

# PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

## ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL - VALE DO RIBEIRA: MINERALIZAÇÕES POLIMETÁLICAS (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) ASSOCIADAS À FORMAÇÃO PERAU, CINTURÃO RIBEIRA MERIDIONAL



### INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Províncias Minerais do Brasil, nº 21

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

**Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

**AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL**

**MINERALIZAÇÕES POLIMETÁLICAS  
(Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) ASSOCIADAS À  
FORMAÇÃO PERAU, CINTURÃO RIBEIRA  
MERIDIONAL**

**ESTADO DO PARANÁ**

Anderson Dourado Rodrigues da Silva  
Francisco Ferreira de Campos  
Mariane Brumatti  
Elizete Domingues Salvador  
Mauricio Pavan

**INFORME DE RECURSOS MINERAIS**  
Série Províncias Minerais do Brasil, nº 21



**CPRM**  
Serviço Geológico do Brasil

SÃO PAULO  
2019

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

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

**Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

**MINERALIZAÇÕES POLIMETÁLICAS (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) ASSOCIADAS À  
FORMAÇÃO PERAU, CINTURÃO RIBEIRA MERIDIONAL, PR**

**INFORME DE RECURSOS MINERAIS**

Série Províncias Minerais do Brasil, nº XXI

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

S586m	<p style="text-align: center;">SILVA, Anderson Dourado Rodrigues da</p> <p>Mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas à Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional : estado do Paraná / Anderson Dourado Rodrigues da Silva, Francisco Ferreira de Campos, Mariane Brumatti, Elizete Domingues Salvador, Mauricio Pavan. – São Paulo: CPRM, 2019.</p> <p style="text-align: center;">125 p.; 1 mapa color. (Informe de Recursos Minerais. Série Províncias Minerais do Brasil, 21)</p> <p style="text-align: center;">Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil ISBN 978-85-7499-506-9</p> <p style="text-align: center;">1. Depósitos minerais – Paraná. 2. Mineralizações polimetálicas – Paraná. I. Francisco Ferreira de Campos. II. Mariane Brumatti. III. Elizete Domingues Salvador. IV. Mauricio Pavan. V. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 553.4098162</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Claudia Maria Coutinho Lopes (CRB 7 – 4601)

**Índices para catálogo sistemático**

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. Depósitos minerais : Paraná           | 553.4098162  |
| 2. Mineralizações polimetálicas : Paraná | 662.18098162 |

Fotos da capa, da esquerda para direita: 1) Características gerais do minério de cobre na Galeria do Cobre (região da Mina do Perau); Nível brechado com silicificação associada, possuindo significativos teores de Au e As. 2) Detalhe de dobra Dn na área da mina de Canoas 01; 3) Rocha calciossilicática com sulfetos disseminados e nível de sulfeto maciço (pirita + calcopirita); 4) Nível de sulfeto maciço com galena e esfalerita; 5) Relações de contato, em lâmina delgada, dos cristais de galena e esfalerita na região da Mina de Canoas 01.

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil - CPRM

É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

**Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

**MINERALIZAÇÕES POLIMETÁLICAS (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) ASSOCIADAS À  
FORMAÇÃO PERAU, CINTURÃO RIBEIRA MERIDIONAL, PR**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

Almirante Bento Albuquerque

*Ministro de Estado*

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

Alexandre Vidigal de Oliveira

Secretário

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

Esteves Pedro Colnago

*Diretor-Presidente*

*José Leonardo Silva Andriotti*

*Diretor de Geologia e Recursos Minerais*

Antônio Carlos Bacelar Nunes

*Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial*

Fernando Pereira de Carvalho

*Diretor de Infraestrutura Geocientífica*

Juliano de Souza Oliveira

*Diretor de Administração e Finanças*

Lúcia Travassos da Rosa Costa

*Chefe do Departamento de Geologia*

Marcelo Esteves Almeida

*Chefe do Departamento de Recursos Minerais*

Felipe Mattos Tavares

*Chefe da Divisão de Geologia Econômica*

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

*Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica*

Washington José Ferreira dos Santos

*Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação*

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO**

Júlio César Andreolli Caliento

*Superintendente Regional*

Maurício Pavan Silva

*Gerente de Geologia e Recursos Minerais*

Fabrizio Pior Caltabellotta

*Gerente de Infraestrutura Geocientífica*

Francisco Ferreira de Campos

Roberto Loreti Junior

*Supervisores de Geologia e Recursos Minerais*

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

**ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL CINTURÃO RIBEIRA**

---

**EQUIPE TÉCNICA**

**INFORME DE RECURSOS MINERAIS**

**Coordenação Geral**

Felipe Mattos Tavares

**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

Maurício Pavan Silva

**Colaboradores**

Cristina Burgos Carvalho  
Cláudia Maria Coutinho Lopes  
Reinaldo Rodrigues Gama

**Digitalização e Editoração**

Marina das Graças Perin

**Compatibilização e Revisão Geral**

Felipe Mattos Tavares e Rafael Bittencourt Lima

**Chefe do Projeto**

Anderson Dourado Rodrigues da Silva

**CRÉDITOS AUTORAIS**

Anderson Dourado Rodrigues da Silva  
Francisco Ferreira de Campos  
Mariane Brumatti  
Elizete Domingues Salvador  
Maurício Pavan Silva

**CRÉDITOS DE AUTORIA POR CAPÍTULO**

**1. INTRODUÇÃO**

Anderson Dourado Rodrigues da Silva

**2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Anderson Dourado Rodrigues da Silva  
Francisco Ferreira de Campos  
Manoel Augusto Correa da Costa  
Rafael Ribeiro Severino

**3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL**

Anderson Dourado Rodrigues da Silva  
Angela Pacheco Lopes  
Maurício Pavan Silva

**4. ESTRATIGRAFIA DA ÁREA**

Anderson Dourado Rodrigues da Silva  
Mariane Brumatti  
Fabrizio Prior Caltabellota

**5. MINERALIZAÇÕES POLIMETÁLICAS**

Anderson Dourado Rodrigues da Silva  
Mariane Brumatti  
Francisco Ferreira de Campos  
Angela Pacheco Lopes  
Ligia Maria de Almeida Leite Ribeiro  
Felipe Mattos Tavares  
Sérgio Roberto Estevam de Carvalho

**6. ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA**

Manoel Augusto Correa da Costa  
Monica Mazzini Perrotta

**7. GEOFÍSICA**

Rafael Ribeiro Severino  
Jairo Jamerson Correia de Andrade  
Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

**8. GEOQUÍMICA PROSPECTIVA**

Francisco Ferreira de Campos

**9. INTEGRAÇÃO DE DADOS POTENCIAL MINERAL**

Anderson Dourado Rodrigues da Silva  
Francisco Ferreira de Campos  
Jairo Jamerson Correia de Andrade  
Manoel Augusto Correa da Costa  
Monica Mazzini Perrotta  
Rafael Ribeiro Severino  
Jairo Jamerson Correia de Andrade

**10. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

Anderson Dourado Rodrigues da Silva

---

**EDIÇÃO DO PRODUTO**

Diretoria de Infraestrutura Geocientífica  
Divisão de Marketing e Divulgação – DIMARK – Washington José Ferreira dos Santos  
Divisão de Geoprocessamento – DIGEOP – Hiran Silva Dias – GeoSGB

# APRESENTAÇÃO

---

O momento atual da economia global tem imposto profundas mudanças nas empresas e instituições governamentais. No caso da mineração, há uma forte competitividade por orçamentos, o que leva à priorização de projetos em fase mais avançada em detrimento de programas exploratórios. Os países com maior nível de conhecimento geológico, geofísico e geoquímico e que disponibilizam mapas e bancos de dados organizados levam vantagem na atratividade de investimentos realizados por mineradoras nacionais e internacionais de qualquer porte. Com base nessa premissa, o Ministério de Minas e Energia e a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, por meio do Serviço Geológico do Brasil/CPRM, tem a satisfação de disponibilizar à comunidade geocientífica, empresários do setor mineral e à sociedade em geral, os resultados obtidos pelo projeto “**Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIMs) - Vale do Ribeira**”, produto “**Mineralizações Polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) Associadas À Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional (PR)**”. Este é um empreendimento financiado pelo **PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO (PACII - MME00970)** do governo federal, dentro da ação **AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL**, que integra o Programa **GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**. Esta ação consiste em um conjunto de projetos que visam estimular a pesquisa e a produção mineral brasileira, com foco adicional no suprimento de matérias primas essenciais para o desenvolvimento da infraestrutura e do agronegócio no Brasil. O projeto foi executado pela Gerência de Geologia e Recursos Minerais da **Superintendência Regional de São Paulo**, com supervisão nacional da Divisão de Geologia Econômica – DIGECO e coordenação geral do Departamento de Recursos Minerais – DEREM.

O produto “**Mineralizações Polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) Associadas À Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional (PR)**” abrange uma área de 60.000 km<sup>2</sup> (57.000 km<sup>2</sup> de área emersa), englobando 20 folhas na escala 1:100.000, nos limites dos estados de São Paulo e Paraná, onde são reconhecidas diversas jazidas de chumbo, prata, ouro, cobre e zinco, além de importantes ocorrências de barita e fluorita. O projeto envolveu estudos temáticos de geologia básica e geologia econômica com uso de técnicas geofísicas e laboratoriais avançada.

Com o produto aqui disponibilizado o Serviço Geológico do Brasil cumpre seu papel de induzir o desenvolvimento socioeconômico regional e setorial por meio da atualização do conhecimento geológico e dos recursos minerais do Brasil, contribuindo com a identificação de áreas prioritárias para investimentos em pesquisa mineral, diminuindo o risco do investidor. Os resultados, integrados em Sistema de Informações Geográficas (SIG), estão disponíveis no banco de dados corporativo da CPRM (<http://geosgb.cprm.gov.br>).

ESTEVES PEDRO COLNAGO  
Diretor - Presidente

JOSÉ LEONARDO SILVA ANDRIOTTI  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais



# RESUMO

---

A região do Vale do Ribeira é reconhecida nacionalmente como importante produtora de chumbo desde meados de 1950, tendo sido responsável por toda a produção brasileira naquele período.

Nesse contexto, o projeto “Integração de Dados e Reavaliação do Potencial Mineral do Vale do Ribeira”, desenvolvido na Gerência de Geologia e Recursos Minerais da Superintendência Regional de São Paulo, Serviço Geológico do Brasil - CPRM, integrou estudos metalogenéticos tanto em escala regional (p. ex. geoquímica de sedimento de corrente e aerogeofísica) quanto local (p. ex. geofísica terrestre, visitas a minas e galerias, descrição de testemunhos de sondagem, espectroscopia de reflectância, química mineral) relativos às mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Ba-Cu) associadas às rochas da Formação Perau, localizadas no estado do Paraná.

Os trabalhos focaram áreas das antigas minas do Perau e de Canoas, que são os dois melhores exemplos desse tipo de mineralização na região. Dados geológicos de campo, de geofísica terrestre e dos furos de sondagem de projetos da CPRM, realizados durante a década de 1980, foram reavaliados e complementados com novas informações a partir de trabalhos de campo, análises de litogeoquímica, química mineral e estudos de espectroscopia de reflectância. Essas informações, somadas às novas bases de geofísica, geoquímica prospectiva, sensoriamento remoto e geologia, contribuíram para o avanço do conhecimento acerca das principais características das mineralizações.

Nas antigas minas do Perau e de Canoas as mineralizações são caracterizadas por níveis de sulfeto maciço e disseminações ao longo do horizonte mineralizado, denominado de Horizonte Perau, em pacote de rochas calciossilicáticas da unidade de xistos da Formação Perau. Na área da mina de Canoas, teores de Pb e Zn da ordem de 8,11% e 18,66%, respectivamente, foram determinados em nível centimétrico de sulfeto maciço. Na galeria de Cobre, área da mina do Perau, importantes teores de ouro (326 ppb) ocorrem em nível cuprífero com porções com fragmentação e silicificação. Os principais minerais de minério descritos, em ambas as minas, são galena, esfalerita, calcopirita e pirita.

Os controles litológicos/estratigráficos foram confirmados e, somados às informações acerca dos controles estruturais, configuram importantes ferramentas na busca por novas mineralizações.

Aspectos relativos à alteração hidrotermal foram reconhecidos com o uso de espectroscopia de reflectância que identificou, através de estudos desenvolvidos em testemunhos de sondagem, a possível entrada de fluidos ricos em Ca, Fe e Mg em direção à zona mineralizada. Análises de Fluorescência de Raios-X portátil sugerem um enriquecimento em Fe ( $Fe_2O_3$ ), produzindo um halo de alteração na camada superior à zona mineralizada (zona da magnetita). A espectroscopia de reflectância, por sua vez, indicou que o aumento no teor de Fe estaria relacionado à formação de Fe dolomita, enquanto minerais como biotita e/ou clorita apresentaram redução na razão  $Fe/Fe+Mg$ . Dados de Polarização Induzida, obtidos em projetos anteriores da CPRM, permitiram definir as assinaturas geofísicas das mineralizações em termos de resistividade e efeito da frequência.

A integração das informações permitiu o entendimento dos principais controles geométricos das mineralizações, onde fica claro o controle stratigráfico original, com a mineralização sempre associada a lentes calciossilicáticas da Fm. Perau, e um controle estrutural secundário essencial para o desenvolvimento de corpos mineralizados espessos, preferencialmente em zonas de charneiras espessadas e camadas duplicadas, com os principais depósitos distribuídos em dobras abertas de caráter regional.

As informações levantadas pelo projeto, como mapas geológicos e de recursos minerais, dados estruturais, litológicos e petrográficos, foram integradas e disponibilizadas no banco de dados da CPRM (GeoSGB). A disponibilização dessas informações pretende ampliar o conhecimento geocientífico da região e gerar subsídios para o fortalecimento da atividade mineral no Brasil.





# ABSTRACT

---

The region of Ribeira Valley is nationally recognized as the main producer of lead since the middle of 1950's, being responsible for all of Brazil's production at that time. In this context, this project "*Integração de Dados e Reavaliação do Potencial Mineral do Vale do Ribeira*", carried out by the Regional Office of São Paulo of the Geological Survey of Brazil integrated metallogenetic studies both in regional scale (such as geochemistry of river sediments and aerogeophysics) and in local scale (such as terrestrial geophysics, visits to mines and galleries, description of drill cores, reflectance spectroscopy, mineral chemistry) of the polymetallic mineralization (Pb-Zn-Ag-Ba-Cu) associated with the rocks of the Perau Formation, located in the state of Paraná (Brazil).

The work focused on areas of the old mines of Perau and Canoas, which are the two best examples of this type of mineralization in the area. Field data, terrestrial geophysics and drilling holes of previous CPRM projects, which were all carried out through partnerships during the 1980s, were reassessed. The pre-existing data were complemented by new information collected through field studies, lithogeochemical analyses to determine ore contents, mineral chemistry, and reflectance spectroscopy studies. These new data together with the more recent databases of geophysics, geochemistry (for prospectivity mapping), remote sensing, and geology, contributed to the advancement of the knowledge about the main characteristics of the mineralization.

In the old mines of Perau and Canoas, the mineralization is characterized by disseminated and massive sulfide levels along the mineralized horizon (Perau Horizon), in a package of calc-silicate rocks from the schist unit of the Perau Formation. In the area of the Canoas mine, Pb and Zn contents of 8.11% and 18.66%, respectively, were determined in the centimetric level of massive sulfides. At the Copper Gallery, in the area of the Perau mine, significant gold content (326 ppb) occurs at a copper level which presents portions of fragmentation and silicification. The main ore minerals described in the two mines are galena, sphalerite, chalcocopyrite, and pyrite.

The lithological/stratigraphic controls were confirmed and, together with the information about the structural controls, are valuable tools in the prospection of new mineralized areas. Aspects related to the hydrothermal alteration were recognized with the use of reflectance spectroscopy that identified, through analyses in core samples, the possible input of Ca, Fe, and Mg-rich fluids towards the mineralized zone. Analyses of portable X-Ray Fluorescence suggest an enrichment in Fe (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), producing an alteration halo in the upper layer of the mineralized zone (magnetite zone). The reflectance spectroscopy, in turn, indicated that the increase in Fe is related to the formation of Fe-dolomite, while minerals such as biotite and chlorite display a decrease in Fe/Fe+Mg ratio. Induced Polarization data, obtained in previous projects of CPRM, defined the geophysical signatures of mineralization regarding resistivity and frequency effect. The integration of information enabled the understanding of the main geometric controls of the mineralization, where it is clear the original stratigraphic control, with the mineralization always related to calc-silicate lens of the Perau Formation, and a secondary structural control essential to the development of thick mineralized bodies, preferentially in thickened hinge zones and duplicated beds, with the main deposits distributed in open folds of regional nature. Information gathered by the project, such as geological and mineral resources maps, structural, lithological and petrographic data, were put together and made available in CPRM's online database (GeoSGB). The availability of this information aims to disseminate the geoscientific knowledge of the area and generate subsidies for the development of mineral activity in Brazil.



# SUMÁRIO

---

RESUMO .....	7
ABSTRACT .....	9
<b>1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 – MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
2.1 - Levantamento bibliográfico .....	17
2.2 - Trabalhos de campo .....	17
2.3 - Petrografia .....	17
2.4 - Litogeoquímica .....	17
2.5 - Espectroscopia de Reflectância.....	17
2.6 - Geofísica e sensoriamento remoto .....	18
2.7 - Geoquímica prospectiva .....	18
2.8 - Química Mineral .....	19
<b>3 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL .....</b>	<b>21</b>
3.1 - Mineralizações de Pb-Zn-Ag (Ba-Cu) associadas a Formação Perau .....	24
<b>4 – UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.....</b>	<b>25</b>
4.1 - Gnaiss Tigre (PP2t) .....	25
4.2 - Grupo Votuverava (MP1vo) .....	25
4.2.1 - Formação Perau (MPp).....	26
4.2.1.1 - Unidade quartzítica (MP1pqt) .....	27
4.2.1.2 - Unidade de Xistos (MP1px).....	27
4.2.1.2.1 - Lentes de anfibolitos (MP1pxb).....	27
4.2.1.2.2 - Lentes de calciossilicáticas (MP1pxc) .....	29
4.2.2 - Unidade de Micaxisto (MP1vomx) .....	29
4.2.3 - Unidade de Granada Micaxisto (MP1vogx).....	30
4.3 - Grupo Lajeado (MPL).....	30
4.4 - Formação Capiru (NPcp) .....	30
4.5 - Granito Varginha (NP3γava) .....	30
4.6 - Suíte Alcalina Tunas (Kβt).....	30
4.7 - Depósitos aluvionares (Q2a).....	30
<b>5 – MINERALIZAÇÕES POLIMETÁLICAS .....</b>	<b>31</b>
5.1 - Área da Mina do Perau .....	31
5.1.1 - Galeria do Cobre .....	33
5.1.2 - Mina do Perau.....	36
5.1.3 - SW-Perau .....	39
5.2 - Área da Mina de Canoas.....	45
5.3 - Química Mineral .....	50
<b>6 – ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA.....</b>	<b>53</b>
6.1 - Introdução .....	53
6.2 - Resultados.....	53
6.2.1 - Cloritas / Biotitas .....	53
6.2.2 - Sericitas.....	54
6.2.3 - Esmeclitas.....	55
6.2.4 - Anfibólios .....	55
6.2.5 - Carbonatos .....	56
6.2.6 - Sulfatos .....	57

6.3 - Correlação com dados de Fluorescência de Raios X portátil .....	58
6.4 - Síntese dos dados .....	59
<b>7 – GEOFÍSICA .....</b>	<b>61</b>
7.1 - Aeromagnetometria .....	61
7.1.1 - Lineamentos magnéticos .....	64
7.1.2 - Domínios magnéticos .....	64
7.2 - Aerogamaespectrometria .....	64
7.3 - Geofísica Terrestre .....	64
<b>8 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA.....</b>	<b>75</b>
<b>9 – INTEGRAÇÃO DE DADOS E POTENCIAL MINERAL .....</b>	<b>83</b>
<b>10 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>87</b>
<b>11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>89</b>
<b>LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO 01 - LITOGEOQUÍMICA.....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO 02 - DADOS DE QUÍMICA MINERAL .....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXO 03 - DADOS ESTRUTURAIS.....</b>	<b>121</b>

**MINERALIZAÇÕES POLIMETÁLICAS  
(Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) ASSOCIADAS À  
FORMAÇÃO PERAU, CINTURÃO RIBEIRA  
MERIDIONAL**

---

**ESTADO DO PARANÁ**



# 1 – INTRODUÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM, com o objetivo de fomentar o setor mineral do Brasil, vem, nos últimos anos, desenvolvendo trabalhos geológicos de detalhe em áreas de reconhecido potencial metalogenético denominadas de Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIMs). Nessas áreas, estão sendo executados projetos focados na avaliação do potencial mineral. Com este propósito, o projeto “*Integração de Dados e Reavaliação do Potencial Mineral do Vale do Ribeira*” (ARIM - Vale do Ribeira) foi desenvolvido pela Gerência de Geologia e Recursos Minerais da Superintendência Regional de São Paulo (GEREMI - SUREG-SP), ligada à Diretoria de Geologia e Recursos Minerais (DGM).

O projeto teve início em janeiro de 2015 com a realização de levantamentos geológicos regionais. Estudos visando a descrição e caracterização de alvos específicos nas regiões de Castro, Perau e Lajeado foram intensificados a partir de 2016, com foco na descrição das mineralizações.

Na área do alvo Perau, objeto desse informe, ocorrem as mineralizações polimetálicas descritas por Fleicher (1976) como “tipo Perau”, que abrange as mineralizações de Pb-Zn-Ag-Cu-Ba associadas às rochas da Formação Perau. As principais mineralizações deste tipo ocorrem nas minas do Perau e de Canoas, próximas à cidade de Adrianópolis, no estado do Paraná (Figura 1.1).

As mineralizações polimetálicas do Vale do Ribeira nos estados de São Paulo e Paraná são conhecidas desde o início do século XX, tendo a região sido responsável por toda a produção de chumbo no país até meados da década de 1950.

Trabalhos focados no potencial metalogenético da região vêm sendo desenvolvidos pela CPRM desde a década de 1970. Dentre eles, destacam-se projetos de reconhecimento geoquímico regional (ADDAS & VINHA, 1975; MORGENTAL *et al.*, 1975a, b; MORGENTAL *et al.* 1978) que indicaram importantes anomalias de cobre, chumbo e zinco e norte-

aram pesquisas de detalhe com foco na prospecção de ouro e sulfetos associados. Através destes trabalhos, foram reconhecidos os depósitos auríferos de Piririca e Ivaporunduva, além de uma série de ocorrências, destacando-se as do Cavalo Magro e São Pedro (ADDAS & PINTO, 1979; ADDAS, PINHO FILHO & MORGENTAL, 1979; PINTO *et al.* 1979, ALEGRI *et al.* 1980, BORIN JR. *et al.* 1980, PAIVA & MORGENTAL 1980, MACEDO *et al.* 1981, MORGENTAL *et al.* 1981, BORIN JR. 1983, LOPES JR. *et al.* 1994).

Durante a década de 1980, a CPRM executou, através de parcerias, dois grandes projetos no Vale do Ribeira. Esses projetos tiveram como principais objetivos a homogeneização dos dados geológicos da região e o estudo em detalhe de duas áreas mineralizadas em chumbo (e outros metais) a fim de estabelecer parâmetros acerca das características das diferentes mineralizações de chumbo e associados na região. O “Projeto Anta Gorda” (REPORT, 1981; 1982; 1983; 1984; DAITX *et al.*, 1983; DAITX, 1984) foi desenvolvido pela CPRM, em conjunto com a *Japan International Cooperation Agency (JICA)* e *Metal Mining Agency of Japan (MMAJ)* para pesquisa de sulfetos polimetálicos (Cu-Pb-Zn); o “Projeto Integração e Detalhe Geológico do Vale do Ribeira” (SILVA *et al.*, 1981) foi executado através de convênio com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

No escopo deste projeto, com o intuito de se avançar no entendimento acerca das mineralizações polimetálicas da Formação Perau, os estudos desenvolvidos focaram na descrição das características e dos controles das mineralizações. Para tanto, foram realizados trabalhos de campo, petrografia, análises de química mineral, descrição e análises de testemunhos de sondagem, espectroscopia de reflectância, análises litogeoquímicas e a interpretação de dados de geofísica e de sensoriamento remoto.



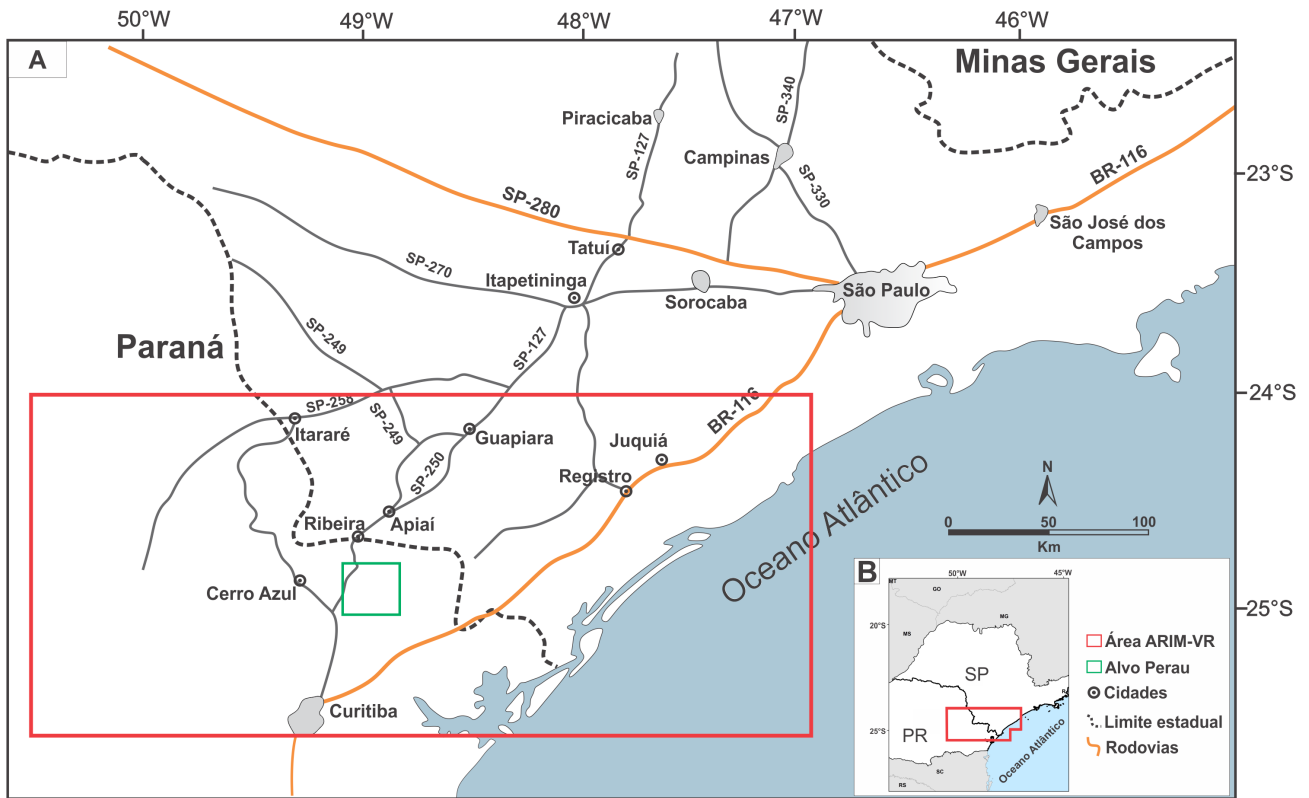


Figura 1. 1. A e B) Localização da área do projeto ARIM Vale do Ribeirão com destaque para a área selecionada na Formação Perau. Fonte: Elaborado por Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2017.

## **2 – MATERIAIS E MÉTODOS**

O projeto teve início com a organização de uma base georreferenciada contendo todas as informações disponíveis na região, incluindo dados de projetos anteriores e a integração e interpretação preliminar de bases geológicas, geofísicas, geoquímicas e de sensoriamento remoto. Posteriormente, foram executados os trabalhos de campo, análises petrográficas, litogeoquímicas e de espectroscopia de reflectância. Após a consolidação dos dados, finalizou-se o mapa de recursos minerais e o respectivo informe.

### **2.1 - Levantamento bibliográfico**

O levantamento bibliográfico foi realizado durante todo o desenvolvimento do projeto, com foco na compreensão do estado atual do conhecimento geológico da Faixa Ribeira Meridional em especial de suas mineralizações polimetálicas. Foram compilados e analisados produtos cartográficos, levantamentos geofísicos, imagens de sensoriamento remoto, dados estruturais e geoquímicos de projetos anteriores.

### **2.2 - Trabalhos de campo**

Os trabalhos de campo tiveram por objetivo a descrição das mineralizações remanescentes, em especial nas áreas do Perau e de Canoas. Perfis regionais ao longo dessas áreas foram executados visando à compreensão das relações das unidades mineralizadas no contexto regional.

Nos trabalhos de campo, predominantemente concentrados nas áreas mineralizadas, foram descritos 47 pontos e coletadas 45 amostras. Foram adotados os materiais e métodos definidos pelo Departamento de Geologia (DEGEO) e pelo Departamento de Recursos Minerais (DEREM), além dos demais procedimentos e normas estabelecidos na CPRM. Adicionalmente, em trabalho realizado na Litoteca de Araraquara (LIAR-CPRM), foram descritos e amostrados os testemunhos de seis furos de sondagem executados no projeto Anta Gorda (*REPORT*, 1981; 1982; 1983; 1984) na área a sudoeste da mina do Perau.

### **2.3 - Petrografia**

As análises petrográficas foram concentradas nas amostras do horizonte mineralizado e em suas

hospedeiras, que foram coletadas durante os trabalhos de campo e de descrição dos testemunhos de sondagem.

As 61 lâminas delgado-polidas foram confeccionadas nos laboratórios de laminação da Litoteca de Araraquara (LIAR) e na Superintendência Regional de Salvador (SUREG-SA) e foram descritas em microscópio Olympus BX51 pelos próprios integrantes do projeto no laboratório de petrografia da GEREMI-SP.

### **2.4 - Litogeoquímica**

Amostras das principais ocorrências minerais da área do projeto foram enviadas para análises de litogeoquímica no laboratório SGS Geosol Laboratórios Ltda. Determinações das concentrações dos elementos maiores foram obtidas por meio de fluorescência de raios-X (FRX). Para a determinação dos elementos-traço, inicialmente executou-se digestão total das amostras por ataque ácido (ácidos nítrico, clorídrico, fluorídrico e perclórico) ou por fusão com metaborato de lítio. Posteriormente, as amostras foram analisadas por Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS) e Espectrometria Ótica de Emissão com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). Em amostras de minério, as concentrações dos elementos Au, Pt e Pd foram obtidas pelo método *fire assay* com leitura em ICP-OES e do elemento Ag por Espectrometria de Absorção Atômica (AAS). No total foram analisadas 16 amostras de rocha, visando à determinação de teores em minério, assim como a variação composicional de elementos de interesse em zonas mineralizadas e respectivas rochas hospedeiras.

### **2.5 - Espectroscopia de Reflectância**

Em um total de 65 amostras selecionadas ao longo do testemunho de sondagem AG-01, executado durante o Projeto Anta Gorda (*REPORT*, 1981; 1982; 1983; 1984), foram realizadas análises espectrais, no intervalo de 71,85 m a 272,90 m, ao longo das rochas encaixantes, bem como na própria mineralização.

As análises espectroscópicas foram obtidas por meio do espectrorradiômetro *ASD-FieldSpec-3 Hi-Resolution*, que tem alcance espectral do visível, passando pelo infravermelho próximo (VNIR), até in-

fravermelho de ondas curtas (SWIR), no intervalo de 350 a 2500 nm e resolução espectral de 3 nm (em 700 nm), 8,5 nm (em 1400 nm) e 6,5 nm (em 2500 nm) num total de 2151 bandas. As medidas são registradas em valores de reflectância proporcional relativa a uma referência padrão branca de máxima reflectância difusa (do tipo Spectralon).

Por meio destas análises geram-se as assinaturas espectrais, sob a forma de curvas da variação da intensidade da reflectância, conforme o comprimento de onda na faixa do espectro refletido do espectro eletromagnético. Estas curvas ou assinaturas espectrais desenham feições resultantes de absorção da luz em comprimentos de onda específicos, em função de processos eletrônicos e vibracionais no nível atômico ou molecular dentro da estrutura mineral, e que são diagnósticas de determinadas fases minerais. Por meio deste método, são passíveis de identificação alguns compostos minerais tais como óxidos de ferro, silicatos hidroxilados com ferro, sulfatos e carbonatos de ferro, óxidos e carbonatos de cobre, carbonatos e silicatos de manganês, filossilicatos, silicatos hidroxilados, sulfatos e carbonatos.

A interpretação espectro-mineralógica das curvas espectrais obtidas foi realizada por meio do software ENVI® (versão 5.3). A discriminação das fases minerais presentes foi feita por comparação das feições de absorção no espectro analisado com feições similares de minerais de uma biblioteca espectral de referência. As bibliotecas de referência utilizadas foram as do USGS (*United States Geological Survey*) (CLARK *et al.*, 2007) e a do JPL/NASA (*Jet Propulsion Laboratory/National Aeronautics and Space Administration*).

## 2.6 - Geofísica e sensoriamento remoto

Os dados aerogeofísicos disponíveis para a região são provenientes do projeto aerogeofísico Paraná - Santa Catarina (1095) datado do ano de 2011. Nesse projeto, as linhas de voo (LV) estão espaçadas em 500 metros e apresentam direção N-S; as linhas de controle (LC) estão espaçadas em 5 km e apresentam direção E-W. A frequência de leitura dos dados foi, aproximadamente, de uma leitura por segundo para os dados gamaespectrométricos (cerca de uma leitura a cada 75 metros) e de dez leituras por segundo para os dados magnetométricos (cerca de uma leitura a cada 7,5 metros), sendo a altura média de voo de 100 metros com relação ao solo (CPRM, 2011).

No processamento de dados foram gerados diferentes produtos sob a forma de grids, de acordo com a necessidade de utilização das informações aerogeofísicas. As dimensões desses grids obedecem

a limitações que são estabelecidas através dos parâmetros do levantamento aéreo. Adotou-se como espaçamento na interpolação dos dados o valor de 125 metros que corresponde a um quarto do espaçamento das LV.

A fusão das imagens dos grids aerogeofísicos com o modelo digital de elevação SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com pixel corrigido de 30 metros, teve o objetivo de facilitar a visualização e exploração da informação espectral dos dados geofísicos e a informação topográfica da imagem SRTM, integrados em um único produto. Neste procedimento foi empregado o software ENVI (Versão 5.0) da Sulsoft para a técnica HSV, que consiste em um sistema de cor representado por um espaço em forma de cone, constituído por suas três componentes, sendo H a tonalidade das cores, S a saturação e V a intensidade.

Imagens do sensor OLI (*Operational Land Imager*), a bordo do satélite LANDSAT-8, e imagens aerogeofísicas foram interpretadas em várias etapas do projeto, inicialmente em uma escala regional e, posteriormente, com detalhes nas áreas com maior número de ocorrências e minas, contribuindo, inclusive, para delimitação de áreas potenciais. As imagens de satélite *Landsat* foram processadas no software ENVI pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Espectroscopia Óptica da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE). Foram analisadas as cenas de órbita 226 pontos 73, 74, 75 e 76 e órbita 227 pontos 73, 74 e 75, obtidas no site do *USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center*.

## 2.7 - Geoquímica prospectiva

Os dados utilizados para o estudo de geoquímica prospectiva da área deste trabalho foram produzidos nos projetos de mapeamento na escala 1:100.000 da folha Apiaí (FALEIROS *et al.*, 2012) e Curitiba (MINEROPAR, 2001), de mapeamento na escala 1:50.000 das folhas Vila Branca e Ribeira (BRUMATTI & TOMITA, 2014) e nos dados atuais das coletas realizadas em escala 1:100.000 nas folhas Pirai do Sul e Jaguariaíva no âmbito deste projeto. O procedimento consistiu na coleta de amostras de sedimento ativo de corrente e peneiramento para separação da fração fina (inferior a 80 *mesh* ou 0,177 mm), quarteramento de uma alíquota para digestão parcial (água régia) e análise de 50 - 54 elementos químicos por meio de ICP-MS (espectrometria de massas) e ICP-OES (espectrometria óptica de emissão) e, para as amostras coletadas neste projeto, de outra alíquota para análise de Au, Pt e Pd por *fire assay* por meio de ICP-OES. As amostras da folha Curitiba foram analisadas para 18 elementos por diversos métodos e aber-

turas, porém principalmente por digestões parciais com leitura por espectrometria de absorção atômica. Nos mesmos pontos também foram coletadas amostras de concentrado de minerais pesados que foram submetidas à análise mineralógica (identificação semi-quantitativa dos minerais). O recorte da área de estudo compreende 459 amostras de sedimento de corrente e 200 amostras de concentrados de minerais pesados (Figura 2.1). Para a análise estatística com o objetivo de avaliar a distribuição dos dados e identificar anomalias foi utilizado um conjunto mais abrangente de dados (cerca de 2225 amostras de sedimento de corrente) que compreende a área integral do projeto “ARIM Vale do Ribeira”, resultante de dados compilados de diversos projetos de mapeamento e coletas e análises realizadas no âmbito deste projeto. Como os resultados analíticos da Folha Curitiba foram obtidos de forma muito distinta do restante do conjunto, não é possível uma integração direta destes com o restante da base de dados. Portanto, de modo a permitir a utilização destes dados, eles foram classificados com as mesmas classes do conjunto de dados do “ARIM Vale do Ribeira” porém não foram considerados para a definição destas.

A análise estatística iniciou-se com a elaboração dos histogramas para avaliação da distribuição

dos dados para cada elemento. De forma geral na natureza os elementos possuem distribuição log-normal. No conjunto de dados aqui avaliados, os elementos Ca e Fe possuem distribuição normal e os demais elementos distribuição log-normal. Foi realizado o cálculo de alguns parâmetros estatísticos (primeiro quartil, mediana, terceiro quartil) e desenhados os *box-plots* para cada elemento. A definição das classes foi fundamentada na divisão do conjunto de dados conforme Carranza (2009), que se baseia nos *box-plots* e distância interquartil para definir cinco classes (Figura 2.2).

## 2.8 - Química Mineral

Um total de seis lâminas delgadas polidas foram analisadas em Microsonda Eletrônica (EPMA – *Electron Probe Microanalyser*) no Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CRTI) da Universidade Federal de Goiânia (UFG), modelo JEOL JXA-8230, operando com aceleração de 15 Kv e 20 nA para carbonatos e minerais máficos e 20kV e 40 nA para sulfetos. O tempo de análise variou de 10 a 30 segundos de acordo com a abundância esperada de cada elemento no mineral.

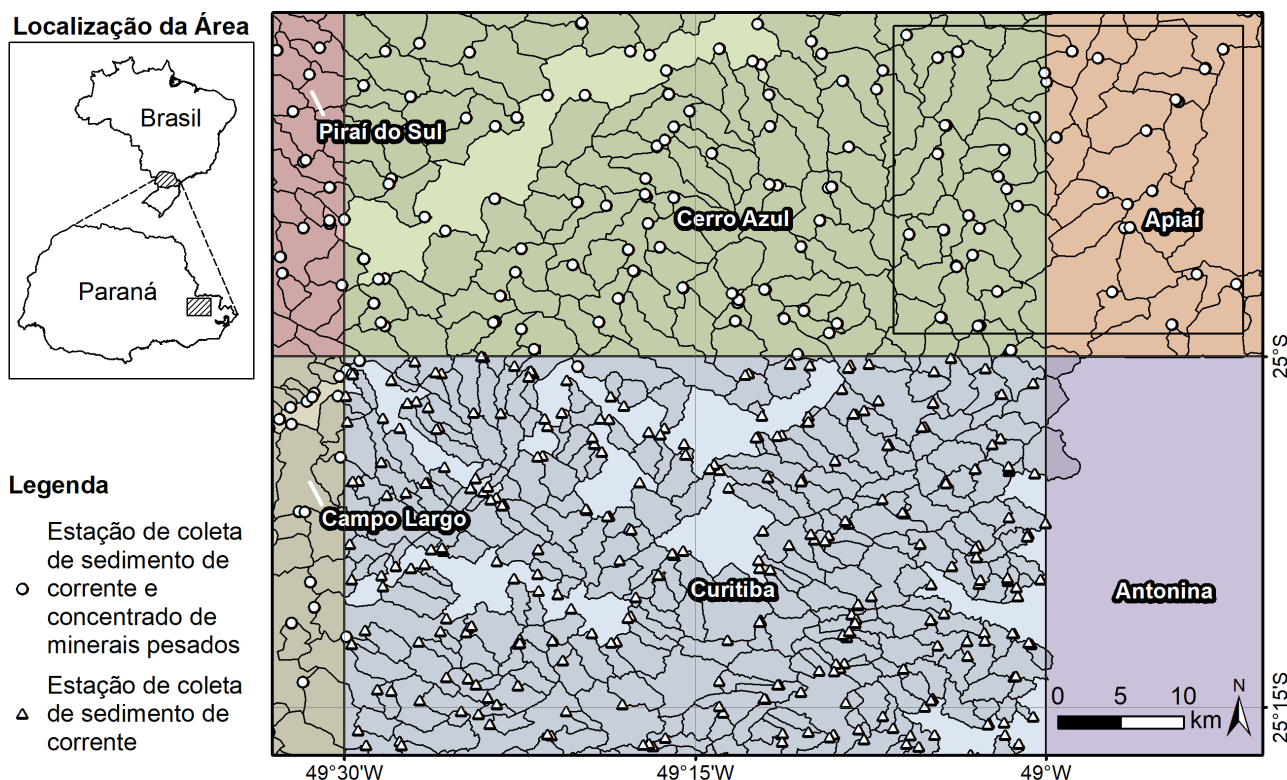


Figura 2. 1. Localização das estações de coleta de sedimento de corrente e concentrado de minerais pesados e de suas respectivas bacias (área sombreada), junto com a nomenclatura de divisão de folhas 1:100.000. Fonte: Elaborado por Francisco Ferreira de Campos, 2017.

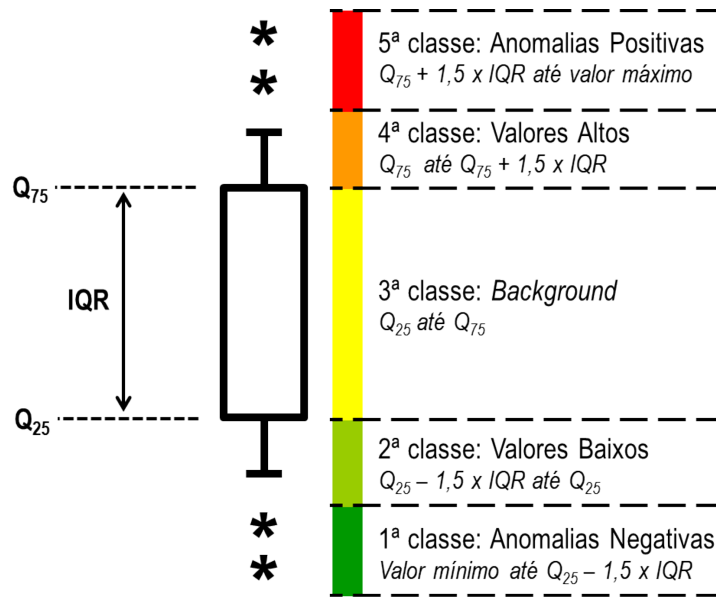


Figura 2. 2. Classificação dos dados pelo box-plot.  $Q_{25}$  = primeiro quartil;  $Q_{75}$  = terceiro quartil; IQR = distância inter-quartil ( $Q_{75} - Q_{25}$ ). Sem escala. Fonte: Elaborado por Francisco Ferreira de Campos, 2017.

