59	EA0104	IBX490	7589462	515887	ilm.kmb1
30	EA0113	IBX239	7592019	512351	mgn40	60	EA0106	IBX238	7589842	504716	gnd.kmb1

Quadro 5.7 – Indícios mineralógicos.

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Nota: au1: ouro (número de pintas); apa: apatita; cas: cassiterita; brt: barita; rut: rutilo; ilm: ilmenita; tur: turmalina; sch: scheelita; chr: cromita; hem: hematita; mgn: magnetita; kmb: kimberlítico; grd: granada; spn: espinélio.

5.2.3 SOLOS

Adotou-se, basicamente, a mesma sequência do tratamento dos dados de sedimento de corrente. Como não foram coletadas duplicatas de campo na amostragem de solo, o teste de variância não foi realizado.

Foram descartados elementos com baixo grau de detecção: Au (2), B (0), Re (0), Se (5), Te (7), Ta (7), Ge (17), Sn (5), Th (14), Na (8), Mg (14), Ti (10), Zr (27). Os elementos Tb, Tl, Yb e Lu não foram analisados para todas as amostras, sendo também descartados. O elemento Au foi considerado anômalo nas amostras em que foi detectado.

5.2.3.1 SUMÁRIO DOS ESTIMADORES

Para cálculo dos estimadores foram utilizados os parâmetros estatísticos dos elementos selecionados (Quadro 5.8). Os limiares foram determinados por dois métodos: (i) média geométrica multiplicada pelo quadrado do desvio-padrão geométrico; (ii) limite superior interno do *box-plot*, dado pela diferença entre quartil 75% e quartil 25%, multiplicado por 1,5 e somado ao quartil 75%. A aplicação do limiar MG x DG² resultou em um menor número de anomalias (11), quando comparado ao número obtido pelo método *box-plot* (31) (Quadro 5.9).

Geologia e Recursos Minerais da Folha Fazenda Margarida

Elementos Maiores														
Elementos	N Válidos	Valores Mínimos	Valores Máximos	Media Aritmética	Desvio-Padrão Aritmético	Média Geométrica	Desvio-Padrão Geométrico	Mediana	Quartil 25%	Quartil 75%	Limiar Box-Plot	Nº de Anomalias Box-Plot	Limiar MG x DG ²	Nº de Anomalias MG x DG ²
Percentual de Peso (%)														
Al	55/55	0,25	7,51	2,42	1,73	1,86	2,17	2,03	1,14	3,26	6,44	1	8,74	0
Ca	52/55	0,01	15	1,44	3,93	0,18	5,77	0,14	0,06	0,37	0,82	7	6,01	5
Fe	55/55	0,28	8,01	3,48	2,1	2,71	2,22	3,22	1,53	5,26	10,86	0	13,31	0
K	53/55	0,005	0,25	0,078	0,055	0,059	2,301	0,06	0,035	0,11	0,223	1	0,313	0
Na	8/55	0,005	0,03	0,007	0,007	0,006	1,67	0,005	0,005	0,005	0,005	7	0,017	6
ppm														
P	55/55	25	600	167	110	133	2	146	93	217	404	2	580	1
Mn	53/55	15	5744	682	1028	337	3	378	142	763	1694	4	4019	2
Ba	55/55	18	970	112	145	79	2	84	48	118	222	2	369	2
Cs	55/55	0,3	10,85	2,9	2,27	2,15	2,27	2,28	1,23	4	8,16	0	11,07	0
Ga	55/55	0,9	26,7	9,98	6,54	7,86	2,11	7,9	5,35	15,05	29,6	0	35,16	0
Li	52/55	0,5	68	17,5	15,3	10,5	3,4	16	6	24	51	3	119,1	0
Rb	55/55	2,4	65,8	19,9	14,5	15,6	2	16,6	9,2	23,7	45,5	5	65,2	1
Sr	55/55	1,7	187,6	22,7	36,7	11,2	3	10,5	4,8	17,8	37,3	7	99,8	3
Elementos-Traço														
Elementos	N Válidos	Valores Mínimos	Valores Máximos	Media Aritmética	Desvio-Padrão Aritmético	Média Geométrica	Desvio-Padrão Geométrico	Mediana	Quartil 25%	Quartil 75%	Limiar Box-Plot	Nº de Anomalias Box-Plot	Limiar MG x DG ²	Nº de Anomalias MG x DG ²
ppm														
Ag	49/55	0,005	0,4	0,04	0,06	0,02	2,59	0,03	0,01	0,05	0,11	1	0,17	1
As	54/55	0,5	29	11,6	7,9	8,6	2,4	9	5	17	35	0	50,6	0
Au	2/55	0,05	0,2	0,06	0,03	0,05	1,3	0,05	0,05	0,05	0,05	2	0,09	2
Be	52/55	0,05	3,3	1,18	0,82	0,79	3,03	1	0,6	1,75	3,48	0	7,26	0
Bi	55/55	0,02	0,93	0,32	0,2	0,25	2,15	0,27	0,16	0,47	0,94	0	1,15	0
Cd	30/55	0,005	0,09	0,02	0,02	0,01	2,52	0,01	0,01	0,03	0,07	2	0,07	2
Ce	55/55	6,07	217,2	68,7	39,98	57,22	1,95	63,24	40,31	90,2	165,02	1	216,66	1
Co	55/55	0,6	36,5	9,18	7,95	5,94	2,85	7,5	2,7	12,65	27,58	3	48,34	0
Cr	55/55	3	224	28,07	30,95	20,24	2,24	20	13,5	34,5	66	2	101,51	1
Cu	55/55	1,2	35	12,13	7,33	9,82	2,04	11,9	5,9	16	31,15	1	40,88	0
Ge	17/55	0,05	0,2	0,08	0,06	0,07	1,73	0,05	0,05	0,1	0,18	10	0,21	0
Hf	51/55	0,025	1,09	0,29	0,23	0,21	2,51	0,24	0,12	0,43	0,88	0	1,31	0
Hg	44/55	0,005	0,07	0,03	0,02	0,02	2,46	0,02	0,01	0,04	0,09	0	0,11	0
In	39/55	0,01	0,09	0,04	0,03	0,03	2,26	0,04	0,01	0,06	0,14	0	0,15	0
La	55/55	3,2	77	32,2	17,3	26,9	2	30	18,4	42,8	79,4	0	102,4	0
Mg	14/55	0,005	0,85	0,129	0,166	0,068	3,195	0,06	0,035	0,13	0,273	9	0,693	1
Mo	55/55	0,07	1,93	0,54	0,44	0,39	2,28	0,38	0,21	0,72	1,47	2	2,03	0
Nb	8/55	0,06	1,9	0,67	0,5	0,49	2,34	0,52	0,27	0,89	1,81	1	2,66	0
Ni	55/55	0,9	102	11,9	14,3	8,1	2,4	10,4	4,4	14,4	29,3	3	47,3	1
Pb	50/55	5	56,6	22,1	11,8	19,2	1,7	19,4	12,9	27,5	49,5	1	57,32	0
Re	55/55	0,05	2,5	0,67	1,08	0,14	5,58	0,05	0,05	1,28	3,11	0	4,22	0
S	33/55	0,005	0,14	0,021	0,03	0,013	2,473	0,01	0,005	0,02	0,043	4	0,077	3
Sb	35/55	0,025	1,8	0,497	0,45	0,331	2,61	0,33	0,17	0,64	1,345	4	2,256	0
Sc	54/55	0,8	17,1	6,8	4,1	5,6	2	5,3	3,8	10,9	21,4	0	22,2	0
Se	5/55	0,5	2	0,6	0,4	0,6	1,4	0,5	0,5	0,5	0,5	5	1,1	3
Sn	5/55	0,5	6,5	2	1,2	1,7	1,8	1,7	1,1	2,7	5,1	1	5,6	1
Ta	6/55	0,025	4,64	0,199	0,817	0,036	3,026	0,025	0,025	0,025	0,025	6	0,326	3
Te	7/55	0,025	0,16	0,042	0,039	0,033	1,813	0,025	0,025	0,025	0,025	9	0,107	7
Th	14/55	0,8	19,9	9,23	4,65	7,89	1,88	8,2	5,65	12,85	23,65	0	27,74	0
U	55/55	0,22	2,65	1,14	0,65	0,95	1,87	1	0,64	1,67	3,22	0	3,32	0
V	35/55	7	149	65	41	51	2	51	31	101	207	0	227	0
W	14/55	0,05	0,6	0,13	0,12	0,09	2,19	0,05	0,05	0,2	0,43	1	0,45	1
Y	55/55	0,73	38,31	16,01	8,32	13,34	2,02	15,68	9,2	22,24	41,79	0	54,53	0
Zn	55/55	2	123	18	18	13	2	13	8	20	37	4	58	1
Zr	24/55	0,6	43,2	10,4	9,1	7,3	2,4	7,9	4,5	12,6	24,8	5	43,7	0
Percentual de Peso (%)														
Ti	10/55	0,005	0,12	0,03	0,03	0,02	2,99	0,03	0,01	0,05	0,11	1	0,16	0

Quadro 5.8 – Sumário estatístico das análises químicas de solo.

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Ordem	Nº de Campo	Amostra	UTM Leste	UTM Norte	Anomalias MG x DG2	Anomalias Box-Plot
1	MR0009	IBV481	537970	7616806		Al, Cs, Hf, Mo, Nb, Zr
2	MR0008	IBV482	533360	7617871		Al, Li, Sb
3	MR0007	IBV483	528575	7617485		K, Rb
4	MR0006	IBV484	524920	7616899	Rb	Rb, S, Zr
5	MR0001	IBV485	524110	7620060		Mo, Sb
6	MR0011	IBV486	524675	7613002		Li, Rb, Sb, Zr
7	MR0026	IBV487	524572	7602495	Ca, S	Ca, Mn, P, S, Sr
8	MR0022	IBV488	529207	7605788		Zr
9	MR0018	IBV489	532674	7609900		Li, Zr
10	MR0014	IBV490	536039	7613738		Rb
11	MR0010	IBV491	539100	7616178		Zr
12	MR0020	IBV492	541852	7608902	Ca, S, Sr	Ca, S, Sr
13	MR0031	IBV494	541707	7600712	Ca, P, S	Ca, Ni, P, S, Sr, Zn
14	EA0002	IBX287	530702	7620050		Pb
15	EA0004	IBX289	538143	7621443		Cr
16	EA0013	IBX292	533223	7614404		Mg
17	EA0016	IBX293	525574	7608150	Cd, Sn	Cd, Sn
18	EA0017	IBX294	530125	7609195		Mn
19	EA0019	IBX295	537439	7608730	Ca, Sr	Ca, Sr
20	MR0037	IBX435	525550	7592556		Nb, Rb, Sb
21	MR0043	IBX437	525098	7588550		Zn
22	MR0062	IBX444	537244	7573630		Mo
23	MR0064	IBX445	525538	7569275	Cd, Zn	Cd, Zn
24	EA0165	IBX446	530085	7569095	Ba, Ce, Mn	Ba, Ce, Co, Mn
25	MR0066	IBX447	533994	7568635	Ag	Ag
26	EA0041	IBY070	537535	7592588	Ba, Mn,	Ba, Ca, Mn, Sr
27	EA0046	IBY071	537608	7587920	Cr, Ni	Co, Cr, Ni
28	EA0024	IBZ668	537486	7603445	Mg	Co, Cu, Ni, Zn
29	EA0049	IBZ671	533591	7584477		Ca, Sr
30	EA0051	IBZ673	533706	7576235	Au	Au
31	EA0054	IBZ675	534544	7580262	Au, Ca, Sr	Au, Ca, Sr

Quadro 5.9 – Anomalias geoquímicas das amostras de solo.
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

5.2.3.2 HISTOGRAMAS E CARTOGRAMAS DE SOLO

Foram elaborados cartogramas (Figuras 5.7 e 5.8) e histogramas (Figuras 5.9 e 5.10) para Cr, Ni, Al, P, Mn, Zn, Cu, Bi, Sr, Ce, Zr e Ba. Os cartogramas referentes aos elementos Al, P, Zr, Cu e Bi apresentam padrões distintos, possibilitando a delimitação de uma área,

ao norte, onde as concentrações apresentam valores mais elevados, e outra, ao sul, com valores mais baixos. Já os cartogramas dos elementos Mn, Ba, Ni e Cr são marcados por uma anomalia mais acentuada na porção centro-oeste. Os cartogramas de Zn, Ce e Sr mostram que esses elementos se apresentam dispersos em toda a área levantada.