## 3 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área do Projeto ARIM Vale do Ribeira está inserida no contexto da Província Mantiqueira, sistema orogênico localizado nas regiões sul e sudeste do Brasil (ALMEIDA *et al.* 1977, 1981). A Província Mantiqueira compreende os cinturões Araçuaí, Ribeira, Brasília meridional, Dom Feliciano e São Gabriel (HEILBRON *et al.*, 2003). É resultado da amalgamação do Paleocinturão Gondwana Ocidental durante a orogenia Neoproterozoica Brasileiro-Pan Africano (e.g. BRITO NEVES *et al.*, 1999; CAMPANHA E SADOWSKI, 1999, HEILBRON e MACHADO, 2003; HEILBRON, 2008; FUCK *et al.*, 2008; HEILBRON *et al.*, 2000; 2004; FALEIROS, 2008; BASEI *et al.*, 2010; CAMPANHA *et al.*, 2015). As mineralizações de Pb-Zn-Ag (Ba-Cu) da Formação Perau, objeto deste informe, estão inseridas no âmbito do Terreno Apiaí, localizado na porção meridional do Cinturão Ribeira (ALMEIDA *et al.* 1973) (Figura 3.1).

O Cinturão Ribeira consiste em um complexo orógeno colisional relacionado às colisões oblíquas entre os crátons Paranapanema, São Francisco e Congo e à consolidação do continente Gondwana Ocidental (BRITO NEVES, CAMPOS NETO, FUCK, 1999; CAMPANHA & BRITO NEVES, 2004; FUCK, BRITO NEVES, SCHOBENHAUS, 2008). Sua porção meridional é constituída por terrenos tectônicos retrabalhados de origens distintas (terrenos Paranaguá, Luís Alves, Costeiro, Curitiba, Embu e Apiaí).

O Terreno Apiaí localiza-se ao norte da Falha da Lancinha (Figura 3.2) sendo caracterizado por uma sequência de rochas supracrustais submetidas a metamorfismo em fácies xisto verde a anfibolito. Inicialmente, essas rochas foram atribuídas ao Grupo Açungui, tendo sido posteriormente redefinido como supergrupo Açungui (CAMPANHA, 1991; CAMPANHA & SADOWSKI, 1999).

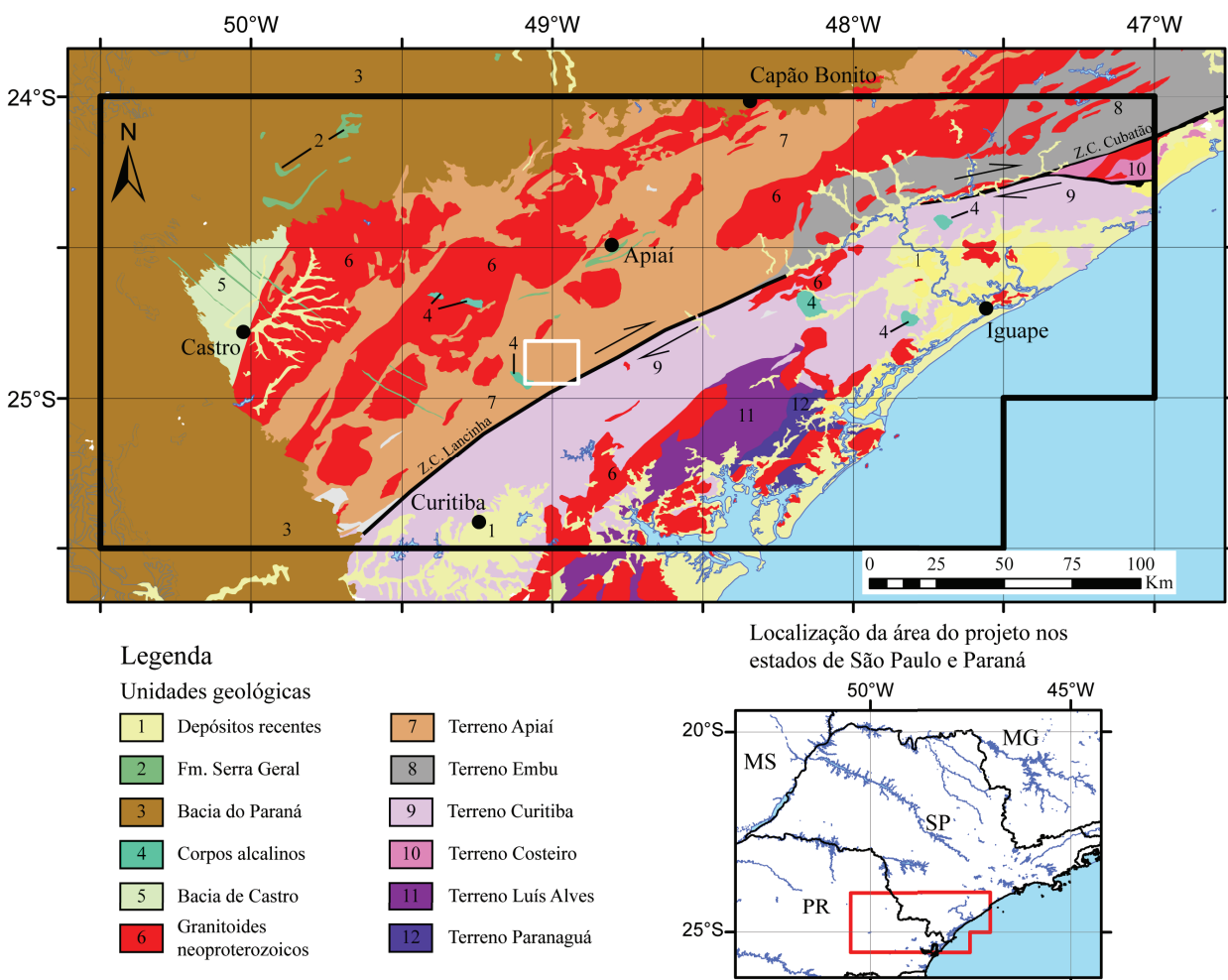
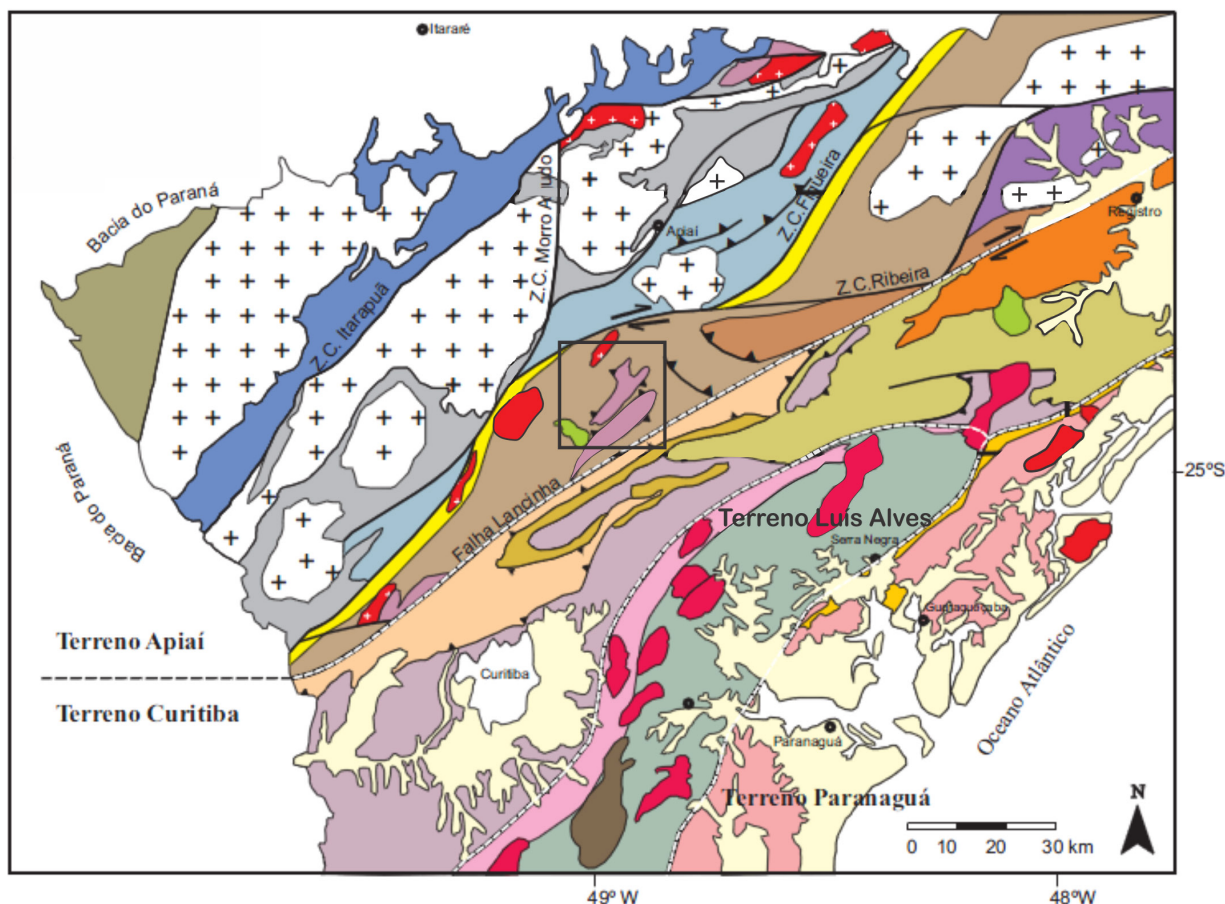


Figura 3.1. Localização geográfica e geológica da área do projeto ARIM Vale do Ribeira com a localização da área de estudo. Fonte: Elaborado por Mauricio Pavan Silva, 2015.



**Legenda**

- Coberturas sedimentares fanerozóicas
- Rochas alcalinas/ultramáficas/básicas mesozoicas
- zona de cisalhamento transcorrente
- zona de cisalhamento de empurrão
- Área de estudo

**Terreno Apiaí**

- Grupo Castro (Ediacarano-Cambriano)
- Granitóides pós-colisionais, tipo A
- Formação Iporanga (Ediacarano)
- Suites graníticas cálcio-alcalinas (Ediacarano)
- Grupo Itaiococa (Neoproterozóico)
- Grupo Lajeado (Meso a Neoproterozóico)
- S. das Andorinhas (Meso a Neoproterozóico)
- Grupo Votuverava (Mesoproterozóico)
- Formação Água Clara (Mesoproterozóico)

**Embasamento Gnáissico (Paleoproterozóico)**

- Núcleos Tigre, Betara e Apiaí-Mirim

**Terreno Curitiba**

- Província Graciosa Granitóides Tipo A
- Granito Itapeúna, Tipo S (Ediacarano)
- Supracrustais (Neo a Mesoproterozóico)**
- Formação Capiru
- Formação Setuva
- Formação Turvo-Cajati

**Embasamento Gnáissico (Paleoproterozóico)**

- Complexo Atuba

**Terreno Luís Alves**

- Província Graciosa Granitóides Tipo A
- Bacia Guaratubinha (Ediacarano)
- Suíte Rio Piên-Mandirituba (Ediacarano)
- Supracrustais (Neo a Mesoproterozóico)**
- Sequência Cachoeira

**Embasamento Granulítico (Paleoproterozóico a Arqueano)**

- Terreno Luís Alves**
- Complexo Serra Negra

**Terreno Paranaguá**

- Província Graciosa Granitóides Tipo A
- Granitóides Cálcio-Alcalinos (Ediacarano)
- Supracrustais (Neo a Mesoproterozóico)**
- Sequência Cachoeira

Figura 3. 2. Mapa geotectônico simplificado da porção sul do estado de São Paulo e leste do estado do Paraná com a localização da área de estudo. Fonte: modificado de Faleiros (2008).

De acordo com Campanha & Faleiros (2005), com base em dados geocronológicos, o terreno Apiaí consiste de uma associação de terrenos tectono-metamórficos distintos de idades mesoproterozoica a neoproterozoica acrescidos durante o Neoprote-

rozoico, com os últimos estágios da acreção sendo caracterizados por um sistema transcorrente dextral e uma colisão continental oblíqua. É composto por rochas de idades calimiana (ca. 1450-1500 Ma: Grupo Votuverava, Formação Perau, Sequência Serra

das Andorinhas e Formação Água Clara), esteniano-toniana (ca. 910-1030 Ma: parte do Grupo Itaiacoca) e ediacarana (ca. 630-580 Ma: Formação Iporanga), além de terrenos de idades de sedimentação ainda pouco estabelecidas (Grupo Lajeado), acrescidos durante a Orogenia Brasileiro-Pan-Africana (CAMPANHA & FALEIROS, 2005; FALEIROS, 2008;). Rochas de embasamento consistem de ortognaisses migmatíticos e miloníticos estaterianos (ca. 1750-1800 Ma) (CURY *et al.*, 2002; PRAZERES FILHO, 2005; RIBEIRO, 2006), aflorantes, principalmente, no núcleo de algumas estruturas antiformais restritas. O Terreno ainda apresenta bacias de transição ediacaranas com destaque para a Bacia de Castro, com estratigrafia estabelecida por Trein & Fuck (1967).

As rochas que compõem a Formação Perau foram inicialmente estudadas por Pierkarz (1981) e Takahashi *et al.* (1981), porém essa denominação foi atribuída no trabalho de Fritzsos Jr. *et al.* (1982), que a definiu como a unidade basal do Grupo Setuva (Figura 3.3). De acordo com os autores, a Formação é constituída de quartzitos, xistos, metabasitos, metavulcânicas, metavulcanoclásticas e formações ferríferas. Os autores descrevem que essas rochas são afetadas por uma foliação de transposição paralela ao acamamento original e por dobras isoclinais intrafoliais. Soares (1987) define que as rochas da Formação Perau foram depositadas em ambiente de margem continental passiva estirada e rifteada, na qual se desenvolveram ambientes litorâneos, plataformais e bacinais, com formação de crosta oceânica, que teria evoluído para bacia retroarco.

Para Daitx (1996), a sedimentação das rochas carbonáticas ocorreu em condições plataformais ao longo de sub-bacias tectônicas formadas em regime extensional, tipo rifte, com elevado fluxo térmico relacionado, provavelmente, às atividades magmáticas. O autor atribui a forma alongada na direção NE-SW, estreita e parcialmente segmentada, ao ambiente de sedimentação. De acordo com Daitx (1996), a Formação Perau corresponde a uma sequência vulcanossedimentar de fundo oceânico, com geração de depósitos tipo SEDEX (sedimentar-exalativo), que foi submetido a metamorfismo na fácies xisto-verde inferior a anfíbolito. Dados de U-Pb (BASEI *et al.*, 2003) em zircão de rochas anfíbolíticas da Formação Perau forneceram idades de  $1484 \pm 16$  Ma que são próximas àquelas obtidas para a Formação Votuverava ( $1439 \pm 19$  Ma), sendo então consideradas como as idades mínimas de sedimentação destas unidades.

Os dados obtidos por Basei *et al.* (2003) são compatíveis com a idade das mineralizações, 1380-1440 Ma na Formação Perau, obtida pelo método Pb-Pb em galena do horizonte mineralizado (TASSINARI *et al.*, 1990; DAITX, 1996), o que, de acordo com os autores, indica a origem sin-genética das mineralizações de Pb-Zn-Ag.

Para Siga Jr. (2011), as formações Betara e Perau compreendem duas sequências metavulcanossedimentares de idade mesoproterozoica, sugerindo contatos tectônicos com os núcleos Betara e Tigre. Segundo o autor, as formações apresentam correlação estratigráfica sendo compostas, da base ao topo,

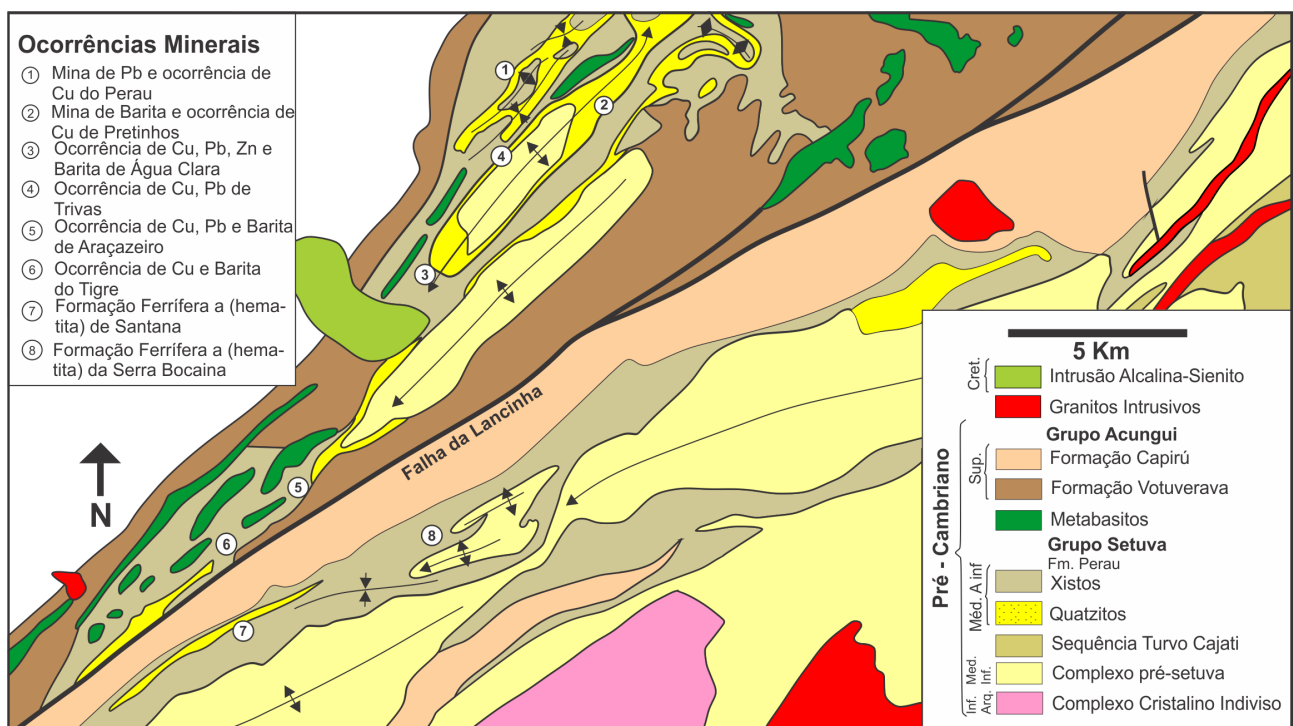


Figura 3.3. Mapa geológico da área de ocorrência das rochas atribuídas aos grupos Açungui e Setuva. Fonte: modificação de Fritzsos Jr. *et al.* (1982).



por uma sequência metapsamítica basal com estratificação cruzada planar de baixo a médio ângulo, depositada em ambiente costeiro; uma sequência intermediária de rochas carbonáticas associadas com rochas metavulcânicas, as quais contém anomalias de Pb, Zn, Ag e Cu; e uma sequência metapelítica no topo.

De acordo com Faleiros *et al.* (2012), a Formação Perau é constituída, da base para o topo, por uma unidade quartzítica e por uma unidade de xisto. Nesta unidade ocorrem corpos lenticulares de anfibólitos e de rochas carbonáticas com zona mineralizada polimetálica. O autor descreve dobras anticlinais e sinclinais na Formação Perau, com eixo orientado na direção NE e caimento de baixo ângulo para SW, o que caracteriza um anticlinório sustentado pela unidade quartzítica. À Zona de Cisalhamento Ribeirão Grande, de direção NE, é atribuída a deformação de parte da unidade de xisto.

### 3.1 - Mineralizações de Pb-Zn-Ag (Ba-Cu) associadas a Formação Perau

Trabalhos que tiveram como foco a descrição e caracterização das mineralizações de Pb-Zn-Ag (Ba-Cu) da Formação Perau foram inicialmente realizados por Baubour *et al.* (1979). Esses autores atribuem ao depósito da mina do Perau origem sedimentar exalativa, de acordo com critérios definidos por Hutchinson (1979). Silva *et al.* (1982) descreve as mineralizações como sendo constituídas por sulfetos de Pb, Zn, Ag e Fe concordantes com as encaixantes e especialmente relacionadas com formações ferríferas magnéticas bandadas. A partir das características da zona mineralizada e da formação ferrífera associada, os autores inferiram um sistema exalativo atuando em pelo menos mais de um período do desenvolvimento da Formação Perau.

Silva *et al.* (1982) interpretam que os sistemas exalativos foram os principais fornecedores de metais relacionados à migração de salmouras ricas em metais a partir de áreas de surgência para as margens da bacia.

Os trabalhos desenvolvidos em parceria com a MMAJ/JICA (REPORT, 1982) descrevem as caracte-

rísticas do horizonte mineralizado, designado pelos autores como “Horizonte Perau”, que ocorre associado a lentes de rochas calciossilicáticas situadas na porção basal das lentes de rochas carbonáticas da unidade de xisto. Os autores descrevem o Horizonte Perau como sendo composto, da base para o topo, por uma camada de grafita-micaxisto, pela zona mineralizada polimetálica (contendo sulfetos de Pb-Zn-Ag-Cu), por uma camada de barita e por uma camada de xisto enriquecida em magnetita, tida como camada-guia para a mineralização. Os autores consideraram o depósito como sendo estratiforme com direção geral NE-SW, com zoneamento mineralógico vertical e lateral, cuja geometria é influenciada pelos processos tectônicos, caracterizando um formato em “S” atribuído à presença de dobras. Lenticularização lateral das camadas e truncamentos por falhas normais, segundo os autores, interferem na espessura e continuidade do horizonte de minério.

Daitx (1996) descreve a zona mineralizada como sendo marcada pela alternância de camadas ricas em sulfeto e rocha encaixante. São descritas brechas que, segundo o autor, são resultantes de fraturamento de estratos mais competentes. Os minerais de minério incluem galena, pirita, esfalerita e calcopirita, além de fases portadoras de Ag, com quartzo, calcita e barita como minerais de ganga.

Na área da mina do Perau, Daitx (1996) caracteriza três tipos principais de minério: cuprífero, situado abaixo da camada de grafita-micaxisto, constituído essencialmente por pirita, calcopirita e minerais oxidados de Cu, sem teores significativos de chumbo; baritífero, com galena disseminada, bandamento composicional e elevados teores de chumbo (não foi explotado durante o período de atividade da mina); e sulfeto maciço, considerado o tipo mais comum na mina que, segundo o autor, não apresenta as características típicas desse depósito. Na Mina de Canoas, o autor descreveu dois corpos de minério lentiformes com direção N50E, com larguras entre 75 e 200 m e extensão superior a 1 km, truncados por um falhamento vertical N65W.

## **4 – UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**

A área do estudo é marcada por uma grande complexidade geológica, com diversas propostas de arranjo estratigráfico sugeridas ao longo de mais de um século.

Um dos primeiros trabalhos a descreverem os metassedimentos aflorantes na área foi realizado por Derby (1878, apud FASSBINDER, 1996) na região entre as cidades de Curitiba e Ponta Grossa. Posteriormente, Oliveira (1927) englobou essas rochas na série Açungui, composta pelas formações Setuva, Capiru e Votuverava. Bigarella & Salamuni (1958a) definiram o Grupo Açungui, que correspondia às formações Capiru, Votuverava, Itaiacoca e Antinha, e agruparam as unidades mais antigas no Grupo Setuva, que abrangia as formações Água Clara, Perau e Turvo-Cajati. Os trabalhos de Campanha (1991) e Campanha & Sadowski (1999) elevaram essas rochas à categoria de Supergrupo, no qual os autores agruparam as Formações Água Clara e Perau, o Grupo Votuverava, a Sequência das Andorinhas e o Grupo Lajeado. Faleiros (2008) insere ainda o Grupo Itaiacoca no topo desse pacote, sendo esta última proposta estratigráfica adotada neste trabalho.

Na área, além das rochas associadas ao Supergrupo Açungui, afloram rochas de idade paleoproterozoica do Gnaiss Tigre, consideradas por alguns autores como embasamento do Terreno Apiaí (CURY *et al.* 2002), granitoides de idade neoproterozoica (Granito Varginha), rochas associadas a magmatismos básico e alcalino durante o período Cretáceo (Suíte Alcalina Tunas e diques básicos) e coberturas sedimentares recentes.

Tendo em vista que os trabalhos tiveram como foco o estudo das mineralizações presentes na Formação Perau, não foram realizados levantamentos que visassem à atualização da cartografia geológica da área. Entretanto, detalhamentos pontuais foram efetuados nessa unidade ao longo dos perfis executados nas áreas mineralizadas. A figura 4.1 apresenta o mapa geológico da área estudada com as ocorrências minerais associadas à Formação Perau e no decorrer deste capítulo serão descritos, da base para o topo e de forma geral, as unidades litoestratigráficas que a compõem.

### **4.1 - Gnaiss Tigre (PP2t)**

O Gnaiss Tigre aflora no núcleo de três estruturas antiformais abertas principais que compõem o

Anticlinório da Anta Gorda (Figura 4. 1). Esses núcleos possuem formas elipsoidais, orientados na direção NE-SW e em contato com a unidade quartzítica da Formação Perau. De acordo com Faleiros *et al.* (2012), os dois corpos localizados a norte são compostos por rochas heterogeneamente milonitizadas (protomilonito a ultramilonito), de composição quartzo-monzonítica a quartzo-monzodiorítica com biotita e hornblenda. Localmente, ocorrem gnaisses com bandamento definido pela alternância entre níveis quartzofeldspáticos e níveis máficos. Já o corpo de maior expressão, localizado a sul, é composto predominantemente por sienogranito heterogeneamente milonitizado com biotita. Os termos protomiloníticos apresentam porfiroclastos milimétricos a centimétricos de feldspato potássico em matriz fina e restritamente transicionam para faixas centimétricas a decimétricas de milonitos a ultramilonitos com foliação marcada por alternâncias entre lâminas félicas e máficas lenticularizadas.

As rochas dessa unidade possuem assinaturas geoquímicas de granitos anorogênicos do tipo A, com idade de cristalização de  $1772 \pm 10$  Ma obtida por U-Pb em zircão (CURY *et al.*, 2002) e heranças em zircões relativas ao Paleoproterozoico (2100 a 2200 Ma) e ao Arqueano (3100 Ma) (KAULFUSS, 2001). Análises K-Ar e Ar-Ar em amostras de quartzo-monzodiorito milonítico realizadas por Kaulfuss (2001) apontaram idades de cerca de 600 Ma (anfíbólio) e cerca de 550 Ma (biotita) como épocas de resfriamento da unidade em temperaturas abaixo de 500 °C (anfíbólio) e 300 °C (biotita), que podem ser interpretadas como idades de metamorfismo associado ao evento brasileiro no Cinturão Ribeira.

### **4.2 - Grupo Votuverava (MP1vo)**

Definido originalmente como formação por Bigarella e Salamuni (1958b), o Grupo Votuverava compreende uma sequência vulcanossedimentar com magmatismo básico expressivo. A unidade aflora por toda a área estudada, sendo limitada, a sul, pela Zona de Cisalhamento Lancinha-Cubatão, em contato com as rochas da Formação Capiru, e, a nordeste, pela Zona de Cisalhamento Ribeira, em contato com as rochas do Grupo Lajeado (Figura 4.1). Perrotta (1996) subdividiu o grupo em cinco formações (Perau, Rubuquara, Nhunguara, Piririca e Ribeirão das Pedras) e Faleiros *et al.* (2012) ainda reconheceu

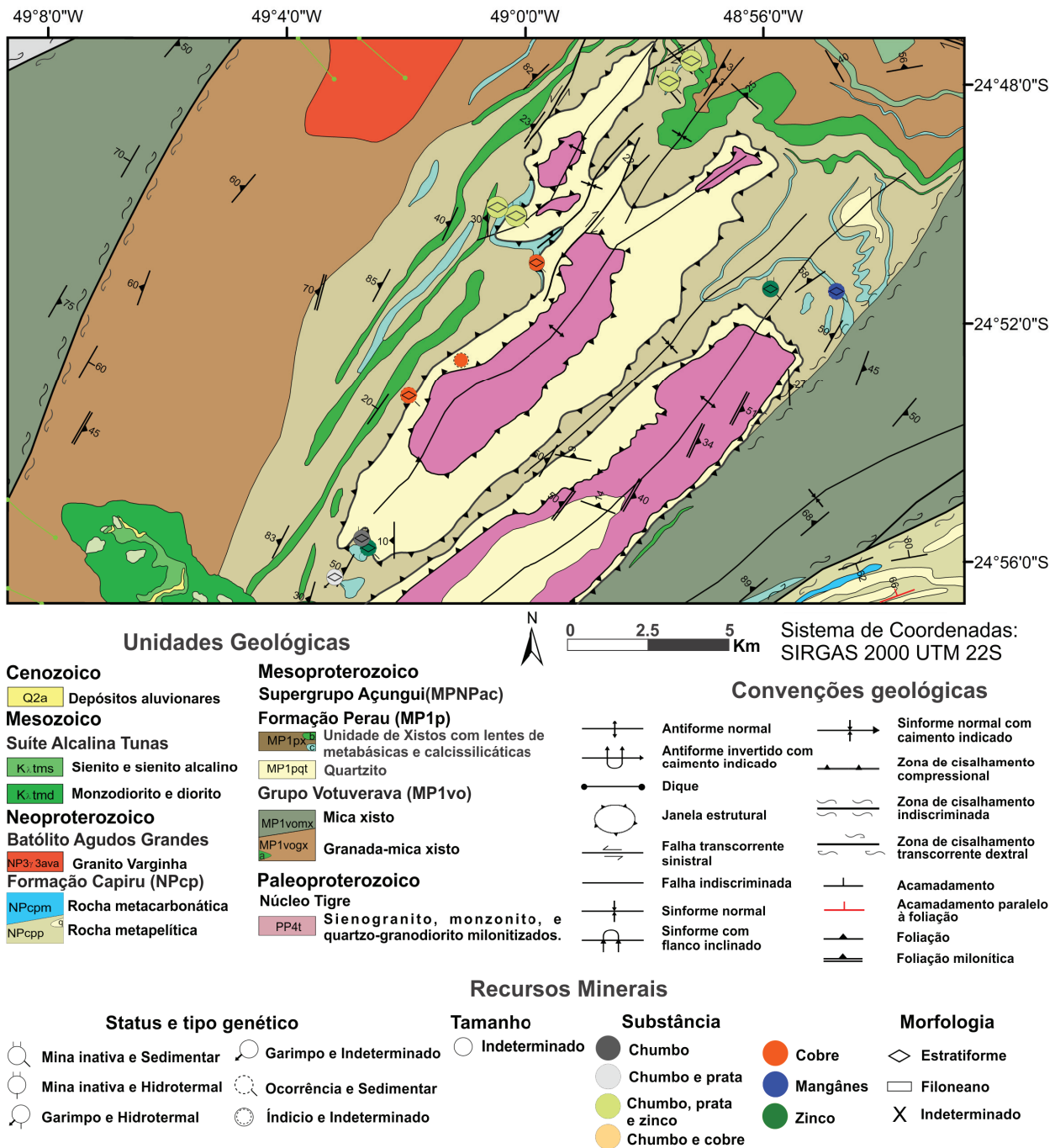


Figura 4.1. Mapa geológico da área selecionada na Formação Perau e pontos de recursos minerais. Fonte: Elaborado por Fabrizio Prior Caltabellotta e Anderson Dourado Rodrigues da Silva.

mais duas unidades informais (unidade de micaxistos e unidade de granada-micaxistos). Das unidades descritas por esses autores, ocorrem na área, da base para o topo, a Formação Perau e as unidades de micaxistos e granada-micaxistos.

#### 4.2.1 - Formação Perau (MPp)

A Formação Perau, que ocorre como uma faixa alongada de direção NE-SW na porção central da área do projeto (Figura 4.1), apresenta idade mesoproterozoica (BASEI et al. 2003) e recobre rochas de idade Estateriana do Gnaiss Tigre.

Denominada na época de Formação Açungui I, a Formação Perau foi subdividida em quatro unidades nos trabalhos executados pela CPRM em parceria com a MMAJ/JICA na década de 1980 (REPORT, 1981; 1982; 1983; 1984). Essas unidades são correlacionáveis com as definidas atualmente por Faleiros et al. (2012) e utilizadas nesse trabalho: unidade quartzítica (MP1pqt) e unidade de xistos (MP1px) da Formação Perau.

Por hospedar importantes mineralizações de Pb-Zn-Ag (Cu-Ba), essa formação é a de maior destaque nos trabalhos executados, tendo sido alvo de investigações com foco na descrição e caracterização dessas mineralizações.

#### 4.2.1.1 - Unidade quartzítica (MP1pqt)

A unidade quartzítica corresponde à porção basal da Formação Perau, estando em contato tectônico com rochas miloníticas do Gnaiss Tigre.

De acordo com Faleiros *et al.* (2012), a unidade é composta por quartzitos de granulação fina a média, com intercalações de níveis micáceos, feldspáticos, conglomeráticos e, localmente, mármore dolomítico ou calcítico e xisto carbonático. Apresentam tanto estruturas sedimentares preservadas (acamamento tabular e estratificações cruzadas) quanto tectônicas (xistosidade milonítica paralela ao acamamento sedimentar, intensa lineação de estiramento desenvolvida em níveis mais micáceos e camadas boudinadas).

Nos trabalhos desenvolvidos no âmbito do projeto, essa unidade foi descrita nas proximidades das áreas das minas de Canoas, do Perau e da região de Água Clara. Foram observados quartzitos de granulação fina a média, maciços a friáveis, fraturados e com lineação mineral de estiramento (Figura 4.2 A e B).

#### 4.2.1.2 - Unidade de Xistos (MP1px)

A unidade de xistos, de maior expressão na Formação Perau, é caracterizada por quartzo-biotita xisto, quartzo-mica xisto e grafita-mica xisto,

localmente com granada e estauroлита. Nessa unidade ocorrem lentes de anfibolitos, provenientes de derrames vulcânicos básicos, e lentes de rochas carbonáticas, incluindo rochas calciossilicáticas (flogopita-tremolita-carbonato xisto e quartzo-biotita-calcita xisto), mármore calcíticos e dolomíticos com mineralizações polimetálicas associadas e zona enriquecida em barita e magnetita (FALEIROS *et al.* 2012).

Além das descrições dessa unidade durante os trabalhos de campo, ela também foi reavaliada nos testemunhos de sondagem do Projeto Anta Gorda (REPORT, 1981; 1982; 1983; 1984). Na região de Água Clara, ocorrem grafita-mica xistos alterados (Figura 4.3 A e B), localmente com cristais de magnetita, intercalados com mica xistos. Quartzo-mica xistos com foliação milonítica foram descritos próximos ao contato com a unidade de granada-mica xisto do Grupo Votuverava (Figura 4.3 C). Nos testemunhos de sondagem do projeto Anta Gorda ocorrem quartzo-biotita-sericita xisto, grafita-quartzo-biotita-sericita xisto com clivagem de crenulação (Figura 4.3 D) e granada-quartzo-biotita-sericita xisto, com sulfetação em pirita ocorrendo em alguns intervalos.

#### 4.2.1.2.1 - Lentes de anfibolitos (MP1pxb)

As lentes de anfibolito ocorrem como corpos tabulares intercalados na unidade de xistos. Nos tes-

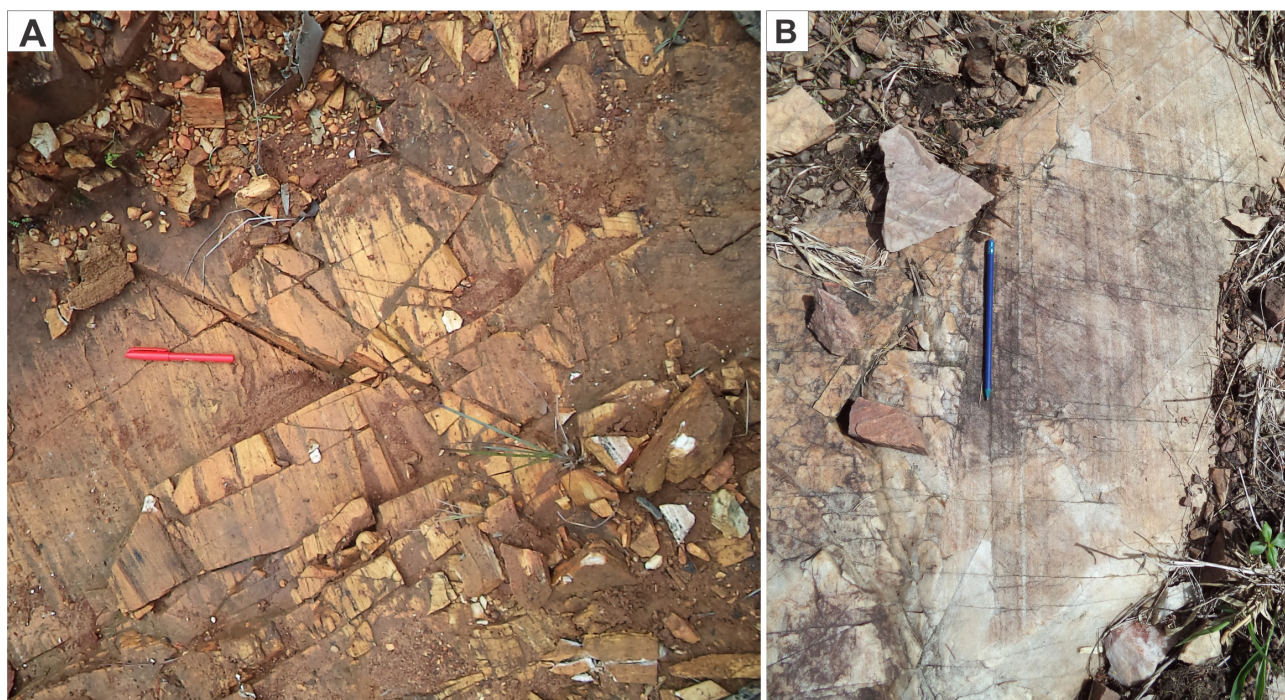


Figura 4.2. Ocorrências da unidade quartzítica da Formação Perau (MP1pqt). A) Afloramento de quartzito fraturado na região de Água Clara (4327-AD-019). B) Quartzito com forte lineação de estiramento mineral, na região da mina de Canoas (4327-AD-033). Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016.

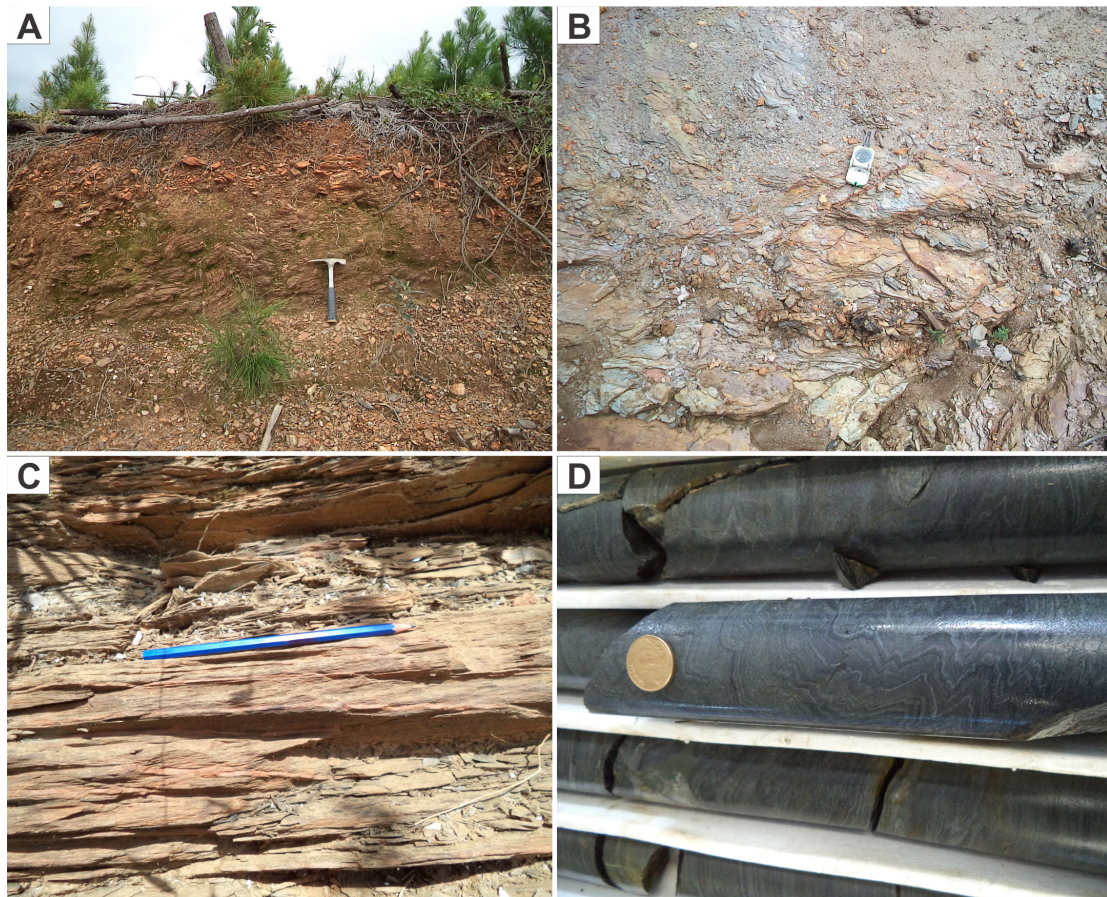


Figura 4.3. Ocorrências em campo (A, B e C) e em testemunho de sondagem (D) de rochas da unidade de xistos da Formação Perau (MP1px). A e B) Afloramentos de grafita-mica xisto na região de Água Clara (4327-AD-014 e 016). C) Mica xisto milonitizado (4327-AD-032). Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016.

temunhos de sondagem do Projeto Anta Gorda essas lentes são classificadas como biotita-anfibólio xistos (Figura 4.4 A) e anfibolito maciço com foliação incipiente (Figura 4.4 B), sendo possível ainda inferir suas espessuras em aproximadamente 30 metros. O

espessamento das camadas pode ocorrer por dobramentos e/ou falhas, entretanto quando analisadas as foliações presentes, esse não parece ser o caso das lentes interceptadas pelos furos, em especial o furo AG-01.

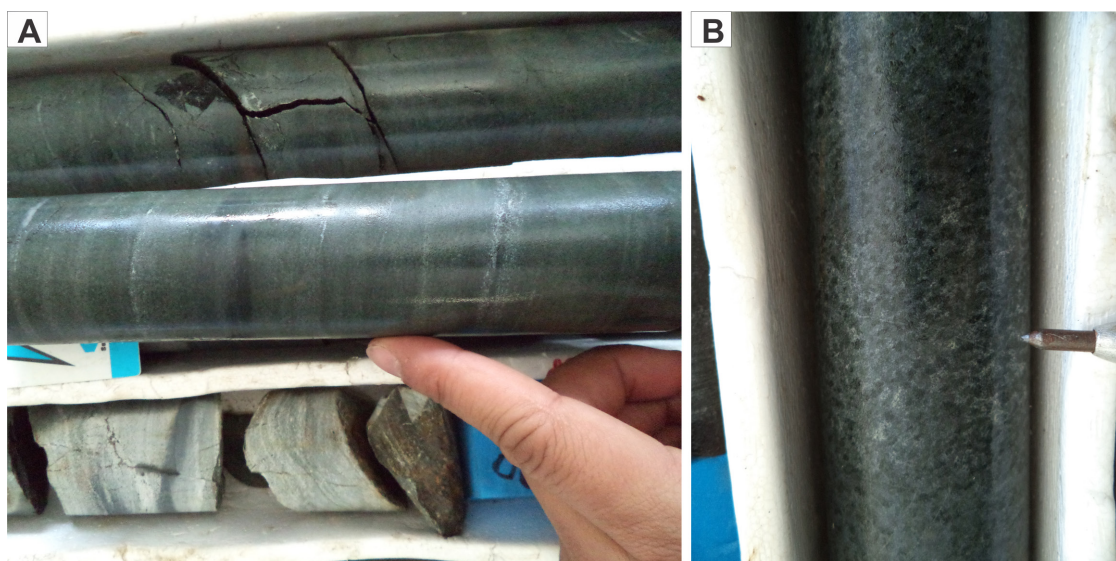


Figura 4.4. Lentes de anfibolitos da unidade de xistos da Formação Perau (MP1pxb) interceptadas no furo AG-01. A) Amostra de anfibólio xisto (AG-01: 48,00 metros). B) Amostra de anfibolito grosso da unidade de xistos (AG-01: 137,60 metros). Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016.