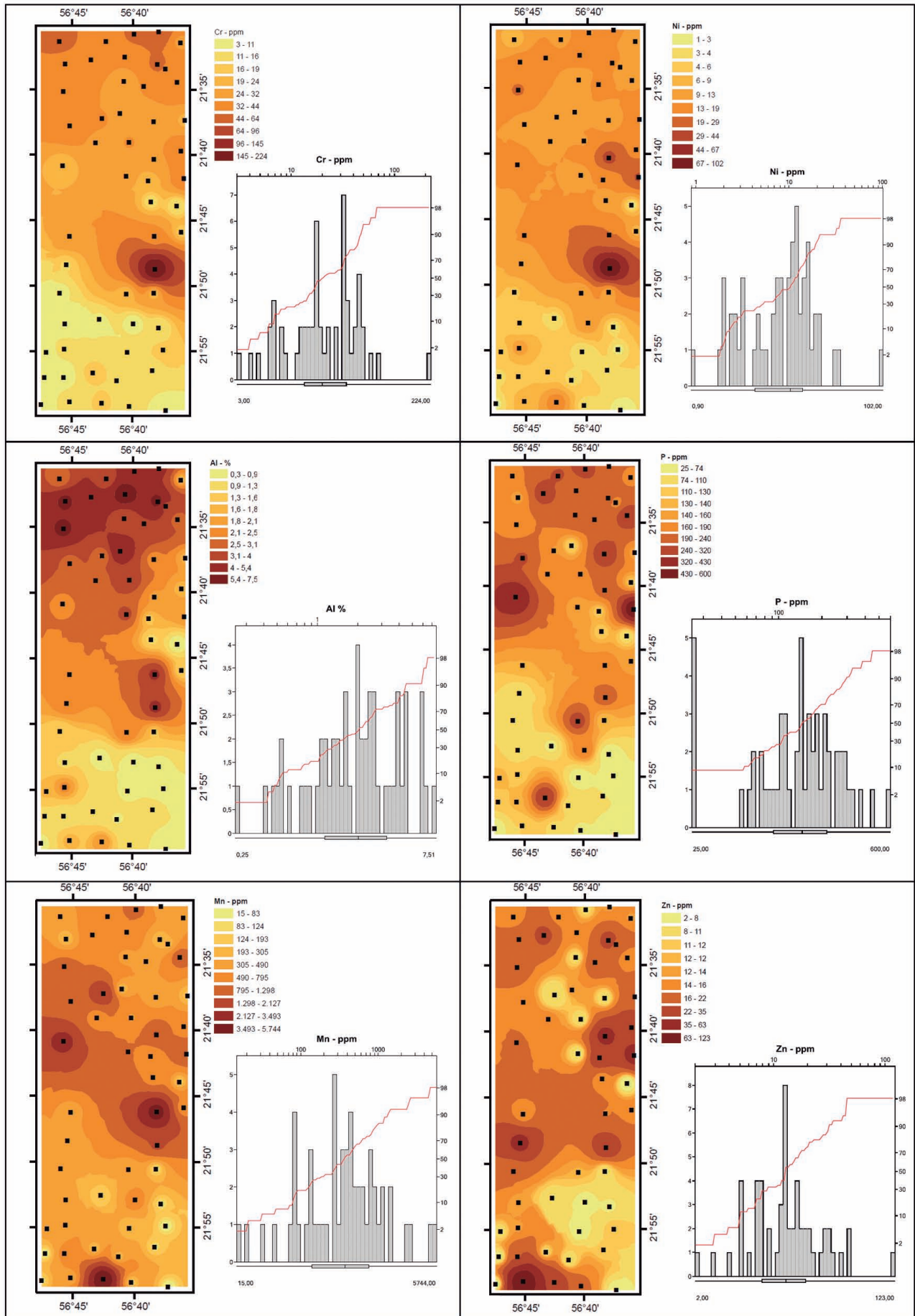


Figura 5.7 – Cartogramas de solo para os elementos químicos Cr, Ni, Al, P, Mn e Zn.
 Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

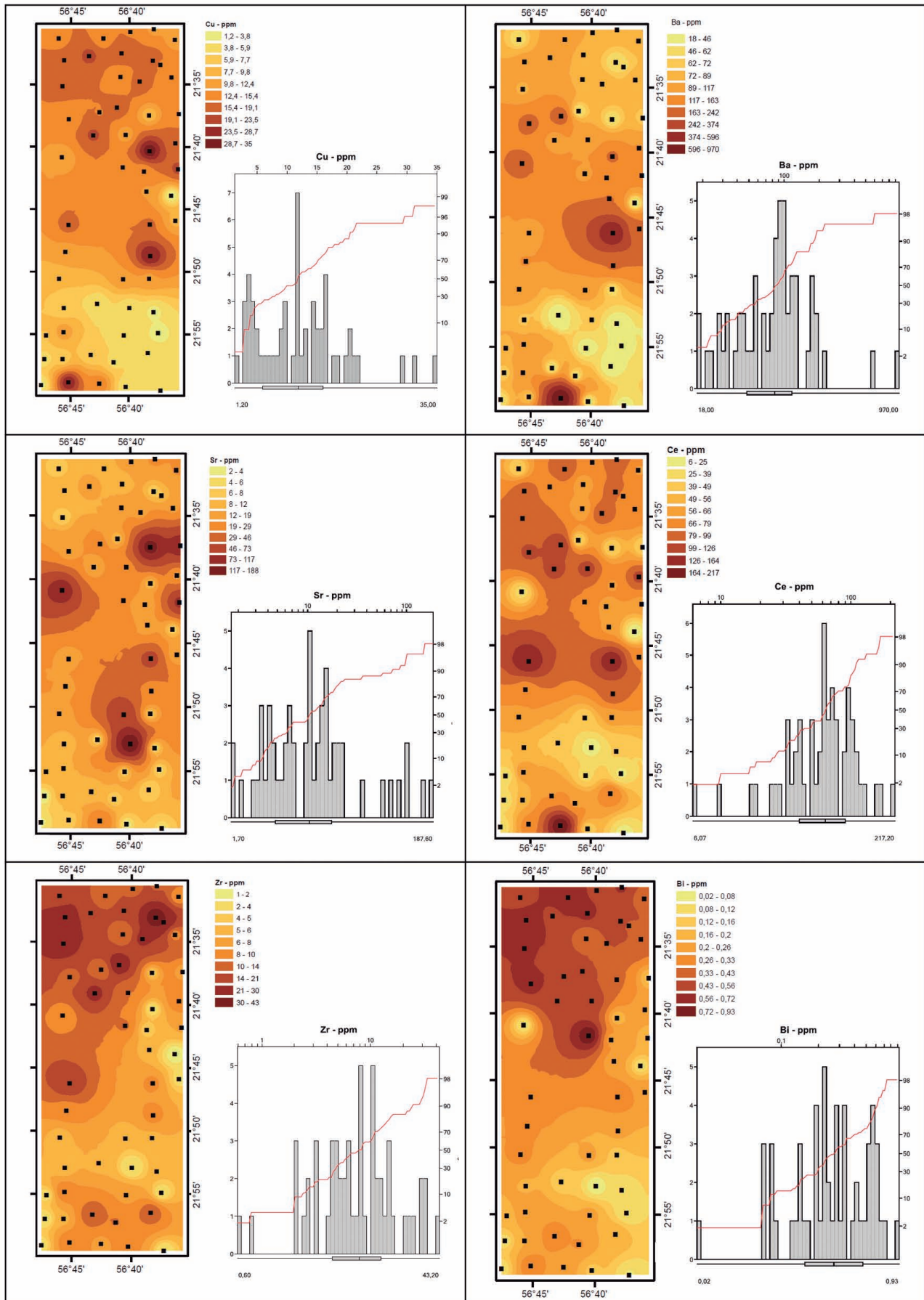


Figura 5.8 – Cartogramas de solo para os elementos químicos Cu, Bi, Sr, Ce, Zr e Bi.
 Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

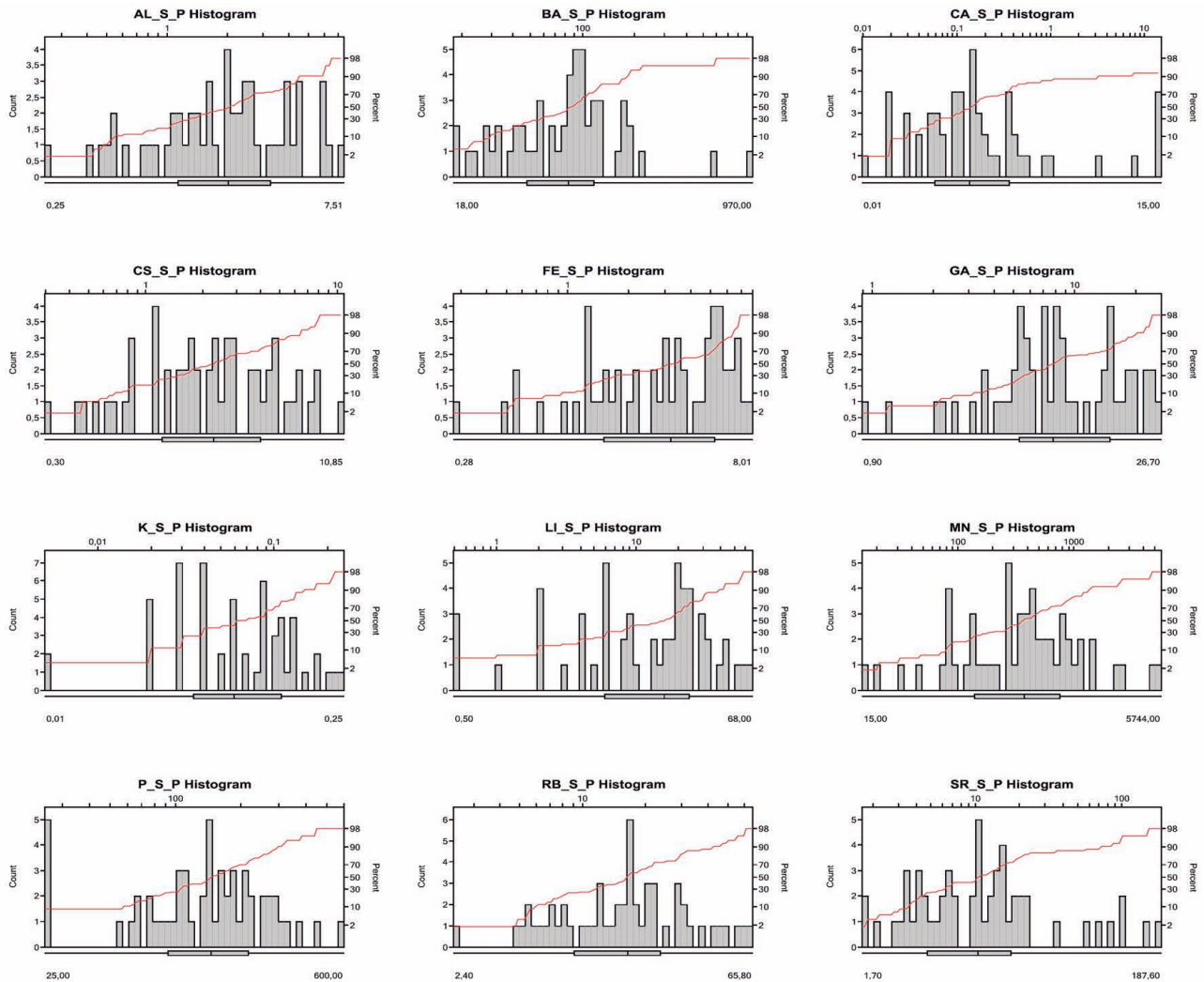


Figura 5.9 – Histogramas: solo.
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

5.3 MAPA GEOQUÍMICO

O mapa geoquímico foi gerado a partir da integração de dados geoquímicos e mineralógicos, geológicos e perspectiva metalogenética da área. Em sua elaboração, foram consideradas as anomalias geoquímicas dos sedimentos de corrente e os destaques mineralógicos da fração pesada dos concentrados de bateia.

Nesse mapa estão representadas zonas anômalas de elementos em sedimentos de corrente, zonas de destaques mineralógicos em concentrados de bateia, anomalias pontuais e destaques mineralógicos pontuais. Todas essas informações estão plotadas sobre base planimétrica e geológica simplificada.

Cartogramas com a distribuição dos elementos mais importantes para avaliação metalogenética

da área foram associados ao mapa geoquímico. Entre os cartogramas selecionados, foram incluídos os de 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 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. Muito embora os conteúdos dos elementos-traço em drenagens representem variáveis discretas, sua apresentação em isovalores possibilita melhor compreensão dos *trends* de distribuição.

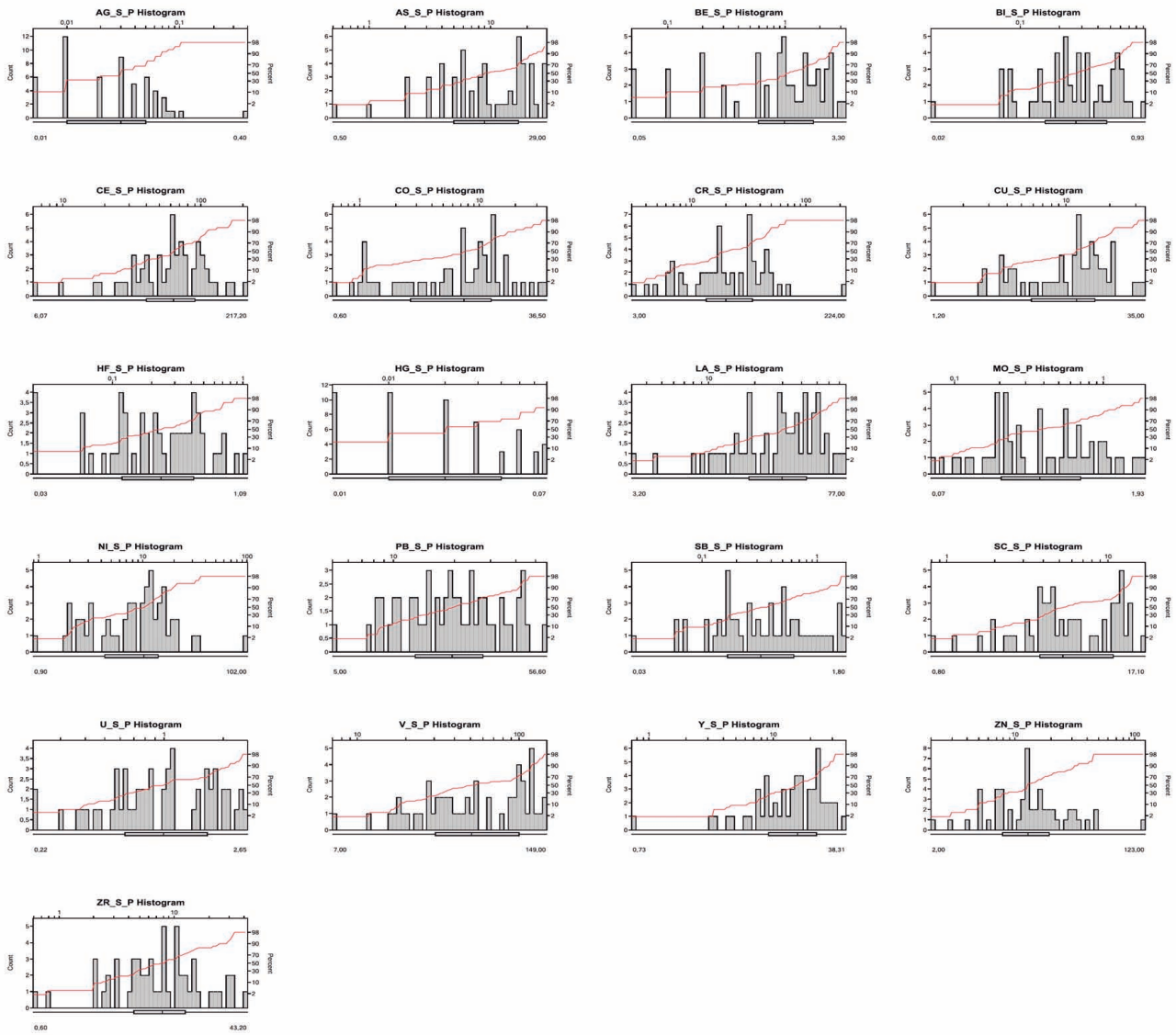


Figura 5.10 – Histogramas: solo.
 Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Esse tipo de representação é sugerido no Atlas Geoquímico da Europa, desenvolvido pelo Forum of European Geological Surveys (FOREGS), atendendo a recomendações do IUGS/IAGC Global Geochemical Baselines Programme e exemplificado no sítio desenvolvido, mantido e atualizado pelo Serviço Geológico da Finlândia (<http://www.gs.fi/pub/>

foregsatlas/maps/StreamSed/s_aricpaes_as_edit.pdf). Tal sugestão visa a padronizar 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).

6 - GEOFÍSICA

6.1 LEVANTAMENTO AEROGEOFÍSICO NA FOLHA FAZENDA MARGARIDA

Os dados aerogeofísicos disponíveis para a região são originados do Projeto Aerogeofísico Bonito-Porto Murtinho (CPRM, 2009) (Figura 6.1).

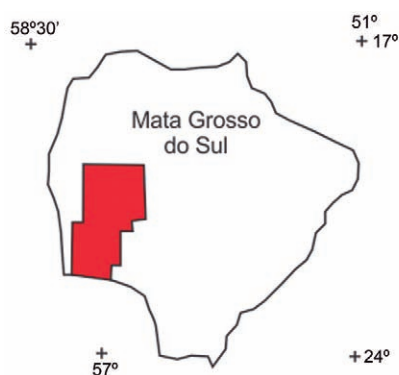


Figura 6.1 – Em destaque (vermelho), área do levantamento aerogeofísico Bonito-Porto Murtinho (MS).
Fonte: CPRM, 2009.

6.2 DADOS UTILIZADOS

No Projeto Aerogeofísico Bonito-Porto Murtinho (CPRM, 2009), as linhas de voo apresentam direção N-S, espaçadas a cada 500 m, e linhas de controle espaçadas de 5 km, com direção E-W. Os registros foram obtidos, aproximadamente, a cada 60 m voados, sendo a altura do voo de 100 m.

Com o processamento de dados tem-se por objetivo a geração de diferentes temas sob a forma de , que são elaborados de acordo com a necessidade de utilização das informações aerogeofísicas. As dimensões dos referidos *grids* obedecem a limitações estabelecidas pelos parâmetros do levantamento aéreo.

Na geração dos *grids* utilizou-se o *software* Oasis Montaj (versão 7.2), da Geosoft, adotando-se para os 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 ($\mu\text{R/h}$ – microrroentgen por hora), tório

(ppm), urânio (ppm), potássio (%), as razões U/Th, U/K, Th/K e composição ternária dos três elementos (U, Th, K).

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

6.3 INTERPRETAÇÃO AEROGEOFÍSICA QUALITATIVA

A interpretação qualitativa dos dados aerogeofísicos de magnetometria e gamaespectrometria teve como finalidade auxiliar os trabalhos de cartografia geológica da Folha Fazenda Margarida (SF.21-X-C-IV) na 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*), pode-se sugerir 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, dessa maneira, evita-se a influência das referidas informações durante a análise dos dados aerogeofísicos.

6.3.1 MAGNETOMETRIA

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

6.3.1.1 CAMPO MAGNÉTICO TOTAL

No mapa de campo magnético total reduzido do International Geomagnetic Reference Field (IGRF) da região da Folha Fazenda Margarida (Figura 6.2), nota-se uma característica comum a esse tipo de mapa – a bipolaridade –, que significa a existência de valores positivos (cor vermelha) associados a valores negativos (cor azul), que representam um único corpo magnético.

6.3.1.2 SINAL ANALÍTICO

A realização do sinal analítico em um mapa magnetométrico do campo total reduzido do IGRF é um artifício matemático utilizado para que as anomalias magnéticas que, inicialmente, possuem caráter bipolar, passem a monopolares. Outra vantagem é que a amplitude do sinal fica posicionada imediatamente acima dos limites de estruturas/corpos, facilitando a identificação e o posicionamento de corpos magnéticos ou não magnéticos.

No mapa do sinal analítico do campo magnético total da Folha Fazenda Margarida (Figura 6.3), observa-se uma região caracterizada por um domínio magnético predominantemente negativo (cor azul), localizada na porção nordeste da área, e as demais

áreas da folha com domínios magnéticos positivos (cor vermelha). Ressalta-se a diferença no padrão magnético: mais suave na porção sudeste, sugerindo maior profundidade para o corpo responsável pela anomalia, e irregular no restante da área, indicando corpos magnéticos mais rasos.

6.3.1.3 PRIMEIRA DERIVADA VERTICAL

Com a aplicação da primeira derivada vertical do campo magnético total, tem-se por objetivo realçar as estruturas magnéticas (falhas/fraturas). Observa-se, assim, que as principais estruturas magnéticas situam-se na porção oeste da folha (Figura 6.4). A direção preferencial dessas estruturas é SW-NE; porém, há outras estruturas magnéticas, possivelmente diques, que cortam perpendicularmente a direção preferencial.

6.3.2 GAMAESPECTROMETRIA

A gamaespectrometria ou radiometria costuma ser vista como um guia para localizar rochas com radioatividades acima do *background*, como granitóides e rochas alcalinas, mas é também importante na identificação de feições com radiação decrescente ou com baixas emissões de radiação gama, como muitas existentes na área de estudo.

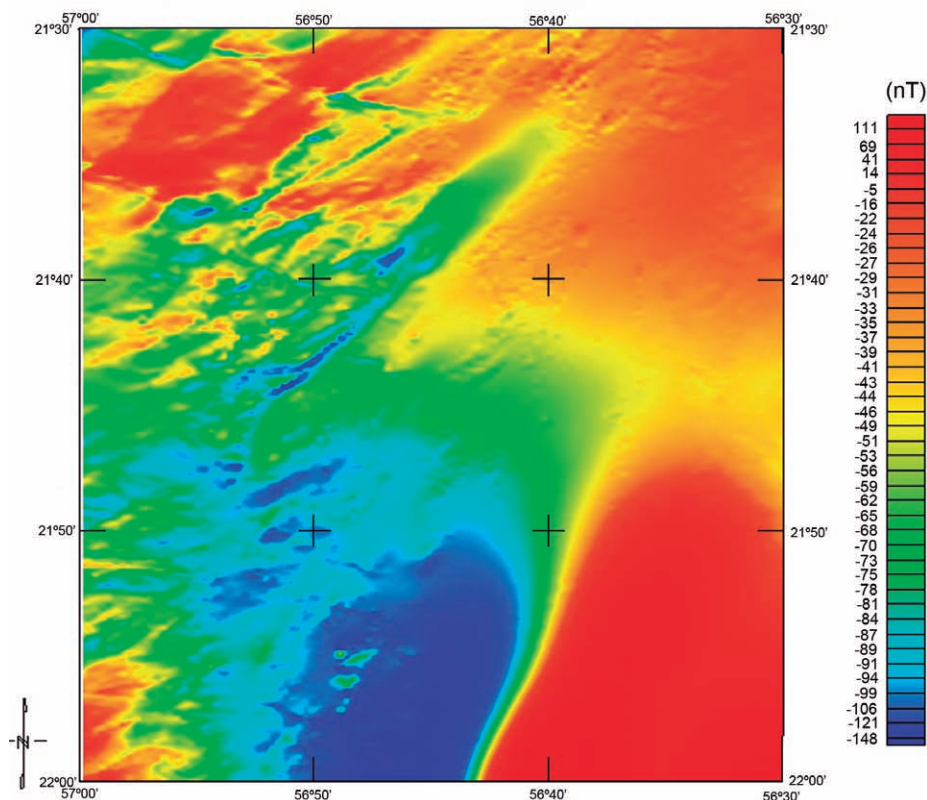


Figura 6.2 – Mapa magnetométrico do campo total reduzido do IGRF da folha Fazenda Margarida (escala 1:100.000).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

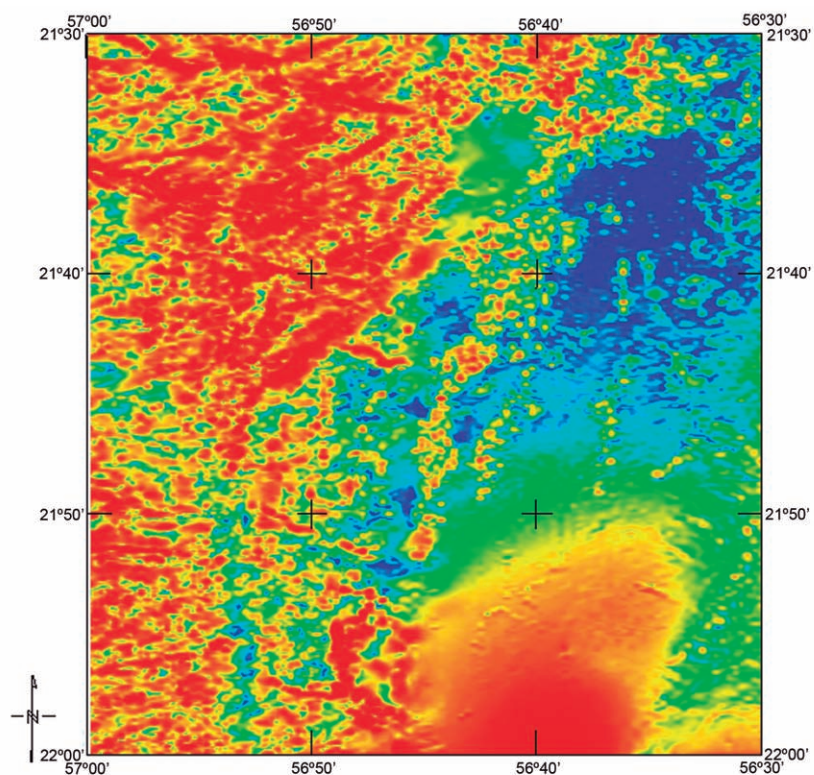


Figura 6.3 – Mapa do sinal analítico do campo magnético total da folha Fazenda Margarida (escala 1:100.000).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Nota: As anomalias em vermelho representam valores positivos e, em azul, valores negativos.