#### 4.2.1.2.2 - Lentes de calciossilicáticas (MP1pxc) 4.2.2 - Unidade de Micaxisto (MP1vomx)

As lentes de rocha calciossilicática, portadoras das mineralizações de Pb-Zn-Ag (Cu-Ba) que serão descritas em detalhe no capítulo das mineralizações polimetálicas (Capítulo 5), foram encontradas nas regiões das antigas minas do Perau e de Canoas e nos diversos testemunhos de sondagem do Projeto Anta Gorda. São compostas por flogopita-tremolita-carbonato xistos, tremolita-flogopita-quartzo-carbonato xistos, tremolita-carbonato xistos e mármores de composição calcítica a dolomítica, geralmente com aspecto bandando caracterizado por bandas centimétricas ricas em carbonato e bandas ricas em anfibólio e biotita (Figura 4.5 A e B). Os níveis de mármores apresentam aspecto maciço e podem ocorrer intercalados com rocha calciossilicática (Figura 4.5 C e D).

A unidade de micaxisto ocorre nas porções sudeste e noroeste da área, sendo limitada pelas zonas de cisalhamento Ribeira e Lancinha-Cubatão, respectivamente. Faleiros *et al.* (2012) descrevem faixas, ao longo dessas zonas de cisalhamento, com espessuras de 3 a 4 km constituídas por sericita-xisto fino, cinza-escuro, prateado a esverdeado, geralmente carbonoso, com xistosidade principal anastomosada e foliação lenticularizada milonítica. Na faixa milonítica da Zona de Cisalhamento Ribeira ocorrem ainda micaxistos finos miloníticos com granada e intercalações de anfibolito milonítico constituído, essencialmente, por tschermakita e andesina, indicando metamorfismo e milonitização em condições de fácies anfibolito (Faleiros e Campanha, 2004; Faleiros *et al.*, 2010). Segundo Faleiros *et al.* (2012), nas faixas fora da influência das zonas de cisalhamento predomi-

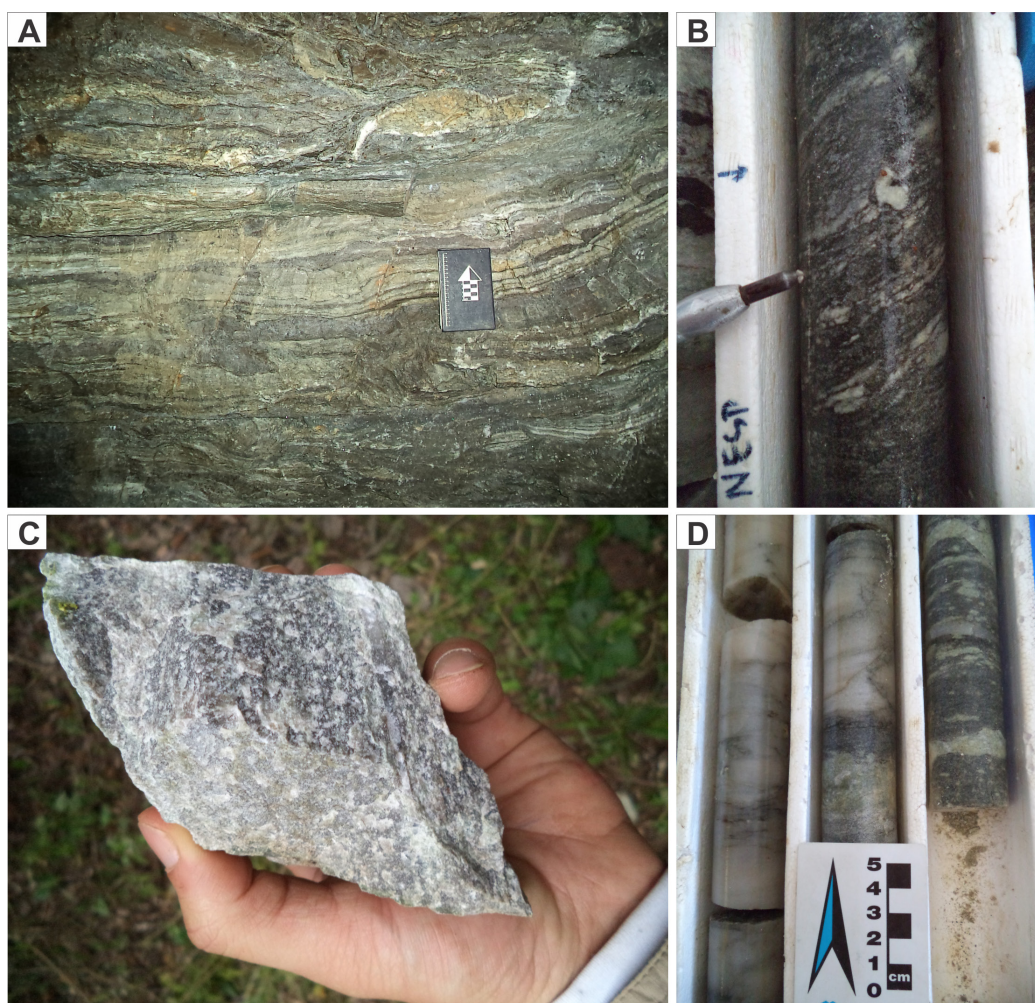


Figura 4.5. Ocorrências em campo (A e C) e em testemunho de sondagem (B e D) de rochas calciossilicáticas da unidade de xistos da Formação Perau (MP1pxc). A) Rocha calciossilicática com estruturação bandada na galeria da mina de Canoas 01. B) Amostra de rocha calciossilicática (tremolita-biotita-carbonato xisto) interceptada no furo AG-01 (profundidade: 247,00 m). C) Amostra de mão de rocha calciossilicática com bandamento (4327-AD-R-011). D) Intercalações entre flogopita-tremolita-carbonato xistos e lentes de mármore no furo AG-01 (profundidade: 315,00 m). Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016.

nam corpos de filito e metarritmito, além de corpos expressivos de metassiltito e lentes de rochas metabásicas.

#### 4.2.3 - Unidade de Granada Micaxisto (MP1vogx)

A unidade de granada micaxisto, presente nas porções noroeste e nordeste da área, compreende micaxistos grossos com porfiroblastos de granada e biotita. Faleiros *et al.* (2012) descrevem um bandamento metamórfico milimétrico a centimétrico marcado pela alternância entre níveis quartzosos brancos e níveis micáceos cinza-escuro como a estrutura principal dessa unidade. Uma estrutura sedimentar primária somente é reconhecível quando camadas de quartzito, mármore, rochas calciossilicáticas e rochas metavulcânicas básicas ocorrem intercaladas. A mineralogia principal consiste de muscovita, quartzo, biotita e granada com plagioclásio, turmalina, ilmenita e clorita como minerais acessórios.

Na área de estudo, foram descritos granada-micaxistos e quartzo-granada mica xistos com intenso grau de intemperismo e de fraturamento, a nordeste das galerias da região da mina de Canoas.

Basei *et al.* (2003) obtiveram idade U-Pb SHRIMP de  $1479 \pm 12$  Ma em zircões de amostras de anfíbolitos, que, de acordo com interpretações dos autores, indica a idade mínima de sedimentação dessa unidade. Já Faleiros *et al.* (2012) obtiveram idades ao redor de 1510 Ma (U-Pb LA-ICP-MS) em zircões detríticos extraídos de granada-micaxistos, colocando o intervalo de sedimentação da unidade entre 1480 e 1510 Ma.

#### 4.3 - Grupo Lajeado (MPI)

O Grupo Lajeado (Figura 4.1), originalmente definido como subgrupo (CAMPANHA *et al.*, 1986; CAMPANHA & SADOWSKY, 1999), compreende uma sequência de rochas siliciclásticas e carbonáticas submetidas a metamorfismo em fácies xisto verde inferior (CAMPANHA & SADOWSKY, 1999). Na área do projeto esse grupo é representado no extremo noroeste da área pelos metarritmitos da Formação Água Suja (MPas).

#### 4.4 - Formação Capiru (NPcp)

A Formação Capiru ocorre na porção sudeste da área e faz contato com rochas do Grupo Votuverava através da Zona de Cisalhamento Lancinha-Cu-

batão (Figura 4.1). A unidade, definida originalmente por Bigarella e Salamuni (1956), é representada na área do trabalho por metapelitos (filitos, metarritmitos e ardósias) da unidade metapelítica (NPcgp), por lentes de quartzito (NPcgpq) e por lentes de mármore (NPcgpmm).

#### 4.5 - Granito Varginha (NP3yava)

O Granito Varginha ocorre na porção noroeste da área e possui uma forma alongada na direção NE-SW (Figura 4. 1). Compreende rochas granitoides leucocráticas de granulação grossa, equigranular ou porfirítica com composições que variam entre monzonito, monzodiorito e granodiorito (FALEIROS, *et al.* 2012).

#### 4.6 - Suíte Alcalina Tunas (Kλt)

A Suíte Alcalina Tunas (Trein *et al.*, 1967) ocorre na porção sudoeste da área e possui uma forma alongada na direção NW-SE, intrudindo os metassedimentos da unidade de granada-micaxisto do Grupo Votuverava e das unidades de xisto e quartzito da Formação Perau. Inicialmente, foi descrita por Train *et al.* (1967) como composta predominantemente de sienitos com brechas vulcânicas associadas. Fuck (1972) individualizou mais dois litotipos, dioritos e gabros, além de diques de composição alcalina (traquito, microssienito e bostonito), veios pegmatóides, cataclásitos e agmatitos, e Vasconcelos (1991) e Vasconcelos & Gomes (1992) caracterizaram sete corpos de brechas vulcânicas distintas. Siga Junior *et al.* (2007) obtiveram idades por U-Pb em zircão de sienito de  $82,7 \pm 0,7$  Ma (ID-TIMS) e  $84,7 \pm 1,2$  Ma (SHRIMP), que foram interpretadas como idades de cristalização da suíte.

#### 4.7 - Depósitos aluvionares (Q2a)

Ocorrem no extremo sudoeste da área do Perau, sendo constituídos de depósitos nas margens, fundos e planícies de inundação de rios, as areias, cascalheiras, siltes, argilas e, localmente, turfas, resultantes dos processos de erosão, transporte e deposição a partir de áreas-fonte diversas.

## 5 – MINERALIZAÇÕES POLIMETÁLICAS

As primeiras descobertas de recursos minerais na Formação Perau datam de meados de 1920, quando ocorrências de cobre foram identificadas, tendo sido exploradas durante o período da Segunda Guerra Mundial (SOUZA, 1972). Souza (1972) realizou os primeiros trabalhos de avaliação das reservas cupríferas com a cubagem dessas reservas (Tabela 5.1).

O avanço das pesquisas minerais na região das galerias de cobre culminou com a descoberta de um nível, estratigraficamente acima da mineralização de cobre, contendo importantes mineralizações de Pb-Zn-Ag. De acordo com Daitx (1996), as atividades de lavra na região do Perau iniciaram-se a partir de 1974, através de lavra a céu aberto. Na área de Canoas, os trabalhos de pesquisa foram iniciados a partir de 1976, resultando na descoberta de mineralização semelhante à encontrada na região do Perau. A tabela 5.2 apresenta os dados históricos, segundo Daitx (1996), das reservas e do minério total lavrado nas regiões de Perau e Canoas.

A partir dos trabalhos de sondagem executados em parceria entre a CPRM e a JICA/MMAJ (REPORT, 1983 e 1984) novas estimativas de reservas foram realizadas na área da mina do Perau (Tabela 5.3). As sondagens confirmaram a extensão das mi-

neralizações a sudoeste da mina e incrementaram substancialmente as reservas.

Atualmente, nenhuma das minas de Pb, Zn, Ag e Cu da área do estudo encontram-se em atividade, entretanto, essas áreas mineralizadas estão requeridas junto à Agência Nacional de Mineração (ANM). As principais substâncias metálicas requeridas são zinco, chumbo e cobre; destacam-se ainda, os processos onde o calcário, rochas ornamentais, ferro, fluorita, bauxita e outras substâncias são alvos de estudo (Figura 5.1). Os processos na área estão em diferentes etapas junto à ANM, desde a fase de concessão de lavra (ex: Galeria de Canoas 01, área do Perau) até as fases iniciais de requerimento de pesquisa.

As principais mineralizações que ocorrem na área do estudo serão descritas ao longo deste capítulo e detalhadas as áreas das minas do Perau e Canoas

### 5.1 - Área da Mina do Perau

As mineralizações polimetálicas associadas à área da mina do Perau foram descritas nesse trabalho em três locais principais (Galeria do Cobre, Mina do Perau e SW-Perau) que possuem características distintas, detalhadas a seguir.

Tabela 5.1. Dados relativos às reservas de minério de cobre, segundo Souza (1972).

Depósito	RESERVAS					
	Medida (t)	Indicada (t)	Inferida (t)	Total (t)	Teor-Cu (%)	Cu contido (t)
Faria	6.700	107.520	67.200	181.420	2,2	3.991
Galerias	138.240	69.120	622.080	829.440	2,0	16.588

Tabela 5.2. Dados relativos às reservas de Pb-Zn-Ag nas áreas de Perau e Canoas, segundo Daitx (1996).

Depósito	Reserva Medida (t)	Teores do Minério			Minério Contido			Minério Lavrado				
		Pb (%)	Zn (%)	Ag (ppm)	Pb (t)	Zn (t)	Ag (t)	Produção (t)	Teores			
									Pb (%)	Zn (%)	Ag (ppm)	
Canoas	967.801	3,1	3,5	63	30.001	33.873	60,9	342.989	2,6	2,6	61	
Perau	337.717	4,04	1,13	57	13.643	3.816	19,2	200.000*	6,1	-	67	

Tabela 5.3. Reservas de Pb-Zn-Ag nas áreas do Perau e Perau-SW, segundo Daitx (1996).

Depósito	Reservas				Teores			Minério Contido		
	Medida (t)	Indicada (t)	Inferida (t)	Total (t)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (ppm)	Pb (t)	Zn (t)	Ag (t)
Perau	337.717	393.385	757.867	1.488.969	4,04	1,13	57	59.993	16.780	84.8
Perau-SW	-	-	1.000.000	1.000.000	4,00	2,00	80	40.000	20.000	80.0



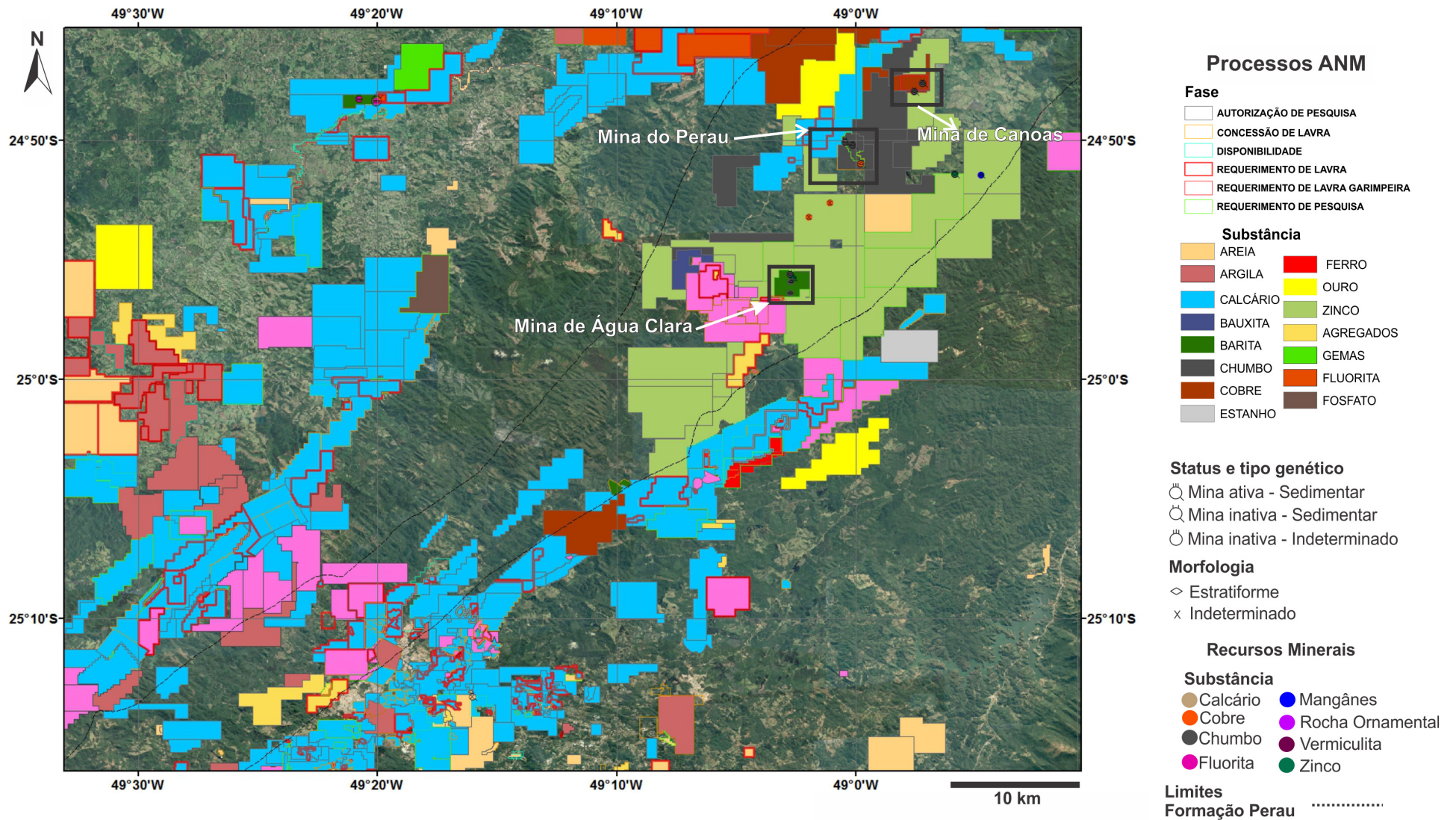


Figura 5. 1. Situação legal das áreas na base digital (SIGMINE) da ANM (07/2017) e pontos de recursos minerais. Fonte: Elaborado por Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2017

### 5.1.1 - Galeria do Cobre

Na área conhecida como Galeria do Cobre, onde são citados os primeiros registros de mineração na região, ocorre um nível rico em Cu caracterizado por malaquita, azurita, calcopirita oxidada e óxidos de Fe, hospedada em metadolomito da lente de rochas calciossilicáticas (MP1pxc) da unidade de xistos (MP1px). A mineralização é concordante com o metadolomito (Figura 5.2 A e B), apresentando, em

média, 20 centímetros de espessura em toda extensão da galeria (40 metros de comprimento).

O metadolomito que hospeda a mineralização possui aspecto maciço e coloração branca com foliação ( $S_n/S_0$ ) de direção N40E/32NW cortada por fraturas de direção N80E/80SW. Ao longo do nível mineralizado, na intersecção com as fraturas subverticais, ocorre remobilização em escala centimétrica a decimétrica. (Figura 5.3).

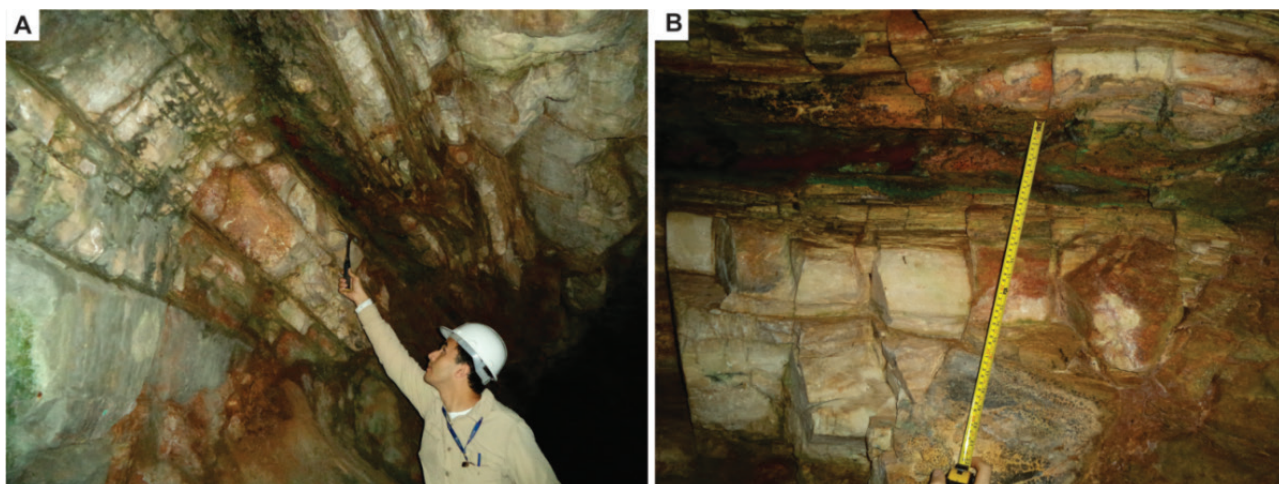


Figura 5. 2. Características gerais do minério na Galeria do Cobre (Mina do Perau). A e B) Nível mineralizado em cobre concordante com o metadolomito. Fotografias: A – Francisco Ferreira de Campos e B – Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016.



Figura 5. 3. Nível mineralizado em cobre, com remobilização local em fratura subvertical que intersecta a camada. Fotografia: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016.

Em lâmina delgada, o dolomito é classificado como um metadolomito impuro, sendo composto prioritariamente por cristais de dolomita (85%) e quartzo (15%) com cristais prismáticos de biotita (<1%) como acessórios (Figura 5.4 A e B). Em níveis mais ricos em quartzo ocorre sulfetação finamente disseminada (Figura 5.4 C e D) que é caracterizada por cristais submilimétricos de calcopirita com e sem película de oxidação (Figura 5.5 A e B). Associado às fraturas que cortam a rocha ocorrem níveis de remobilização com galena e esfalerita (Figura 5.5 C e D). Esses níveis podem ter origem no nível com mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba), que ocorrem estratigraficamente acima do pacote de metadolomitos mineralizados em cobre.

A mineralização, localmente, apresenta-se brechada e com intensa silicificação. Análise química do intervalo brechado forneceu importantes teores de cobre, prata, arsênio e ouro (Figura 5.6 A e B). O

nível mineralizado difere em relação às características das mineralizações da região de Canoas (descrito no item 5.2) pela presença de intervalo mineralizado em cobre com ouro associado ao metadolomito, estratigraficamente abaixo da mineralização de Pb-Zn-Ag. Aspectos texturais e conteúdo metálico diferentes das mineralizações típicas da Formação Perau sugerem a entrada posterior de fluidos com características (salinidade, temperatura e pH) distintas a dos fluidos responsáveis pela mineralização de Pb-Zn-Ag. Essa informação abre a possibilidade de ocorrência de outros níveis mineralizados e/ou níveis com sobreposição de eventos mineralizantes, inclusive com importantes teores de Au.

Em lâmina delgada, o intervalo de aspecto brechoso é caracterizado por bandas de quartzo de granulção média com extinção ondulante, com indícios de recristalização, por bandas de quartzo de granulção fina e por filmes de minerais opacos (Figura 5.7 A

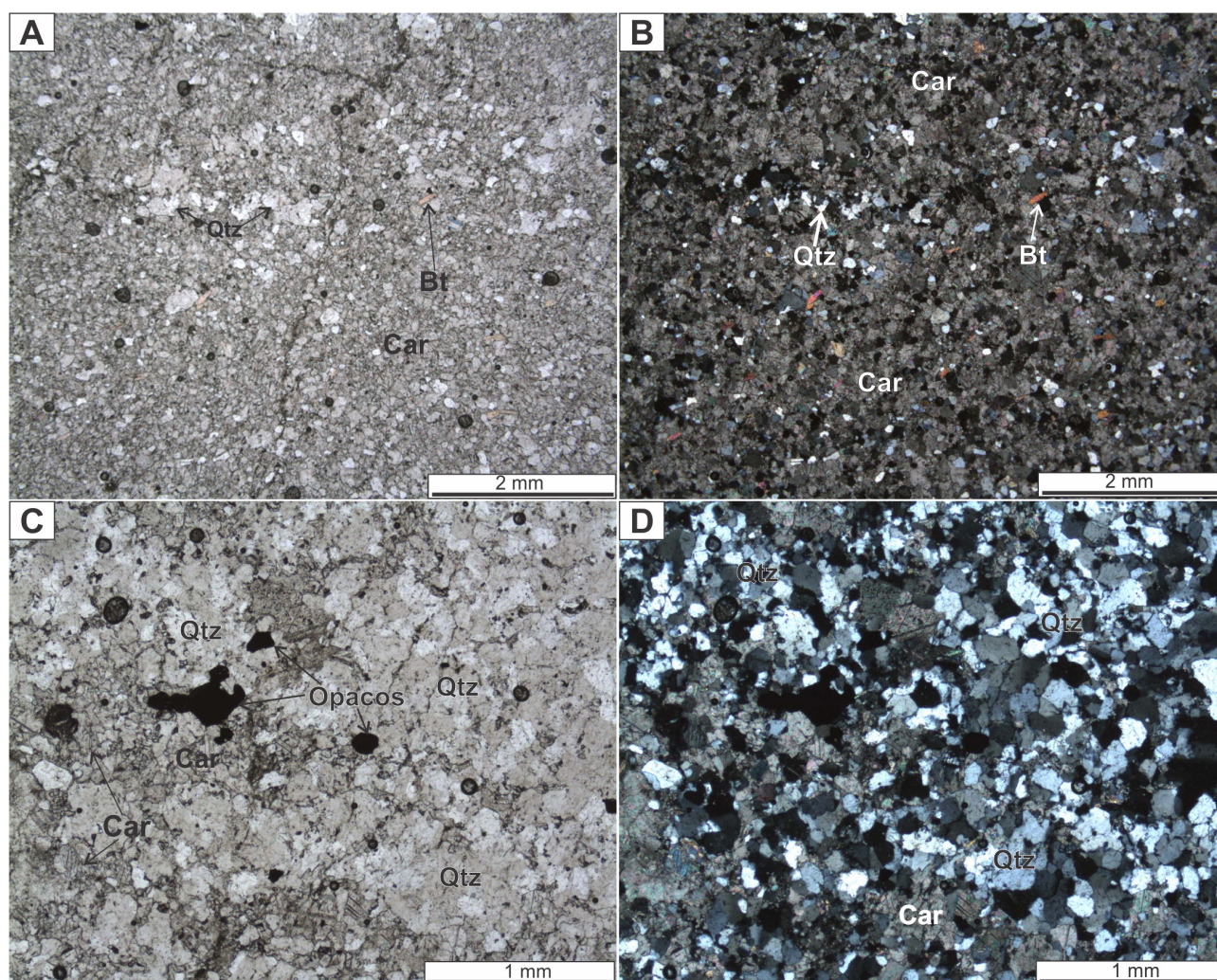


Figura 5.4. Detalhes do metadolomito que hospeda o nível mineralizado em cobre. A e B) Metadolomito impuro composto por cristais de carbonato (dolomita), quartzo e biotita. A - luz transmitida e polarizadores paralelos; B - luz transmitida e polarizadores cruzados. C e D) Nível rico em quartzo com sulfetação finamente disseminados. C - luz transmitida e polarizadores paralelos; D - luz transmitida e polarizadores cruzados. Abreviações dos minerais: Qtz - quartzo, Bt - biotita, Car - carbonato. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

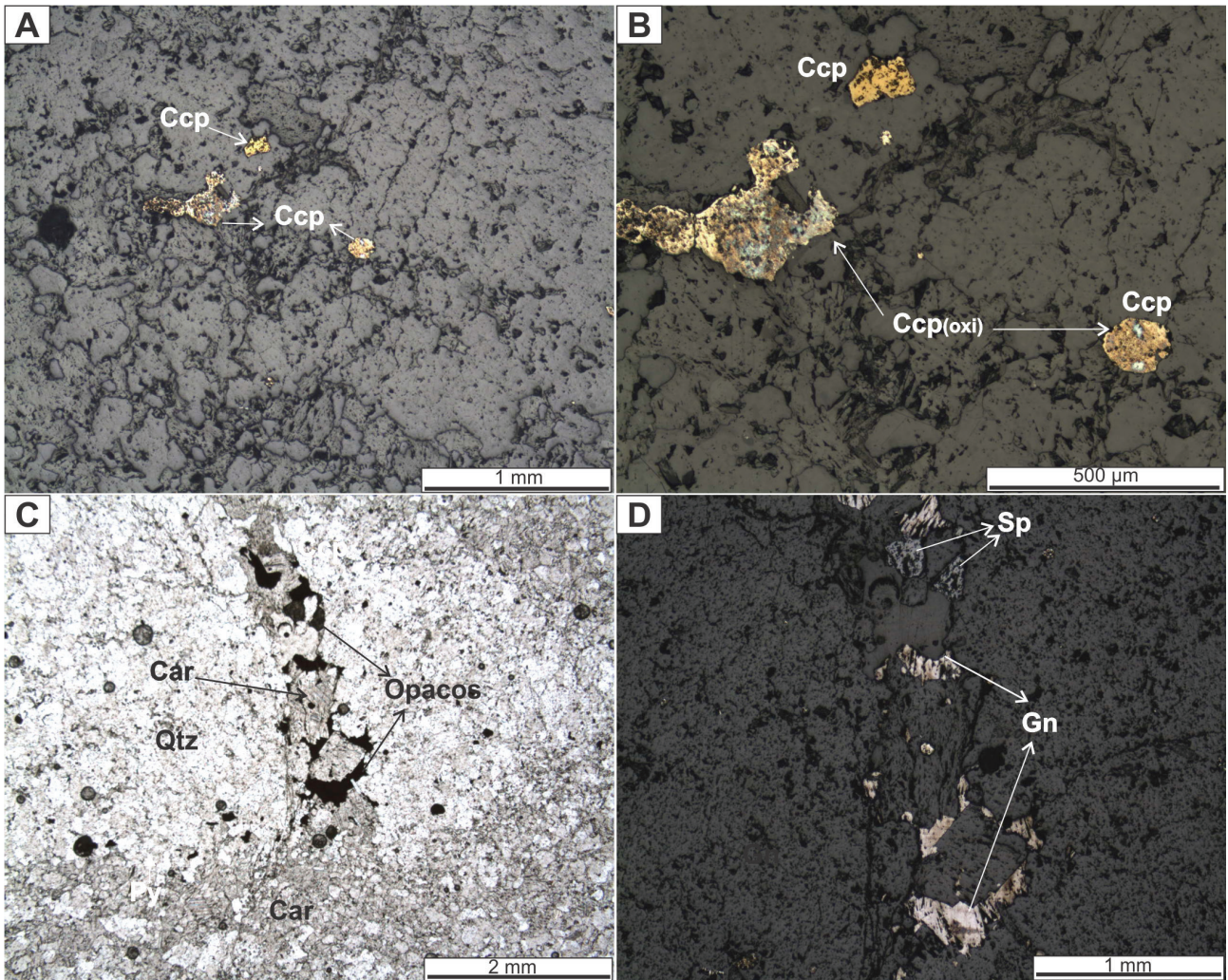


Figura 5.5. Detalhes da sulfetação associada ao metadolomito. A e B) Detalhe de cristal de calcopirita e cristais parcialmente oxidados A - luz refletida e polarizadores paralelos; B - luz refletida e polarizadores paralelos. C e D) Nível de remobilização ao longo de fratura com galena e esfalerita. C - luz transmitida e polarizadores paralelos; D - luz refletida e polarizadores paralelos cruzados. Abreviações dos minerais: Qtz - quartzo, Ccp - calcopirita, Gn - galena, Sp - esfalerita, Car - carbonato. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

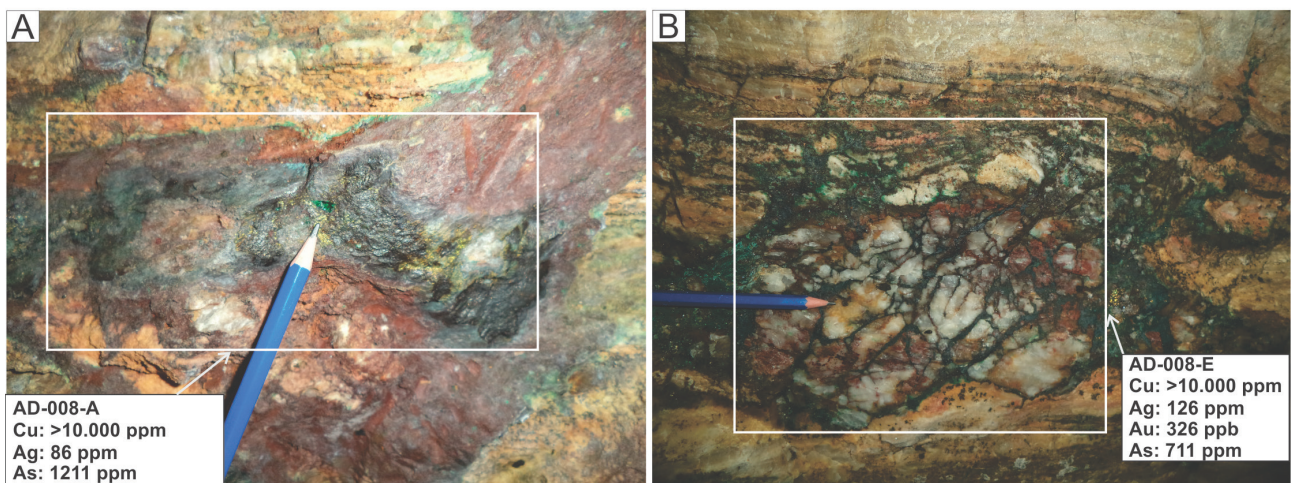


Figura 5.6. A) Nível com mineralização de cobre oxidada. B) Nível brechado com silicificação associada. Observar teores significativos de Au e As nesse nível. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

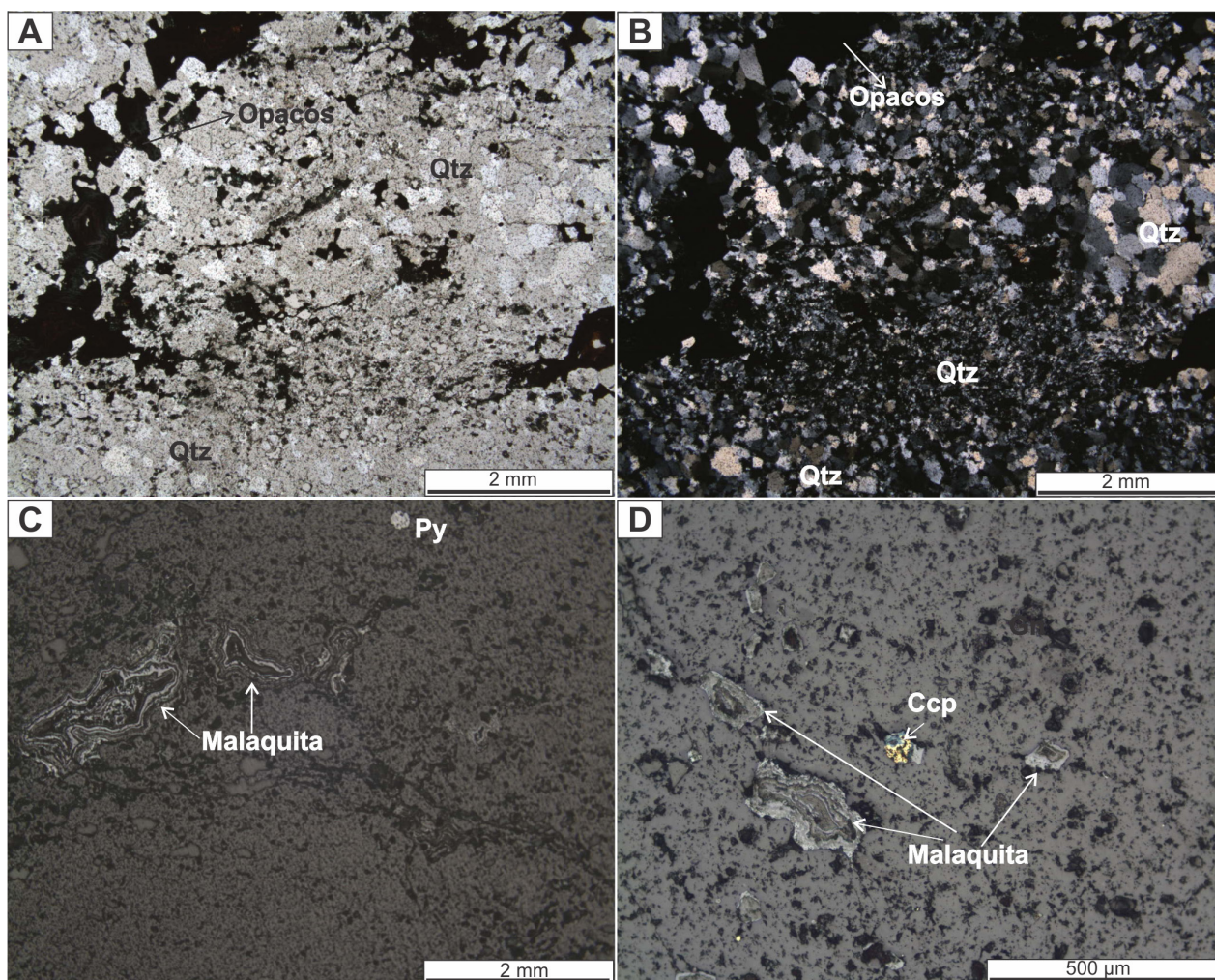


Figura 5. 7. Características gerais do nível mineralizado de aspecto brechoide. A e B) Detalhe de cristal de calcopirita e cristais parcialmente oxidados. A - luz transmitida e polarizadores paralelos; B - luz transmitida e polarizadores cruzados. C e D) Detalhe de cristais de malaquita com hábito botroidal e cristal de calcopirita oxidada. C e D - luz refletida e polarizadores paralelos. Abreviações dos minerais: Qtz - quartzo, Ccp - calcopirita - Py - pirita. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

e B). Os minerais de minério são produtos de alteração intempérica dos minerais de cobre primário, em geral calcopirita, o que é confirmado pela ocorrência de cristais de calcopirita parcialmente alterados para malaquita. Ocorrem, principalmente, cristais de malaquita milimétricos com hábito botroidal e alguns cristais de calcopirita parcialmente oxidados (Figura 5.7 C e D).

### 5.1.2 - Mina do Perau

Atualmente na área da antiga mina de Pb-Zn-Ag do Perau não é possível acessar as galerias onde a lavra subterrânea ocorreu, uma vez que a maioria dessas estão inacessíveis devido a desabamentos (Figura 5.8 A). As principais informações acerca das características das mineralizações na área do Perau foram obtidas a partir da descrição de amostras que se encontravam em pilhas de materiais removidos das antigas galerias (Figura 5.8 B). Outras informa-

ções foram obtidas da descrição de afloramentos em perfis realizados na região.

As amostras descritas ao longo da pilha de material removido são caracterizadas pelo predomínio de blocos de rocha calciossilicática com barita e por intensa sulfetação em calcopirita e pirita com galena e esfalerita ocorrendo de forma subordinada (Figura 5.9 A). Outros blocos apresentam intensa alteração intempérica, onde os sulfetos de cobre foram total ou parcialmente alterados para malaquita (Figura 5.9 B).

As amostras descritas em lâmina delgada são classificadas como rochas calciossilicáticas, compostas essencialmente por carbonato (35-45%), tremolita (20-35%), muscovita (5-10%), barita (5-10%) e sulfetos (10-15%) (Figura 5.10 A e B). Apresentam foliação granoblástica, marcada pela orientação dos cristais de carbonato. Os cristais de tremolita formam agregados fibro-radiais (Figura 5.10 C e D) com sulfetação associada.



Figura 5.8. A) Entrada de antiga galeria, na região da mina do Perau, com desabamento. B) Pilha de rejeito e/ou material de baixo teor extraído na região da Mina do Perau. Fotografias: a - Anderson Dourado Rodrigues da Silva e B - Mariane Brumatti, 2016

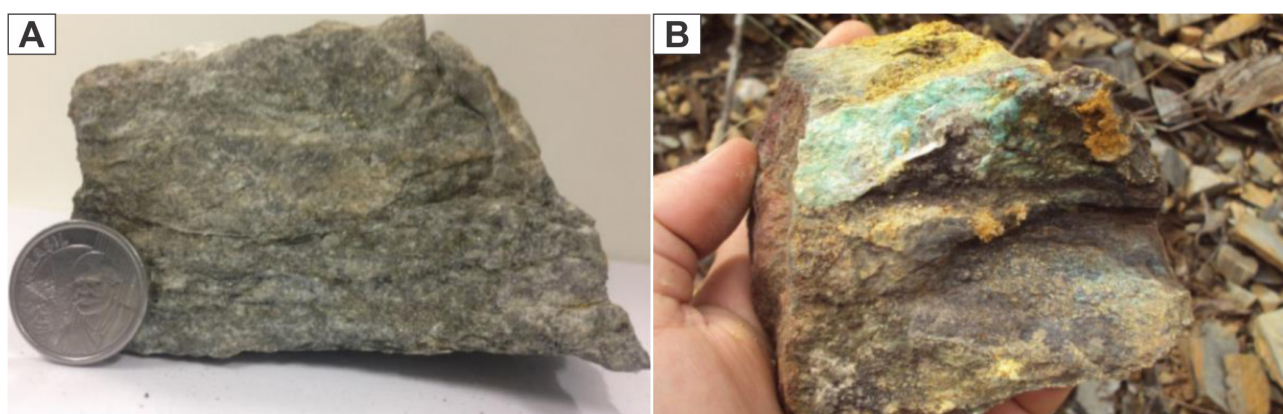


Figura 5.9. A) Amostra de mão, retirada de pilha de material removido, de rocha calciossilicática com calcopirita e pirita disseminada e com galena e esfalerita de forma subordinada. B) Amostra de mão com alteração supergênica marcada por malaquita. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

Predominam na fase sulfetada (Figura 5.11 A, B, C e D) cristais de pirita e calcopirita com esfalerita e galena ocorrendo de forma subordinada. Covelita ocorre como possível produto da alteração supergênica dos cristais de calcopirita, entretanto sua ocorrência pode refletir mudança nas condições do fluido mineralizante que pode ter evoluído de reduzido (precipitação da calcopirita) para intermediário (precipitação da covelita). A sulfetação possui na lâmina aspecto tardio e que pode ser evidência de precipitação pós-sedimentar.

Em afloramento localizado na antiga estrada que dá acesso à área da mina ocorre uma rocha calciossilicática composta por tremolita (30-40%),

biotita (25-30%), quartzo (15-20%), carbonato (10-15%) e sulfetos (5%). Apresenta granulação média com domínios de textura granoblástica, marcada pela orientação dos cristais de quartzo e carbonato, intercalados com domínios de texturas lepidoblástica e nematoblástica (Figura 5.12 A e B), caracterizadas pela orientação dos cristais de biotita e tremolita, respectivamente, marcando um bandamento. Associada aos domínios de texturas lepidoblástica e nematoblástica ocorrem cristais de galena disseminados e orientados segundo à foliação principal da rocha (Figura 5.12 C e D). Tal feição é explicada pela plasticidade da galena quando submetida à deformação.