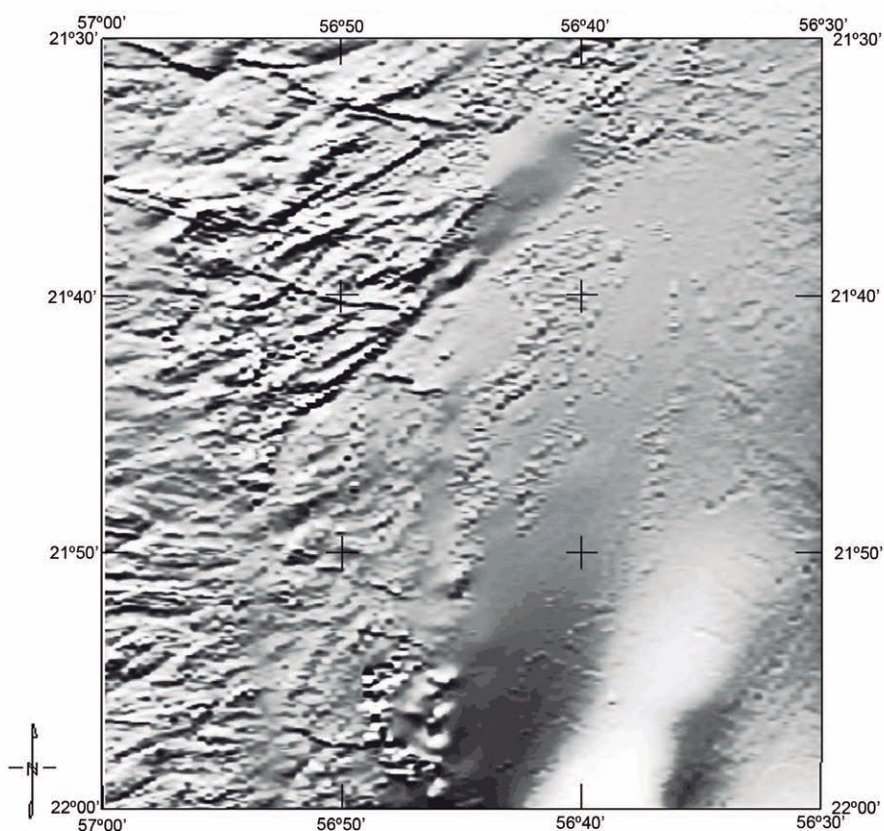


Figura 6.4 – Mapa da primeira derivada vertical do campo magnético total da folha Fazenda Margarida (escala 1:100.000).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Os mapas dos radioelementos Th, U e K correspondem à geologia de superfície e representam a distribuição das diferentes rochas e solos aflorantes. Na área do Projeto Aerogeofísico Bonito-Porto Murinho, os níveis radiométricos inicialmente medidos em cps (choques por segundo) estão convertidos, para concentrações de U e Th, em ppm, e para K, em porcentagem, por meio da técnica *back-calibration*. A contagem total é expressa como taxa de exposição em $\mu\text{R/h}$ (microrroentgen por hora) (Figura 6.5).

No geral, os mapas gamaespectrométricos apresentam baixa concentração de radioelementos. Entretanto, destaca-se a região central da área, onde a concentração dos elementos radiométricos tório e urânio (Figura 6.5c, d) mostra-se muito elevada.

O mapa de composição ternária dos elementos radioativos potássio, tório e urânio (Figura 6.6) facilita a visualização integrada desses elementos. De maneira geral, esse mapa representa uma aproximação da geologia superficial local.

6.4 MAPA DE INTERPRETAÇÃO AEROGEOFÍSICA DE DADOS MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS

Após a análise do mapa de primeira derivada vertical do campo magnético total (Figura 6.4) e traçados os principais alinhamentos, gerou-se o mapa de alinhamentos magnéticos da região (Figura 6.7).

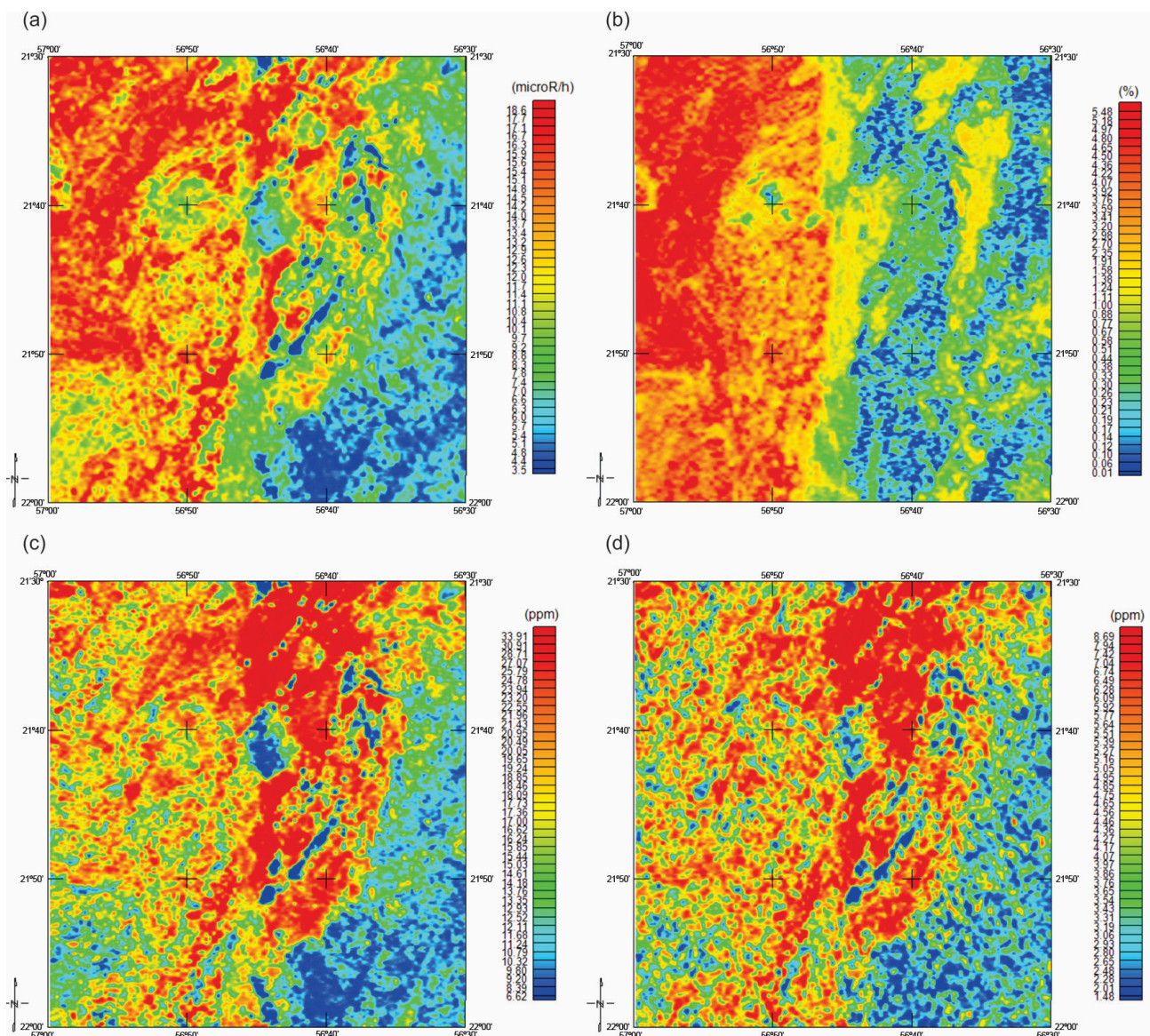


Figura 6.5 – Mapas gamaespectrométricos da região: (a) contagem total, (b) potássio, (c) tório e (d) urânio.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

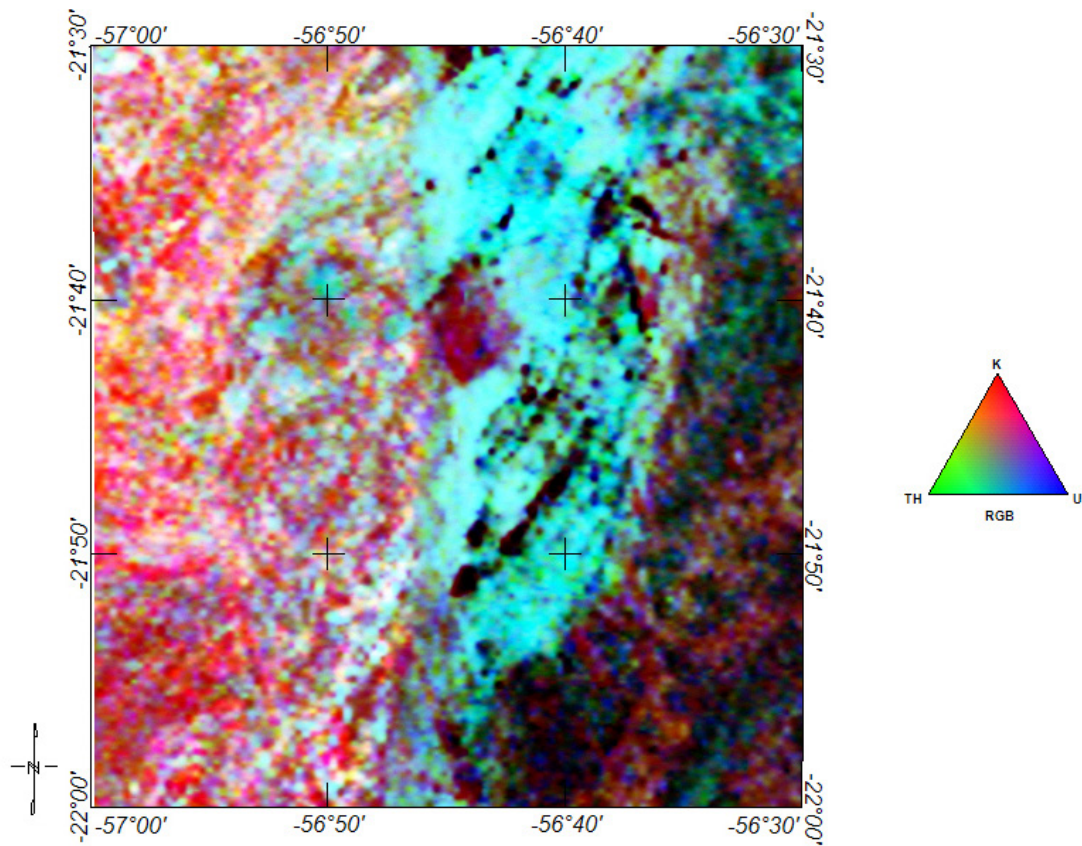


Figura 6.6 – Mapa de composição ternária dos elementos potássio, tório e urânio da folha Fazenda Margarida (escala 1:100.000).
Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

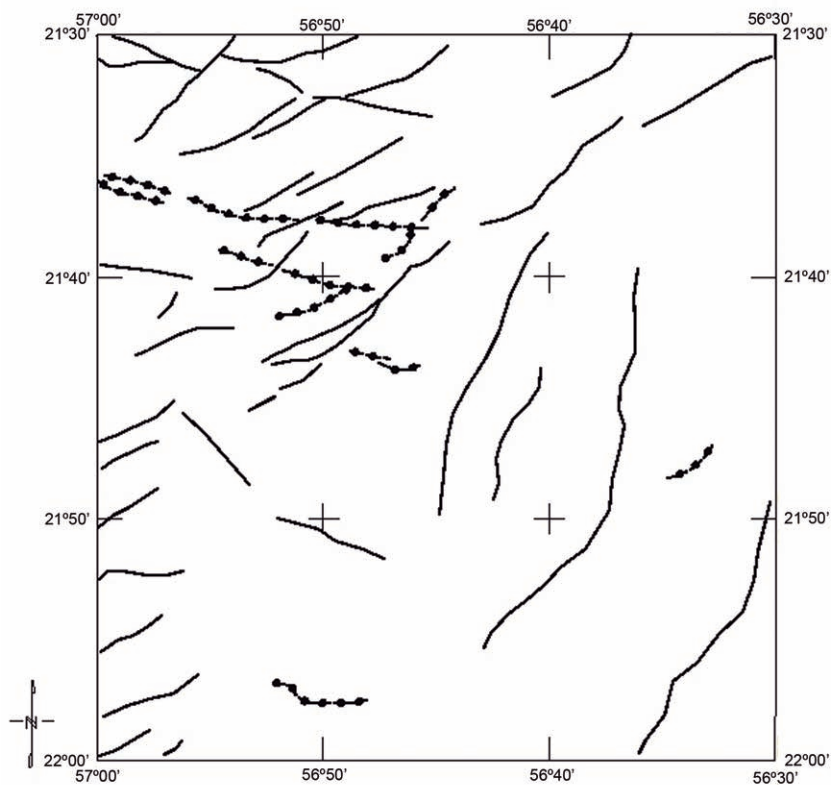


Figura 6.7 – Mapa de alinhamentos magnéticos na folha Fazenda Margarida (escala 1:100.000).
Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Nota: As linhas contínuas indicam possíveis estruturas geológicas (tipo falhas) e as linhas com pontos indicam possíveis diques.