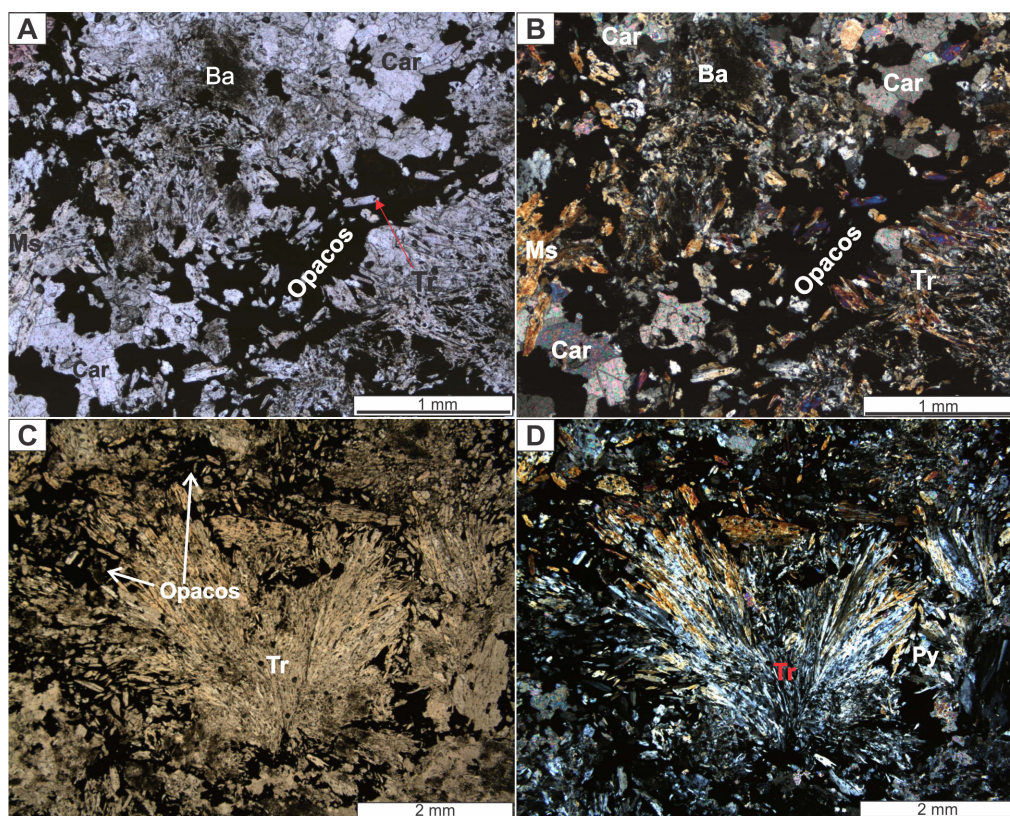


Figura 5.10. A e B) Arranjo entre os minerais de ganga (carbonato, muscovita, barita e tremolita) e os minerais de minério (opacos). C e D) Relação entre os cristais fibro-radiais de tremolita e os minerais opacos. A e C - luz transmitida e polarizadores paralelos; B e D - luz transmitida e polarizadores cruzados. Abreviações dos minerais: Ba – barita, Car – carbonato, Ms – muscovita, Tr – tremolita. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

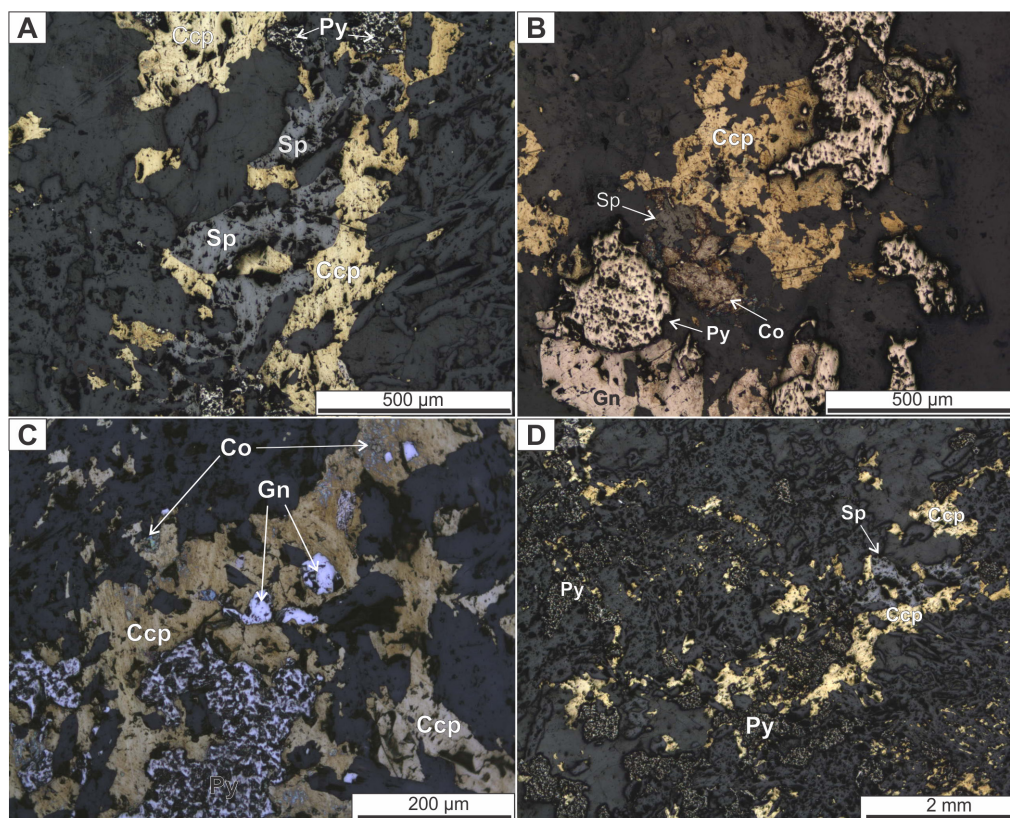


Figura 5.11. A - D) Relações entre a fase sulfetada, com predominância de calcopirita e pirita e com esfalerita e galena ocorrendo de forma subordinada. A, B, C e D – luz refletida e polarizadores paralelos. Abreviações dos minerais: Co – covelita; Ccp- calcopirita; Gn – galena; Sp – esfalerita; Py – pirita. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

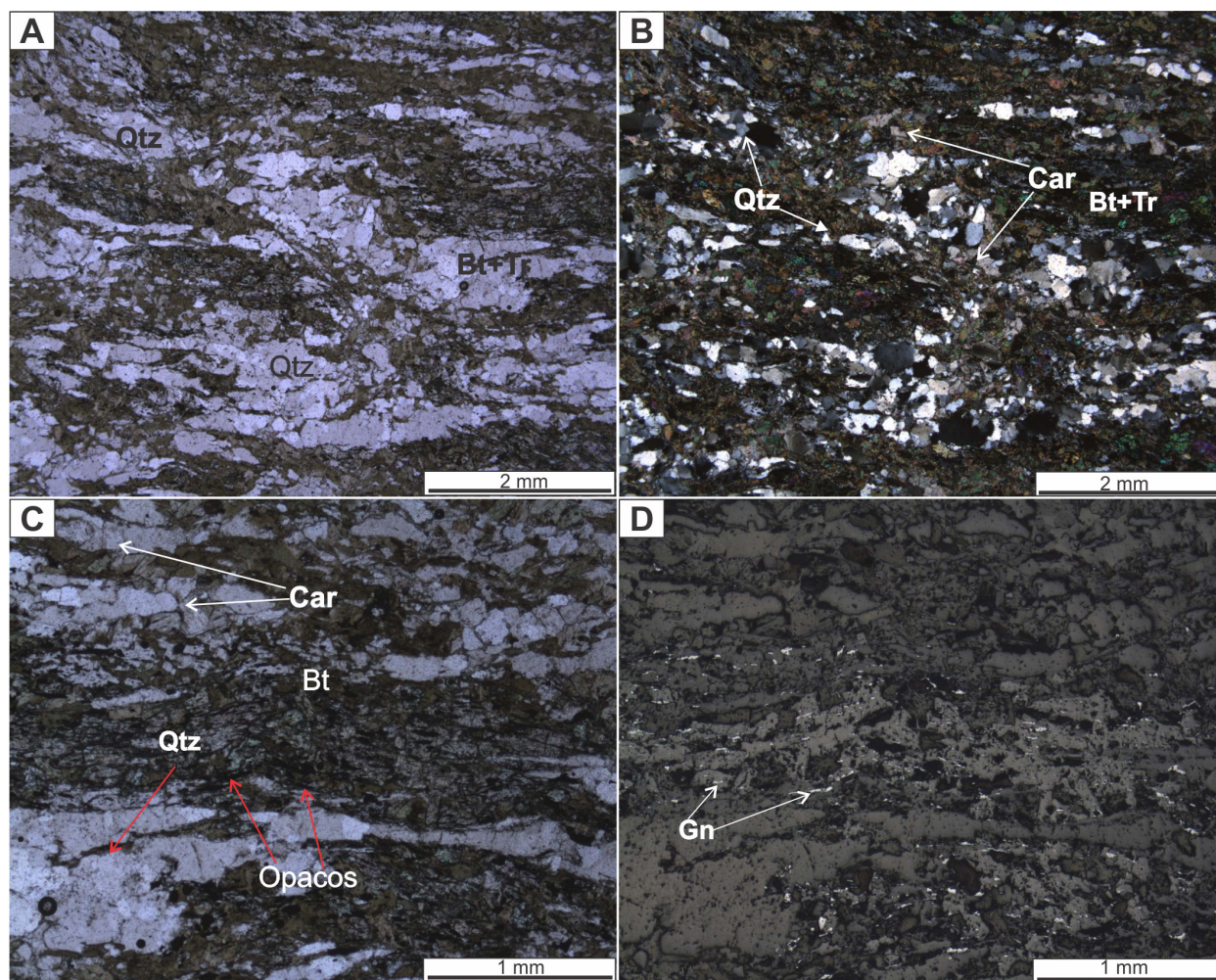


Figura 5. 12. A e B) Domínios de textura granoblástica intercalados por domínios de textura lepidoblástica e nematoblástica. C) Minerais opacos (galena), associados aos domínios de textura lepidoblástica e nematoblástica, orientados segundo a foliação principal e D) Detalhe dos cristais de galena orientados segundo a foliação principal da rocha. A e C - luz transmitida e polarizadores paralelos; B - luz transmitida e polarizadores cruzados; D - luz refletida. Abreviações dos minerais: Qtz - quartzo; Car - carbonato; Bt - biotita; Tr - tremolita; Gn - galena. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

### 5.1.3 - SW-Perau

Durante a realização do Projeto Anta Gorda (REPORT, 1983; 1984), foram realizados seis furos de sondagem na área a sudoeste da mina do Perau (SW-Perau). Essa campanha de sondagem teve por objetivos definir os limites, na direção sudoeste, do corpo mineralizado e testar as anomalias de condutividade obtidas no levantamento de geofísica terrestre. Os furos confirmaram a continuidade da zona mineralizada e contribuíram para a ampliação das reservas conhecidas na área do Perau (Tabela 5.3).

Informações acerca da estratigrafia da Formação Perau e correlação com a zona mineralizada foram obtidas por meio da descrição dos testemunhos de sondagem e da confecção de lâminas para análise petrográfica e de microsonda eletrônica.

Os trabalhos de descrição dos testemunhos de sondagem, do furo AG-01, envolveram ainda a deter-

minação dos teores dos elementos chumbo, zinco, e enxofre por meio da análise de Fluorescência de Raios X portátil (FRXp), variações químico-mineralógicas por meio do uso da Espectroscopia de Reflexância (descritas no capítulo 6) e correlações dos furos com os dados reavaliados de geofísica terrestre, obtidos no Projeto Anta Gorda (REPORT, 1982).

O testemunho de sondagem do furo AG-01 possui 331,15 m (Figura 5.13) nos quais ocorrem interceptados todos os litotipos descritos por Faleiros *et al.* (2012). Os primeiros 235 metros são caracterizados por intercalações entre (granada)-(grafita)-quartzo-biotita-sericita xisto (MP1px) localmente com pirita e pirrotita disseminada e lentes métricas a decamétricas de anfibólio xisto a anfibolito (MP1pxb). Entre 235 e 320 m, a unidade de xistos é marcada por intercalações de rocha calciossilicática (MP1pxc) (anfibólio-carbonato-biotita-xisto com e sem magnetita e o horizonte mineralizado), grafita-sericita xistos e lentes centimétricas a métricas de



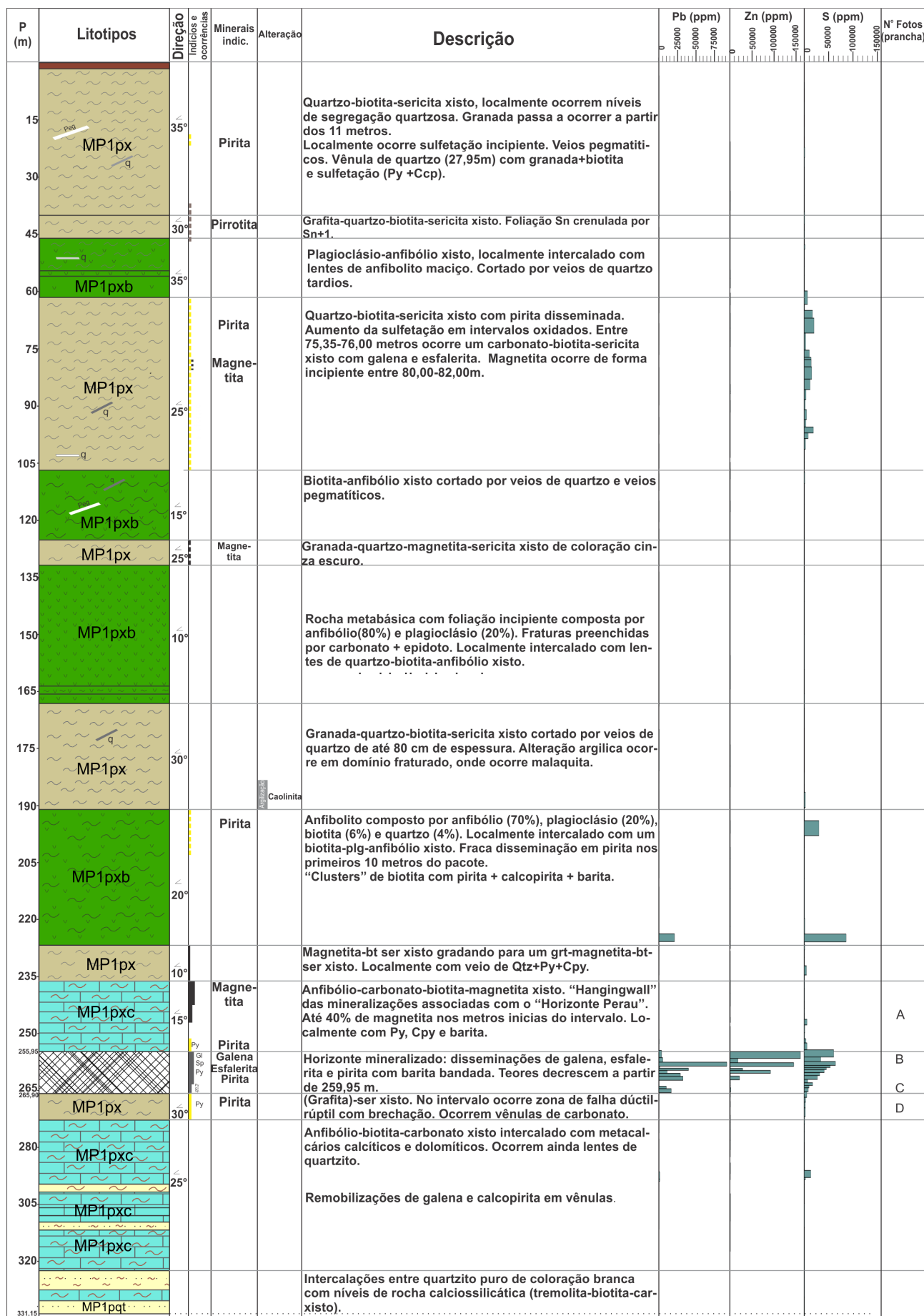


Figura 5.13. Seção esquemática dos testemunhos do furo de sondagem AG-01 com as principais características observadas e teores de Pb, Zn e S obtidos por meio de FRXp. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

quartzito. A partir de 320 metros, passa a predominar o quartzito (MP1pqt), que ocorre até o final do testemunho (331,15m).

O horizonte mineralizado (255,95 - 265,90 m) é caracterizado por intensa disseminação (localmente são observados níveis maciços) de galena e esfalerita (Figura 5.14 A e B) em rocha de composição calciossilicática com presença de barita.

Estratigraficamente acima do nível mineralizado ocorre rocha calciossilicática rica em magnetita (até 40%). Esse nível (Figura 5.14 C) é descrito como o “hangingwall” das mineralizações de Pb-Zn-Ag-Cu na área da Formação Perau e é um guia prospectivo para novas ocorrências. Abaixo do horizonte mineralizado (265,90 - 272,00 m) ocorre um grafita-sericita-xisto em zona de cisalhamento dúctil-rúptil (Figura 5.14 D) descrito por Daitx et al. (1983) como o “footwall” das mineralizações.

Correlações por meio de seções geológicas com os demais furos também foram feitas a fim de compreender a geometria e o comportamento dos teores (chumbo, zinco, prata, cobre, bário) do nível mineralizado em profundidade. Na seção geológica gerada, verifica-se o horizonte mineralizado associado ao xisto, envolto por rochas calciossilicáticas, que recobrem a unidade quartzítica (Figura 5.15).

Um total de 23 lâminas polidas foram confeccionadas a partir de amostras de diferentes intervalos dos testemunhos dos furos de sondagem do projeto Anta Gorda, de forma a se identificar a paragênese sulfetada do horizonte mineralizado, bem como as principais relações texturais entre os minerais de minério e a ganga. Associados aos intervalos mineralizados, os minerais mais comuns são: carbonato, barita, tremolita, biotita/flogopita e quartzo. Os principais minerais de minério identificados nas descri-

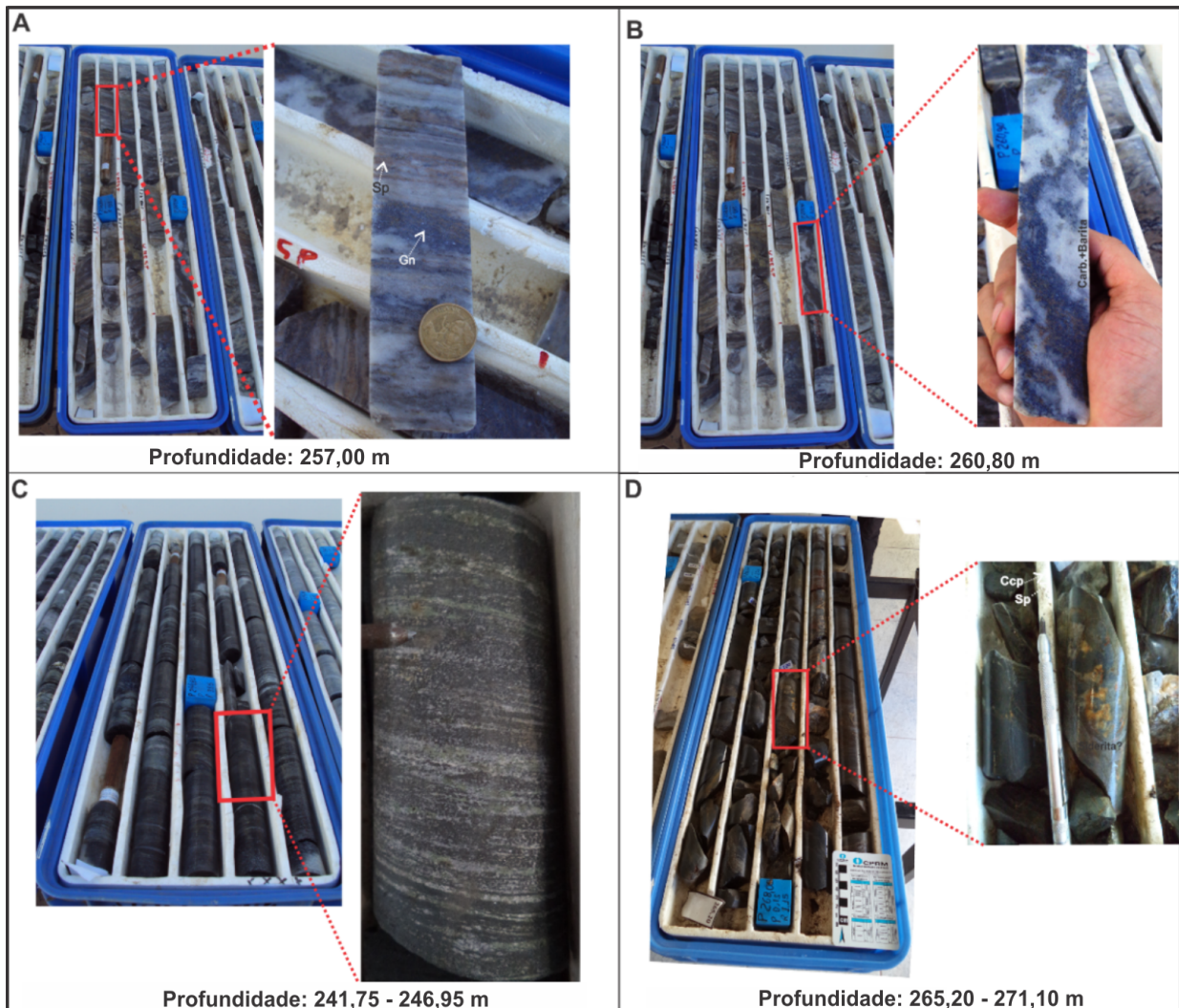


Figura 5.14. Aspectos importantes nas amostras do testemunho do furo de sondagem AG-01, executado no “Projeto Anta Gorda”. A) Aspectos da mineralização com níveis milimétricos a centimétricos de sulfeto maciço (galena e esfalerita), intercalados a níveis ricos em carbonato e barita; B) Nível mineralizado com disseminação de esfalerita e galena em matriz com carbonato e barita. C) Rocha calciossilicática rica em magnetita, “hangingwall” das mineralizações de Pb-Zn-Ag-Cu; D) Grafita-sericita xisto com intenso fraturamento e presença de carbonatos ricos em ferro (siderita).

Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

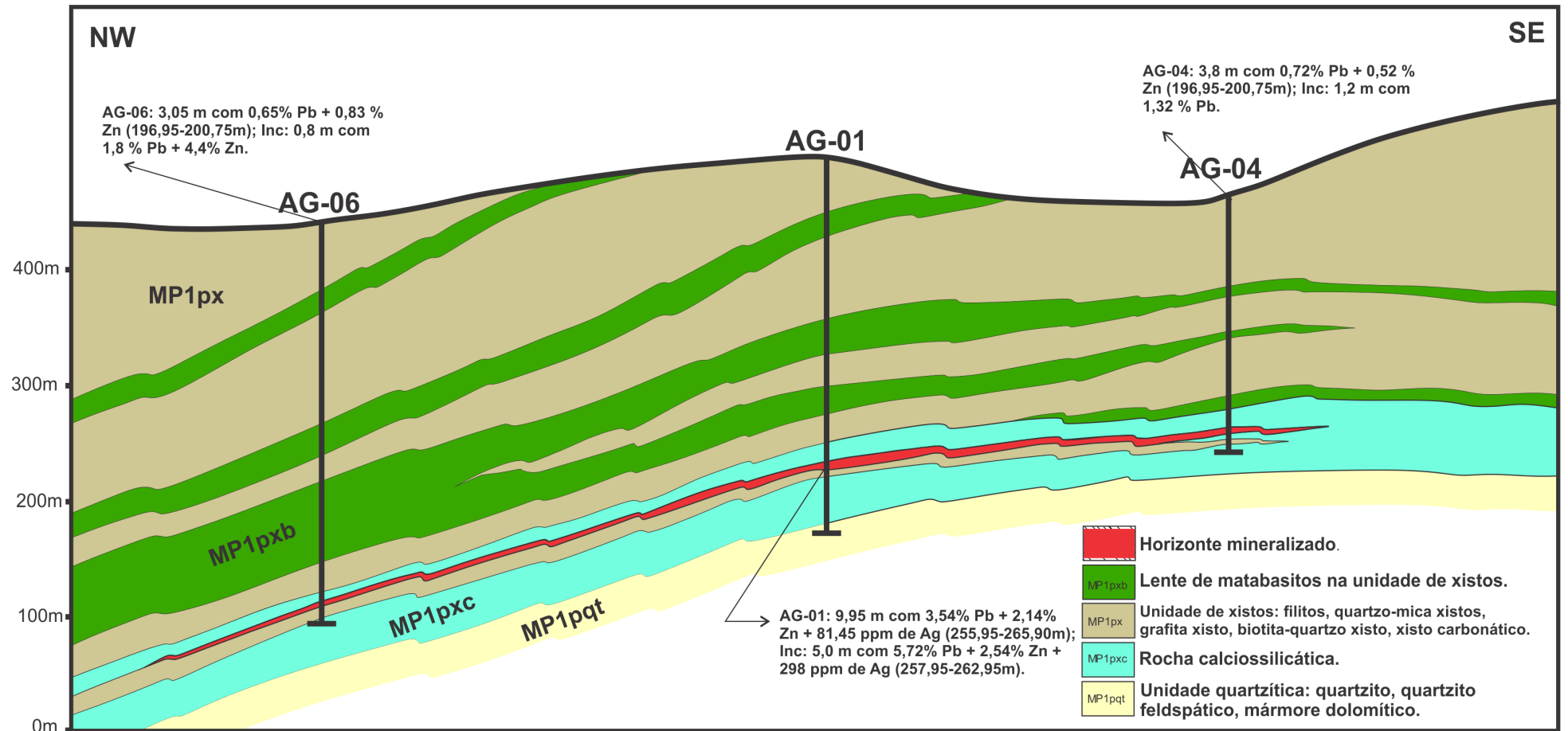


Figura 5. 15. Seção geológica mostrando a correlação do furo de sondagem AG-01 com os furos AG-06 e AG-04 e os respectivos teores da zona mineralizada interceptada. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016.

ções petrográficas são: galena, esfalerita, calcopirita e pirita. Localmente, ocorrem arsenopirita e covelita como produto de alteração da calcopirita. Algumas fases sulfetadas portadoras de importantes teores de prata, associadas com galena, foram determinadas a partir de análises de microsonda eletrônica.

Em geral, o intervalo mineralizado é caracterizado por disseminações de galena e esfalerita em matriz rica em carbonato, tremolita, quartzo e barita. Por vezes, ocorrem lâminas milimétricas a centimétricas de sulfeto maciço.

Em domínios caracterizados pela alternância de bandas de carbonato com bandas quartzosas (Figura 5.16 A e B) os sulfetos ocorrem associados à primeira preenchendo interstícios nos contatos entre os cristais de carbonato (Figura 5.16 C e D).

Domínios descritos em escala macroscópica como lentes de sulfeto maciço intercaladas com lâminas de flogopita e tremolita, são caracterizados

microscopicamente pela ocorrência de sulfetos com tremolita. Esse intervalo evidencia o caráter plástico da galena quando submetida à deformação e metamorfismo, onde as remobilizações da fase sulfetada possivelmente fragmentaram as bandas ricas em tremolita, inclusive com cristais de tremolita ficando imersos na fase sulfetada (Figura 5.17 A, B e C). Os cristais de galena, principal mineral da fase sulfetada na lâmina, encontram-se interconectados, o que sugere a possibilidade de que tenham sido remobilizados (Figura 5.17 D).

A zona mineralizada interceptada nos furos do Projeto Anta Gorda apresenta sulfetos disseminados e, por vezes, lâminas de sulfeto maciço, cujo conteúdo modal varia entre 5 e 30%. Em muitas amostras as relações texturais entre os sulfetos e os demais minerais (silicatos, carbonatos e sulfatos) sugerem uma remobilização tardia (Figura 5.18 A e B). A paragênese sulfetada é composta, principalmente, por galena e esfalerita com calcopirita e pirita ocorrendo de for-

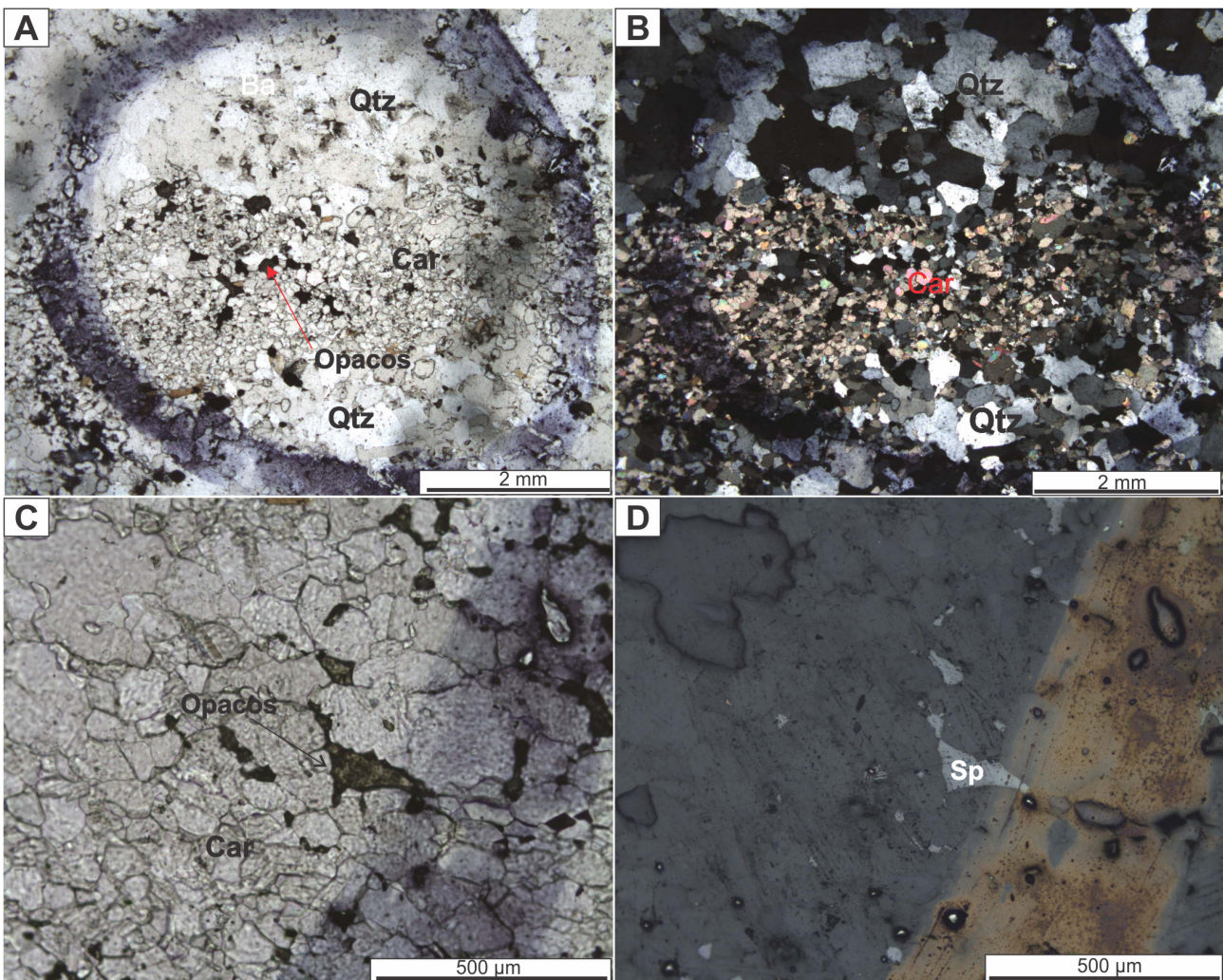


Figura 5. 16. A e B) Intercalações entre bandas ricas em quartzo com bandas com carbonato mais sulfetos. C e D) Relação entre os carbonatos e os cristais de esfalerita preenchendo interstícios. A e C - luz transmitida e polarizadores paralelos; B - luz transmitida e polarizadores cruzados; D- luz refletida. Abreviações dos minerais: Qtz - quartzo; Car - carbonato; Sp - esfalerita. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

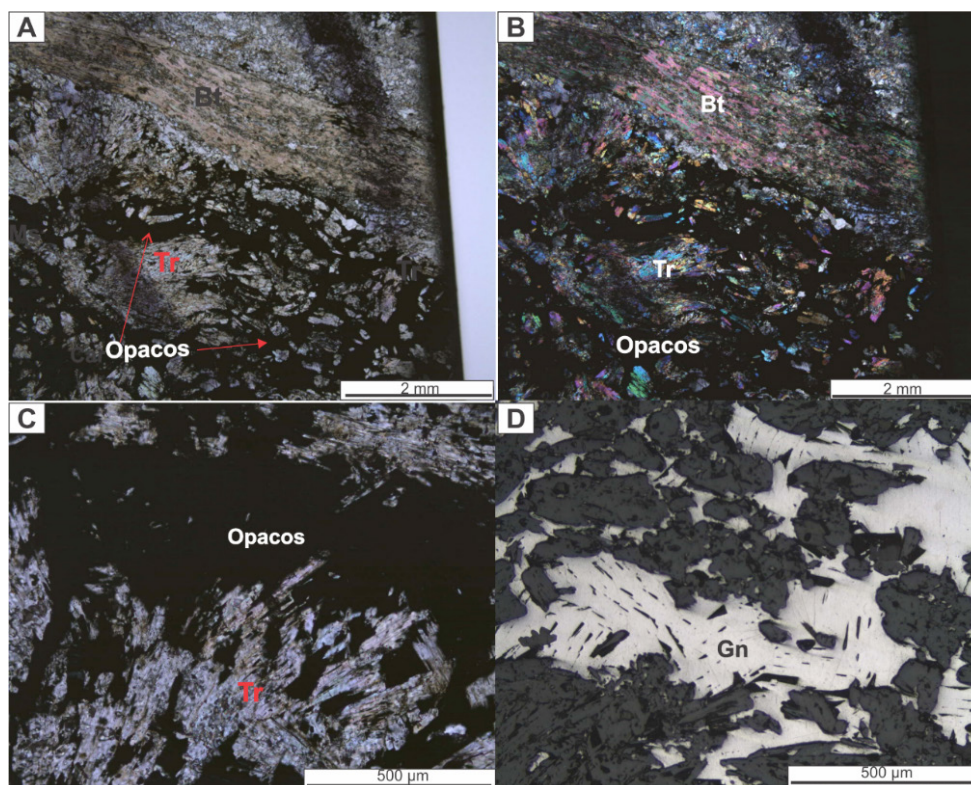


Figura 5. 17. A e B) Intercalações entre bandas ricas em flogopita com bandas com tremolita mais sulfetos. C) Detalhe da banda rica em tremolita e sulfetos com aspecto brechado. D) Cristais de galena interconectados em intervalo com aspecto de brecha. A e C - luz transmitida e polarizadores paralelos; B - luz transmitida e polarizadores cruzados; D- luz refletida. Abreviações dos minerais: Bt - biotita; Tr – tremolita; Gn - galena. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

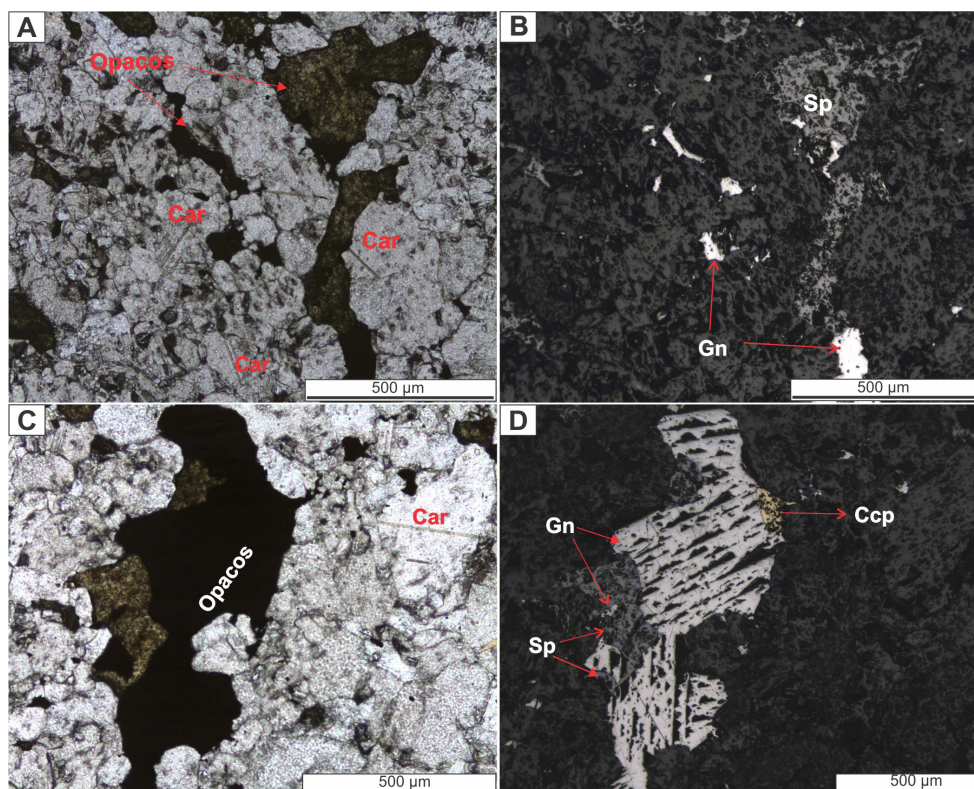


Figura 5. 18. A e B) Relações entre a fase sulfetada (galena e esfalerita) e a matriz carbonática. Notar que o crescimento da fase sulfetada ocorre ao longo dos interstícios entre os cristais de carbonato. C e D) Relações entre galena, esfalerita e calcopirita. A e C - luz transmitida e polarizadores paralelos; B e D - luz refletida. Abreviações dos minerais: Qtz- quartzo; Car – carbonato; Sp – esfalerita; Ccp - calcopirita; Gn - galena. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

ma subordinada. Relações entre os minerais da fase sulfetada indicam que a galena é a primeira fase a se formar, sendo cortada por esfalerita, e com a precipitação de calcopirita e pirita ocorrendo posteriormente (Figura 5.18 C e D). A relação entre galena e esfalerita, como sugerido na Figura 5.18 D, não deve ser encarada como via de regra, uma vez que esses dois minerais devem se formar concomitantemente, visto que em outros locais não é possível estabelecer uma relação temporal entre ambos.

## 5.2 - Área da Mina de Canoas

Na região da mina de Canoas, o horizonte mineralizado ocorre próximo ao contato da lente de rochas calciossilicáticas (MP1pxc) com os quartzitos basais (MP1pqt). Esse contato é observado na área da entrada da mina de Canoas 01 e marca o início da zona mineralizada. Os quartzitos variam de puro a micáceo, com lineação de estiramento mineral marcante, não possuindo indícios de nível mineralizado em cobre como ocorre na região da mina do Perau.

A estratigrafia do horizonte mineralizado observada no interior da mina de Canoas 01 compreende, da base para o topo: nível de barita-flogopita-carbonato xisto com sulfetos disseminados, nível rico em cobre oxidado associado à rocha calciossilicática com barita; mineralização associada à rocha calciossilicática; e mineralização associada a níveis silicáticos.

O nível rico em cobre oxidado é caracterizado pela presença de malaquita e, em alguns locais, onde existe forte percolação de água, ocorre precipitação de azurita. Em amostra deste nível, foi detectado 399 ppm de cobre (Figura 5. 19A). A mineralização associada às rochas calciossilicáticas é caracterizada por alguns níveis centimétricos de sulfeto maciço (Figura 5.19 B) e por disseminações de galena, esfalerita, calcopirita e pirita (Figura 5.19 C). O nível silicático é caracterizado por disseminações de esfalerita, galena e pirita (Figura 5. 19 D).

Além das informações obtidas nas galerias, outras feições associadas ao intervalo mineralizado foram verificadas nas proximidades das minas e ao longo de perfis executados. Ressalta-se a ocorrência

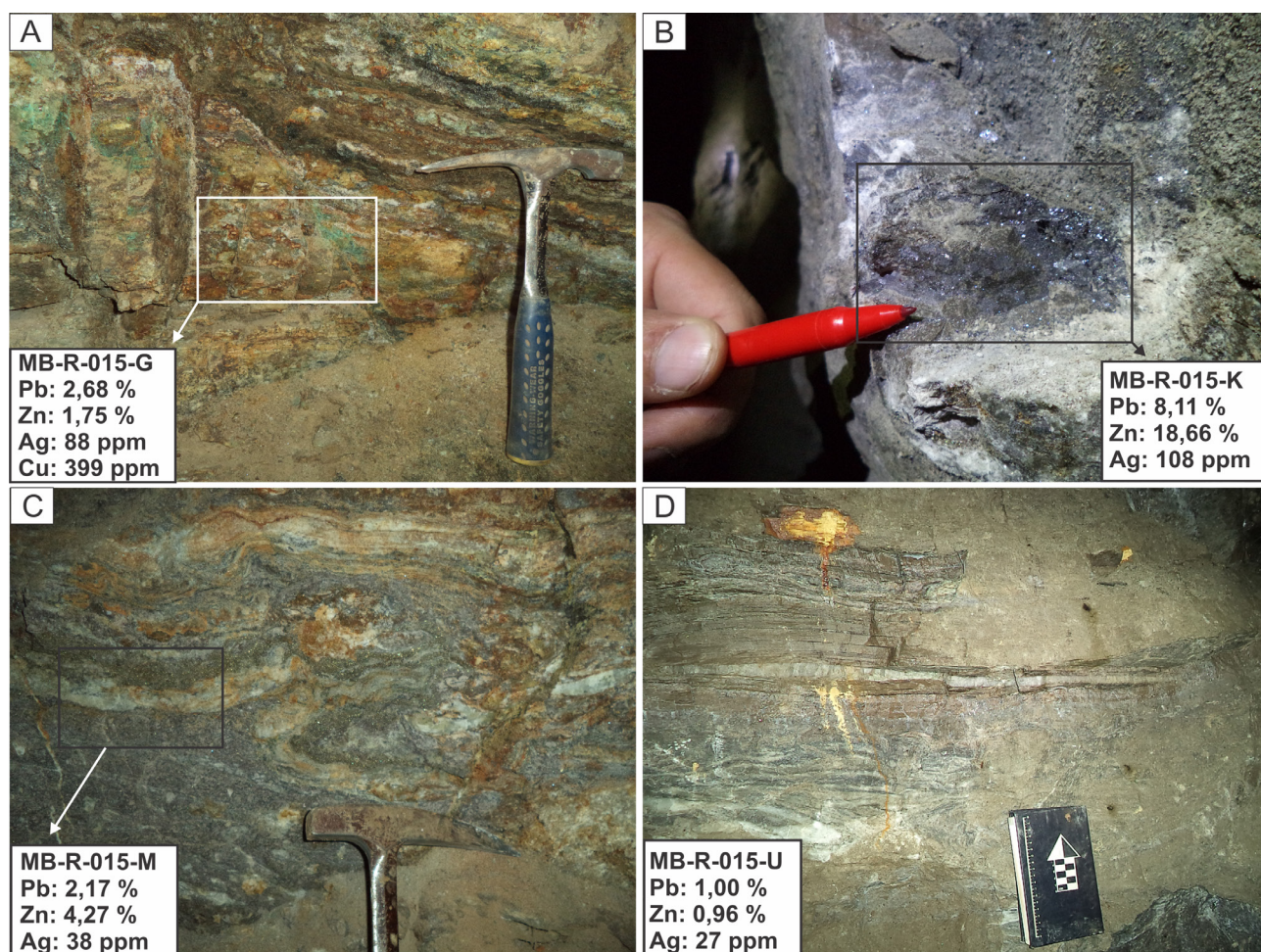


Figura 5.19. Características das mineralizações na Mina de Canoas e teores obtidos nas amostras. A) Nível rico em cobre oxidado; B) Nível de sulfeto maciço com galena e esfalerita; C) Rocha calciossilicática com sulfetos disseminados e nível de sulfeto maciço (pirita + calcopirita) dobrado; D) Nível silicático com disseminações de esfalerita, galena e pirita. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

de anfibólio xisto magnético, localmente com grana-da (4327-AD-034), nas proximidades da mina de Canoas 01 e de pequeno afloramento de nível rico em barita (4327-AD-042) em perfil feito entre as minas de Canoas 01 e Canoas 02. O anfibólio-xisto magnético é descrito como o “hangingwall” das mineralizações associadas ao Horizonte Perau, o que está de acordo com o observado nos testemunhos de sondagem e em campo.