A integração das informações obtidas a partir da interpretação aerogeofísica de dados magnetométricos e gamaespectrométricos possibilitou a elaboração

de um mapa qualitativo de feições geofísicas baseado nas propriedades geofísicas presentes em cada um dos corpos (Figura 6.8; Quadro 6.1).

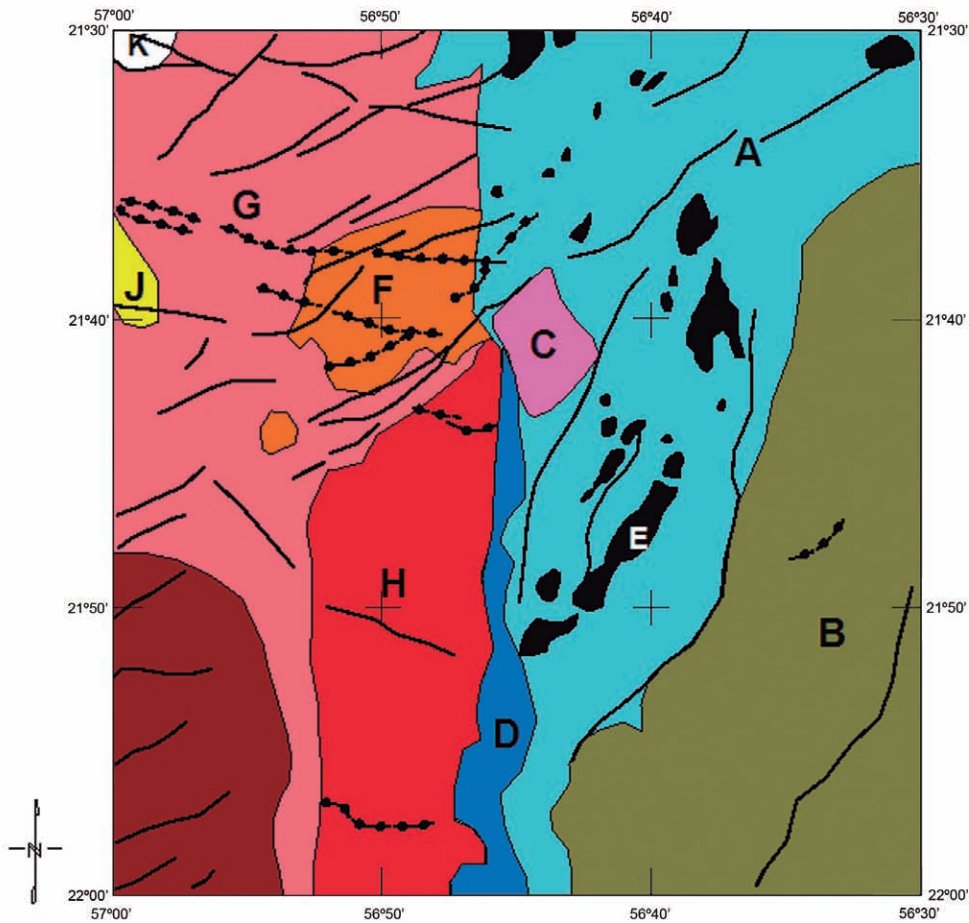


Figura 6.8 – Mapa de interpretação geofísica qualitativa da folha Fazenda Margarida (escala 1:100.000).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Nota: Os traços, as linhas contínuas e as linhas com pontos representam as estruturas magnéticas delimitadas na figura 6.7.

Corpo	Sinal Magnético	Potássio	Tório	Urânio
A	Baixo	Baixo	Alto	Alto
B	Médio	Baixo	Baixo	Baixo
C	Baixo	Médio	Baixo	Baixo
D	Baixo	Médio	Alto	Alto
E	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
F	Alto	Alto	Médio/Alto	Médio/Alto
G	Alto	Alto	Médio	Médio
H	Médio	Alto	Médio	Médio
I	Alto	Médio	Médio	Médio
J	Médio	Médio	Médio/Baixo	Médio
K	Alto	Alto	Alto	Alto

Quadro 6.1 – Características qualitativas das unidades geofísicas.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

7 – RECURSOS MINERAIS

Foram cadastradas 20 ocorrências minerais na Folha Fazenda Margarida (Quadro 7.1), correspondentes a nove bens minerais, agrupados nas seguintes classes utilitárias: rochas e minerais industriais e agrominerais, metais não ferrosos e metais nobres.

7.1 ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS E AGROMINERAIS

Ocorrências e lavras classificadas como rochas e minerais industriais e agrominerais na folha são representadas por calcário, argila, areia, saibro e cascalho, laterita, pegmatito e pirita.

7.1.1 CALCÁRIO

O calcário representa o principal recurso mineral da Folha Fazenda Margarida, com todas as ocorrências

relacionadas à Formação Tamengo (Grupo Corumbá) (Figura 7.1). Esse mineral ocorre na forma de corpos maciços ou de ritmitos com camadas intercaladas de calcário e folhelho.

A extração de calcário é realizada por Mineração Bodoquena S.A., localizada no município de Jardim, e Mineração Bela Vista, situada no município homônimo. São produzidos minérios calcítico e dolomítico, para uso na agricultura (correção de acidez de solo), na construção civil (brita) e na produção de diversos tipos de cal.

A Formação Tamengo pode ser caracterizada como ocorrência mineral em todos os seus afloramentos, uma vez que estes mostram volume considerável de calcário e capeamento de solo pouco espesso (variando de zero a poucos metros). Extensas lajes de calcário sem capeamento de solo afloram com frequência.

<i>Toponímia</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Substância Principal</i>	<i>Abreviação</i>	<i>Status Econômico</i>	<i>Grau de Importância</i>
<i>Mineração Bodoquena</i>	-21,563674	-56,596877	<i>Calcário</i>	<i>Cc</i>	<i>Mina</i>	<i>Depósito</i>
<i>Fazenda Margarida</i>	-21,883904	-56,977939	<i>Areia</i>	<i>Are</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>
<i>Fazenda Santa Clara</i>	-21,540686	-56,938262	<i>Areia</i>	<i>Are</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>
<i>Fazenda N.S. Aparecida</i>	-21,574925	-56,820315	<i>Laterita</i>	<i>Lt</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>
<i>Fazenda Nova Paraíso</i>	-21,707776	-56,806025	<i>Laterita</i>	<i>Lt</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>
<i>Fazenda Amorim</i>	-21,924872	-56,959128	<i>Laterita</i>	<i>Lt</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>
<i>Fazenda São Manuel</i>	-21,885784	-56,985635	<i>Laterita</i>	<i>Lt</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>
<i>Fazenda São Manuel</i>	-21,857910	-56,972910	<i>Laterita</i>	<i>Lt</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>
<i>Fazenda RODOSEV</i>	-21,863687	-56,776054	<i>Laterita</i>	<i>Lt</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>
<i>Fazenda Margarida</i>	-21,589470	-56,761987	<i>Saibro</i>	<i>Sa</i>	<i>Garimpo</i>	<i>Depósito</i>
<i>Fazenda Xeres</i>	-21,977118	-56,723337	<i>Calcário</i>	<i>Cc</i>	<i>Mina</i>	<i>Depósito</i>
<i>Fazenda Santa Aparecida</i>	-21,543568	-56,852329	<i>Pirita</i>	<i>Pi</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Indício</i>
<i>Fazenda Dois Amigos</i>	-21,822773	-56,966270	<i>Ametista</i>	<i>Amt</i>	<i>Garimpo</i>	<i>Depósito</i>
<i>Córrego Machorra</i>	-21,960000	-56,512000	<i>Ouro</i>	<i>Au</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>
<i>Próximo à Fazenda Barreiro</i>	-22,027000	-56,669000	<i>Ouro</i>	<i>Au</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>
<i>Fazenda Porto Alegre</i>	-21,545000	-57,953000	<i>Cassiterita</i>	<i>Cas</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>
<i>Córrego Santa Cruz</i>	-21,528000	-56,822000	<i>Cassiterita</i>	<i>Cas</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>
<i>Próximo à Fazenda Margarida</i>	-21,684000	-56,763000	<i>Cassiterita</i>	<i>Cas</i>	<i>Não Explotado</i>	<i>Ocorrência</i>

Quadro 7.1 – Ocorrências minerais cadastradas na folha Fazenda Margarida (escala 1:100.000).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

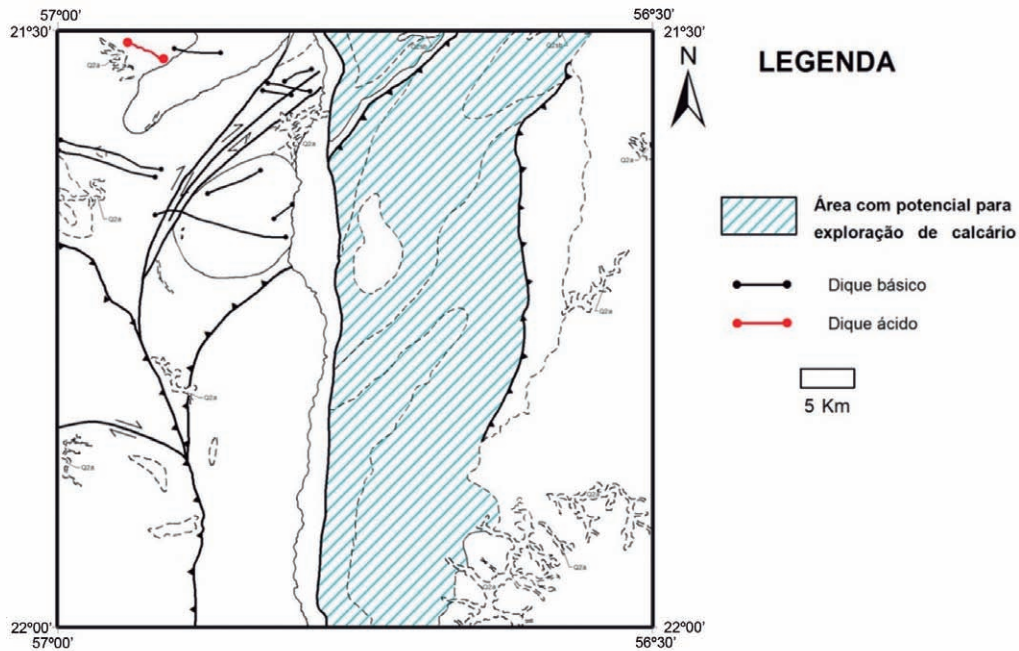


Figura 7.1 – Localização das unidades com potencial reconhecido em campo para exploração de calcário.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

A qualidade do calcário é comprovada pela presença de duas minas em atividade e também por análises químicas de amostras representativas realizadas no CECOPOMIN/CPRM-SUREG-SP (Quadro 7.2).