Em lâmina delgada as amostras coletadas na mina de Canoas são classificadas como rochas calcios-silicáticas, compostas essencialmente por tremolita, flogopita, quartzo, barita e sulfetos (Figura 5.20 A-D). Texturalmente, as rochas analisadas apresentam uma gama de texturas metamórficas, desde domínios de textura granoblástica a domínios de textura lepidoblástica. Texturas de remobilização de sulfetos também estão presentes e são, em geral, semelhantes às observadas na área da Mina do Perau.

Os minerais de minério descritos em lâmina são principalmente caracterizados por galena e esfalerita associadas aos níveis de mineralização em rocha calcios-silicática e silicática, e calcopirita e pirita associadas ao nível rico em cobre. Quantidades variáveis de calcopirita e pirita ocorrem nos níveis de rochas calcios-silicática e silicática, bem como galena e esfalerita nos níveis de minério de cobre. As relações entre os diferentes sulfetos indicam que galena e esfalerita se formam concomitantemente, uma vez que existem relações de corte entre ambas (Figura 5.21 A). Cristais de pirita ocorrem englobados por galena e esfalerita (Figura 5.21 B), o que sugere que tenham se formado posteriormente. Já os cristais de calcopirita, parcialmente alterados para covelita, ocorrem dispersos na matriz e em contato com galena (Figura 5. 21 C e D).

As principais características estruturais das mineralizações na área da Formação Perau foram descritas

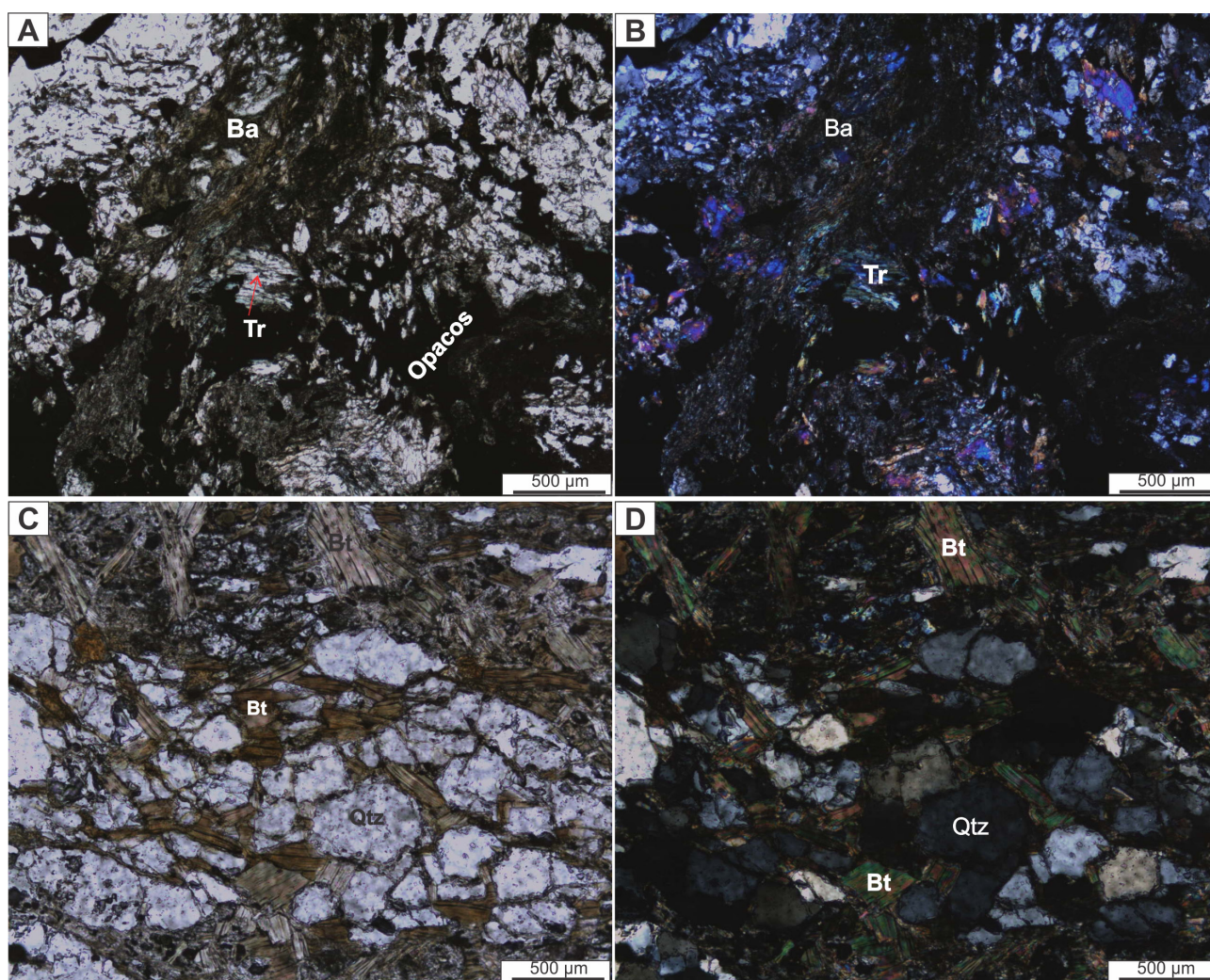


Figura 5. 20. A e B) Relações texturais entre os minerais de minério (opacos) e minerais da ganga (barita e tremolita). C) e D) Cristais de biotita preenchendo interstícios entre os cristais de quartzo. A e C - luz transmitida e polarizadores paralelos; B e D - luz transmitida e polarizadores cruzados. Abreviações dos minerais: Ba - barita; Qtz - quartzo; carbonato; Bt - biotita; Tr – tremolita. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

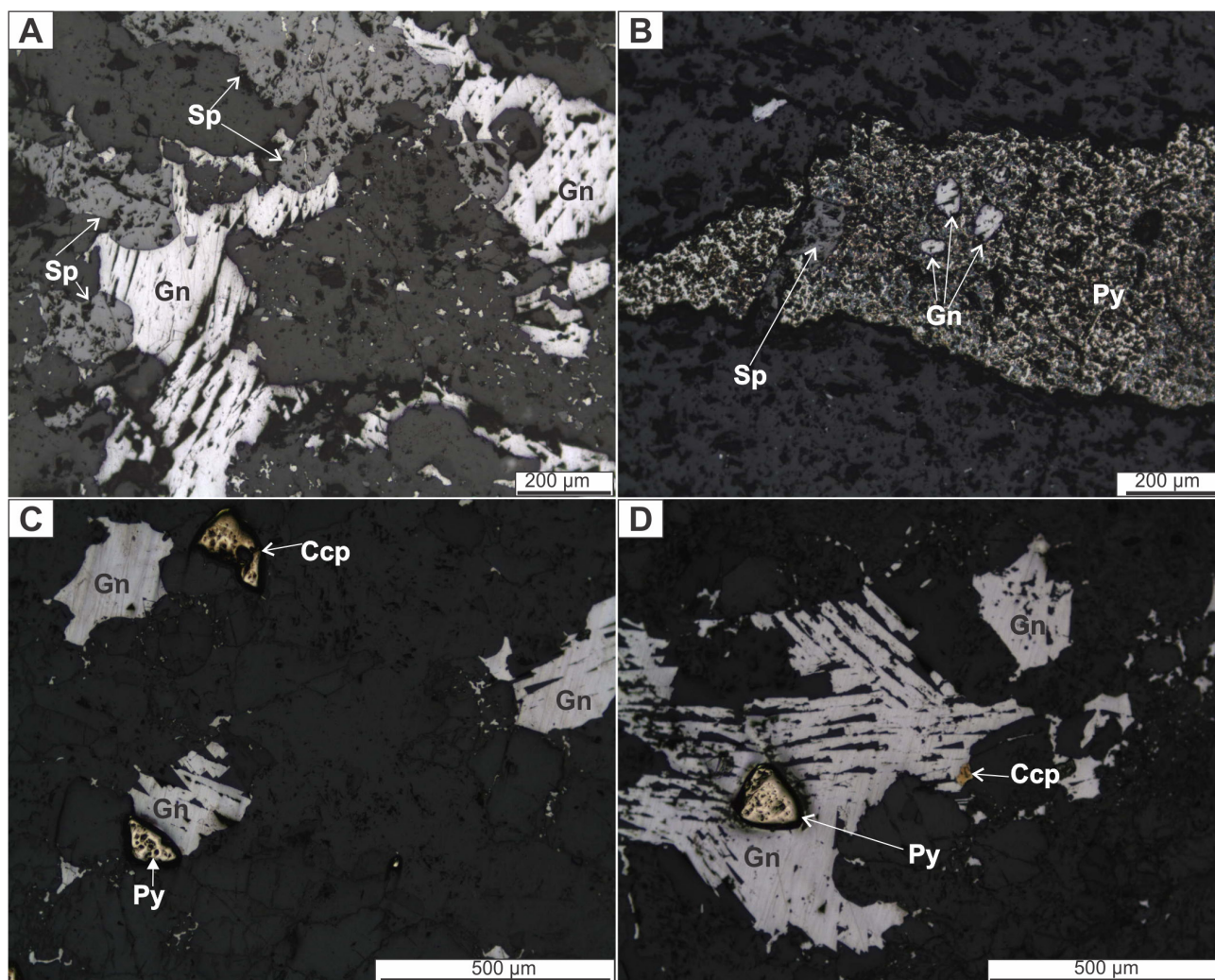


Figura 5. 21. A-D) Relações entre os diversos sulfetos que compõem a fase sulfetada. A, B, C e D - luz refletida. Abreviações dos minerais: Gn – galena; Sp – esfalerita; Ccp – calcopirita; Py – pirita. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

na mina de Canoas (Canoas 01). A mina está localizada no flanco sudeste do antiforme Perau, em sua porção periclinal nordeste (Figura 4.1). A partir da análise estrutural na galeria foi possível estabelecer a hierarquia dos eventos deformacionais e a relação destes com o nível mineralizado (ANEXO 03 – Dados Estruturais). Os níveis mineralizados ocorrem deformados e, aparentemente, foram submetidos a todas as fases deformacionais, com exceção ao minério em intervalos brechados que estão associados a eventos tardi deformação.

Foram descritos três tipos de dobras (Dn, Dn+1 e Dn+2), hierarquizadas de acordo com suas relações e padrões de redobramento.

As dobras Dn ocorrem como dobras fechadas a isoclinais, recumbentes com a foliação Sn paralela ao plano axial e eixos sub-horizontais na direção NW-SE. Essas dobras são interpretadas como contemporâneas à foliação principal (Sn), uma vez que é possível observar a foliação (Sn) paralela ao plano axial destas dobras (Figura 5.22 A). A posição média dos eixos sugere que

a geração dessa família de dobras se deu por compressão, a partir de encurtamento na direção NE-SW.

As dobras Dn+1 que afetam a foliação Sn são classificadas como abertas a fechadas, em geral assimétricas e horizontais-inclinadas a recumbentes. Os eixos são sub-horizontais com direção média N-S e vergência de topo para oeste variando até noroeste (Figura 5.22 B). Assim como as dobras Dn, as dobras Dn+1 também são aparentemente correlacionadas com a deformação compressiva, porém a partir de encurtamento na direção E-W a NW-SE.

As dobras Dn+2 são abertas e possuem planos axiais subverticais orientados em duas direções preferenciais, NE-SW (dominante) e NW-SE (secundário), com eixos sub-horizontais (Figura 5.23). Essas dobras afetam o as foliações Sn/Sn+1. Não foram observados padrões de redobramento entre ambas as direções, sugerindo que foram geradas sincronicamente, a partir de compressão com encurtamento na direção E-W (mais provável) ou N-S.



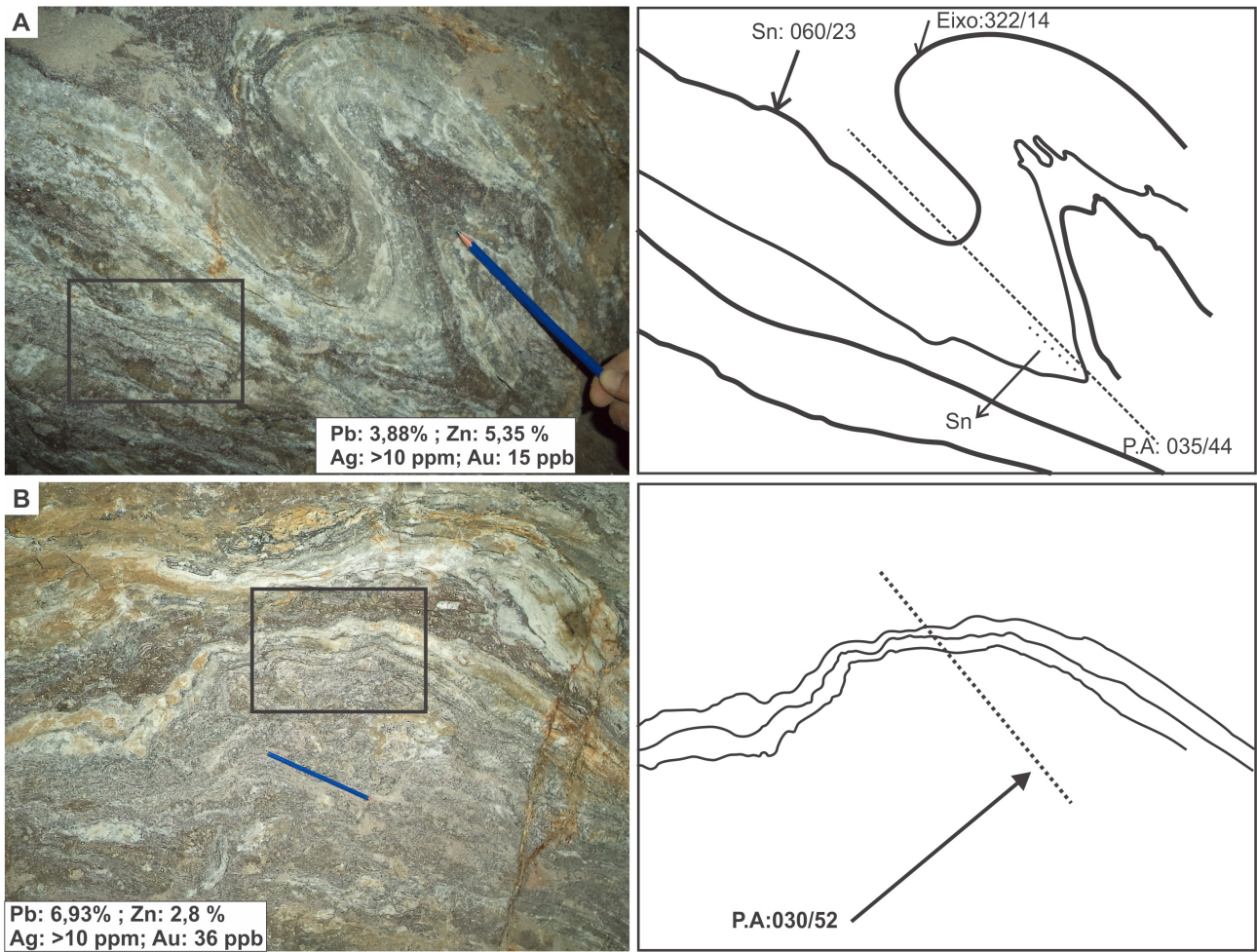


Figura 5. 22. Feições estruturais e mineralizações associadas na Formação Perau. A) Dobra Dn com teores detectados na amostra e desenho esquemático correspondente, com as medidas estruturais assinaladas. B) Dobras Dn+1 em rocha calciossilicática na mina de Canoas 01 com teores obtidos e desenho esquemático correspondente. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016



Figura 5.23. Dobra suave Dn+2, com plano axial sub-vertical, afetando foliação Sn. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

Ressalta-se que todas as três famílias de dobras aparentam correlacionarem-se à compressão, porém geradas em níveis crustais progressivamente mais rasos e com gradativa rotação do vetor de encurtamento máximo de uma posição NE-SW até a posição E-W. Da mesma maneira, é evidente o paralelismo das foliações  $S_n$  e  $S_{n+1}$ . Ambos os fatores sugerem caráter progressivo para a geração das dobras e foliações  $D_n$  e  $D_{n+1}$  (e possivelmente  $D_{n+2}$ ). Ocorrem ainda empurrões de

direção N-S com mergulhos da ordem de  $25^\circ$  na direção leste. Esses empurrões foram observados em diversos pontos na mina de Canoas 01.

Do ponto de vista de controle estrutural dos depósitos, é possível identificar dois mecanismos principais: espessamento de camadas sulfetadas em zonas de charneira de dobras  $D_n$  e  $D_{n+1}$ , com desenvolvimento de *ore shoots* (Figura 5.24) e repetição de camadas mineralizadas por dobras e empurrões (Figura 5.25).



Figura 5.24. Espessamento de camada sulfetada em zona de charneira de dobra  $D_n$  Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

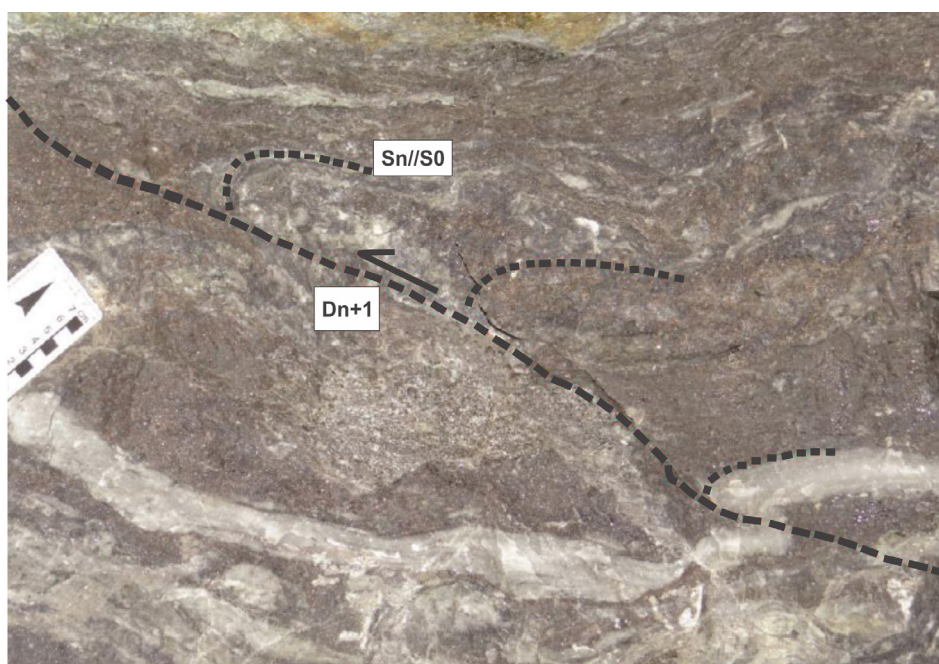


Figura 5.25. Falha de empurrão ( $D_{n+1}$ ) associada a arraste da foliação  $S_n$ , na zona mineralizada da mina de Canoas 01. Fotografias: Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2016

### 5.3 - Química Mineral

Selecionou-se seis amostras de minério em rocha calciossilicática, das áreas da mina do Perau, SW-Perau e Canoas, para análise de microsonda eletrônica (EPMA) em anfibólio, biotita, carbonato e sulfetos.

As biotitas analisadas nas rochas calciossilicáticas interceptadas nos furos do Projeto Anta Gorda exibem, em geral, uma coloração castanho escura com altos valores de magnésio, que variam de 1,79 a 2,16 a.p.f.u. (átomos por fórmula unitária) (Anexo 02), sendo classificadas como flogopita (Figura 5.26 A). Em termos de concentração de titânio, apresenta valores que variam de 0,074 a 0,1 a.p.f.u. Os baixos valores de titânio indicam que as biotitas foram formadas em temperaturas ao redor de 500°C (Figura 5.26 B), de acordo com as condições de metamorfismo em fácies xisto verde alto aos quais essas rochas foram submetidas. É provável que estas biotitas sejam oriundas de metamorfismo ou alteração hidrotermal de fluidos potássicos que interagiram com a rocha (Figura 5.26 C).

As fórmulas dos anfibólios foram recalculadas com base em 23 oxigênios e 13 cátions, conforme a re-

comendação de Leake *et al.* (1997). Os anfibólios analisados são minerais do grupo dos anfibólios cálcicos ( $Ca > 1,5$ ;  $(Na+K)_A < 0,5$ ). Em geral, a composição desses anfibólios corresponde à da tremolita com apenas uma análise correspondendo ao campo da actinolita (Figura 5.26 D).

Os sulfetos analisados, presentes nas seis amostras, correspondem a uma associação entre galena, esfalerita, pirita e calcopirita. Essas fases minerais estão representadas nos sistemas Cu-Fe-S e Zn-Fe-S (Figura 5.26 E e F). As esfaleritas analisadas apresentam baixos valores de Fe, em torno de 0,011 a.p.f.u. Em algumas amostras ocorrem cristais de galena com elevados teores de prata, o que explica os teores deste elemento associados aos depósitos.

Em geral, os carbonatos apresentam composições calcítica e dolomítica, com concentrações de CaO entre 28 e 58% (massa total) e MgO variando entre 0,6 a 18% (massa total). As tabelas com as concentrações de CaO e MgO dos carbonatos presentes na zona mineralizada nas áreas do Perau, SW-Perau- e Canoas são apresentadas no Anexo 02 (Química Mineral).

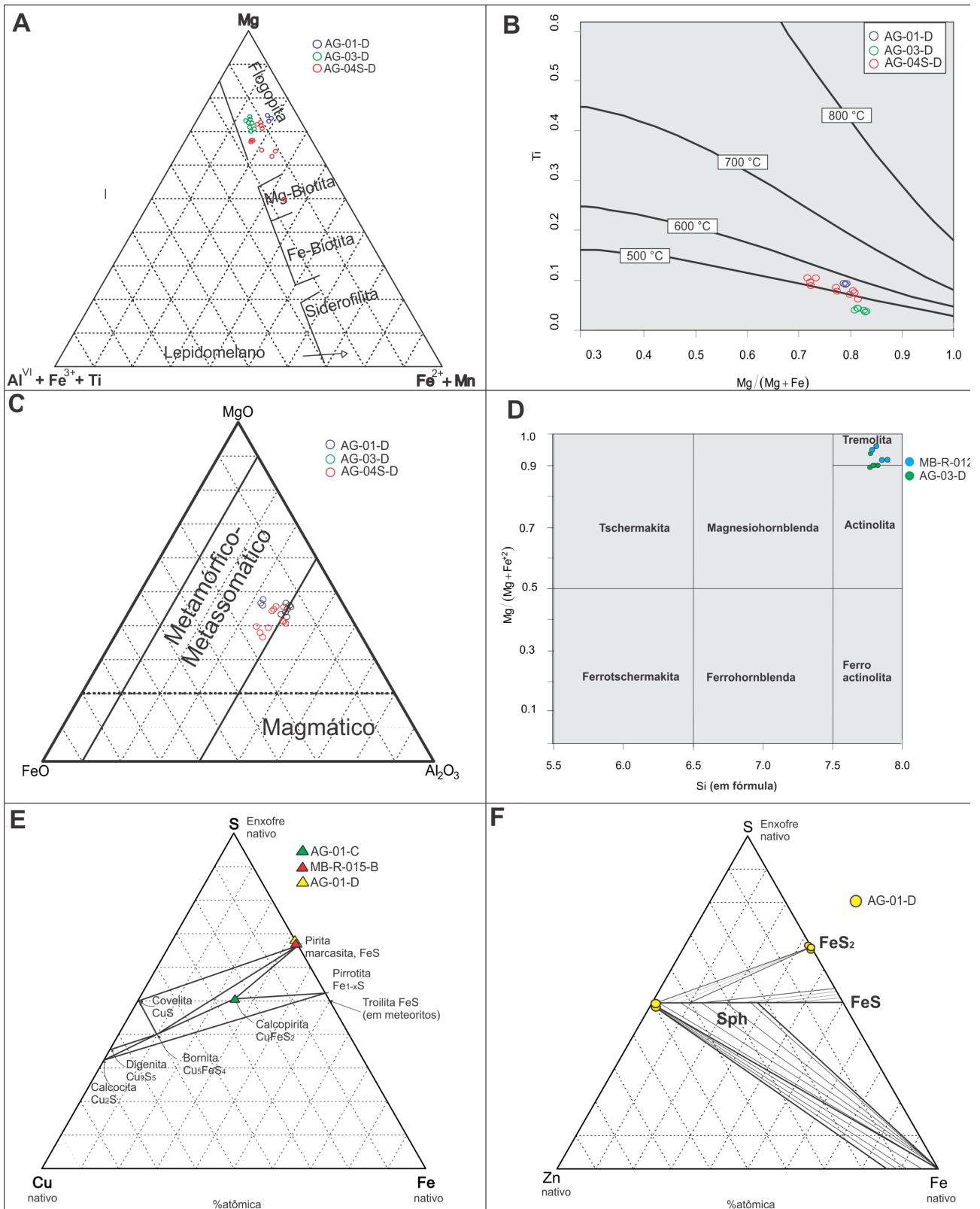


Figura 5. 26. A) Diagrama triangular relacionando  $Al^{VI}+Fe^{3+}+Ti$ , Mg e  $Fe^{2+}+Mn$  em micas (FOSTER, 1960); B) Diagrama Ti vs  $Mg/(Mg+Fe)$  em biotita (Henry et al., 2005); C) Diagrama ternário  $FeO-MgO-Al_2O_3$  (NOCKOLDS, 1947) D) Composição e classificação para anfibólios cálcicos (LEAKE et al., 1997); E) Diagrama triangular de composição dos sulfetos no sistema  $Fe-Cu-S$  (KLEIN; DUTROW, 2007); F) Diagrama triangular de composição dos sulfetos no sistema  $Zn-Cu-S$  (BALABIN & URUSOV, 1995). Fonte: Elaborado por Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2017.



## **6 – ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA**

### **6.1 - Introdução**

As variações químico-mineralógicas causadas por processos hidrotermais podem ser avaliadas por meio da Espectroscopia de Reflectância (ER). Nesse sentido, a ER vem sendo comumente utilizada na prospecção mineral, na identificação de minerais índices de zonas de alteração hidrotermal e/ou desenvolvimento de vetores/gradientes composicionais indicadores da proximidade dos depósitos minerais associados a estas zonas.

Os sistemas minerais em depósitos do tipo SEDEX (sedimentar exalativo), modelo defendido por diversos autores para as mineralizações do “tipo-Perau” (ex. Daitx, 1996), são tipicamente hospedados em rochas sedimentares carbonáticas relacionadas a sedimentos dolomíticos, que em muitos casos produzem halos de alteração Fe-Mn carbonática (ex.: depósito HYC, na Bacia McArthur, Austrália; LARGE & MCGOLDRICK, 1999). Estes halos podem conter carbonatos ricos em ferro tais como sideritas, Fe dolomitas e ankerita, com variações no conteúdo de manganês em direção a mineralização. As alterações hidrotermais associadas a estes depósitos também desenvolvem diversos sulfetos, que podem estar hospedados tanto em rochas carbonáticas como em sedimentos grafitosos. Outros minerais que podem ocorrer associados a estes depósitos são barita e micas brancas. Associam-se também alterações hidrotermais que causam argilização, cloritização, albitização e turmalinização (PONTUAL *et al.*, 2008b).

No âmbito da Espectroscopia de Reflectância, a presença de sulfetos, mesmo em pequenas proporções (5-10%), pode limitar a aplicação desta técnica de análise espectral, reduzindo os valores de reflectância e produzindo espectros com grande conteúdo de ruído (PONTUAL *et al.*, 2008b). No que diz respeito às análises realizadas no testemunho de sondagem AG-01, apenas os grafita-xistos apresentaram as assinaturas espectrais menos expressivas, em termos de feições de absorção, possivelmente devido à presença de sulfetos. As demais litologias analisadas ao longo do testemunho de sondagem apresentaram bons resultados, permitindo a identificação de diversas feições de absorção diagnósticas dos minerais. A barita, comum a estes depósitos, não possui feições de absorção diagnósticas e, portanto, não pôde ser identificada pela técnica.

### **6.2 - Resultados**

Foram realizadas 65 análises espectrais ao longo do testemunho de sondagem AG-01, no intervalo de profundidades entre 71,85 m a 272,90 m, ao longo das rochas encaixantes, bem como na própria mineralização de Pb-Zn-Ag (“horizonte Perau”). Foi possível identificar diferentes associações minerais (que compreendem os grupos das cloritas, sercitas, esmectitas, anfibólios e carbonatos) (Figura 6.1), bem como avaliar a variabilidade composicional dos minerais ao longo do testemunho de sondagem. A tabela 6.1 resume as principais associações minerais identificadas por meio da Espectroscopia de Reflectância, para cada tipo litológico e zona mineralizada, bem como as principais feições de absorção observadas na região do SWIR.

#### **6.2.1 - Cloritas / Biotitas**

A assinatura espectral das biotitas pode se confundir principalmente com aquelas referentes às cloritas, onde há misturas destes com outros minerais. A ocorrência de clorita pode ser identificada pela presença da feição de absorção no VNIR em aproximadamente 0,750  $\mu\text{m}$ . A presença exclusiva de biotita nas assinaturas espectrais do testemunho foi constatada principalmente nas litologias classificadas como sercita xistos, bem como nas rochas calciosilicáticas com mineralização de baixo teor.

As cloritas ocorrem ao longo de todo o intervalo estudado, e possuem composições variadas em termos de conteúdo de ferro e magnésio, de acordo com a variação na posição da feição absorção atribuída à presença da molécula de FeOH (2,245  $\mu\text{m}$  = Mg-Cloritas a 2,261  $\mu\text{m}$  = Fe-Cloritas; Pontual *et al.*, 2008a). As cloritas de composição com tendência magnésiana (2,246  $\mu\text{m}$  – 2,248  $\mu\text{m}$ ) ocorrem principalmente na litologia classificada como carbonato xisto com magnetita (zona da magnetita), em direção à mineralização (Figura 6.2 A e B). Nesse sentido, pode-se dizer que há uma tendência de correlação entre as cloritas de composição magnésiana e a “camada-guia” (zona da magnetita) da mineralização de Pb-Zn neste testemunho de sondagem.

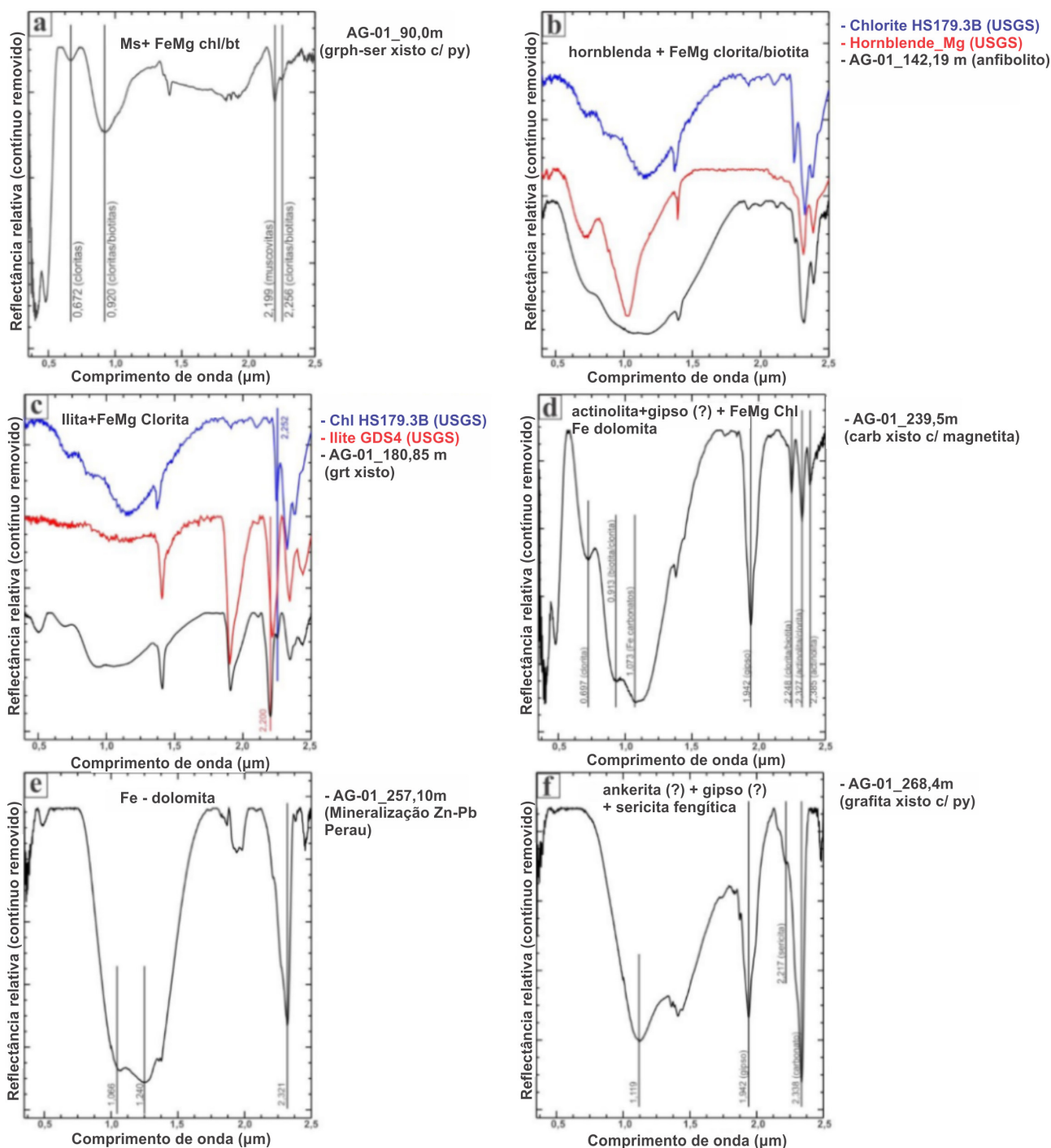


Figura 6.1. Exemplos dos espectros mais representativos analisados ao longo do testemunho de sondagem AG-01 e suas respectivas interpretações mineralógicas. Fonte: Elaborado por Manoel Augusto Correa da Costa, 2017.

### 6.2.2 - Sericitas

As micas brancas e ilitas foram identificadas ao longo de todo o testemunho analisado, sendo que predomina a composição muscovítica (potássica) nas diferentes litologias, com a feição de absorção referente à molécula de AlOH variando em posição entre 2,198 e 2,212 μm. Há uma tendência de que esta fei-

ção ocupe posições em comprimentos de onda mais elevados a partir dos carbonato xistos, carbonato xistos com magnetita (zona da magnetita) e grafita xistos (até aproximadamente 2,218 μm) que ocorrem próximos à zona mineralizada (Figura 6. 3 A e B). Neste caso, há uma correlação entre as micas brancas de composição fengítica (com ferro e magnésio) e o halo de alteração hidrotermal presente na camada inferior à mineralização.

Tabela 6.1. Principais minerais/misturas minerais identificados por meio da Espectroscopia de Reflectância no testemunho de sondagem AG-01. (grph: grafita; se: sericita; py: pirita; po: pirrotita; ga: granada; bi: biotita; mt: magnetita; carb: carbono; tr: tremolita). Fonte: Elaborado por Manoel Augusto Correa da Costa, 2017.

Testemunho de Sondagem AG-01			Principais feições de absorção diagnósticas (µm) - SWIR			
Prof. (m)	Litologia	Minerais	AlOH	FeOH	MgOH/CO <sub>3</sub>	MgOH (sec.)
71,85 - 90,00	grph-ser xisto com py/po	muscovita + Mg-Fe clorita/biotita	2,198-2,202	2,253-2,259	2,321	-
135,00-149,50	anfíbrito + anfíbólio xisto	hornblenda + Mg-Fe clorita + montmorilonita ± Fe dolomita	2,209	2,249-2,254	2,314-2,332	2,387-2,389
180,85-189,85	ga-ser xisto	ilita muscovítica + MgFe clorita/biotita	2,198-2,207	2,249-2,253	2,344*-2,347*	-
233,60-240,77	ser-bi-carb xisto com mt**	hornblenda + actinolita + Mg-Fe clorita + ilita muscovítica + gipso (?) ± Fe dolomita	2,202-2,213	2,246-2,250	2,317-2,329	2,382-2,390
242,35-251,15	tr-bi-carb-xisto	actinolita + hornblenda + Mg-Fe clorita ± gipso (?) ± ilita muscovítica ± Fe dolomita	2,206-2,212	2,245-2,250	2,318-2,341*	2,384-2,389
256,60-263,25	zona mineraliza	Fe dolomita + gipso (?) ± sericita (fengítica?) ± actinolita	2,209-2,215	-	2,319-2,322	2,385
263,50-265,70	zona framente mineralizada	actinolita + Mg-Fe clorita/biotita ± ilita muscovítica ± Fe dolomita ± gipso (?)	2,206-2,216	2,244-2,249	2,312-2,330	2,384-2,388
266,70-268,40	grph xisto com py	sericita fengítica + Fe ankerita/siderita (?) + gipso (?)	2,214-2,218	2,253-2,256	2,334-2,338	-
272,9	tr-bi-carb-xisto (cinza) / calcário dolomítico	montmorilonita ± hornblenda ± clorita	2,208-2,212	~2,248	2,316-2,318	~2,390

\* provável interferência de feições de absorção secundárias das sericitas na posição da absorção; \*\* zona da magnetita (“camada guia” da mineralização).

### 6.2.3 - Esmeclitas

As esmeclitas ocorrem com pouca frequência ao longo do testemunho e foram identificadas nos anfíbritos, carbonato xistos e carbonato xistos com magnetita. Foi reconhecida apenas a montmorilonita, que se distingue das sericitas principalmente pela acentuada feição de absorção em aproximadamente 1,904 µm (H<sub>2</sub>O na estrutura), bem como pela ausência de feições secundárias em aproximadamente 2,342 µm e 2,435 µm.

### 6.2.4 - Anfibólios

Os anfibólios identificados foram a hornblenda e a actinolita/tremolita. A distinção entre estes dois minerais nas misturas espectrais analisadas se dá principalmente pela posição da feição de absorção secundária atribuída à presença de MgOH nas estruturas dos minerais: enquanto na hornblenda ocupa posições próximas à 2,390 µm, na actinolita/tremolita ocupa posições com comprimento de onda menores, próximos a 2,384 µm. Aparentemente a



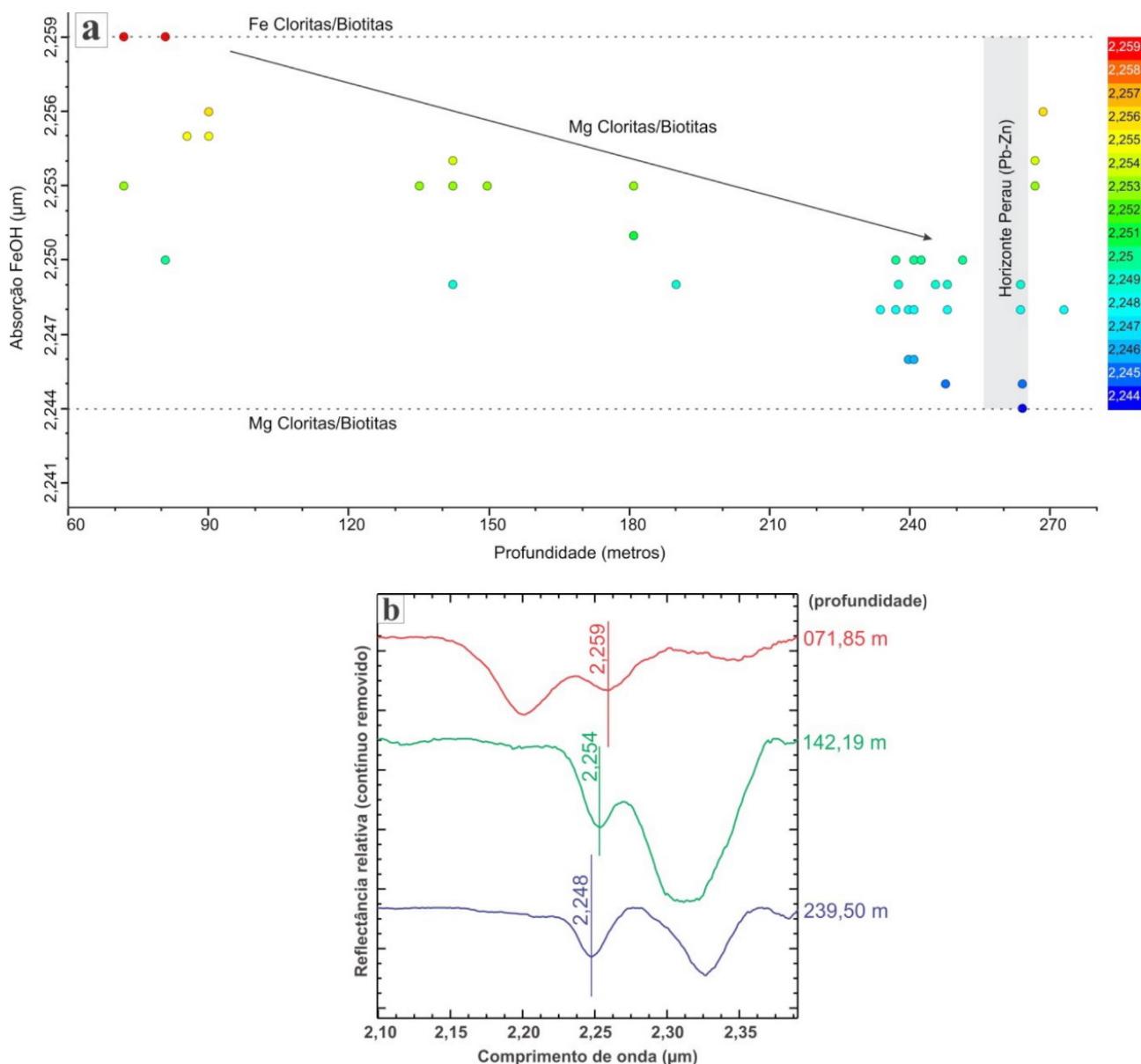


Figura 6. 2. A) Diagrama de posição da feição de absorção atribuída à presença da molécula de FeOH na estrutura cristalina das cloritas/biotitas, ao longo do testemunho de sondagem AG-01 (relação entre o intervalo de comprimento de onda da feição versus composição das cloritas/biotitas segundo Pontual et al., 2008a); B) Exemplo de deslocamento da posição da feição de absorção de FeOH (recoo) com o aumento da profundidade do testemunho de sondagem. Fonte: Elaborado por Manoel Augusto Correa da Costa, 2017.

hornblenda ocorre nas porções mais distais à mineralização, principalmente nos anfíbolitos. A actinolita/tremolita ocorre de maneira mais restrita aos carbonato xistos e carbonato xistos com magnetita (zona da magnetita) e zonas mineralizadas, e pode corresponder ao halo de alteração hidrotermal mais adjacente da mineralização.

### 6.2.5 - Carbonatos

O principal carbonato identificado por meio da Espectroscopia de Reflectância ao longo do testemunho foi a Fe dolomita. A presença desse mineral foi percebida de maneira discreta nas assina-

turas espectrais dos anfíbolitos e carbonato xistos e carbonato xistos com magnetita (zona da magnetita), principalmente por meio das duas feições de absorção atribuídas à presença de Fe<sup>2+</sup> em aproximadamente 1,060 e 1,270 µm (VNIR), juntamente da feição de absorção relativa à molécula de CO<sub>3</sub>, em aproximadamente 2,321 µm (SWIR). Há uma tendência de que a segunda feição de absorção atribuída à presença de Fe<sup>2+</sup> nas misturas minerais analisadas (variação entre 1,106 µm e 1,278 µm) ocupe posições cada vez mais elevadas em direção à mineralização, sendo correlacionável ao aumento no conteúdo de Fe dolomita ao longo do perfil (Figura 6.4 A e B).

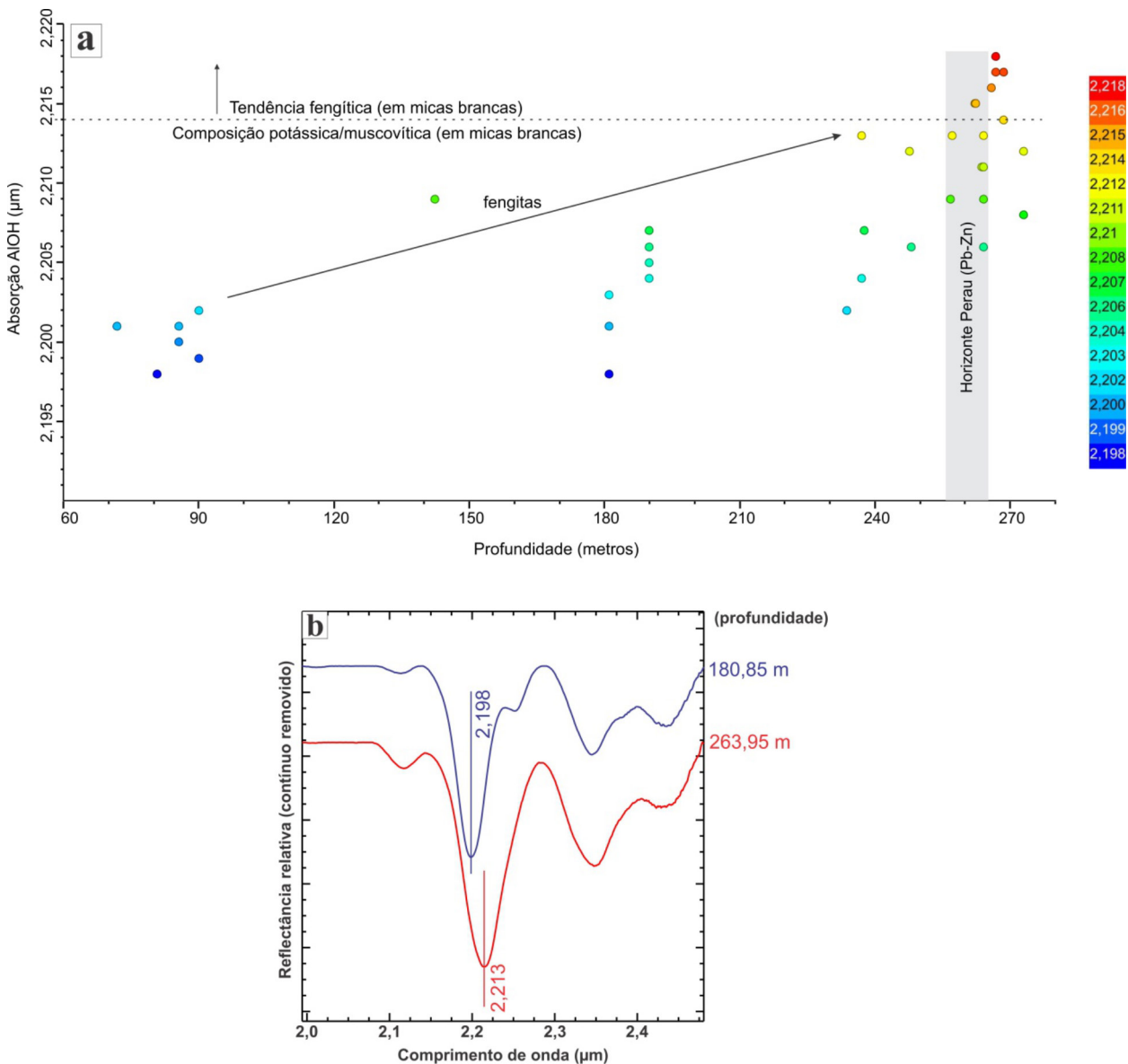


Figura 6. 3. A) Diagrama de posição da feição de absorção atribuída à presença da molécula de AIOH na estrutura cristalina dos minerais (principalmente sericitas), ao longo do testemunho de sondagem AG-01 (relação entre o intervalo de comprimento de onda da feição versus composição das micas brancas segundo Pontual et al., 2008a); B) Exemplo de deslocamento da posição da feição de absorção de AIOH (avanço) com o aumento da profundidade do testemunho de sondagem. Fonte: Elaborado por Manoel Augusto Correa da Costa, 2017.

A Fe dolomita é predominante na zona mineralizada do testemunho. Neste segmento, nota-se pouca variação na posição da feição de absorção em 2,321  $\mu\text{m}$ , devido à baixa frequência de outros minerais que poderiam sobrepor esta feição em misturas espectrais (anfíbólios, por exemplo, que possuem feições de absorção da molécula de MgOH nesta mesma posição). Ao longo do testemunho, após a zona mineralizada, nota-se um deslocamento da principal feição diagnóstica da molécula de  $\text{CO}_3$ , que assume posições mais elevadas em aproximadamente 2,334  $\mu\text{m}$  (em grafita xistos), o que sugere uma mudança composicional dos carbonatos, de Fe dolomitas (zona mineralizada) para ankerita ou siderita (zona estéril).

### 6.2.6 - Sulfatos

Existe a possibilidade da presença de gipsita em assinaturas espectrais relacionadas a misturas minerais ao longo do testemunho. Este mineral pode ser inferido pela presença de feições de absorção em aproximadamente 1,747 e 1,943  $\mu\text{m}$ . Estas feições ocorrem principalmente nos carbonato xistos e zonas mineralizadas, e em menor frequência nos grafita xistos e carbonatos xistos com magnetita. No entanto, análises complementares por difração de raios X devem ser realizadas no intuito de se confirmar ou descartar a presença deste mineral.

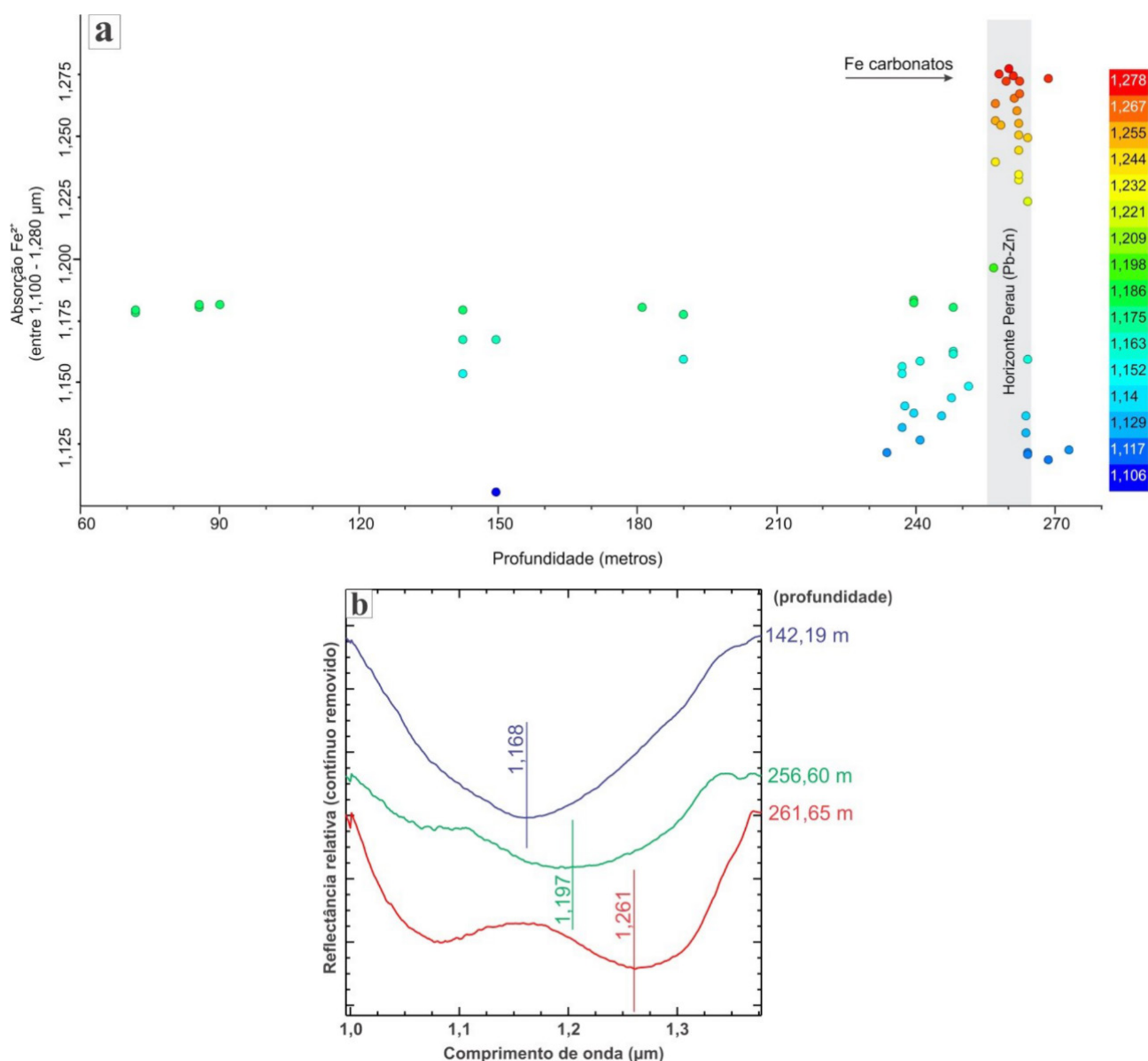


Figura 6. 4. A) Diagrama de posição da segunda feição de absorção atribuída à presença do cátion  $Fe^{2+}$  na estrutura cristalina dos minerais (principalmente cloritas, anfibólios e Fe-carbonatos), ao longo do testemunho de sondagem AG-01; B) Exemplo de deslocamento da posição da feição de absorção do cátion  $Fe^{2+}$  (avanço) com o aumento da profundidade do testemunho de sondagem. Fonte: Elaborado por Manoel Augusto Correa da Costa, 2017.

### 6.3 - Correlação com dados de Fluorescência de Raios X portátil

Os gradientes composicionais dos minerais identificados pela Espectroscopia de Reflectância são comumente comparados com as concentrações dos óxidos de elementos maiores, menores e teores de elementos traços, obtidos por meio de equipamento portátil de Fluorescência de raios X (Figura 6. 5). Em linhas gerais, a diminuição do ferro na composição das cloritas/biotitas está fortemente associada ao nível guia do depósito, denominado de “zona da magnetita” com altos valores de  $Fe_2O_3$  total, o que sugere uma mobilidade deste elemento nesta porção da sequência, causada pela precipitação do Fe sob a forma de magnetita, provavelmente proveniente de um fluido hidrotermal oxidado, rico em ferro, associado

à mineralização. No entanto, não houve um aumento relativo de MgO neste mesmo intervalo, onde foram identificadas as biotitas/cloritas de composição magnésiana. Isto pode estar relacionado apenas com um empobrecimento relativo de Fe em relação ao Mg nestes minerais, e não a um enriquecimento de Mg de fato. Cabe ressaltar também que existem dificuldades analíticas em termos de precisão das medidas de Fluorescência de raios X por equipamento portátil, como foi evidenciado por Young et al. (2016).

Quimicamente há um enriquecimento relativo de MgO no nível mineralizado (“horizonte Perau”), no entanto, as assinaturas espectrais obtidas neste intervalo refletem apenas a alta concentração de Fe-carbonatos, o que pode ter obliterado possíveis feições relacionadas a biotitas/cloritas de composição magnésiana neste nível da sequência. As ele-

vadas concentrações de CaO no nível mineralizado são fortemente correlacionáveis aos altos valores de comprimentos de onda relacionados à feição de absorção do Fe<sup>2+</sup> em Fe-carbonatos. A identificação de micas de composição fengítica abaixo do nível mineralizado não são diretamente correlacionáveis com um enriquecimento de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> total ou MgO e podem novamente estar relacionadas a uma reconcentração destes elementos causada pela alteração hidrotermal associada ao depósito.

rais ao longo do testemunho de sondagem AG-01, por meio da identificação das principais feições de absorção diagnósticas destes minerais. Adicionalmente, permitiu ainda reconhecer a variabilidade composicional de determinados minerais como, por exemplo, cloritas e sericitas, bem como avaliar suas correlações com a zona mineralizada. A Tabela 6.2 resume as principais correlações encontradas neste estudo, bem como as posições (comprimento de onda) das feições de absorção de maior potencial prospectivo, no âmbito do testemunho de sondagem AG-01.

### 6.4 - Síntese dos dados

A Espectroscopia de Reflectância possibilitou o reconhecimento de diversas assembleias mine-

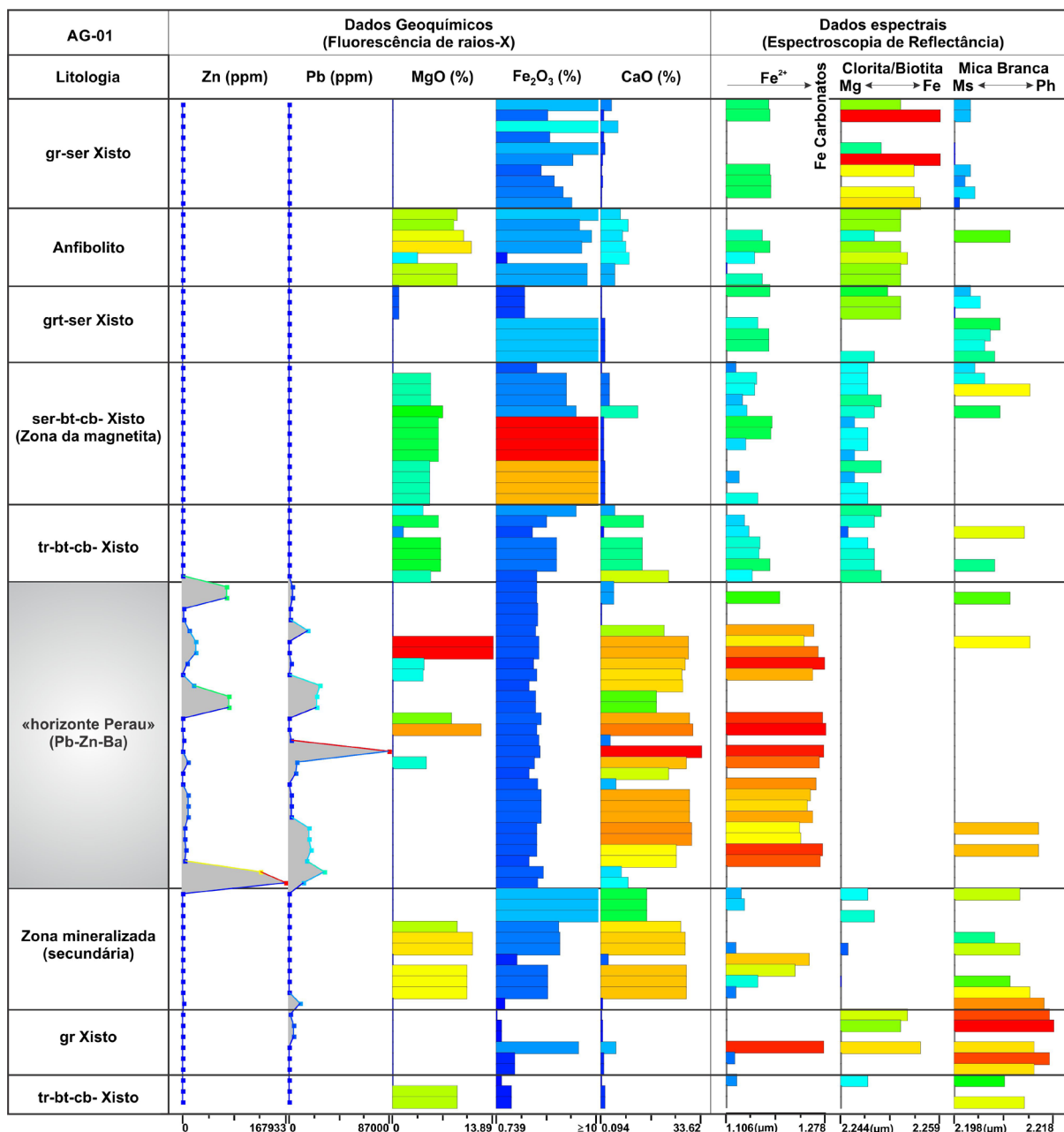


Figura 6. 5. Comparação dos dados obtidos por Fluorescência de raios X portátil com as principais observações obtidas por meio da Espectroscopia de Reflectância, ao longo do testemunho de sondagem AG-01. Fonte: Elaborado por Manoel Augusto Correa da Costa, 2017.

Tabela 6.2. Síntese das posições das feições de absorção de maior potencial de correlação com a zona hidrotermalizada / mineralizada no testemunho de sondagem AG-01. Fonte: Elaborado por Manoel Augusto Correa da Costa, 2017.

Minerais	Feições de absorção	Posição de Feição (μm)
anfíbios	MgOH (secundária)	< ~2,386 (actinolitas)
sericitas (micas brancas)	AlOH	>2,214 (fengíticas)
cloritas/biotitas	FeOH	<2,248 (magnesianas)
carbonatos	Fe <sup>2+</sup>	>1,240 (Fe dolomitas)

## 7 – GEOFÍSICA

No projeto “ARIM Vale do Ribeira”, os dados de levantamentos aerogeofísicos foram processados e interpretados, principalmente com o objetivo de auxiliar na investigação das mineralizações polimetálicas (Pb, Zn, Ag, Cu e Ba) que ocorrem na Formação Perau.

Dados de geofísica terrestre adquiridos durante o Projeto Anta Gorda (REPORT, 1982) foram digitalizados e reprocessados com técnicas atuais.

### 7.1 - Aeromagnetometria

As fontes internas do campo magnético terrestre estão localizadas em duas regiões da Terra sendo que a parte majoritária é gerada no núcleo terrestre por complexos processos magneto hidrodinâmicos, e o restante são devidos a contribuições de rochas da crosta que possuem minerais magnéticos que estão abaixo da temperatura de Curie como magnetita e hematita. O interesse se restringe à contribuição de fontes da crosta sobre o campo também chamado de campo magnético anômalo (CMA). Esse foi obtido através da subtração do modelo IGRF-2010 (*Internacional Geomagnetic Reference Field*) sobre os valores do campo magnético. O IGRF-2010 corresponde aos primeiros termos de uma representação matemática do campo magnético terrestre utilizando dados de satélite e de observatórios geofísicos do ano de 2010, e que se acredita representar o campo magnético produzido pelo núcleo (BLAKELY, 1996; CPRM, 2011).

O CMA do Projeto ARIM Vale do Ribeira é mostrado na Figura 7.1 em que está destacado o alvo do Perau. Os dados mostram anomalias magnéticas nas direções NW-SE que estão relacionadas ao enxame de diques mesozoicos do Arco de Ponta Grossa. As anomalias magnéticas geradas por esses diques obliteram o sinal de outras anomalias magnéticas, dificultando a individualização de anomalias magnéticas provenientes de outras fontes.

Inicialmente sobre os dados do CMA foi realizado um Espectro de Potência (Figura 7.2) que mostra como os dados estão distribuídos em função do número de onda (ou da frequência). Sobre a curva do Espectro de Potência foram traçadas curvas tangentes a fim de estimar as profundidades médias dos

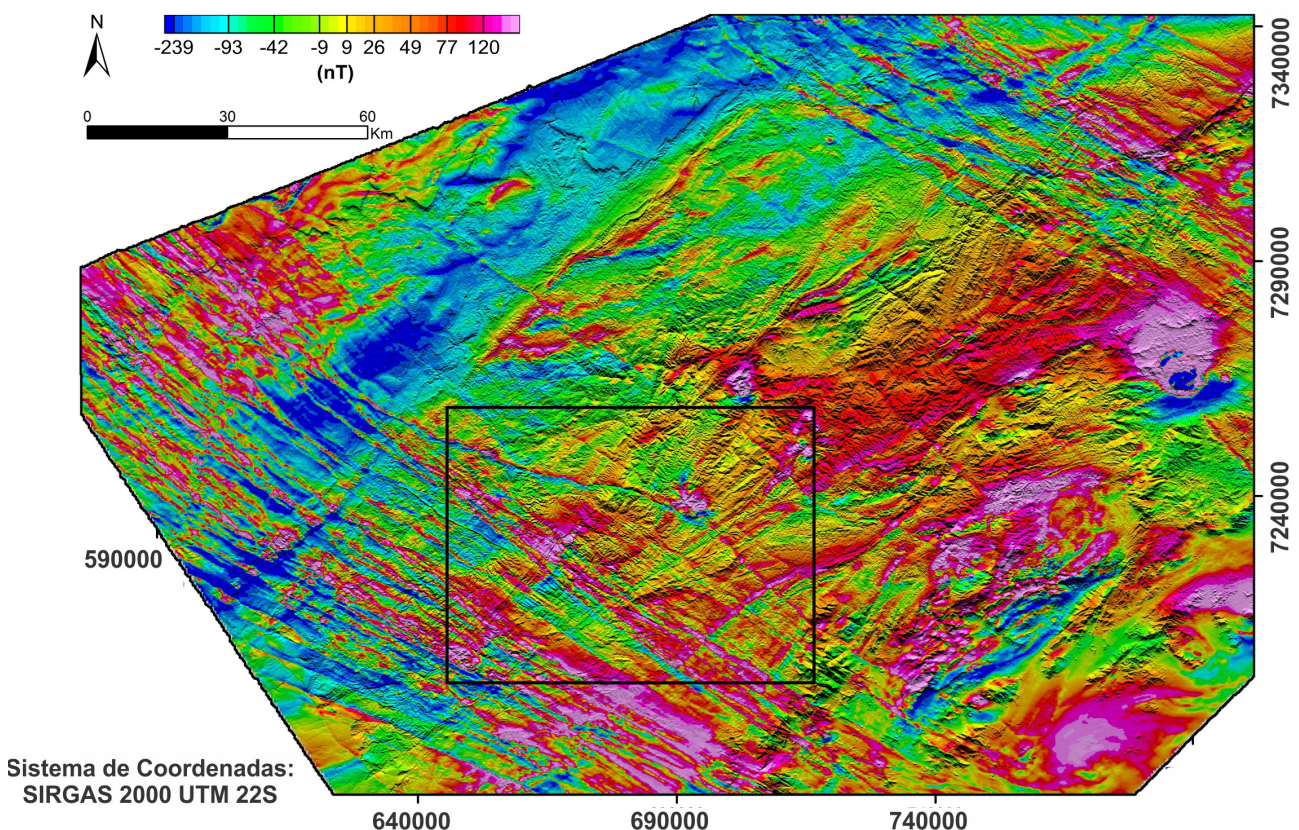


Figura 7.1. Fusão do Campo Magnético Anômalo (CMA) com o Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) para a área do projeto Vale do Ribeira. O retângulo preto destaca a área da região de ocorrência da Formação Perau. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.

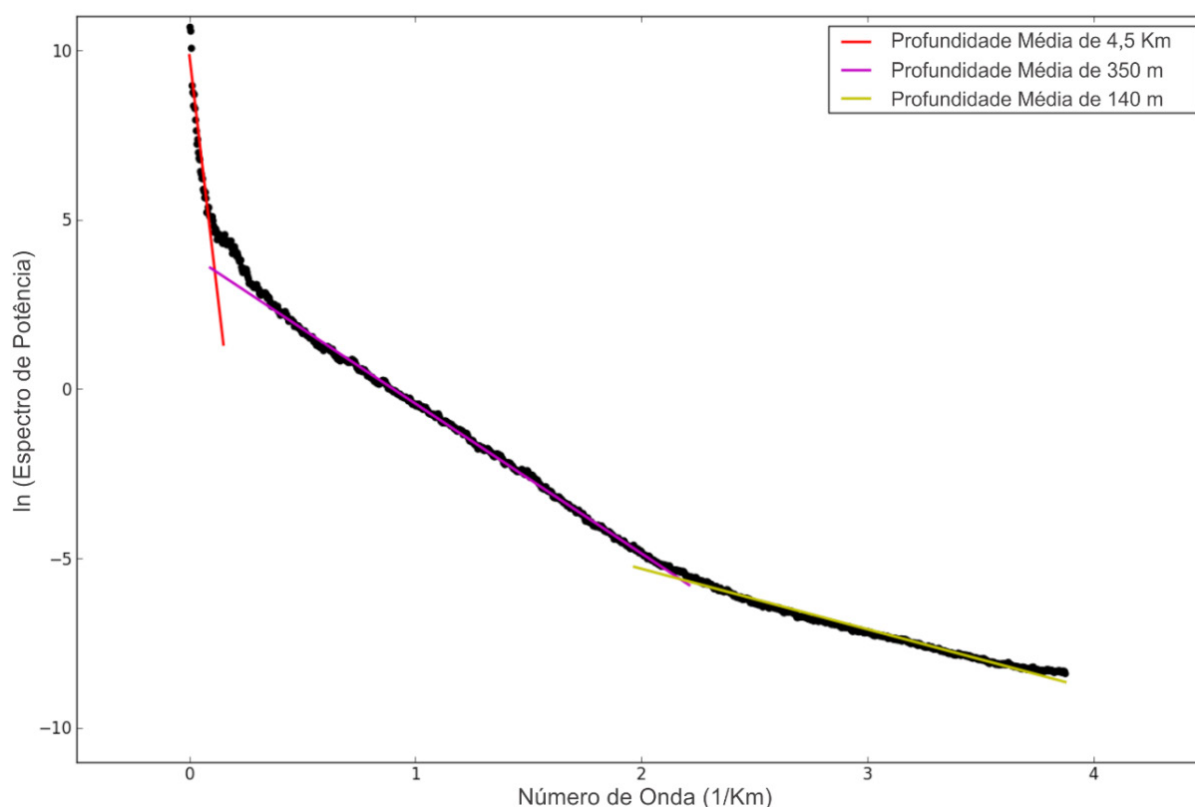


Figura 7.2. Espectro de Potência dos dados do CMA para o Vale do Ribeira. Os dados foram divididos em três grupos (Rasos, Intermediários e Profundos) de acordo com a profundidade média estimada pelo ajuste das retas. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.

topos de fontes causadoras das anomalias magnéticas segundo Spector & Grant (1970). Os dados foram divididos em três grupos de acordo com essa estimativa: Rasos (profundidade média de 140 m), Intermediários (profundidade média de 350 m) e Profundos (profundidade média de 4,5 km).

A fim de visualizar as anomalias magnéticas profundas, sobre os dados foi aplicado o filtro **Continuação para cima** (HENDERSON & ZIETS, 1949) que atenua exponencialmente os valores dos dados em relação ao comprimento de onda, de forma que quanto menor o comprimento de onda maior é a atenuação. Na prática esse filtro simula como seriam os dados, caso tivessem sido adquiridos numa altitude maior. Os valores do número de onda no Espectro variam de 0 a  $0,004 \text{ m}^{-1}$  que corresponde a um intervalo de 0 a 250 m para o comprimento de onda. O filtro foi aplicado para um comprimento de onda de 125 m.

Em seguida foi aplicado o filtro **Cosseno Direcional** que seleciona ou rejeita tendências em determinadas direções. Nesse trabalho foi usado o filtro para rejeitar tendências na direção N45W que se apresentam nos valores do CMA. Essa direção corresponde à direção média dos diques do Arco de Ponta Grossa. Assim a finalidade é atenuar as anomalias magnéticas dos diques e, conseqüentemente, privilegiar a visualização de anomalias magnéticas

em outras direções. O resultado é mostrado na Figura 7.3 que será denominado de campo magnético profundo (CMP).

Foi realizado o recorte do CMA e do CMP sobre o alvo de Perau para geração dos respectivos produtos interpretativos: mapa com anomalias magnéticas e mapa com lineamentos magnéticos.

A fim de individualizar possíveis anomalias magnéticas foi aplicado o filtro **Módulo do Gradiente Total (GT)** (NABIGHIAN, 1972) sobre o CMA e o CMP no alvo do Perau (Figura 7.4 A e B). Esse filtro calcula o módulo da variação do campo magnético em todas as direções do espaço. O campo magnético produzido por um corpo fonte tem sua maior variação espacial nos extremos (ou bordas) do corpo. Assim as anomalias no mapa GT são bons indicativos de corpos causadores de anomalias magnéticas.

Para definição dos Lineamentos Magnéticos foi aplicado o filtro **Inclinação do Sinal Analítico sobre o Gradiente Horizontal (ISA-GHT)** segundo Ferreira et. al (2003) sobre o CMA e CMP (Figura 7.4 C e D). Esse filtro tem como objetivo delimitar as bordas do corpo pelos valores máximos e o centro pelos mínimos. Seus valores variam entre  $-\pi/2$  e  $\pi/2$  independente da profundidade, e por consequência corpos profundos e rasos aparecem de forma equalizada.

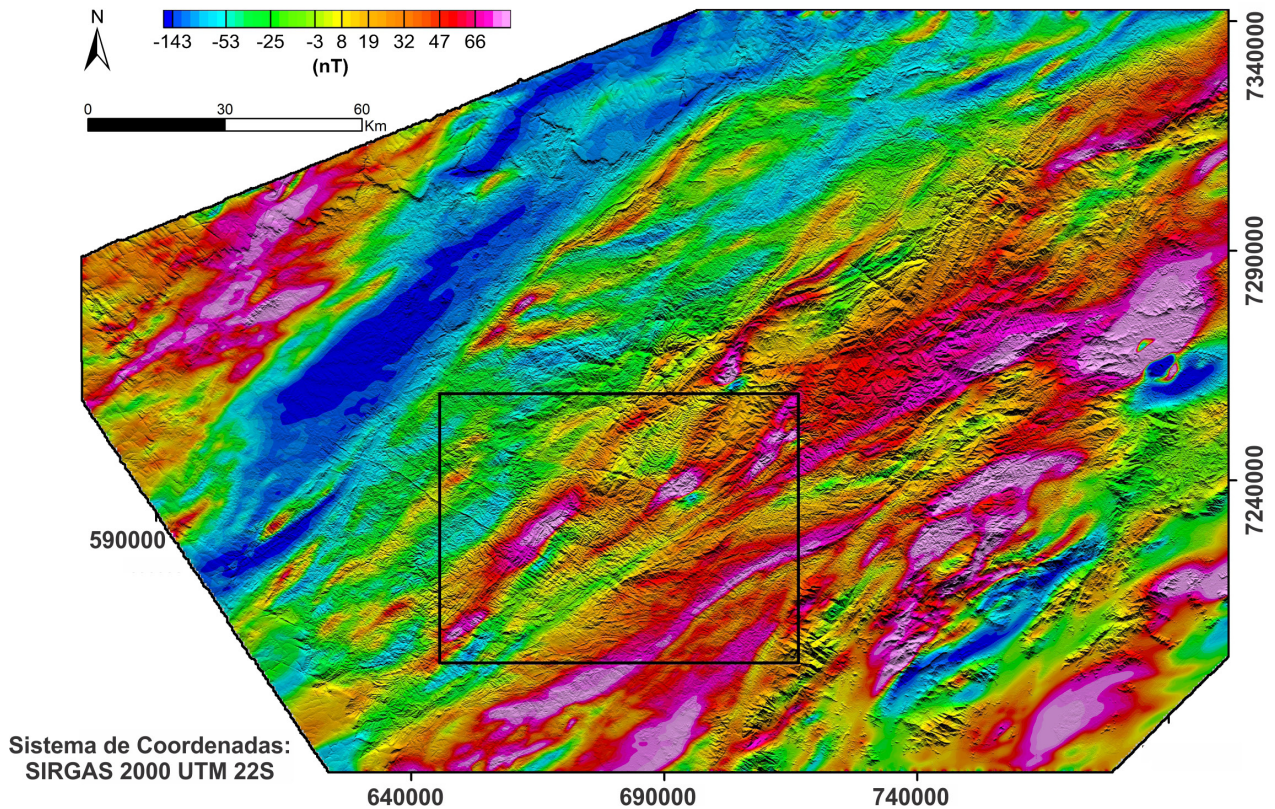


Figura 7.3. Fusão do Campo Magnético Profundo (CMP) com o Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) para a área do projeto Vale do Ribeira. O CMP é definido após a aplicação do filtro Continuação para cima no valor de 125 m de comprimento de onda seguido do filtro Cosseno Direcional rejeitando tendências na direção N45W. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.

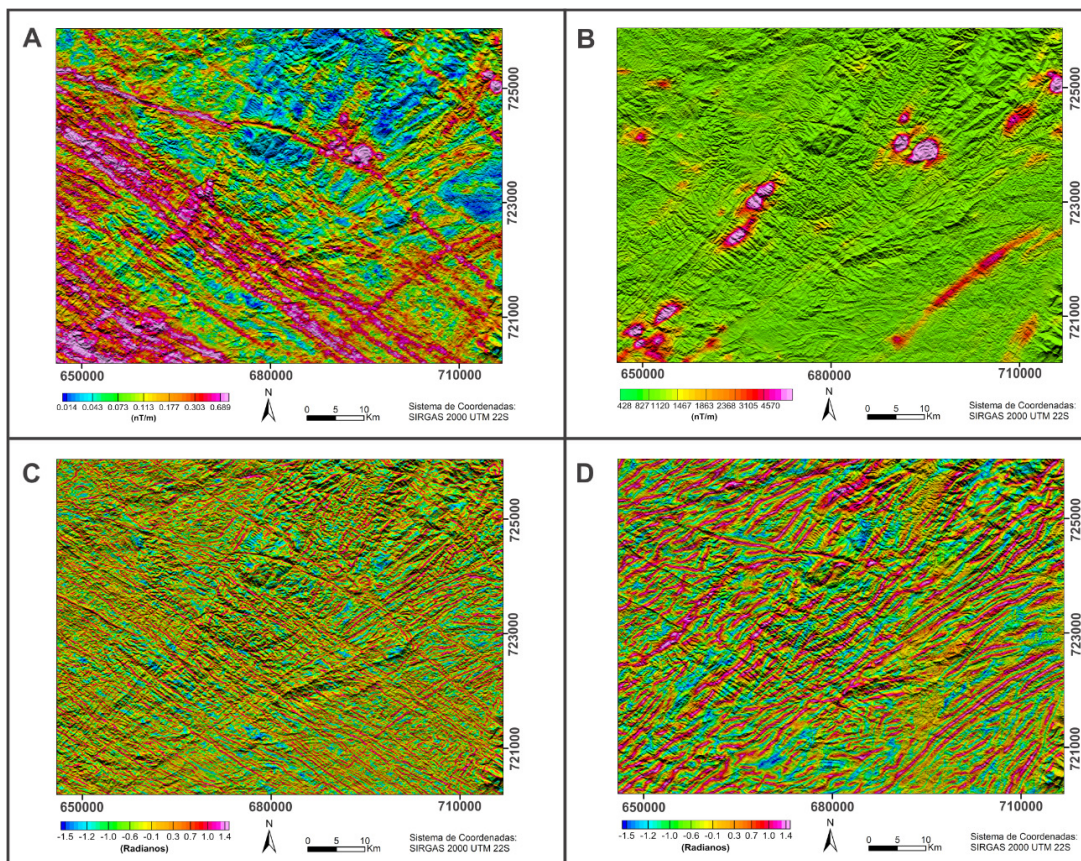


Figura 7.4. Fusão do SRTM com: A) Gradiente Total (GT) sobre os dados CMA. B) Gradiente Total (GT) sobre os dados do CMP. C) ISA-GHT sobre os dados do CMA. D) ISA-GHT sobre os dados do CMP. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.



### 7.1.1 - Lineamentos magnéticos

Lineamentos magnéticos representam descontinuidades magnéticas, relacionadas à estruturação tectônica da região. Os lineamentos magnéticos, para a área da Formação Perau, foram extraídos a partir dos mapas ISA-GHT sobre o CMA (Figura 7.5 A) e o CMP (Figura 7.6 A) e, também, foram agrupados em três categorias: diques, lineamentos magnéticos de 1º ordem e lineamentos magnéticos de 2º ordem. Os lineamentos magnéticos extraídos a partir dos dados do CMA evidenciam duas direções principais, NE-SW e NW-SE, com relações de corte entre ambos (Figura 7.5 B). Os lineamentos magnéticos de direção NE-SW, mais antigos, são correlacionáveis as grandes estruturas mapeadas na região (Zona de cisalhamento da Lancinha, do Morro Agudo, etc). Essas descontinuidades magnéticas são cortadas pelos lineamentos magnéticos de direção NW-SE, correlacionáveis ao enxame de diques que corta a região.

Os lineamentos magnéticos extraídos do CMP evidenciam que os aqueles de direção NE-SW, correlacionados às grandes zonas de cisalhamento que separam unidades geológicas distintas, podem se estender a níveis crustais mais profundos uma vez que os dados do CMP têm contribuições médias de fontes de 4 a 5 km de profundidade (Figura 7.6 B). Os lineamentos magnéticos de 2º ordem possuem uma tendência geral na direção NE-SW que acompanha os lineamentos de 1º ordem. Cabe ressaltar que os diques ainda estão presentes em profundidade, pois os mesmos só foram atenuados.

Na escala dos depósitos de Pb-Zn-Ag (Cu-Ba) da Formação Perau, em especial nas minas do Perau e de Canoas, a partir dos lineamentos magnéticos são extraídas informações sobre as grandes estruturas que limitam a área de ocorrência da Formação Perau.

### 7.1.2 - Domínios magnéticos

A partir dos mapas do GT sobre os dados do CMA e CMP, foram individualizadas as principais anomalias magnéticas rasas e profundas (Figura 7.7). Parte das anomalias magnéticas pode ser explicada por corpos já mapeados como os sienitos do Complexo Alcalino de Tunas, gabros e diabásios do Complexo Bairro da Cruz e o granito Piedade. Outras anomalias magnéticas ocorrem associadas às zonas de cisalhamento da Lancinha e São João Lamenha Grande. As mineralizações de Pb-Zn-Ag (Cu-Ba) da Formação Perau estão associadas a áreas de médio - baixo magnético, o que pode ser explicado

pelo estilo da mineralização, associada a zonas sulfetadas (disseminado e maciço) em lentes de rocha calciossilicáticas em pacote sedimentar com vulcanismo associado. A zona com magnetita, “hangin-gwall” das mineralizações, não é bem demarcada através dos dados do aerolevantamento, uma vez que ocorre de forma bem restrita.

### 7.2.- Aerogamaespectrometria

A gamaespectrometria tem por finalidade estimar as concentrações de K, Th e U das rochas, a partir da contagem dos raios  $\gamma$  emitidos por seus respectivos radioisótopos, com energia e intensidade suficientes para serem medidos em levantamentos aéreos. Na estimativa do K é utilizado o radioisótopo  $K^{40}$  e na estimativa do Th e do U são utilizados os elementos  $Tl^{208}$  e  $Bi^{214}$ , pertencentes às respectivas séries de desintegração, com notações **eTh** e **eU** (MINTY, 1997).

Os dados gamaespectrométricos coletados por sensores aerotransportados são processados e submetidos a uma série de ajustes, a fim de validar a correspondência entre os valores das concentrações medidas e os valores que as rochas possuem em superfície. Os dados são apresentados em composição ternária RGB, na qual as concentrações de K, eTh e eU são sobrepostas em escalas de cores (K em vermelho, eTh em verde, e eU em azul) (Figura 7. 8).

Sobre o mapa de composição ternária RGB do alvo Perau foi produzido um mapa de Domínios Gamaespectrométricos (Figura 7. 9) que consiste no agrupamento das respostas dos radioelementos K, eTh e eU em domínios semelhantes. Existe uma relação direta entre esses Domínios Gamaespectrométricos e a geologia superficial do local, tendo em vista que as informações gamaespectrométricas são referentes às rochas e/ou estruturas rasas.

### 7.3 - Geofísica Terrestre

Na década de 1980 foram realizados levantamentos geofísicos com o Método da Polarização Induzida (IP) no domínio da frequência para o Projeto Anta Gorda ao redor da mina do Perau.