Amostra	MgO	CaO	Perda ao Fogo	Total
MR-192-RA	0,4	53,4	41,61	95,41
VC-092-RA	0,4	55,7	43,22	99,32
MR-032-RA	0,5	61,6	43,62	105,72
VC-098-RA	0,7	46,6	37,85	85,15
VC-054-RA	0,9	53,5	41,56	95,96
MR-191-RA	1,2	56,1	42,80	100,1
MR-289-RA	1,5	55,2	42,93	99,63
MR-070-RA	4,4	51,7	43,55	99,65
VC-095-RA	8,6	47,5	44,16	100,26
MR-071-RA	20,8	32,8	45,00	98,6
MR-073-RA	22,1	32,3	45,78	100,18
MR-029-RA	25,6	33,0	46,51	105,11

Quadro 7.2 – Resultados de análises químicas em amostras representativas de calcário da formação Tamengo.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

7.1.2 AGREGADOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Lavras e ocorrências de materiais utilizados como agregados da construção civil na folha são representadas por argila, areia, saibro e laterita.

7.1.2.1 ARGILA

A Folha Fazenda Margarida está localizada dentro do Polo Cerâmico Bela Vista-Jardim (BOGGIANI et al., 1998), caracterizado por pequenas indústrias cerâmicas, com extração artesanal, que atendem apenas ao mercado local. Devido à baixa qualidade dos produtos, a região adquire produtos cerâmicos, principalmente, do estado de São Paulo. As argilas extraídas na área são provenientes de ritmito e diamictito argiloso da Formação Aquidauana.

7.1.2.2 AREIA

Não foram observadas explorações de areia na região de abrangência da Folha Fazenda Margarida nem em áreas de licenciamento e concessão de lavra junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) para esse bem mineral. Entretanto, foram cadastradas duas ocorrências de áreas propícias a tal atividade.

Cabe ressaltar que são encontrados, ao longo do rio Perdido, diversos bolsões de areia que podem, quando houver demanda, servir como importante insumo para a construção civil. Sugere-se que se realizem ensaios tecnológicos, com o objetivo de vislumbrar outros usos para o material em questão.

7.1.2.3 SAIBRO E CASCALHO PARA PAVIMENTAÇÃO

Um local de extração informal de saibro e cascalho foi registrado dentro da Fazenda Margarida, no município de Bela Vista. O material é destinado à pavimentação das estradas da fazenda. O saibro é extraído a partir de corpos de siltito, folhelho e conglomerado relacionados à Formação Cerradinho.

7.1.2.4 LATERITA

Diversas áreas apresentando afloramentos lateríticos (Figura 7.2a) foram descritas como ocorrências para esse bem mineral. Na região, observam-se, inclusive, várias construções nas quais foram utilizados blocos de laterita em sua estrutura (Figura 7.2b).

7.1.2.5 PEGMATITO

Foram cadastradas duas ocorrências de pegmatito associado ao Ortognaisse Santa Clarinha. Compreendem corpos menores, por vezes com mais de 1 m de largura, que ocorrem em uma faixa ao longo de mais de 2 km, com distribuição aleatória (pontos de afloramento MR-051, MR-052 e MR-053).

7.1.2.6 PIRITA

Uma ocorrência de pirita foi cadastrada, associada aos granitoides do Complexo Rio Apa, no afloramento MR-323, próximo a uma das principais zonas de cisalhamento da área. A pirita, nesse afloramento,

ocorre preenchendo fraturas em duas direções principais – 200/75 e 75/55 –, com espessura milimétrica, podendo chegar a 1 cm. Além de servir como guia para detecção de outras mineralizações, esse mineral pode ser empregado na fabricação de diversos produtos químicos.

7.2 METAIS NÃO FERROSOS

Foram cadastradas duas ocorrências de cassiterita, mineral portador de estanho, ambas em concentrados de bateia. As duas ocorrências estão posicionadas junto a zonas de cisalhamento, levando à possibilidade de a mineralização estar associada à circulação de fluidos. Entretanto, essa hipótese deve ser confirmada por estudos específicos e em escala adequada de trabalho.

7.3 METAIS NOBRES

Foram cadastradas duas ocorrências de ouro na forma de pintas em concentrados de bateia, localizadas sobre as rochas da Formação Aquidauana, na porção sudeste da área.

7.4 ÁREAS COM INDÍCIOS DE MINERALIZAÇÕES

Com base em dados geológicos e de geoquímica prospectiva obtidos com este trabalho, foram delimitadas sete áreas com potencial mineral anteriormente desconhecido (Figura 7.3). Ressalta-se, entretanto, que pesquisas mais detalhadas devem ser realizadas para confirmação.



Figura 7.2 – (a) Aspecto macroscópico de afloramento de laterita (localizado no sudoeste da área); (b) Igreja construída com blocos de laterita (Bela Vista, MS).
Fotografia: Marcio José Remédio, 2009.

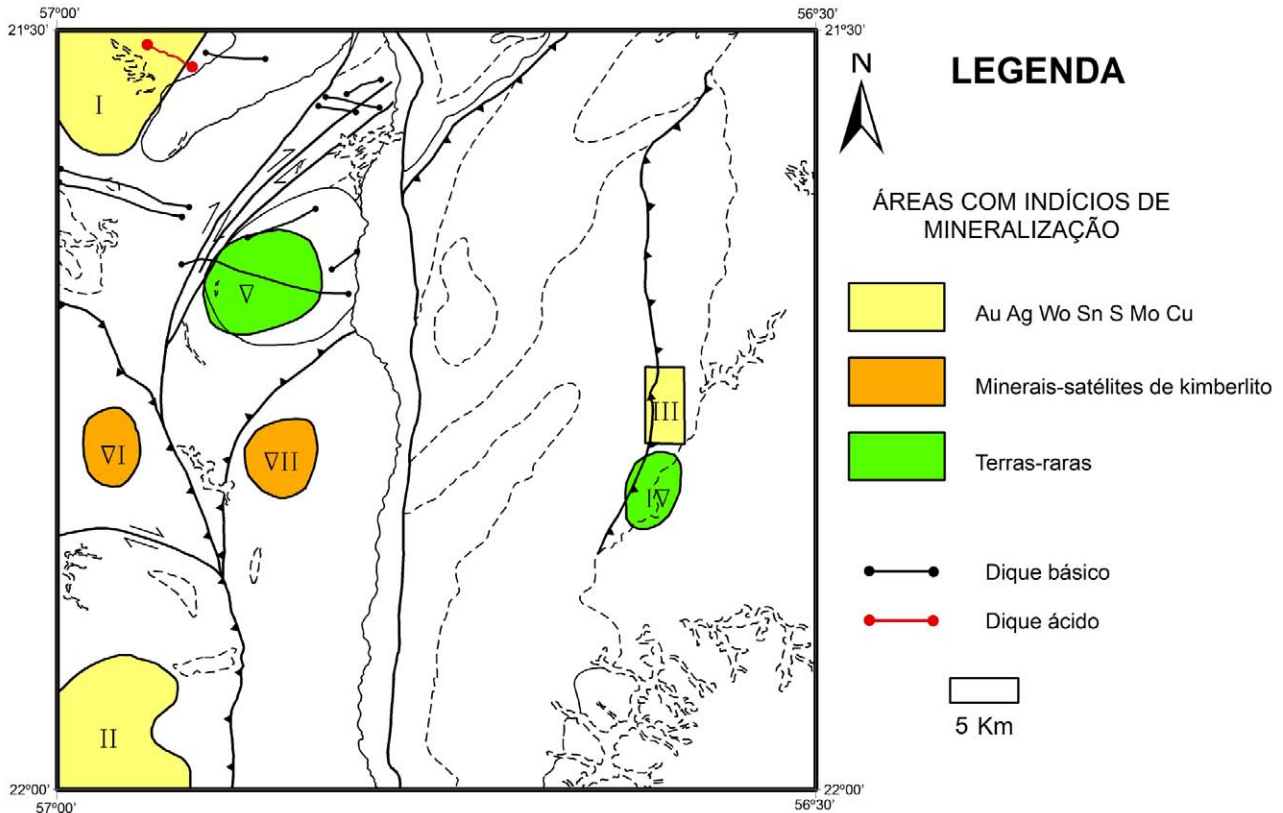


Figura 7.3 – Áreas com potencial mineral na folha Fazenda Margarida (escala 1:100.000).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

7.4.1 ÁREA I

A Área I (Figura 7.3) apresentou indícios de mineralização de ouro e tungstênio, detectados em análises geoquímicas de sedimentos de corrente, e cassiterita, detectada em concentrados de bateia.

A área compreende rochas da Unidade Granítica do Complexo Rio Apa, diques de rochas ácidas e básicas e rochas de falha associadas a uma zona de cisalhamento de direção NE. Merece destaque a identificação de ouro nas análises, uma vez que o limite de detecção das análises realizadas é em partes por milhão (ppm).

7.4.2 ÁREA II

Análises geoquímicas de sedimentos de corrente detectaram Au, W, Cu e Mo na Área II, que está integralmente associada às rochas do Granito Sanga Bonita (Figura 7.3). Essa observação sugere uma relação entre a mineralização e o tipo de rocha encaixante. O Granito Sanga Bonita é formado por biotita-monzogranito porfirítico com assinatura geoquímica de magmas calcálicos de arco magmático. Tal associação sugere mineralização do tipo Cu-Mo-(Au-W) pórfiro, que deve estar relacionada a rochas vulcâni-

cas e subvulcânicas comagmáticas. Estudos mineralométricos em concentrados de bateia detectaram a presença de cassiterita.

Sugerem-se estudos mais detalhados nessa unidade geológica, com mapeamento em escala adequada, focando os resultados apresentados no capítulo de Geoquímica Prospectiva.

7.4.3 ÁREAS III E V

As áreas III e V estão associadas a rochas siliciclásticas de baixo grau da Formação Guaicurus (Grupo Corumbá) e apresentaram indícios de mineralizações de Au, W, Ni, S, In, Cs e Cr, detectados nas análises geoquímicas de sedimentos de corrente.

Amostras coletadas em outras regiões da unidade apresentaram conteúdos anômalos de Co, Ce, La, Ni, P, As e Sr.

Observou-se, em campo, que essas áreas apresentam grande quantidade de veios de quartzo, geralmente discordantes da estrutura principal da Formação Cerradinho. A princípio, isso sugere uma possível associação entre os veios e os indícios de mineralizações, o que deve ser comprovado por estudos posteriores.

7.4.4 ÁREA IV

Análises geoquímicas de sedimentos de corrente detectaram concentrações anômalas de elementos terras-raras na Área IV, que está totalmente inserida no âmbito do Granito Scardine. Esse granito é constituído por monzogranito isótropo com assinatura geoquímica da série alcalina de ambiente extensional, corroborando a ocorrência de mineralizações de elementos terras-raras. Tal fato torna a unidade alvo para futuros estudos prospectivos.

7.4.5 ÁREA VI e VII

Análises mineralométricas de concentrados de bateia revelaram a ocorrência de minerais-satélites de kimberlitos (granada kimberlítica, ilmenita kimberlítica e espinélio kimberlítico) nas áreas VI e VII (Figura 7.3). Os kimberlitos são rochas que podem portar diamante e são mundialmente prospectos dessa gema, que é a mais cobiçada.

8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento geológico levado a efeito na Folha Fazenda Margarida trouxe avanços significativos ao conhecimento geológico regional, permitindo melhor compreensão das relações tectonoestratigráficas entre as unidades presentes no sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul, região do Brasil carente de informações do meio físico.

A Folha Fazenda Margarida compreende três domínios geotectônicos: Cráton Amazônico (Terreno Rio Apa), Província Tocantins (Faixa Paraguai) e Coberturas Fanerozoicas (Bacia do Paraná e sedimentos cenozoicos).

A caracterização mais detalhada do Terreno Rio Apa constitui o principal avanço no conhecimento geológico atingido com este trabalho. Na área de estudo, o referido terreno apresenta as seguintes unidades: Formação Alto Tererê (redefinição proposta neste trabalho), Complexo Rio Apa e cinco granitoides heterogeneamente deformados (Augengnaise Rio da Areia, Granito Scardine, Ortognaise Santa Clarinha, Granito Sanga Bonita e Ortognaise Espinilho).

A Formação Alto Tererê ocorre tão somente como enclaves de rochas metassedimentares de baixo a médio grau, anfíbolito e rochas metavulcânicas ácidas, em contato exclusivamente tectônico com as rochas do Complexo Rio Apa e granitoides intrusivos. Possíveis relações estratigráficas entre essa formação e as demais unidades do Terreno Rio Apa devem ser investigadas em trabalhos posteriores, envolvendo estudos geocronológicos e isotópicos.

O Complexo Rio Apa foi subdividido em duas unidades informais: granítica e gnáissica. Análises químicas realizadas em amostras dessas unidades revelaram assinaturas geoquímicas de magmas das séries calcialcalina de alto-K e alcalina, de ambiente pós-colisional a anorogênico, indicando que as rochas foram geradas em regime extensional. Esse magmatismo, que se assemelha ao padrão observado em outras partes do Cráton Amazônico, contrasta com a atividade ígnea relacionada a arco magmático descrita para o Complexo Rio Apa em trabalhos prévios (CORDANI et al., 2010; LACERDA FILHO et al., 2006).