A polarização induzida é um fenômeno elétrico estimulado por corrente elétrica observado como uma resposta retardada de voltagem nos materiais terrestres (SUMNER, 1976). Em alguns corpos, como por exemplo, jazimentos de sulfetos, que são atravessados por uma corrente elétrica,

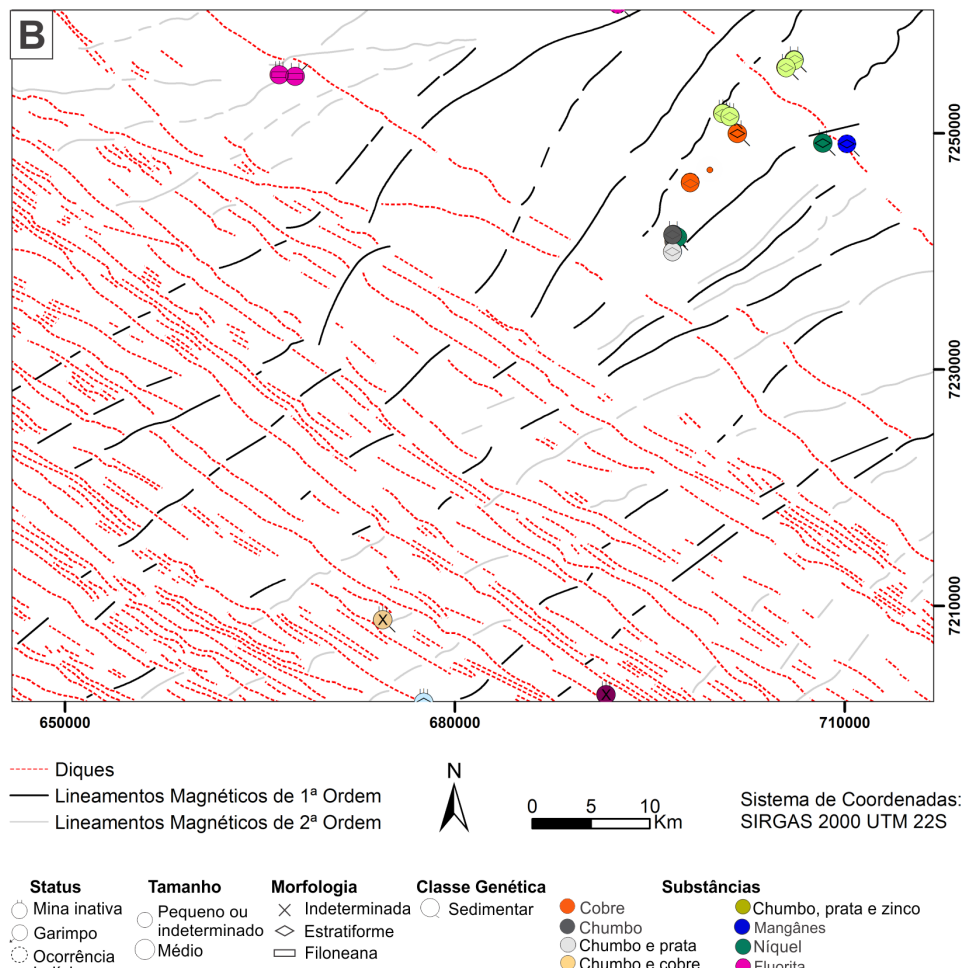
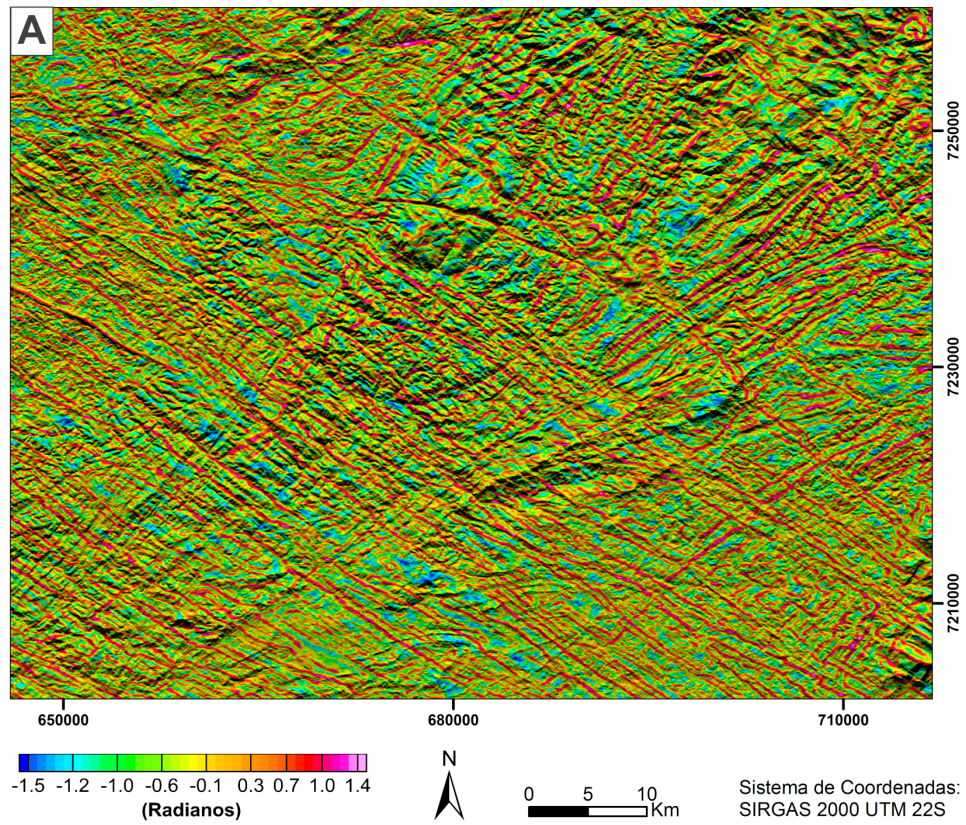


Figura 7.5. A) Fusão do SRTM com ISA-GHT sobre os dados do CMA. B) Lineamentos magnéticos extraídos da imagem do ISA-GHT sobre o CMA. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.

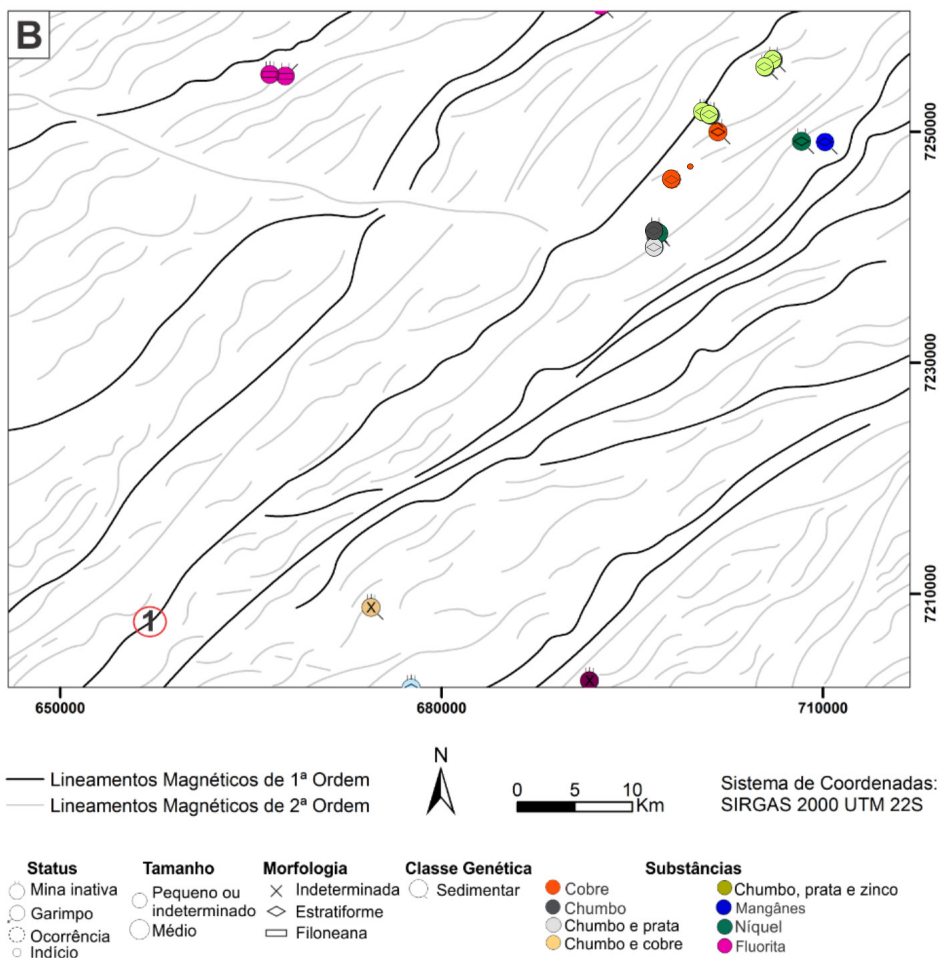
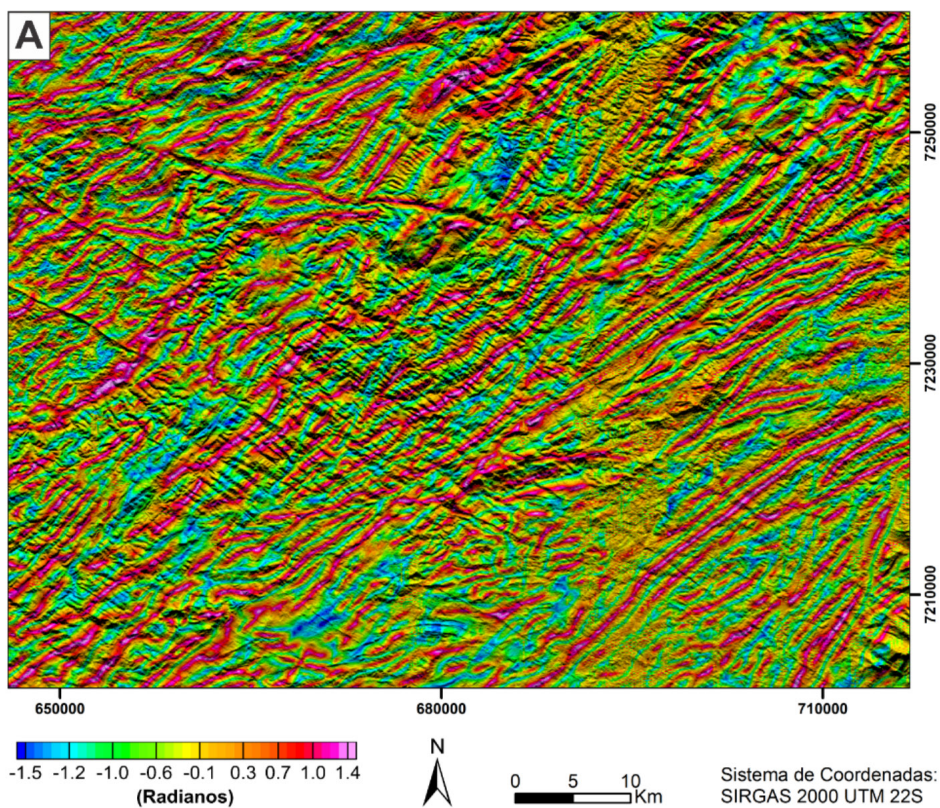


Figura 7. 6. A) Fusão do SRTM com ISA-GHT sobre os dados do CMP. B) Lineamentos magnéticos extraídos da imagem do ISA-GHT sobre o CMP. 1 – Lineamento magnético associado à zona de cisalhamento da Lancinha. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.

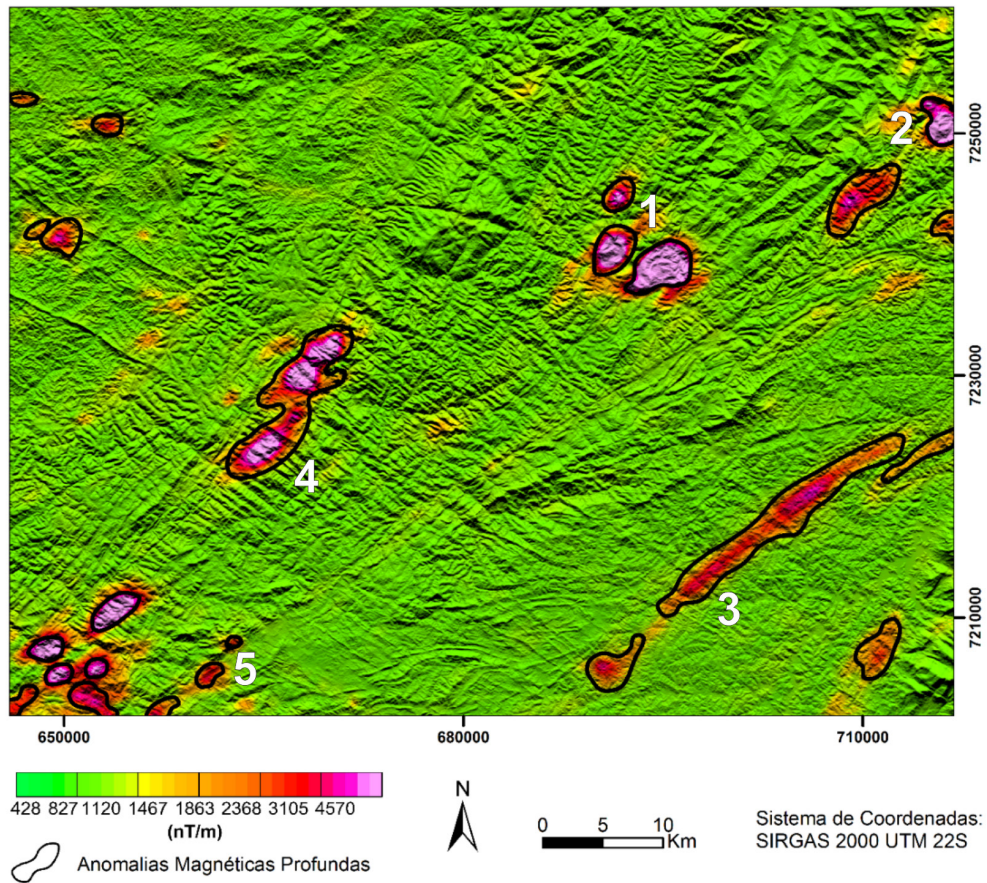


Figura 7.7. Mapa com a individualização das anomalias magnéticas profundas delimitadas a partir do mapa da fusão do SRTM com GT sobre os dados do CMP, para a área de ocorrência da Formação Perau. 1 – Complexo Alcalino de Tunas; 2- Complexo Bairro da Cruz; 3- Zona de cisalhamento São João Lamenha Grande; 4 – Granito Piedade; 5 – Zona de cisalhamento Lancinha. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.

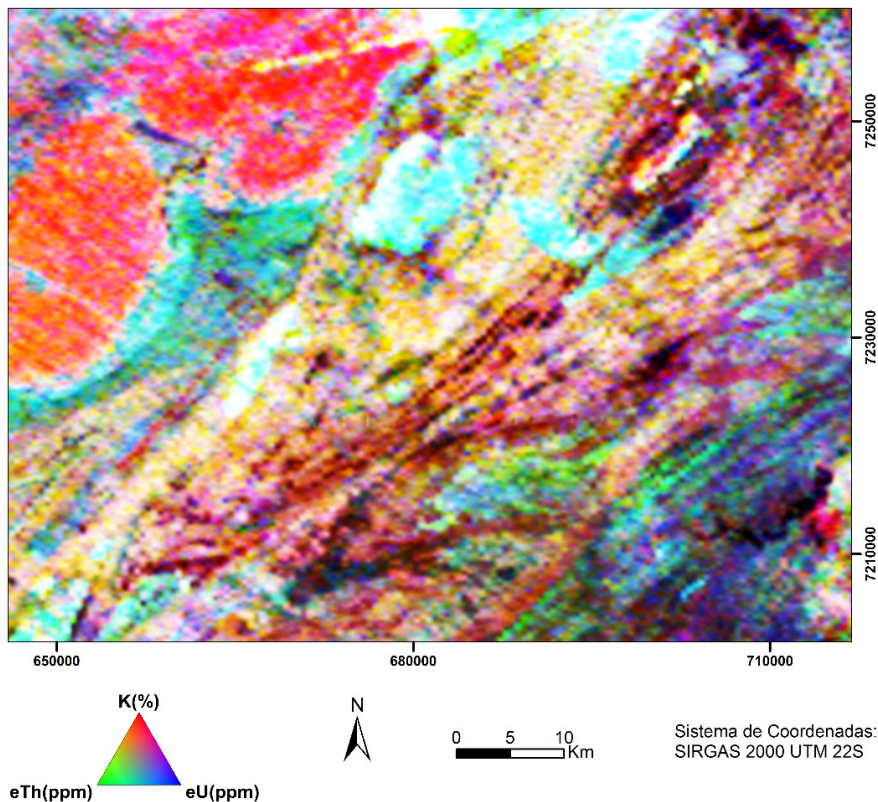


Figura 7.8. Mapa da Composição Ternária RGB sobre o alvo do Perau. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.

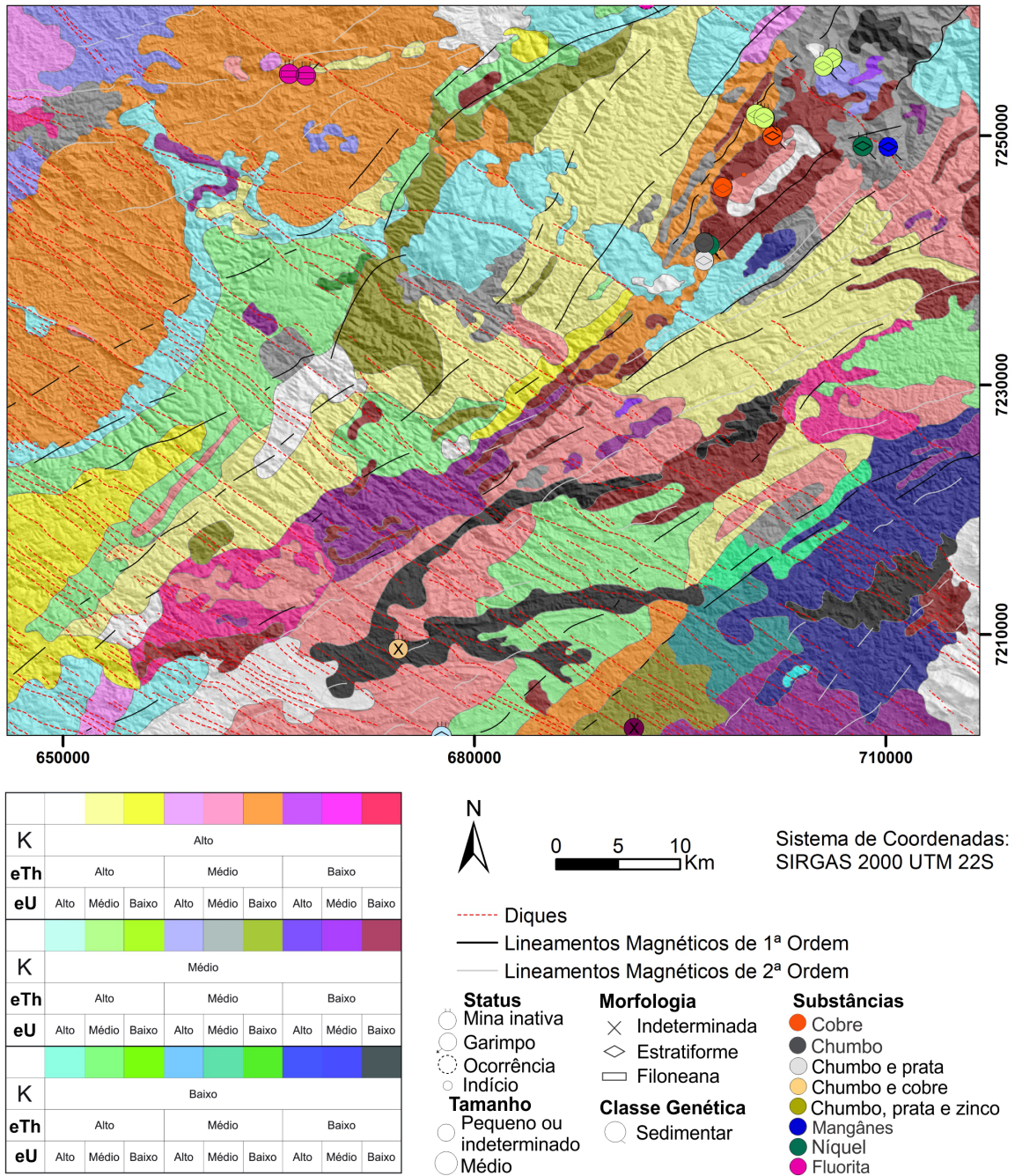


Figura 7.9. Mapa dos Domínios Gamaespectrométricos delimitados sobre o mapa da composição ternária RGB (40 % de transparência) sobre o SRTM para a área do alvo Perau. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.

quando esta corrente é interrompida, o campo elétrico não desaparece bruscamente, mas sim de uma maneira lenta (ORELLANA, 1974). Durante o tempo de fluxo original injetado, presume-se que alguma energia seja armazenada no material. O decaimento da voltagem no material, medido após esse fluxo, representa a volta do material para o seu estado natural após o distúrbio gerado pela corrente aplicada. Portanto, o efeito IP está diretamente ligado a maior ou menor capacidade de polarização dos materiais em subsuperfície, constituindo-se, portanto, a base do Método da Polarização Induzida.

O efeito IP é medido pela aplicação de uma corrente elétrica artificial no terreno através de dois eletrodos, e medição do potencial gerado em outro dois eletrodos na proximidades do fluxo de corrente. A medição é feita durante o fluxo de corrente e após a sua extinção. As medidas do efeito IP no Projeto Anta Gorda foram realizadas no domínio da frequência, onde as medidas de resistividade aparente são feitas em duas ou mais baixas frequências AC (abaixo de 10 Hz). O levantamento IP foi realizado com a técnica de Caminhamento Elétrico e arranjo Dipolo-Dipolo. Em cada estação foi realizada a leitura da resistividade aparente mediante fornecimento de

corrente e tensão AC. Em seguida, foi mantida a corrente e a tensão DC em frequências menores (3,0 Hz e 0,3 Hz) e foi realizada a leitura do desvio da resistividade aparente em relação à primeira leitura. Esse desvio é chamado de Efeito de Frequência (FE).

Naquela oportunidade, foram coletadas no campo 30 amostras de rochas que foram cortadas em blocos retangulares e nas mesmas foram feitas medidas da Resistividade e do FE nas frequências de 0,3 e 3 Hz (Tabela 7.1). As amostras de minério e de anfibólio xistos são mais condutivas que as demais rochas, apresentando menores valores de resistividade. Em contraste com os anfibólitos xistos, o minério apresenta alto valor de FE. Assim o foco do estudo geofísico nesse levantamento foi à determinação de alvos com baixos valores de Resistividade juntamente com altos valores de FE (MMAJ/JICA REPORT, 1982).

A Figura 7.10 mostra as linhas de aquisição que foram executadas ao redor da mina do Perau. As linhas de A até J foram realizadas para cruzarem perpendicularmente o horizonte do minério, foram espaçadas de 300 m e com 2,5 km de extensão cada. A linha K possui 2,5 km de extensão, e a linha L foi planejada como uma linha de controle interligando-

Tabela 7.1. Valores médios de resistividade e Efeito de Frequência (FE) para os litotipos de 30 amostras de rochas (MMAJ/JICA REPORT, 1982).

Litotipos	FE (%)	$\rho$ ( $\Omega.m$ )
Quartzitos	-1,8	7.670
Mica Xistos	0,6	3.842
Anfibólio Xistos	2,8	1.071
Calciossilicática	3,4	4.074
Minério	106,1	951

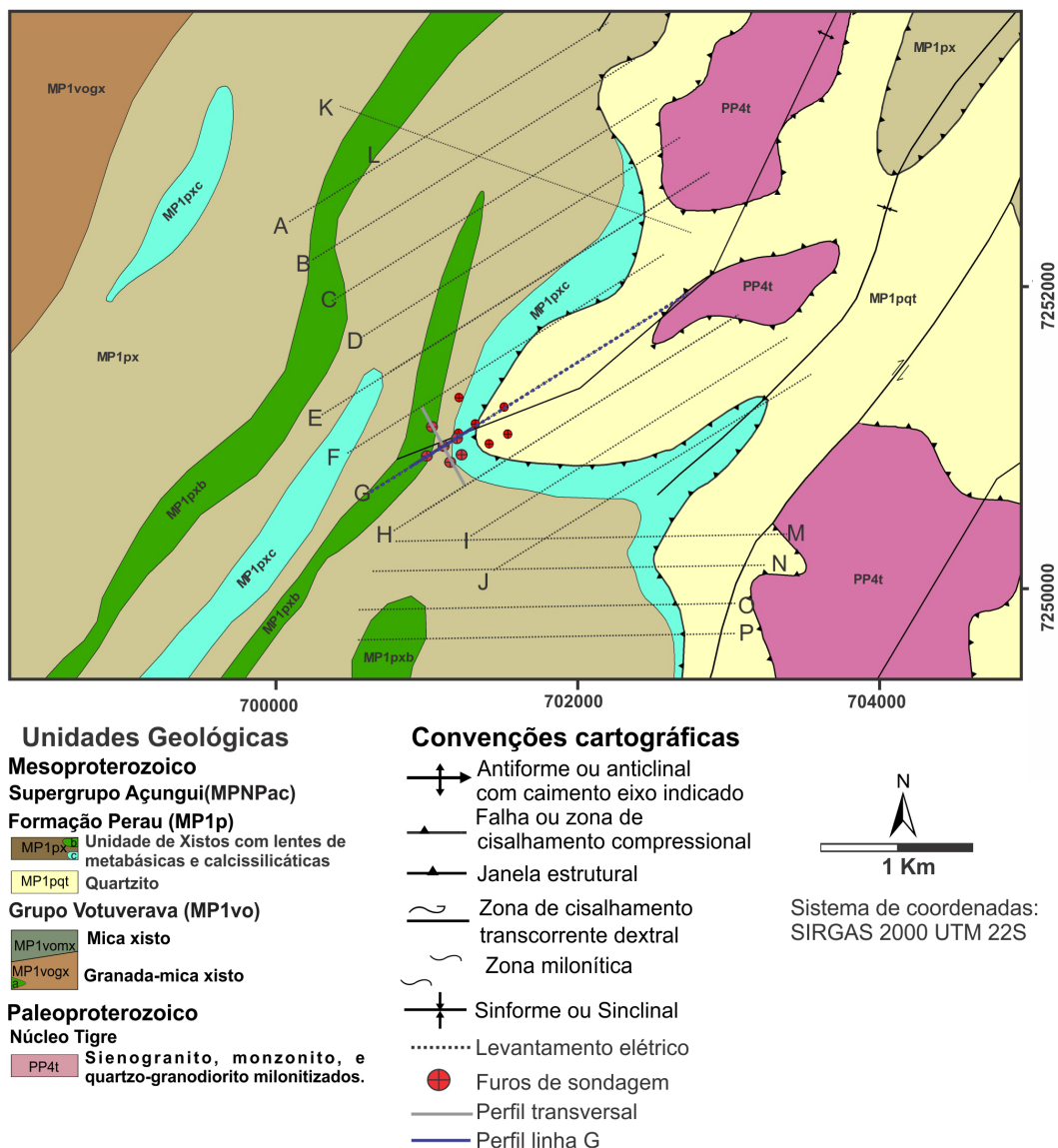


Figura 7.10. Linhas de aquisição do levantamento IP com a técnica de Caminhamento Elétrico e arranjo Dipolo-Dipolo realizada na década de 1980 ao redor da mina do Perau no Projeto Anta Gorda. Estão destacados os Furos de Sondagem que mostraram a presença de mineralização em diferentes profundidades. Fonte: Elaborado por Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2017.

-as com 2,7 km de extensão. As linhas de M até P foram espaçadas de 200 m e possuem 2,5 km de extensão. Em cada linha, as estações foram espaçadas de 100 m, a distância entre eletrodos foi de 200 m, e foram investigados cinco níveis de profundidade.

Os dados do Projeto Anta Gorda foram digitalizados e reprocessados. Os valores medidos da resistividade aparente variam de 0 a 16.000  $\Omega.m$  e os de FE variam de 0 a 10 %. A região que apresenta simultaneamente valores de resistividade aparente inferior a 500  $\Omega.m$  e valores de FE acima de 5 % foi considerada anômala.

Há uma grande distribuição dos valores de resistividade aparente abaixo de 500  $\Omega.m$  (Figura 7.11) na área do levantamento que pode ser devido a presença de Anfibólio Xistos. Existem duas regiões que concentram valores de FE acima de 5 % (Figura 7.12) que foram denominadas de **Zona A** e **Zona B**. A distribuição dos valores que apresentam simultaneamente valores de resistividade aparente abaixo de 500  $\Omega.m$  e valores de FE acima de 5 % (Figura 7.13) se concentram também nas Zonas A e B.

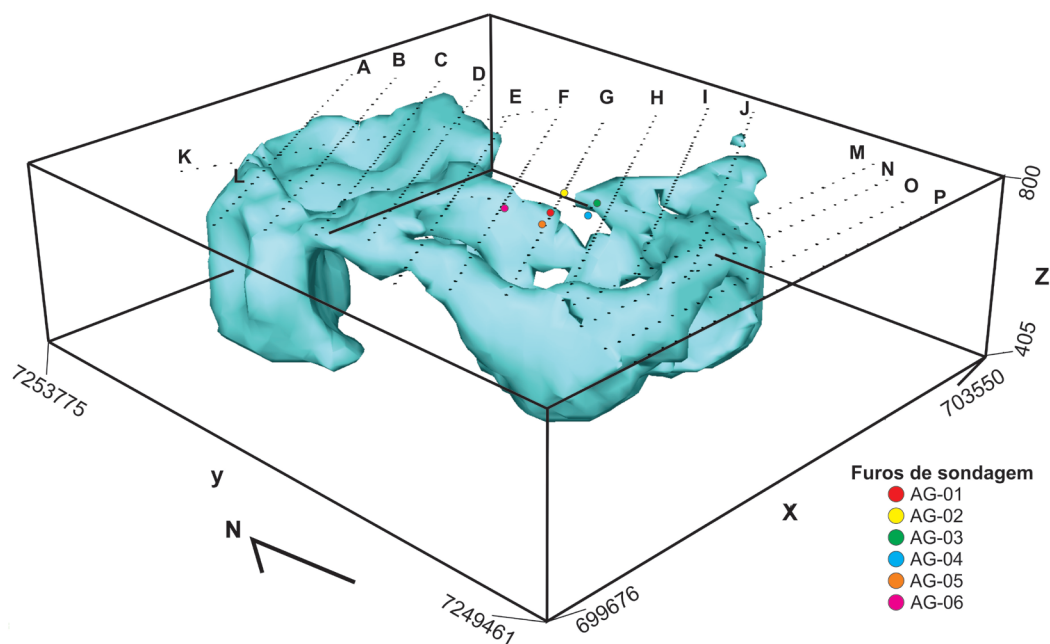


Figura 7.11. Superfície de resistividade aparente que envolve valores menores que 500  $\Omega.m$ . Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson de Andrade, 2017.

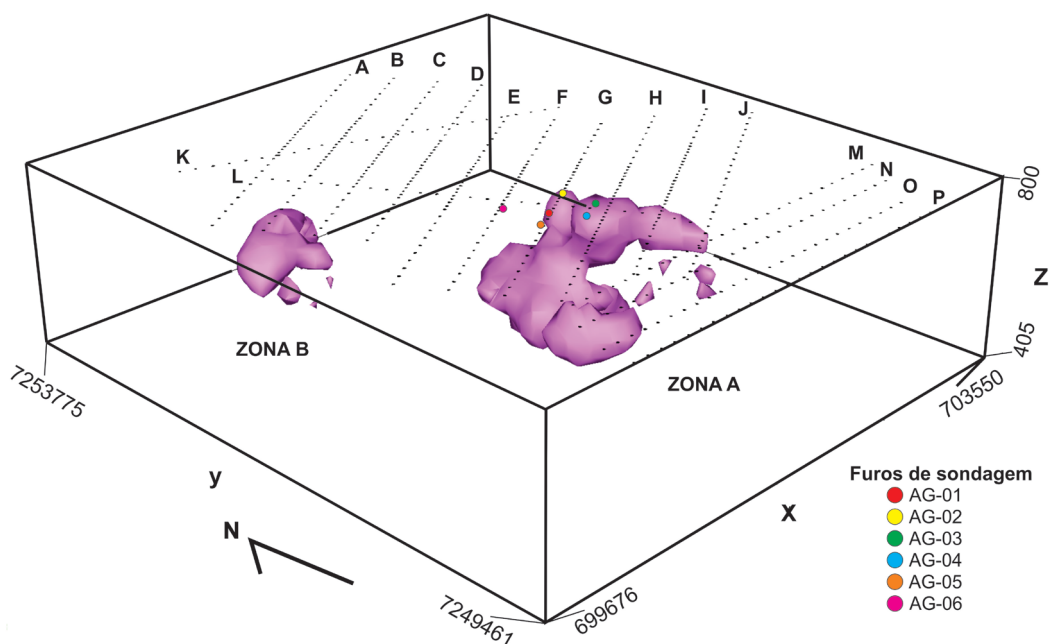


Figura 7.12. Superfície de Efeito de Frequência (FE) que envolve valores acima de 5%. Os valores se concentram em duas regiões que foram denominadas de Zona A e Zona B. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.

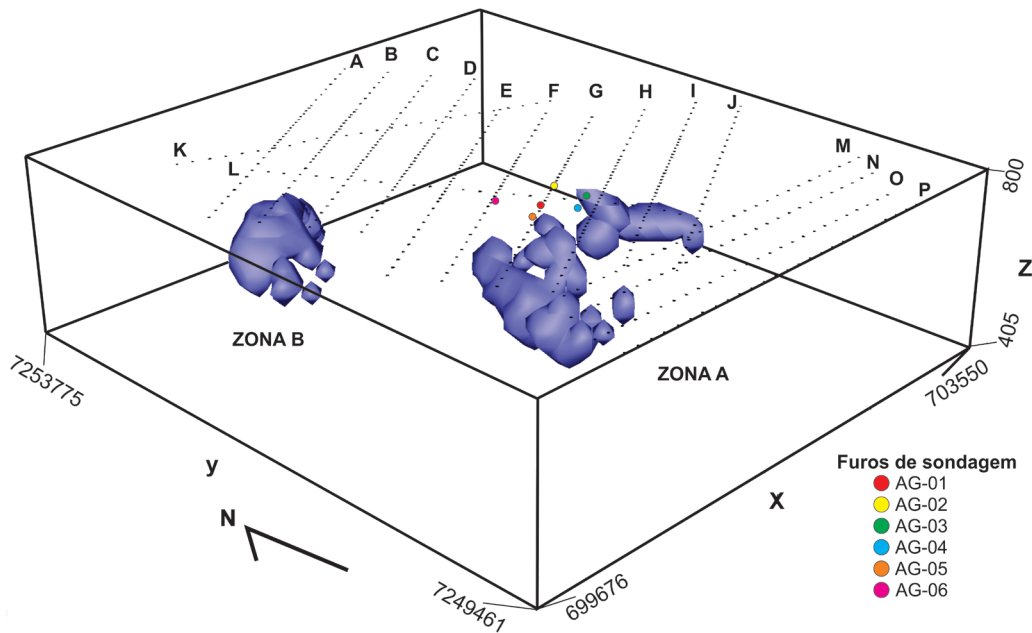


Figura 7.13. Superfície que envolve a interseção dos valores de resistividade aparente abaixo de  $500 \Omega.m$  e de FE acima de 5%. Esses valores se concentram em duas regiões que são denominadas de Zona A e Zona B. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.

A Zona A foi verificada no Projeto Anta Gorda através de seis furos de sondagens (Figura 7.10 e Figura 7.13) que interceptaram a mineralização em profundidades diferentes (Tabela 7.2). Sobre a Linha G foram feitos os furos AG-01, AG-02 e AG-05 (Figura 7.10). Paralelamente a Linha L e perpendicularmente Linha G passando pelo furo AG-01, foram feitos também os furos AG-04 e AG-06 (Figura 7. 10). A Zona B não foi testada no Projeto Anta Gorda através de campanhas de sondagens.

Tabela 7.2. Profundidades médias em que a mineralização foi interceptada. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.

Furos	Profundidade (m)
AG-01	256
AG-02	243
AG-03	195
AG-04	200
AG-05	355
AG-06	325

Os dados de resistividade medidos do Projeto Anta Gorda são valores aparentes, assim foi utilizado o Método de Inversão que é um processo numérico que visa determinar possíveis valores de resistividade. A inversão foi realizada no software *RES2DINV* desenvolvido pela *Geotomo Inc.* A rotina de inversão usada pelo programa é baseada no método dos mínimos quadrados com suavização restringida. O objetivo do programa é determinar as resistivida-

des dos blocos retangulares que irão produzir uma pseudosseção de resistividade aparente concordante com os dados de campo. Os dados de campo são comparados com a pseudosseção sintética resultante da simulação feita pelo programa, e o modelo é considerado satisfatório quanto mais se assemelham as pseudosseções de campo e sintética. É importante que os resultados da inversão sejam comparados com as informações dos furos de sondagem uma vez que os mesmos não obedecem à propriedade de unicidade.

O método de inversão foi aplicado sobre a linha G na opção robusta que busca o menor erro dos valores absolutos e com modelos de refinamento na discretização. Foram realizadas 8 iterações de forma que o erro entre as pseudosseções calculada e medida foi de 19 % (Figura 7.14).

O resultado da inversão com a correção topográfica é mostrada na Figura 7.15. A mineralização interceptada no furo AG-05 ficou fora dos limites de investigação do método. A mineralização interceptada no furo AG-01 pode ser correlacionada com uma camada condutiva que aparece abaixo de um grande domínio resistivo. A mina do Perau, indicada na Figura 7.15, também pode ser correlacionada com uma região condutora em superfície.

O grande domínio resistivo pode ser explicado pelas altas resistividades dos metassedimentos da unidade de xistos, de quartzitos e das rochas calciossilicáticas em relação ao minério. A mineralização interceptada no furo AG-02 está imersa nesse domínio resistivo e não apresenta nenhuma correlação com o resultado da inversão. Isso deve ocorrer porque o es-



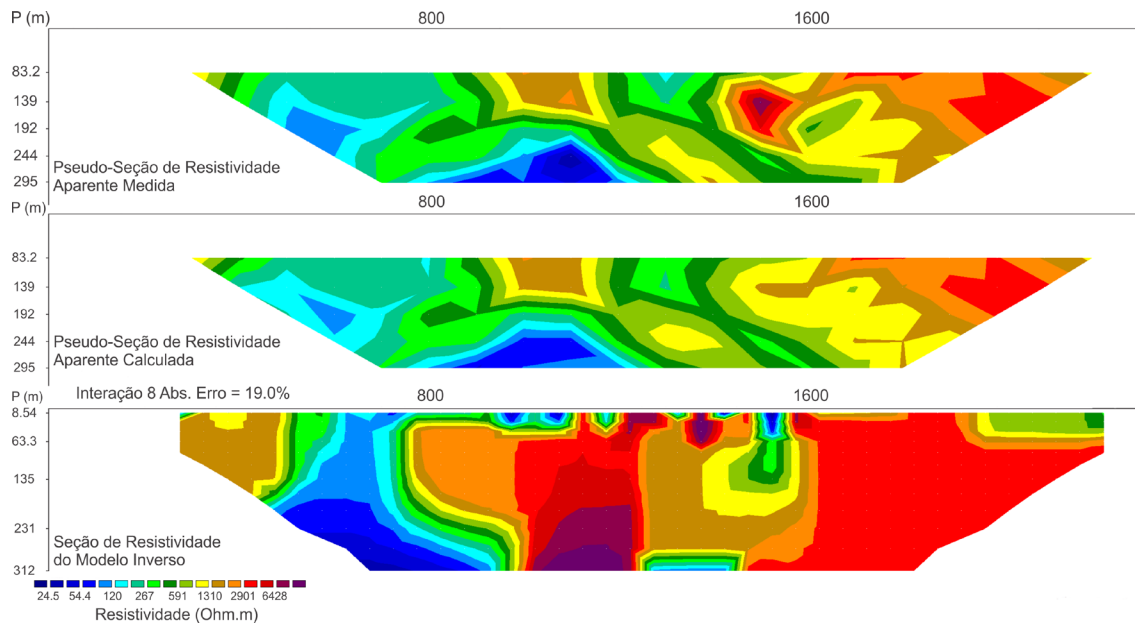


Figura 7.14. Pseudoção com valores de resistividade aparente medidos, pseudoção com valores de resistividade aparente calculados a partir do modelo de inversão e resultado da inversão da Linha G. O erro entre as pseudoções de resistividade de calculada e medida foi de 19%. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino e Jairo Jamerson Correia de Andrade, 2017.

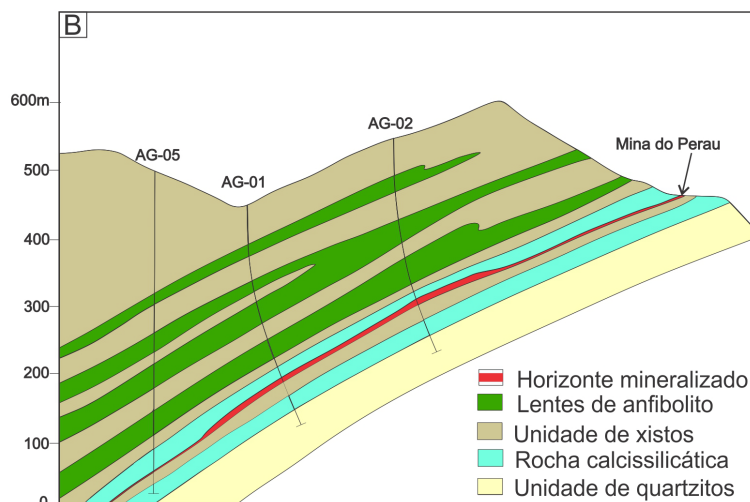
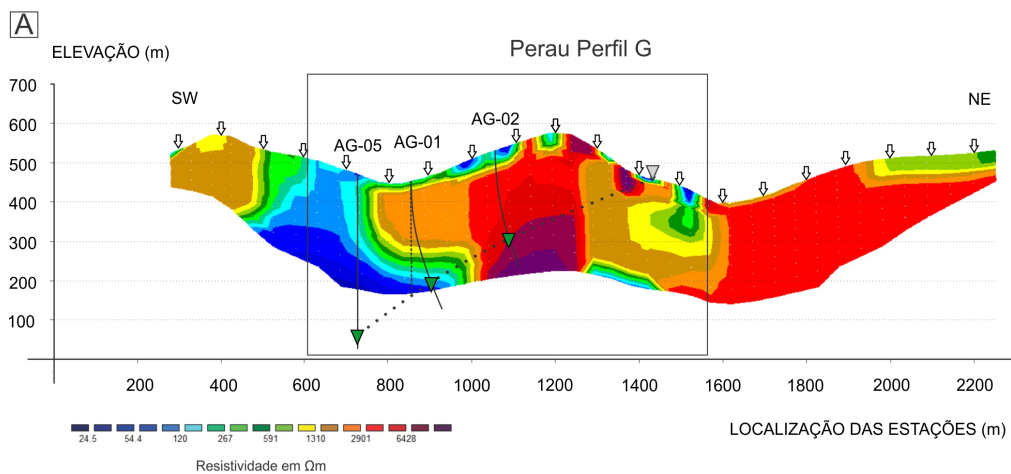


Figura 7. 15. A) Inversão da Linha G ao redor da mina do Perau. B) Seção geológica esquemática com os furos de sondagem realizados ao longo da Linha G (AG-01, 02 e 05). Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino, Jairo Jamerson Correia de Andrade e Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2017.

paçamento entre os eletrodos (200 metros) utilizado no levantamento geofísico não permitiu resolução suficiente para captar respostas condutivas da camada mineralizada. De fato isto é uma desvantagem para o arranjo dipolo-dipolo, levando em consideração a perda de sinal recebido devido o afastamento dos pares de eletrodos.

O método de inversão foi aplicado também sobre as linhas F e H com os mesmos parâmetros utilizados para linha G. Em ambas as inversões foram realizadas 8 iterações de forma que os erros entre as pseudoseções calculada e medida foram, respectivamente de 11 e 35%.

Os valores das inversões das Linhas F, G e H foram interpolados e desse resultado foi extraído um pseudoperfil transverso (Figura 7.16). As camadas na seção de resistividade apresentam o mesmo padrão estrutural visto na seção geológica com mergulho na direção NW. A camada superior resistiva que apresenta valores de resistividade no intervalo de 2.000 a 7.000  $\Omega.m$  pode ser correlacionada com os metassedimentos da unidade de xistos (MP1px). Já a camada inferior condutiva que apresenta valores de resistividade no intervalo de 700 a 1.500  $\Omega.m$  pode ser correlacionada com a rocha calciossilicática mineralizada.