Os cinco corpos granitoides supramencionados foram identificados, caracterizados e definidos neste trabalho. Os contatos entre esses corpos e o Complexo Rio Apa são sempre de natureza

tectônica. O Augengnaise Rio da Areia e o Granito Scardine estão encaixados na Unidade Gnáissica do Complexo Rio Apa e apresentam idades U-Pb LA-ICP-MS em zircão de 1820 ± 18 Ma e 1791 ± 19 Ma, respectivamente. O Augengnaise Rio da Areia é constituído, predominantemente, por monzogranito protomilonítico porfiroclástico (blastoporfirítico), com assinatura geoquímica da série calcialcalina de alto-K de ambiente sincolisional. O Granito Scardine compreende monzogranito equigranular médio a grosso, isotrópico, com assinatura geoquímica da série alcalina de ambiente extensional. Análises geoquímicas de sedimentos de corrente detectaram indícios de mineralização de elementos terras-raras associada ao Granito Scardine, compatível com a assinatura anorogênica deste. O Ortognaise Santa Clarinha e o Granito Sanga Bonita estão encaixados pela Unidade Granítica do Complexo Rio Apa e apresentam idades U-Pb LA-ICP-MS em zircão de 1735 ± 15 Ma e de 1721 ± 26 Ma (SHRIMP) (CORDANI et al., 2010), respectivamente. O Granito Sanga Bonita é dominado por biotita-monzogranito protomilonítico e o Ortognaise Santa Clarinha, por hornblenda-biotita-gnaise monzogranítico, ambos com assinaturas geoquímicas de magmas calcialcalinos relacionados a arcos magmáticos. O Granito Sanga Bonita apresentou indícios de mineralização de Au, W, Cu e Mo, detectados por análises geoquímicas de sedimentos de corrente. Considerando os aspectos petrográficos e a assinatura geoquímica do Granito Sanga Bonita, essa associação sugere uma mineralização do tipo Cu-Mo-(Au-W) pórfiro, possivelmente relacionada a rochas vulcânicas e subvulcânicas comagmáticas. Estudos mineralométricos em concentrados de basteira detectaram também a presença de cassiterita associada ao granito. O Ortognaise Espinilho é constituído por biotita-gnaise bandado, de composição monzogranítica, assinatura geoquímica de magmas calcialcalinos de alto-K e idade U-Pb LA-ICP-MS em zircão de 1716 ± 11 Ma.

Os dados geocronológicos disponíveis sugerem um zoneamento geocronológico para o Terreno Rio Apa. Os granitos apresentam idades em torno de 1790-1820 Ma, ao leste da Zona de Cisalhamento Serra do Perdido (encaixados pela unidade gnáissica), e em torno de 1715-1735 Ma a oeste (encaixados pela unidade granítica). Tal fato atenta para a possibilidade de as unidades granítica e gnáissica do

Complexo Rio Apa terem idades e histórias evolutivas diferentes.

O padrão estrutural do Terreno Rio Apa é caracterizado por uma foliação milonítica de baixo ângulo, anastomosada em larga escala, com variações de orientações de NE a NW, com a foliação geralmente contornando os plútons graníticos mais jovens.

Diques de rochas básicas a intermediárias (microgabro, microdiorito e microtonalito), de direções NW-SE e E-W, cortam todas as litologias do Terreno Rio Apa. Relações estratigráficas sugerem que os diques têm idades entre o Esteniano e o Ediacarano, considerando que (i) os diques não estão metamorfizados e a última fase metamórfica do domínio tem idade em torno de 1300 Ma (idades Ar-Ar em hornblenda, muscovita e biotita - CORDANI et al., 2010), e (ii) os diques, aparentemente, não cortam as unidades do Grupo Corumbá, de idade de sedimentação ediacarana. Os resultados das análises químicas obtidas neste trabalho sugerem assinaturas de basaltos e andesitos toleíticos de médio K de arcos magmáticos, o que é corroborado pela presença de rochas basálticas com hornblenda ígnea e rochas de composição andesítica, ambas tipicamente relacionadas a arcos magmáticos. Essa assinatura contrasta com o magmatismo toleítico intraplaca descrito anteriormente (LACERDA FILHO et al., 2006) e leva à possibilidade de existência de mais de uma fase de geração dos diques máficos, o que deve ser investigado posteriormente por trabalhos envolvendo análises geoquímicas, geocronológicas e isotópicas.

A Faixa Paraguai compreende rochas carbonáticas e siliciclásticas anquimetamórficas do Grupo Corumbá (Ediacarano), subdividido, da base para o topo, nas formações Cerradinho (arenito arcoseano, conglomerado e marga), Bocaina (dolomito estromatolítico), Tamengo (calcário, calcário dolomítico e dolomito) e Guaicurus (filito, quartzito, metarenito e metamarga).

A Formação Cerradinho repousa em discordância angular e erosiva sobre as rochas do Terreno Rio Apa, indicando que o Grupo Corumbá representa os sedimentos plataformais da margem passiva dessa porção do Cráton Amazônico. O Grupo Corumbá apresenta padrão estrutural regional caracterizado por uma orientação estrutural NNE dominante. A macroestrutura é representada por dobras regionais invertidas, fechadas a apertadas, com eixo NNE/sub-horizantal e vergência para oeste. Falhas de empurrão de mesma orientação e vergência ocorrem nos contatos entre algumas das formações. Na região de contato entre a Formação Cerradinho e o Terreno Rio Apa, a primeira aparece indeformada e não metamorfizada, indicando que a deformação dúctil da Faixa Paraguai não afetou o embasamento.

Do ponto de vista econômico, a Formação Tamengo é a unidade mais importante da Folha Fazenda Margarida, devido aos depósitos de calcário, com utilização na indústria de cimento e insumos agrícolas e na construção civil (como brita).

Rochas associadas à Bacia do Paraná na folha se restringem à Formação Aquidauana, que compreende camadas de arenito grosso, arenito fino, microconglomerado e conglomerado com matriz arenosa e/ou caulínica. A Formação Aquidauana apresenta depósitos de argila utilizados na indústria cerâmica local.

Complementam o quadro estratigráfico da Folha Fazenda Margarida sedimentos cenozoicos associados à Formação Serra da Bodoquena (tufa calcária, travertino com gastrópodes e conglomerado com cimento calcífero) e depósitos aluvionares.

Análises mineralométricas de concentrados de bateia revelaram duas áreas com ocorrências de minerais-satélites de kimberlitos (granada kimberlítica, ilmenita kimberlítica e espinélio kimberlítico), que podem ser consideradas como áreas potenciais para futuras pesquisas de diamante.

9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de. **Geologia do sudoeste mato-grossense**. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1945. (Boletim 116).
- ALMEIDA, F.F.M. de. **Geologia do centro-oeste mato-grossense**. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1964. (Boletim 215).
- ALMEIDA, F.F.M. de. **Geologia da serra da Bodoquena (Mato Grosso)**. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1965a. (Boletim 219).
- ALMEIDA, F.F.M. de. Geossinclíneo paraguaio. In: SEMANA DE DEBATES GEOLÓGICOS, 1., Porto Alegre, 1965. **Anais...** Porto Alegre: Centro Acad. Estud. Geol., 1965b. p. 87-101.
- ALMEIDA, F.F.M. de. Evolução tectônica do centro-oeste brasileiro no Proterozoico superior. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 2, p. 5-93, 1968. Suplemento.
- ALMEIDA, F.F.M. de. Alguns problemas das relações geológicas entre o cráton Amazônico e as faixas de dobramentos marginais a leste. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 2., 1985, Goiânia. **Atas...** Goiânia: SBG, 1985. p. 3-14.
- ALVARENGA, C.J.S.; TROMPETTE, R. Evolução tectônica brasileira da faixa Paraguai: a estruturação da região Cuiabá. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 23, p. 18-30, 1993.
- ALVARENGA, C.J.S.; MOURA, C.A.V.; GORAYEB, P.S.S.; ABREU, F.A.M. Paraguay and Araguaia belts. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAS FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (Ed.). **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: SBG, 2000. p. 183-193.
- ARAÚJO, H.J.T.; MONTALVÃO, P.E.N. Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SF.21 e parte das folhas SF.21-V-D e SF.21-X-C, sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul**: operação 578/80 – DIGEO/BAGOI. Goiânia: RADAMBRASIL, 1980. (Relatório interno, 362G).
- ARAÚJO, H.J.T. de et al. Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SE.21, Campo Grande**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1982. p. 23-124. (Levantamento de Recursos Naturais, 28).
- BABINSKI, M.; BOGGIANI, P.C.; FANNING, C.M.; FAIRCHILD, T.R.; SIMON, C.M.; SIAL, A.N. U-PB SHRIMP geochronology and isotope chemostratigraphy (C, O, Sr) of the Tamengo formation, southern Paraguay belt, Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 6., 2008, San Carlos de Bariloche. **Book of Abstracts**, 2008. p. 160.
- BARCLAY, J.; CARMICHAEL, I.S.E. A hornblende basalt from western Mexico: water-saturated phase relations constrain a pressure-temperature window of eruptibility. **Journal of Petrology**, v. 45, p. 485-506, 2004.
- BATCHELOR, R.A.; BOWDEN, P. Petrogenetic interpretation of granitoid series using multicationic parameters. **Chemical Geology**, v. 48, p. 43-55, 1985.
- BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (Org.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**: texto, mapas & SIG. Brasília, DF: CPRM, 2003.
- BOGGIANI, P.C. **Análise estratigráfica da bacia Corumbá (Neoproterozoico) – Mato Grosso do Sul**. 1997. 181 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- BOGGIANI, P.C.; COIMBRA, A.M.; RICCOMINI, C.; GESICKI, A.L.D. Recursos minerais não-metálicos do estado de Mato Grosso do Sul. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 19, n. 1/2, p. 31-41, 1998.
- BOWDEN, P.; BATCHELOR, R.A.; CHAPPELL, B.W.; DIDIER, J.; LAMEYRE, J. Petrological geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks: a discussion. **Physics of the Earth and Planetary Interiors**, v. 35, p. 1-11, 1984.
- 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.
- BÜHN, B.; PIMENTEL, M.M.; MATTEINI, M.; DANTAS, E.L. High spatial resolution analysis of Pb and U isotopes for geochronology by laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-MC-IC-MS). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 81, p. 99-114, 2009.
- CASTELNAU, F. **Expédition dans les parties centrales de l’Amérique du Sud, de Rio de Janeiro a Lima, et de Lima au Para**: histoire du voyage. Tomo II. Paris: Chez P. Berthand, Libraire-Éditeur, 1850.
- CORDANI, U.G.; TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W.; BASEI, M.A.S.; KAWASHITA, K. Evolução tectônica da

- Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 2., 1979, Arica, Chile. **Actas...** Chile: 1979. v. 4, p. 137-148.
- CORDANI, U.G.; TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C.C.G.; COUTINHO, J.M.V.; RUIZ, A.S. The Rio Apa craton in Mato Grosso do Sul (Brazil) and northern Paraguay: geochronological evolution, correlations and tectonic implications for Rodinia and Gondwana. **American Journal of Science**, v. 310, p. 981-1023, 2010.
- CORRÊA, J.A. et al. **Projeto Bodoquena**: relatório final. Goiânia: DNPM/CPRM, 1976. 8 v.
- CORREIA FILHO, F.C.L.; MARTINS, E.G.; ARAÚJO, E.S. **Projeto Rio Apa**: relatório da área I. Goiânia: CODESUL/CPRM, 1981. v. 1.
- CPRM. **Projeto aerogeofísico Bonito-Porto Murtinho**: relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. Rio de Janeiro: Microsurvey Aerogeofísica e Consultoria Científica Ltda., 2009. 15 v. il. Programa Geologia do Brasil (PGB).
- DAEMON, R.F.; QUADROS, L.P. Bioestratigrafia do Neopaleozoico da bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., Brasília, DF, 1970. **Anais...** Brasília, DF: SBG, 1970. v. 2. p. 359-412.
- DARNLEY, A.G.; BJÖRKLUND, A.; BØLVIKEN, B.; GUSTAVSSON, N.; KOVAL, P.V.; PLANT, J.A.; STEENFELT, A.; TAUCHID, M.; XUEJING, X. A global geochemical database for environmental and resource management: recommendations for International Geochemical Mapping. Final report of IGCP Project 259. **Earth Science Report**, Paris, n. 19, 1995.
- DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRANDCLAUDE, P.; MARCHAL, M. A classification of volcanic and plutonic rocks using R_1R_2 diagram and major element analyses: its relationships with current nomenclature. **Chemical Geology**, v. 29, p. 183-210, 1980.
- DEL'ARCO, J.O. et al. Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SE.21 Corumbá e parte da folha SE.20**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1982. 448 p. p. 25-160 (Levantamento de Recursos Naturais, 27).
- EVANS, J.W. The geology of Matto Grosso (particularly the region drained by the upper Paraguay). **Quarterly Journal of the Geological Society**, London, v. 50, p. 85-102, 1894.
- FALEIROS, F.M.; CAMPANHA, G.A.C.; BELLO, R.M.S.; FUZIKAWA, K. Quartz recrystallization regimes, c-axis texture transitions and fluid inclusion reequilibration in a prograde greenschist to amphibolite facies mylonite zone (Ribeira Shear Zone, SE Brazil). **Tectonophysics**, v. 485, p. 193-214, 2010.
- FALEIROS, F.M.; CALTABELOTI, F.P.; PINTO, L.G.R. **Aldeia Tomázia, folha SF.21-V-B-VI, estado de Mato Grosso do Sul**: carta geológica. São Paulo: CPRM, 2014. 1 mapa colorido, 95 x 70 cm. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil (PGB).
- FONSECA, J.S. da. **Viagem ao redor do Brasil**: 1875-1878. Rio de Janeiro: Typ. Pinheiro, 1880. v. 1.
- FRANÇA, A.B.; POTTER, P.E. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do grupo Itararé (Permocarbonífero), bacia do Paraná (parte 1). **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 2, p. 147-191, 1988.
- GAUCHER, C.; BOGGIANI, P.C.; SPRECHMANN, P.; SIAL, A.N.; FAIRCHILD, T.R. Integrated correlation of the Vendian to Cambrian Arroyo del Soldado and Corumbá groups (Uruguay and Brazil): palaeogeographic, palaeoclimatic and palaeobiologic implications. **Precambrian Research**, v. 120, p. 241-278, 2003.
- GESICKI, A.L.D. Geologia da formação Aquidauana na porção centro-norte do estado de Mato Grosso do Sul. 1997. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- GILL, J.B. **Orogenic andesites and plate tectonics**. Berlin: Springer-Verlag, 1981.
- GODOI, H.O. **Folha SF.21-X-A, Aquidauana, estado de Mato Grosso do Sul, escala 1:250.000**. Brasília, DF: CPRM, 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB).
- GODOI, H.O.; MARTINS, E.G. **Folha SF.21, Campo Grande, estado de Mato Grosso do Sul, escala 1:1.000.000**. Brasília, DF: CPRM, 1999. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB).
- GODOI, H.O.; MARTINS, E.G.; MELLO, J.C.R. de. **Folha SE.21-Y-D – Corumbá; Folha SF.21-V-B – Aldeia Tomázia; Folha SF.21-V-D, Porto Murtinho, estado de Mato Grosso do Sul, escala 1:250.000**. Brasília, DF: CPRM, 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB).
- GODOY, A.M.; RUIZ, A.S.; MANZANO, J.C.; ARAÚJO, L.M.B. Contexto geológico do magmatismo do grupo Amoguijá, suíte intrusiva Alumizador e vulcânica Serra da Bocaina, maciço Rio Apa, sul do cráton Amazônico – MS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 11., 2007, Natal. **Anais...** Natal: SBG, 2007. p. 277-279.
- GODOY, A.M.; MANZANO, J.C.; ARAÚJO, L.M.B. de; SILVA, J.A. da. Contexto geológico e estrutural do maciço Rio Apa, sul do cráton Amazônico – MS. **Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 485-499, 2009.

- HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M. de. Geocronologia do centro-oeste brasileiro. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 19, n. 1, p. 5-26, 1970.
- 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.
- JUSTO, L.J.E.C. **Fosfato da serra da Bodoquena – Mato Grosso do Sul**. Goiânia: CPRM, 2000. 1 v.: il.; mapa (Informe de Recursos Minerais, Série Insumos Minerais para Agricultura, n. 02).
- LACERDA FILHO, J.V. et al. Folha SF.21 – Campo Grande. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: sistema de informações geográficas (SIG). Brasília, DF: CPRM, 2004.
- LACERDA FILHO, J.V. et al. **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso do Sul**. Goiânia: CPRM, 2006. 121 p. il.; + mapas. Escala 1:1.000.000.
- LAMEYRE, J.; BOWDEN, P. Plutonic rock types series: discrimination of various granitoid series and related rocks. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 14, p. 169-186, 1982.
- LE BAS, M.J. et al. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. **Journal of Petrology**, v. 27, p. 745-750, 1986.
- LE MAITRE, R.W. et al. **Igneous rocks**: a classification and glossary of terms. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- LISBOA, M.A.R. **Estrada de ferro noroeste do Brasil**: oeste de São Paulo, sul de Mato Grosso. Comissão Emílio Schnoor. Rio de Janeiro, 1909.
- LITHERLAND, M.; BLOOMFIELD, K. The Proterozoic history of eastern Bolivia. **Precambrian Research**, v. 15, p. 157-179, 1981.
- LITHERLAND, M. et al. **The geology and mineral resources of the bolivian precambrian shield**. London: British Geological Survey, 1986.
- LUDWIG, K.R. **Isoplot 3.00**: a geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley, CA: Berkeley Geochronology Center, 2003. Special Publication n. 4.
- MANZANO, J.C.; GODOY, A.M.; ARAÚJO, L.M.B. de. Contexto tectônico dos granitoides neoproterozoicos da faixa de dobramentos Paraguai, MS e MT. **Geociências**, São Paulo, v. 27, p. 493-507, 2008.
- MORAES, L.J. de. Rochas alcalinas da região do Fecho dos Morros, no sul de Mato Grosso e República do Paraguay. I – Distribuição geográfica das montanhas sieníticas de Fecho dos Morros. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 30, n. 2, p. 165-170, jun. 1958.
- NOGUEIRA, V.L. et al. **Projeto Bonito-Aquidauana**: relatório final. Goiânia: DNPM/CPRM, 1978. 14 v. v. 1. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2.744).
- PAIVA, G.; LEINZ, V. **Contribuição para a geologia do petróleo no sudoeste de Mato Grosso**. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1939. (Boletim 7).
- PAVAN, M.; CALTABELOTI, F.P.; PINTO, L.G.R. **Fazenda Santa Otília, folha SF.21-V-D-III, estado de Mato Grosso do Sul**: carta geológica. São Paulo: CPRM, 2014. 1 mapa colorido, 95 x 70 cm. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil (PGB).
- PASSCHIER, C.W.; TROUW, R.A.J. **Microtectonics**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 2005.
- PEARCE, J.A. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. **Lithos**, v. 100, p. 14-48, 2008.
- PEARCE, J.A. Role of sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: HAWKESWORTH, C.J.; NURRY, M.J. (Ed.). **Continental basalts and mantle xenoliths**. Nantwich: Shiva Publishing, 1983. p. 230-249.
- PEARCE, J.A.; HARRIS, N.W.; TINDLE, A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. **Journal of Petrology**, v. 25, p. 956-983, 1984.
- PEARCE, J.A.; PEATE, D.W. Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 23, p. 251-285, 1995.
- RAMSAY, J.G.; HUBER, M.I. **The techniques of modern structural geology**. V. 1: Strain analysis. London: Academic Press, 1983.
- RAMSAY, J.G.; HUBERT, M.I. **The techniques of modern structural geology**. V. 2: Folds and fractures. London: Academic Press, 1987.
- RUIZ, A.S.; SANTOS, A.A. O domínio interno da faixa Paraguai na região de Nova Xavantina, MT. Dados preliminares. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 7., 1999, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBG, 1999. p. 10.
- RUIZ, A.S.; SIMÕES, L.S.A.; BRITO NEVES, B.B. Maciço Rio Apa: extremo meridional do cráton Amazônico. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 10., 2005, Curitiba. **Boletim de resumos expandidos**. Curitiba: SBG, 2005. p. 301-304.
- SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I.; BOGGIANI, P.C.; PETRI, S.; CRISTALLI, P.S.; UTIDA, G. A deposição de tufas quaternárias no estado de Mato Grosso do Sul: proposta de definição da formação Serra da Bodoquena. **Geologia USP, Série Científica**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 47-60, out. 2009.

- SCHNEIDER, R.L. et al. Revisão estratigráfica da bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBG, 1974. v. 1. p. 41-65.
- SHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. **Geologia do Brasil**: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais. Escala 1:2.500.000. Brasília, DF: DNPM, 1984.
- SCHOBBENHAUS FILHO, C.; OLIVA, L.A. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: folha Corumbá (SE.21). Brasília, DF: DNPM, 1979. Escala 1:1.000.000.
- SCHOBBENHAUS FILHO, C.; SOARES, M.E.S. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: folha Rio Apa (SF.21). Brasília, DF: DNPM, 1979. Escala 1:1.000.000.
- SILVA, E.L. **Geologia da região da serra da Alegria, extremo sul do cráton Amazônico, município de Porto Murinho – MS**. 1998. 147 f. Tese (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- SILVA, M.G. et al. Evidências de um evento orogenético acrescionário paleoproterozoico na província Rio Apa, Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: SBG, 2006. p. 296-296.
- SILVA, M.G.; BRITO, R.S.C.; LACERDA FILHO, J.V. Rochas graníticas do complexo Rio Apa e da suíte Amoguijá, Mato Grosso do Sul: evidências de terrenos acrescionários paleoproterozoicos, na porção sudoeste do cráton Amazônico. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 10., 2007, Pirenópolis. **Anais...** Pirenópolis, 2007.
- SILVA, M.G.; LACERDA FILHO, J.V.; BRITO, R.S.C. Caracterização de um remanescente de fundo oceânico nos terrenos acrescionários da província Rio Apa, Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: SBG, 2006. p. 245-245.
- STIPP, M.; STÜNITZ, H.; HEILBRONNER, R.; SCHMID, S.M. The eastern Tonale fault zone: a “natural laboratory” for crystal plastic deformation of quartz over a temperature range from 250 to 700°C. **Journal of Structural Geology**, v. 24, p. 1861-1884, 2002.
- STRECKEISEN, A.L. To each plutonic rock its proper name. **Earth Science Review**, v. 12, p. 1-33, 1976.
- THEODOROVICZ, A.; CÂMARA, M.M. Geologia da região da serra do Amolar: folhas Morraria da Ínsua (SE.21-V-D-V), Lagoa Mandioré (SE.21-Y-B-II) e Amolar (SE.21-Y-B-III), estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Brasília, DF: CPRM, 1991.
- TURNER, F.J.; WEISS, L.E. **Structural analysis of metamorphic tectonites**. New York: McGraw Hill, 1968.
- UTIDA, G. et al. Gastrópodes em tufo calcários quaternários da serra da Bodoquena, Bonito, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 20., 2007, Búzios. **Anais...** Búzios: SBP, 2007. p. 146-147.
- UTIDA, G. et al. Microfósseis em micritos quaternários da serra da Bodoquena-MS como indicadores paleoambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBG, 2008. p. 796.
- WHALEN, J.B.; CURRIE, K.L.; CHAPPEL, 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 sobre as coal measures e rochas associadas do sul do Brasil. In: **Relatório Final da Comissão de Estudos Minas de Carvão de Pedra do Brasil**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1908. Parte 1. 300 p.
- WIENS, F. **Zur lithostratigraphischen, petrographischen und strukturellen Entwicklung des Rio-Apa-Hochlandes, Nordost Paraguay**. 1986. 280 p. Dissertation. Geologisches Institut der Technischen Universität Clausthal, Clausthal (Clausthaler Geowissenschaftliche Dissertation, 19), 1986.
- WINTER, J.D. **Principles of igneous and metamorphic petrology**. 2. ed. New York: Pearson Prentice Hall, 2010.
- WOOD, D.A. et al. Elemental and Sr isotope variations in basic lavas from Iceland and the surrounding ocean floor: the nature of mantle source inhomogeneities. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 70, p. 319-339, 1979.



A elaboração do mapa Geológico e de Recursos Minerais da Folha Fazenda Margarida 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 o governo do estado de Mato Grosso do Sul 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 como Calcário para as indústrias do Cimento, Agricultura (corretivo) e Construção Civil (brita); Argilas, Saibro, Cascalho e Laterita, utilizados em cerâmicas, pavimentação de estradas e construções, além de ocorrências de Pirita, Ouro e Cassiterita e mineralizações do tipo Cu-Mo-(Au-W), Terras Raras e minerais satélites de Kimberlitos, 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 FAZENDA MARGARIDA SF.21-X-C-IV

Escala 1:100.000

ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL



FOLHA FAZENDA MARGARIDA – SF.21-X-C-IV

NOVEMBRO DE 2014

PAC PROGRAMA DE
ACELERAÇÃO DO
CRESCIMENTO

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