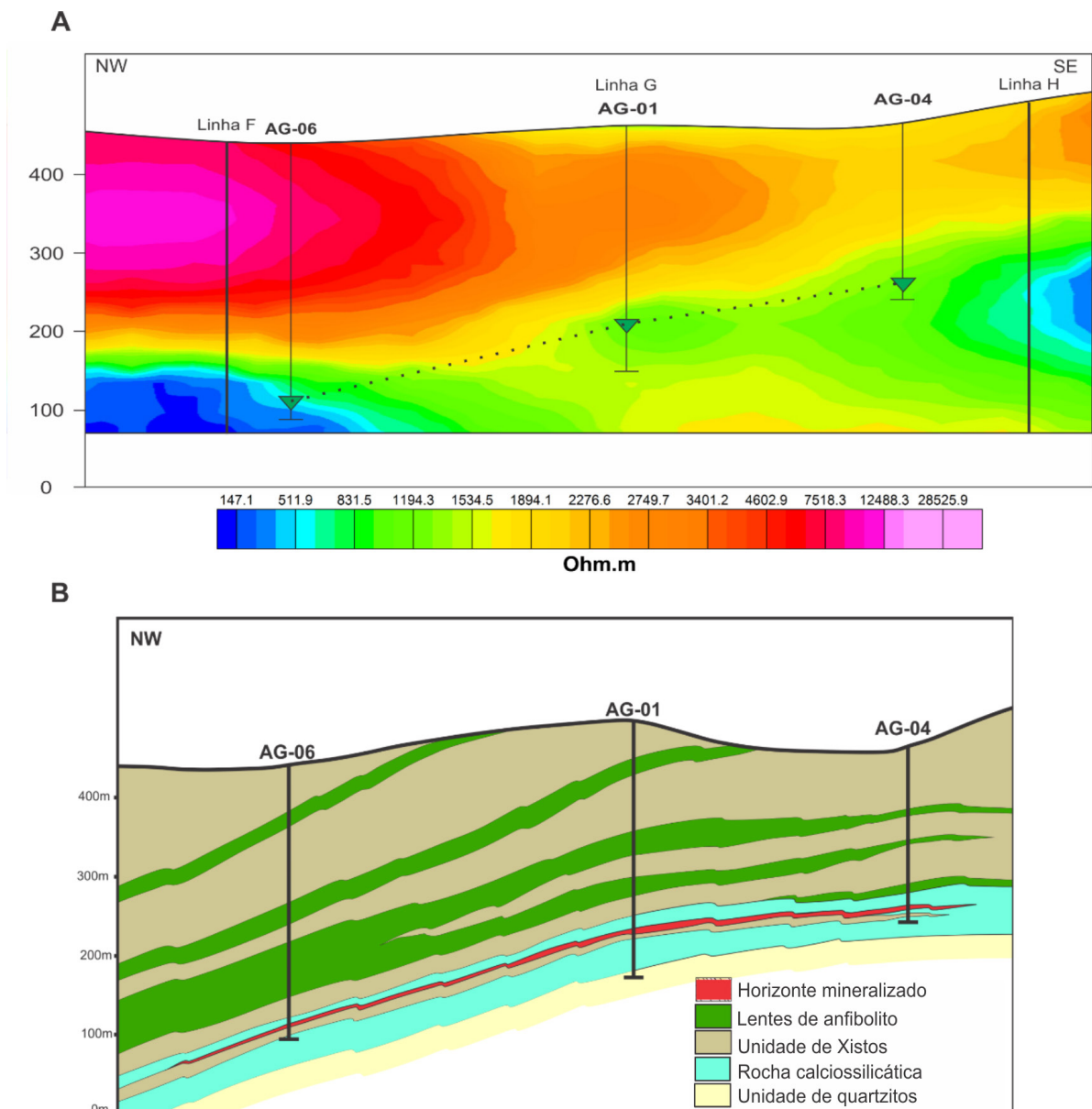


Figura 7. 16. A) Perfil Transverso montado a partir da interpolação dos valores de inversão das Linhas F, G e H. B) Seção geológica esquemática com os furos AG-01, AG-04 e AG-06. Fonte: Elaborado por Rafael Ribeiro Severino, Jairo Jamerson Correia de Andrade e Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2017.



## 8 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

Os estimadores estatísticos das populações do Projeto ARIM Vale do Ribeira e da área alvo Perau estão apresentados na Tabela 8.1. Dentre as medianas dos valores obtidos nas amostras da área alvo, nenhum está acima dos valores médios da crosta continental superior (UCC, RUDNICK & GAO, 2003), enquanto que ao se comparar os valores máximos registrados, percebe-se que há uma grande quantidade de elementos que apresentam valores que são superiores às médias da crosta continental superior, como Pb, Cu, Zn, Ba, As, Ag, Bi, Cr, Fe, Hg, Mn, Mo, P, S, Sb, Se. Apesar de estes dados serem resultantes de digestões parciais, que são seletivas nos minerais solubilizados, a comparação dos valores obtidos com a concentração média da crosta é interessante como fator adicional, além do *background* local, para avaliação de áreas de anomalias geoquímicas.

Os destaques mineralógicos estão apresentados na Figura 8.1. Quatro bacias apresentaram pintas de ouro com dimensão inferior a 0,5 mm relacionadas com o Granito Cerne e Formação Betara (xistos), à Suíte Alcalina Tunas, a litofácies anfíbolito do Grupo Votuverava e ao Granito Barra Bonita. Neste último também foram identificadas pintas de dimensões maiores, entre 0,5 e > 1 mm. A galena é um mineral frágil e de baixa dureza, pouco resistente ao transporte mecânico (PEREIRA *et al.*, 2005) e foi identificada apenas em uma única bacia próxima à Mina do Perau.

Ela também se altera facilmente para fases secundárias como piromorfita, cerusita e anglesita quando exposta ao ambiente superficial (KEIM & MARKL, 2015). Somente em duas bacias foi identificado piromorfita, uma delas coincidente com a bacia onde está presente galena (Mina do Perau) e outra relacionada à litofácies anfíbolito do Grupo Votuverava. Outro mineral facilmente alterado em ambiente superficial é a pirita, cuja ocorrência na área de estudo está restrita a cinco bacias principalmente próximas às Minas do Perau e de Canoas. Limonita e goethita, que são produtos de alteração de minerais ricos em ferro (por exemplo, a pirita), ocorrem com abundância por toda a área de estudo. Apesar de existirem ocorrências de cobre na área, não foram identificados minerais deste elemento nos concentrados.

Os dados de sedimento de corrente da área mostraram diversas anomalias geoquímicas de chumbo da última classe, algumas coincidentes com a localização das galerias da Mina do Perau e Mina de Canoas, e representam bacias enriquecidas entre 2,8 e 76 vezes a concentração da crosta continental superior (RUDNICK & GAO, 2003) (Figura 8. 2). Em diversas dessas bacias anômalas não há ocorrências minerais cadastradas e são áreas com potencial para exploração. Além disso, uma grande parte da área também apresenta enriquecimento em chumbo, estando enquadrada na penúltima.

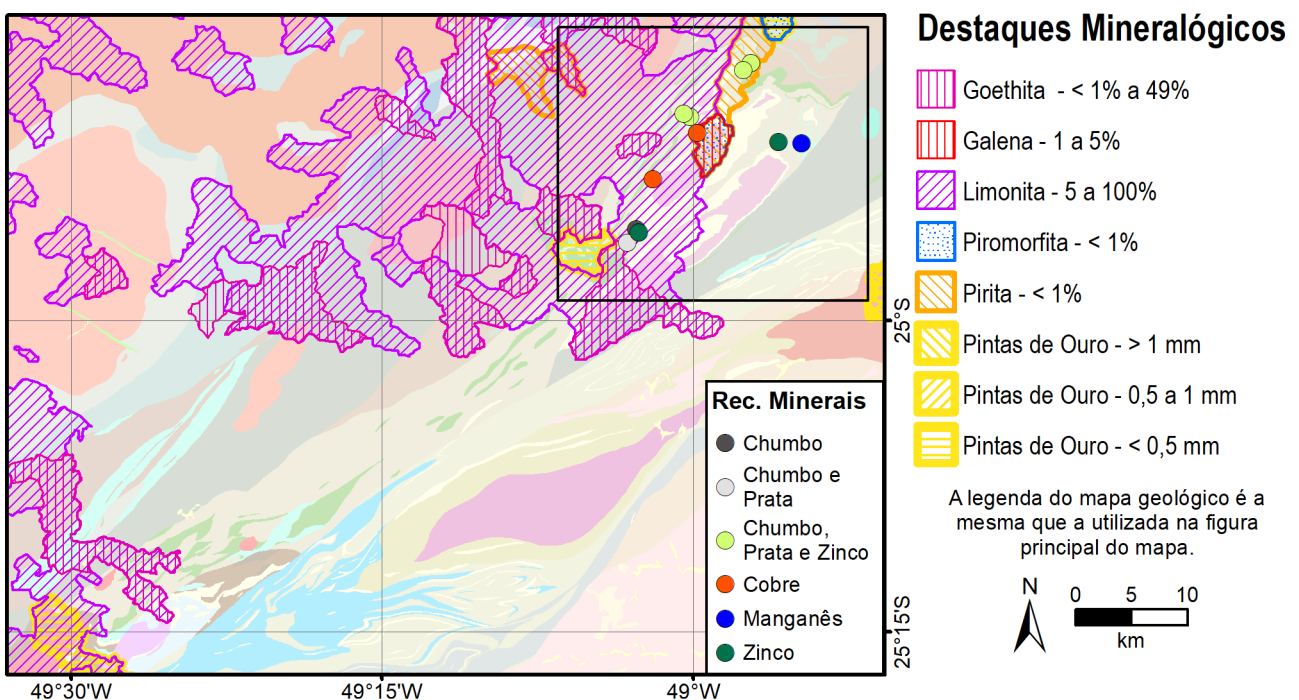


Figura 8.1. Destaques mineralógicos na área de estudo. Ressalta-se que na área da Folha Curitiba não houve coleta de concentrado de minerais pesados. Fonte: Elaborado por Francisco Ferreira de Campos, 2017.

Tabela 8.1. Estimadores estatísticos do conjunto de dados abrangendo todo o projeto ARIM Vale do Ribeira e do recorte da área alvo Perau. Valores em ppm, exceto onde indicado. LD = Limite de detecção.

Elemento	LD ACME / GEOSOL	ARIM Vale do Ribeira						Área Alvo - Perau						UCC (Rudnick & Gao, 2003)
		N	MÉDIA	MÍN.	MÁX.	MED.	DESV. PAD.	N	MÉDIA	MÍN.	MÁX.	MED.	DESV. PAD.	
Au (ppb)	0,2 ppb / 0,1 ppm	2158	-	< 100	8105,8	-	-	145	-	< 0,2	< 100	-	-	1,5 ppb
Ag	2 ppb / 0,01 ppm	2225	0,04	< 0,002	3,60	0,008	0,13	459	0,08	< 0,01	3,60	0,10	0,17	53 ppb
Al (%)	0,01%	2225	1,23	0,03	6,80	1,03	0,86	193	1,28	0,29	4,98	1,19	0,57	8,15%
As	0,1 / 1 ppm	2225	2,8	< 0,1	253	1,0	8,1	459	6	0,2	58	2	8	4,8
Ba	0,5 / 5 ppm	2225	90	< 0,5	2401	76	94	459	286	19	10000	174	679	624
Be	0,1 ppm	2225	0,7	< 0,1	3,9	0,6	0,5	193	0,7	0,1	2,4	0,6	0,3	2,1
Bi	0,02 ppm	2225	0,16	< 0,02	9,83	0,09	0,41	193	0,18	< 0,02	2,67	0,12	0,26	0,16
Ca (%)	0,01%	2225	0,18	< 0,01	15,00	0,08	0,62	193	0,27	0,02	1,65	0,17	0,29	2,57%
Cd	0,01 ppm	2225	0,05	< 0,01	1,90	0,04	0,07	193	0,05	< 0,01	0,33	0,05	0,04	0,09
Ce	0,1 / 0,05 ppm	2223	70,8	0,6	874,4	46,9	85,5	193	54,2	11,6	195,3	48,1	28,1	63
Co	0,1 ppm	2225	8,4	< 0,1	132,7	7,0	7,2	459	10,9	0,5	44,0	9,0	7,1	17,3
Cr	0,5 / 1 ppm	2225	36	0,6	1262	23	55	459	50	< 1	790	31	70	92
Cs	0,02 / 0,05 ppm	2225	1,13	0,03	8,68	0,86	0,95	193	1,40	0,25	8,04	1,00	1,18	4,9
Cu	0,01 / 0,5 ppm	2225	15,9	0,3	163,6	11,6	14,9	459	24,8	1,0	210,0	20,9	19,4	28
Fe (%)	0,01%	2215	3,04	0,05	15,00	2,68	1,94	451	3,71	0,20	13,94	3,45	2,00	3,92%
Ga	0,1 ppm	2225	5,6	< 0,1	27,4	4,8	3,6	193	6,1	1,6	16,4	5,6	2,6	17,5
Ge	0,1 ppm	1507	0,1	< 0,1	2,1	0,05	0,2	145	0,06	< 0,1	0,2	0,05	0,02	1,4
Hf	0,02 / 0,05 ppm	2225	0,19	< 0,02	6,75	0,12	0,30	193	0,21	< 0,05	1,38	0,15	0,19	5,3
Hg	5 ppb / 0,01 ppm	2225	0,02	< 0,005	0,31	0,02	0,03	193	0,03	< 0,01	0,10	0,02	0,02	0,05
In	0,02 ppm	2225	0,02	< 0,02	1,06	0,01	0,04	193	0,02	< 0,02	0,13	0,02	0,02	0,056
K (%)	0,01%	2225	0,14	< 0,01	1,08	0,11	0,12	193	0,20	0,01	1,08	0,16	0,13	2,32%
La	0,5 / 0,1 ppm	2225	34,3	< 0,5	806,8	21,1	47,5	193	26,4	1,5	92,4	23,1	14,3	31
Li	0,1 / 1 ppm	2225	7	0,2	47	6	5	458	8	< 1	44	7	4	21
Lu	0,01 ppm	1349	0,09	< 0,01	1,27	0,07	0,08	48	0,12	0,04	0,31	0,11	0,07	0,31
Mg (%)	0,01%	2225	0,18	< 0,01	6,50	0,11	0,29	193	0,27	0,02	1,31	0,21	0,20	1,50 %
Mn	1 / 5 ppm	2225	502	1	6666	380	488	458	621	22	10000	441	722	0,08%
Mo	0,01 / 0,05 ppm	2225	0,61	< 0,05	11,78	0,44	0,75	458	0,88	< 0,05	18,00	1,00	0,87	1,1
Na (%)	0,001 / 0,01%	1507	0,01	< 0,001	0,31	0,005	0,02	145	0,02	< 0,01	0,14	0,01	0,02	2,43%
Nb	0,02 / 0,05 ppm	2225	1,56	< 0,02	28,38	1,18	1,75	193	1,61	0,24	7,65	1,36	1,09	12
Ni	0,1 / 0,5 ppm	2225	11,4	0,2	1053,0	8,4	24,2	459	13,8	0,5	68,0	11,9	8,6	47
P	0,001% / 50 ppm	2225	314	< 10	8439	230	396	193	578	< 50	3587	309	707	0,07%
Pb	0,01 / 0,2 ppm	2225	15,7	0,7	1291,3	10,2	49,7	459	20,6	0,5	1291,3	14,0	71,6	17
Rb	0,1 / 0,2 ppm	2225	14,6	0,1	110,0	11,4	12,7	193	20,6	1,9	101,9	17,5	13,2	84
Re	1 ppb / 0,1 ppm	1507	0,27	< 0,001	2,50	0,05	0,72	145	0,04	0,005	0,05	0,05	0,02	0,198 ppb
S (%)	0,02 / 0,01%	2225	0,01	< 0,01	0,81	0,005	0,03	193	0,01	< 0,01	0,15	0,005	0,01	0,032
Sb	0,02 / 0,05 ppm	2225	0,27	< 0,02	18,86	0,13	0,63	459	0,71	< 0,05	7,00	0,50	0,76	0,4
Sc	0,1 ppm	2225	3,9	< 0,1	37,8	3,2	3,0	193	4,7	1,1	37,8	4,1	3,3	14
Se	0,1 / 1 ppm	1507	0,5	< 0,1	4,0	0,5	0,4	145	0,5	< 0,1	3	0,5	0,5	0,09
Sn	0,1 / 0,3 ppm	2225	1,2	< 0,1	17,4	1,0	1,0	458	1,0	< 0,3	6,5	0,6	0,8	2,1
Sr	0,5 ppm	2225	16,3	< 0,5	898,7	9,1	32,3	193	24,1	1,0	111,1	15,0	22,7	320
Ta	0,05 ppm	1507	0,10	< 0,05	7,80	0,025	0,41	145	0,03	< 0,05	0,08	0,03	0,01	0,9
Tb	0,02 ppm	1349	0,55	0,02	9,17	0,35	0,69	48	0,48	0,13	1,35	0,42	0,27	0,7
Te	0,02 / 0,05 ppm	1507	0,18	< 0,02	11,86	0,025	0,70	145	0,11	< 0,02	2,50	0,03	0,30	-
Th	0,1 ppm	2225	14,7	0,1	393,9	8,4	21,7	193	8,9	1,3	40,5	7,7	4,8	10,5
Ti (%)	0,001 / 0,01%	2225	0,17	< 0,001	2,00	0,11	0,20	193	0,22	0,02	1,04	0,17	0,17	0,38%
Tl	0,02 ppm	1728	0,12	< 0,02	0,77	0,10	0,09	72	0,13	< 0,02	0,25	0,13	0,06	0,9
U	0,1 / 0,05 ppm	2225	1,6	< 0,05	34,0	1,1	2,0	193	1,2	0,2	5,3	1,1	0,7	2,7
V	2 / 1 ppm	2225	60	< 1	1071	40	74	193	99	12	1071	68	110	97
W	0,1 ppm	1507	0,5	< 0,1	28,7	0,1	1,7	145	0,8	< 0,1	28,7	0,3	2,7	1,9
Y	0,01 / 0,05 ppm	2225	7,94	0,13	106,73	6,09	7,01	193	7,43	0,98	31,07	6,30	4,57	21
Yb	0,1 ppm	1354	0,8	< 0,1	64,0	0,6	2,7	48	0,9	0,2	2,2	0,8	0,5	2
Zn	0,1 / 1 ppm	2225	38,6	0,4	496,4	35,0	29,3	459	48,6	2	147,2	45,0	24,2	67
Zr	0,1 / 0,5 ppm	2220	8,1	0,1	234,0	5,3	11,4	193	6,8	< 0,5	41,6	4,7	6,9	193

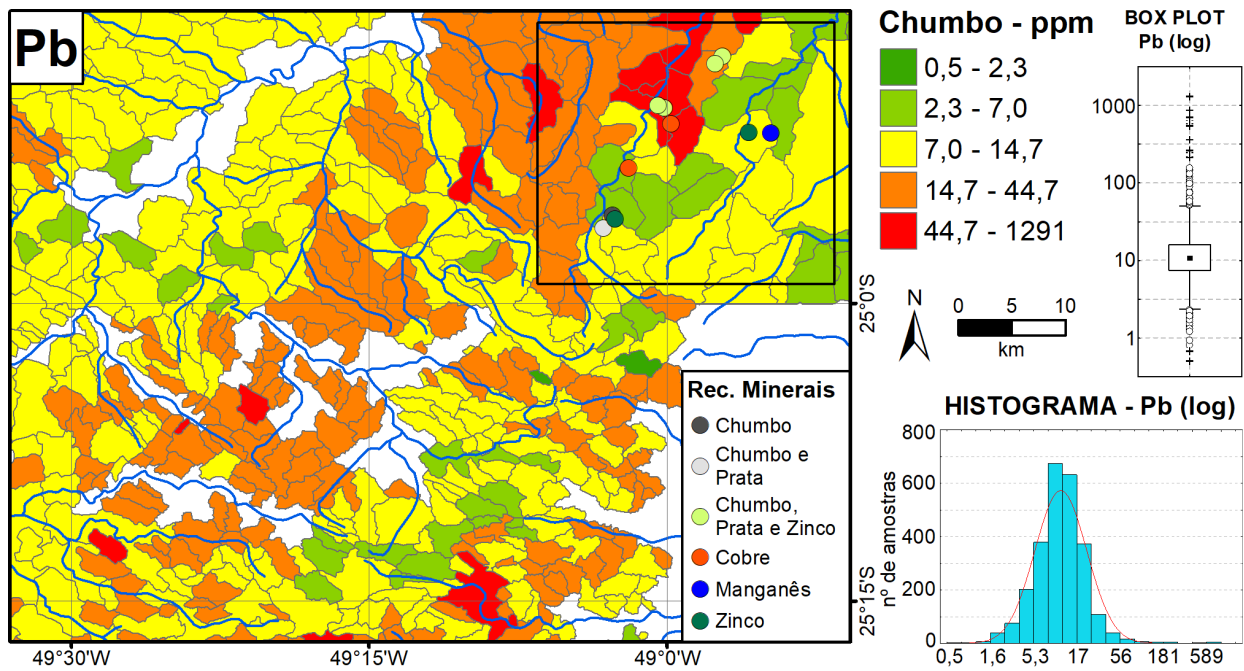


Figura 8.2. Levantamento geoquímico de chumbo (Pb) na área de estudo. Fonte: Elaborado por Francisco Ferreira de Campos, 2017.

Os dados de chumbo para sedimento de corrente de projetos históricos da CPRM, como "Seleção de Áreas/SP" e "Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira" (CPRM, 1979; SILVA, 1981), foram classificados com as mesmas classes que o mapa anterior (Figura 8. 3). Eles abrangem a porção norte da área de estudo e possuem uma densidade maior do que a geoquímica prospectiva realizada na escala 1:100.000, em contrapartida, as análises geoquímicas foram feitas somente para três elementos (Cu, Pb e Zn). Comparando-se os resultados obtidos,

eles são razoavelmente coincidentes, especialmente indicando mais especificamente os locais de maior concentração dentro das bacias de penúltima classe. Entretanto é interessante notar que dentro da maior mancha anômala da amostragem atual, à noroeste, na região de galerias da Mina do Perau, a maior parte dos resultados dos projetos históricos estão nos valores background da área.

Na porção norte da área de estudo, relacionada às mineralizações da região de Lajeado (LOPES et al., 2017), ocorrem diversas bacias anômalas em pra-

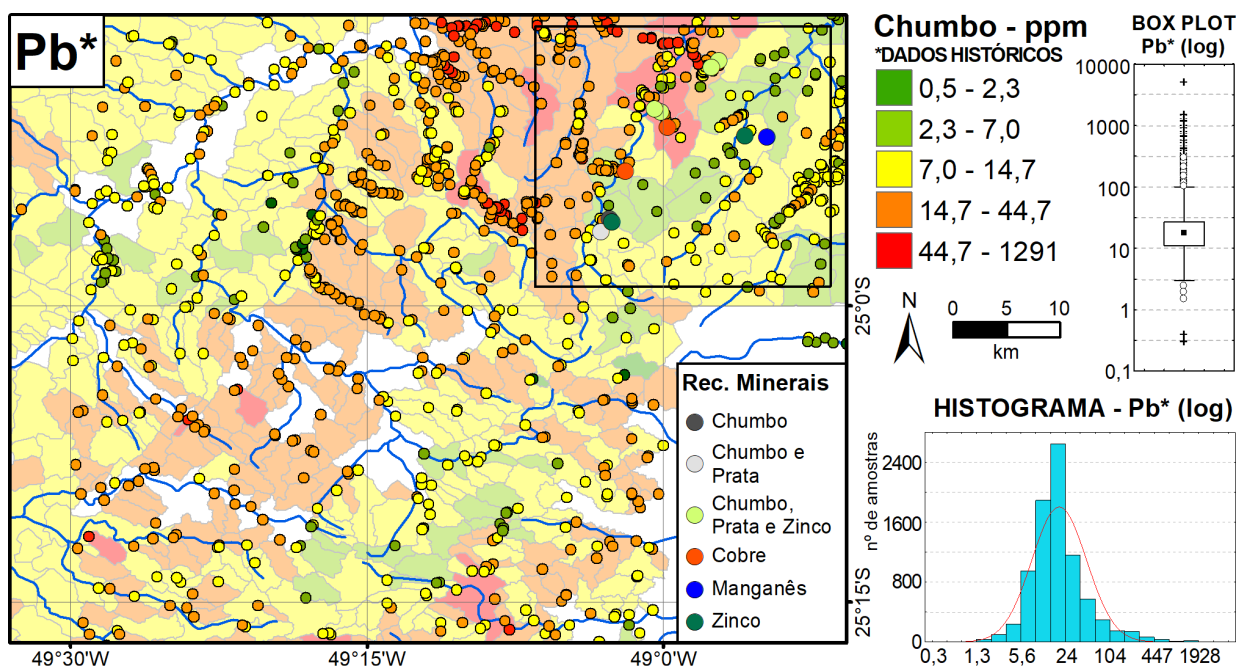


Figura 8.3. Levantamento geoquímico de chumbo (Pb) realizado nos projetos "Seleção de Áreas/SP" e "Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira" (CPRM, 1979; SILVA, 1981) em comparação com os dados mais recentes. Fonte: Elaborado por Francisco Ferreira de Campos, 2017.

ta, e toda a área é enriquecida neste elemento. A área de Perau, entretanto, tem comportamento distinto e apresenta somente uma bacia com anomalia de prata de última classe, representando um enriquecimento de 68 vezes a concentração da crosta continental superior (RUDNICK & GAO, 2003). Esta bacia também é anômala em chumbo (Figura 8.4) e não possui nenhum registro de ocorrências minerais, portanto é uma localidade interessante a ser explorada. O restante da área apresenta composição variada, sendo que as bacias classificadas na penúltima classe possuem enriqueci-

mento de até 16 vezes a concentração da crosta continental superior (RUDNICK & GAO, 2003). É importante ressaltar que o conjunto de dados de prata resultante da integração de diversas fontes apresenta distorções de cunho analítico nos valores próximos aos limites de detecção dos métodos utilizados, que é evidenciado quando todo o conjunto do "ARIM Vale do Ribeira" é plotado em mapa.

Coincidentemente com as bacias anômalas de chumbo na área alvo de Perau ocorrem bacias com anomalias de bário da última classe (Figura 8.5), em

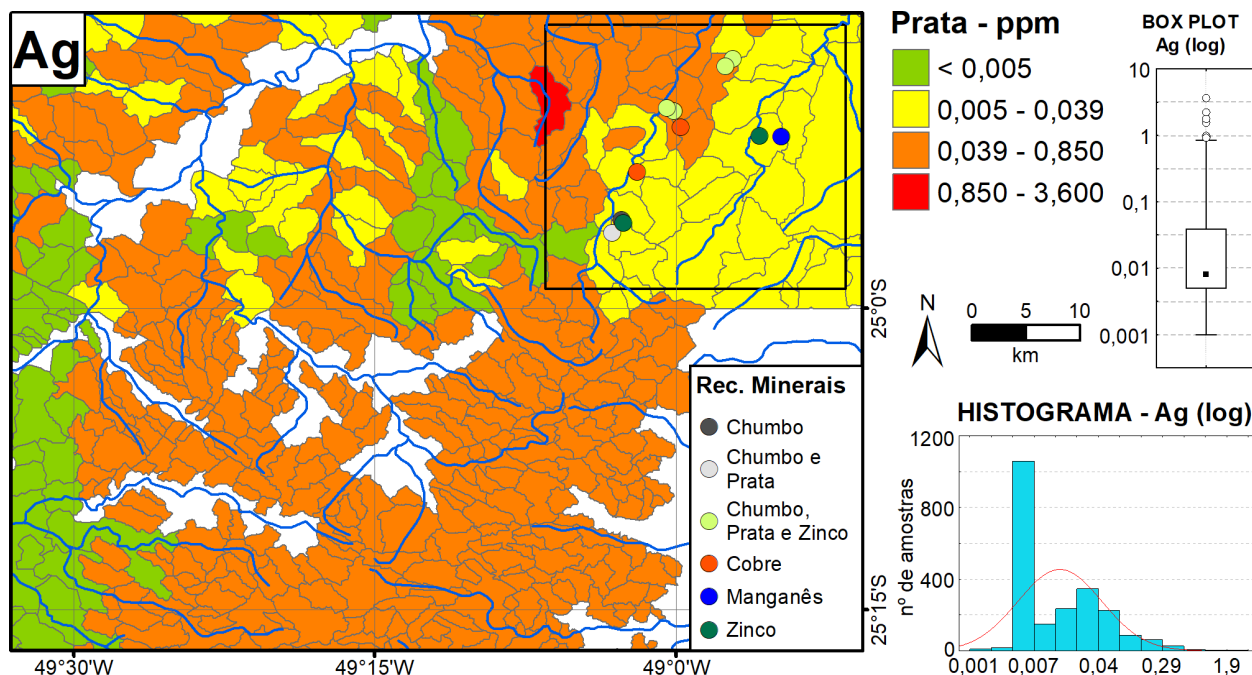


Figura 8.4. Levantamento geoquímico de prata (Ag) na área de estudo. Fonte: Elaborado por Francisco Ferreira de Campos, 2017.

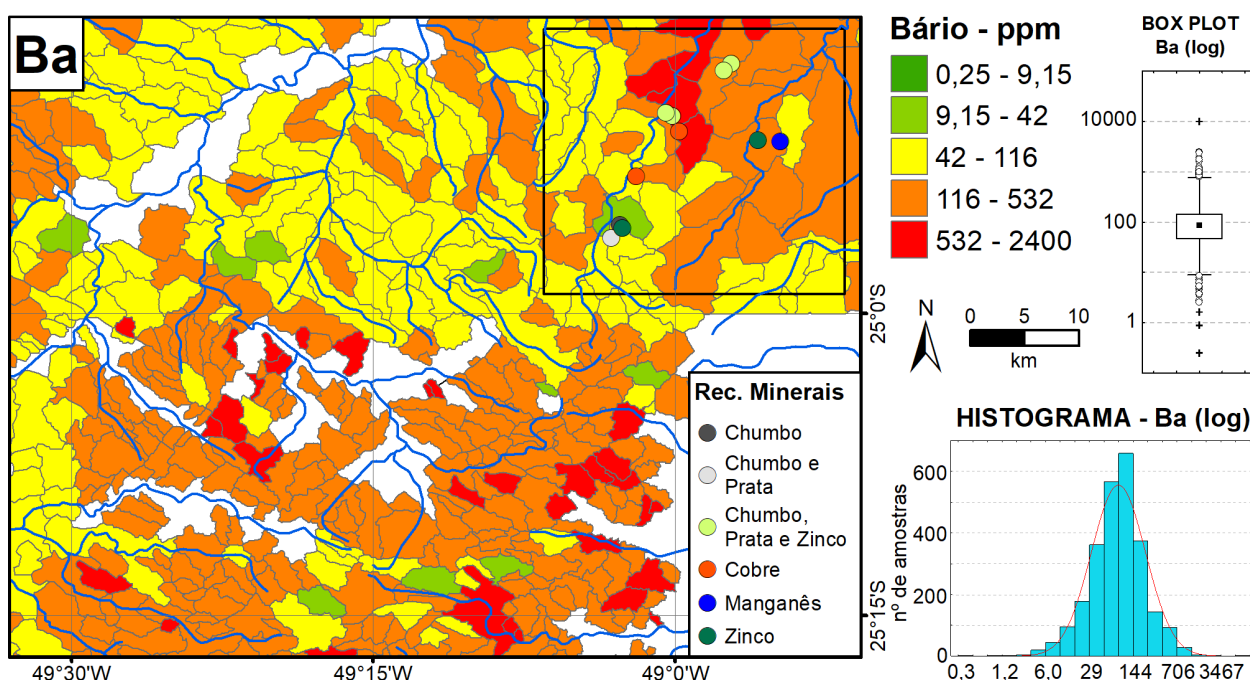


Figura 8.5. Levantamento geoquímico de bário (Ba) na área de estudo. Fonte: Elaborado por Francisco Ferreira de Campos, 2017.

concentrações entre a média da crosta continental superior e 3,8 vezes este valor (RUDNICK & GAO, 2003). Essas anomalias podem estar relacionadas com a camada rica em barita que é descrita como base da zona mineralizada nesta área e que comumente estão presentes em mineralizações do tipo SEDEX (GOODFELLOW & LYDON, 2007). Na região sul da área de estudo ocorrem diversas bacias anômalas que merecem investigação, apesar destas amostras localizadas na Folha Curitiba terem sido analisadas por método diferente das demais, o que pode causar um desvio nos resultados quando comparados entre si.

A distribuição de zinco na área (Figura 8.6) mostra uma abundância de bacias com anomalias da penúltima classe que variam entre o valor da concentração da crosta continental superior e 2,2 vezes este valor (RUDNICK & GAO, 2003). Não há uma relação espacial entre as bacias anômalas e as ocorrências minerais cadastradas.

Similarmente ao zinco, na área de estudo ocorrem bacias anômalas de cobre (Figura 8.7) na penúltima classe com concentrações que variam desde o valor médio da concentração da crosta continental superior até 3,6 vezes este valor (RUDNICK & GAO,

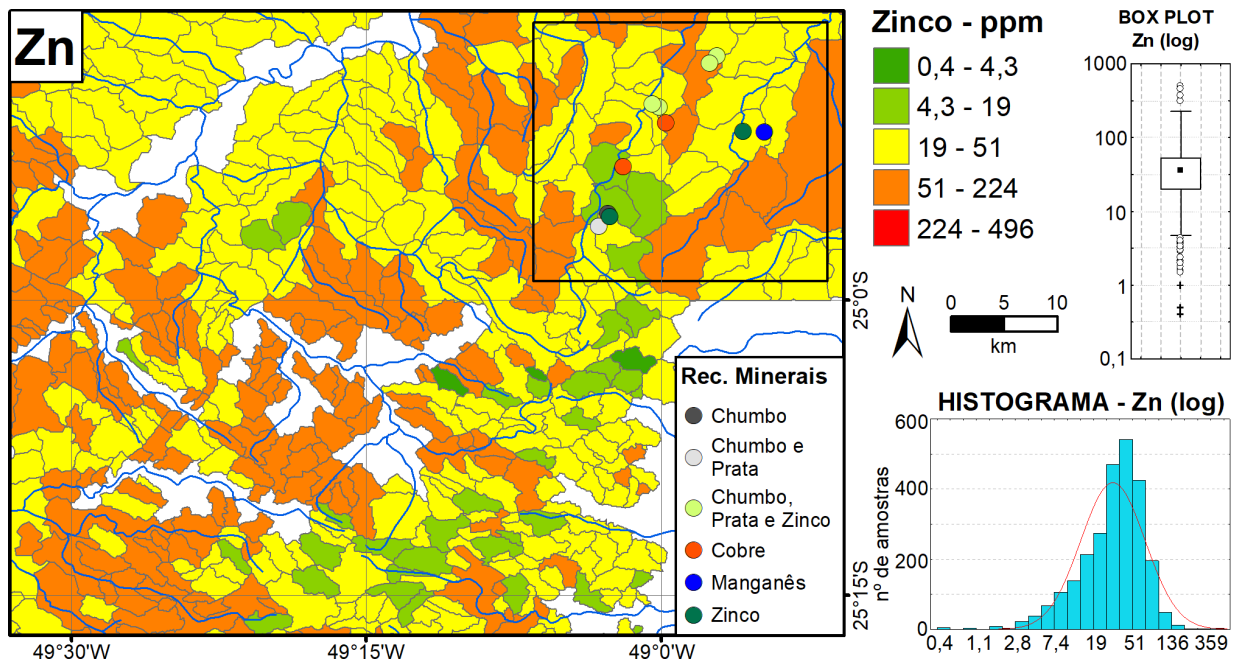


Figura 8.6. Levantamento geoquímico de zinco (Zn) na área de estudo. Fonte: Elaborado por Francisco Ferreira de Campos, 2017.

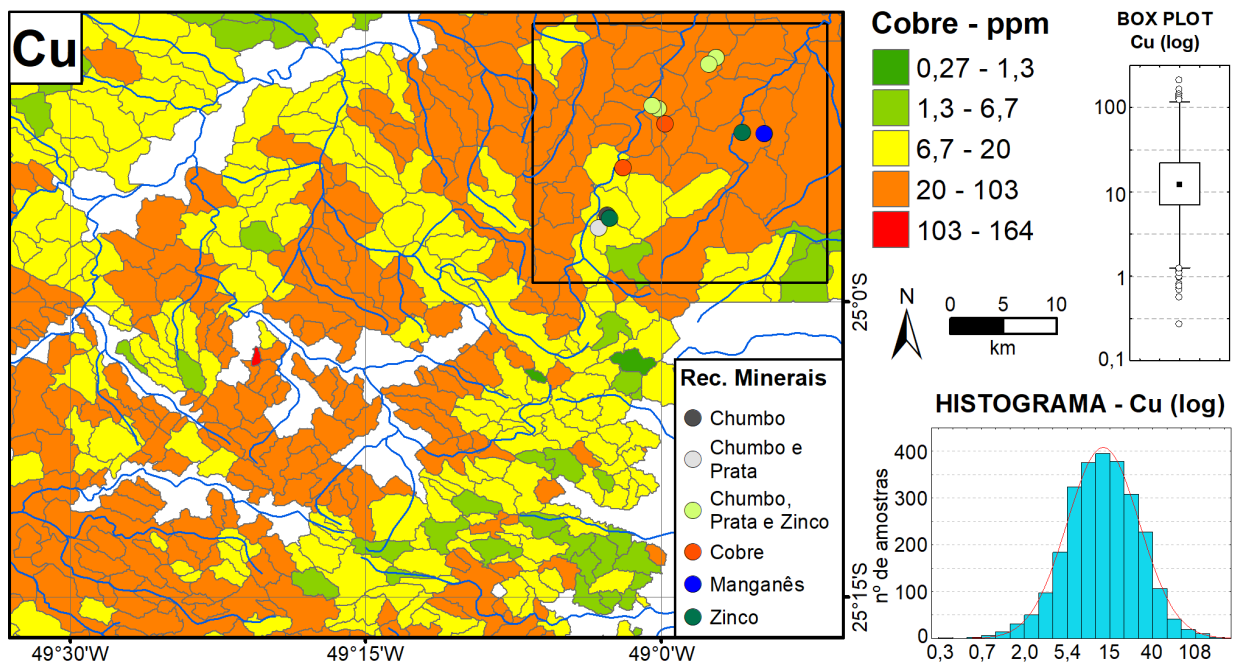


Figura 8.7. Levantamento geoquímico de cobre (Cu) na área de estudo. Fonte: Elaborado por Francisco Ferreira de Campos, 2017.



2003). Apesar das diversas ocorrências minerais cadastradas para cobre, inclusive a antiga Galeria do Cobre da Mina de Perau, as bacias não se sobressaem em relação as demais. Há uma bacia anômala na última classe na porção central da área, enriquecida em 7,5 vezes o valor médio de cobre na crosta continental superior (RUDNICK & GAO, 2003).

Os minérios descritos na região ocorrem predominantemente na forma de sulfetos, e os resultados para enxofre revelaram bacias anômalas segundo o background regional na última e penúltima classe, especialmente na região das Minas de Perau e Canoas (Figura 8. 8). O valor mais alto de enxofre na área atinge 2,4 vezes o valor médio na crosta continental superior (RUDNICK & GAO, 2003) e está localizado na mesma bacia mencionada anteriormente com anomalias geoquímicas de chumbo e prata.

O cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson entre os resultados, considerando-se apenas o conjunto de amostras dentro da área alvo Perau e excluindo-se os dados da Folha Curitiba (por só possuir resultado para 18 elementos), revelou correlações fortes ( $r > 0,7$ ) principalmente para os grupos Pb-Zn-S-Sb-Cd-As, que pode ser relacionado às mineralizações de chumbo na área e La-Ce-P-Th-Sr, que pode ser associado às rochas com origem em magmas evoluídos. Neste mesmo conjunto de dados foi aplicada a análise multivariada fatorial com rotação *varimax* nos dados log-normalizados, excluindo-se os elementos com baixo número de resultados disponíveis para essas amostras. Foram gerados nove fatores que explicam 84% da variância dos dados, cujas associações são apresentadas na tabela 8.2. O chumbo não é representado por nenhum dos fatores calculados.

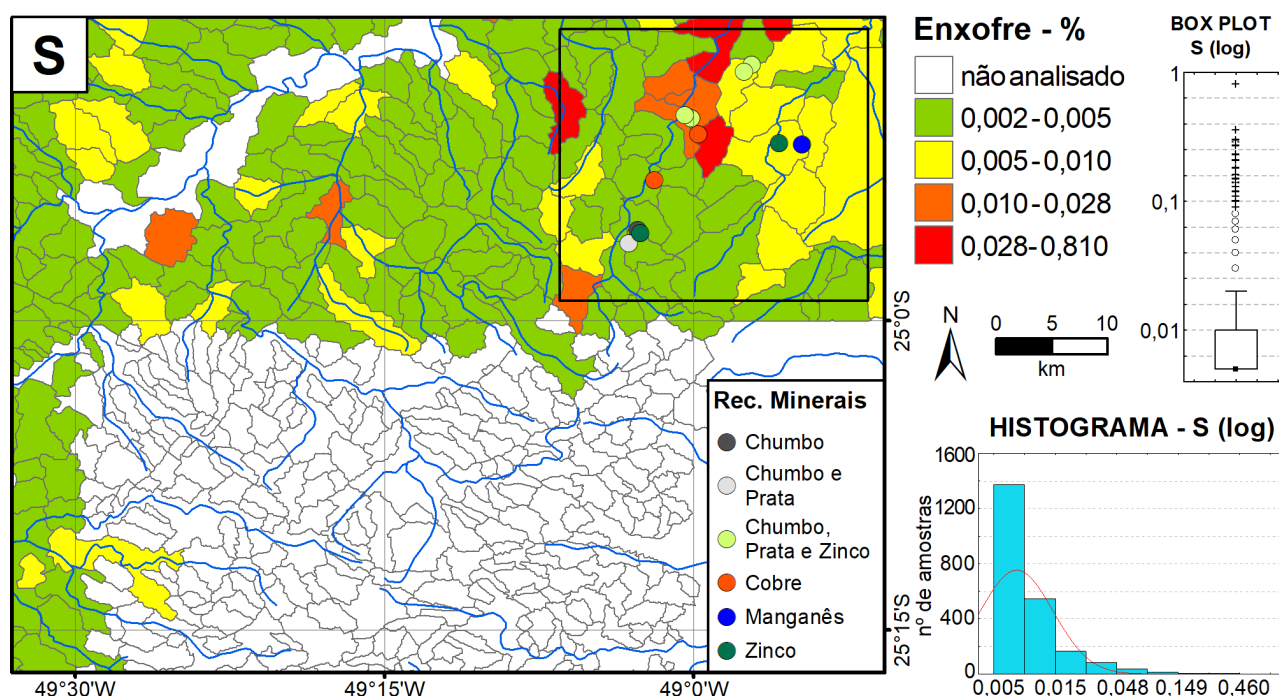


Figura 8.8. Levantamento geoquímico de enxofre (S) na área de estudo. Fonte: Elaborado por Francisco Ferreira de Campos, 2017.

Tabela 8.2. Fatores calculados com sua respectiva variância explicada e associação de variáveis originais (elementos químicos) representadas nele. Fonte: Elaborado por Francisco Ferreira de Campos, 2017.

Fator	Autovalor	Variância (%)	Variância Acumulada (%)	Associação (> 0,7)
1	13,7	33,5	33,5	Cu-Zn-Fe-Mn-Co-Ni-Sc
2	6,2	15,0	48,5	Ca-Sr-P
3	3,8	9,3	57,8	Th-U
4	3,2	7,8	65,6	Al-K-Rb
5	2,1	5,1	70,7	Mo-Sb
6	1,9	4,6	75,3	Zr-Hf-Ti
7	1,4	3,5	78,8	-
8	1,3	3,1	82,0	S
9	1,1	2,7	84,7	-

O objetivo da análise multivariada é reduzir o número de variáveis originais (resultados analíticos de 41 elementos para cada amostra) para um número pequeno de nove fatores, onde cada fator representa um conjunto das variáveis originais, agrupadas por estarem razoavelmente correlacionadas, ou seja, se comportarem estatisticamente da mesma maneira. Os fatores podem ter ou não um significado geológico/geoquímico e por isso devem ser devidamente interpretados.

Dentre os fatores gerados para este conjunto de dados, o fator 2 aparenta estar mapeando a ocor-

rência de rochas carbonáticas pela sua distribuição espacial e associação Ca-Sr (Figura 8.9). Já fator 3 pode estar relacionado com a ocorrência dos granitos Morro Grande e Varginha e o Complexo Alcalino Tunas (Figura 8.9). O fator 1, ao apresentar a correlação entre Cu-Zn-Fe, remete às mineralizações da área, porém quando os *scores* são representados em mapa não há relação espacial entre os valores deste fator e as ocorrências já conhecidas. Os demais fatores também não possuem interpretação.

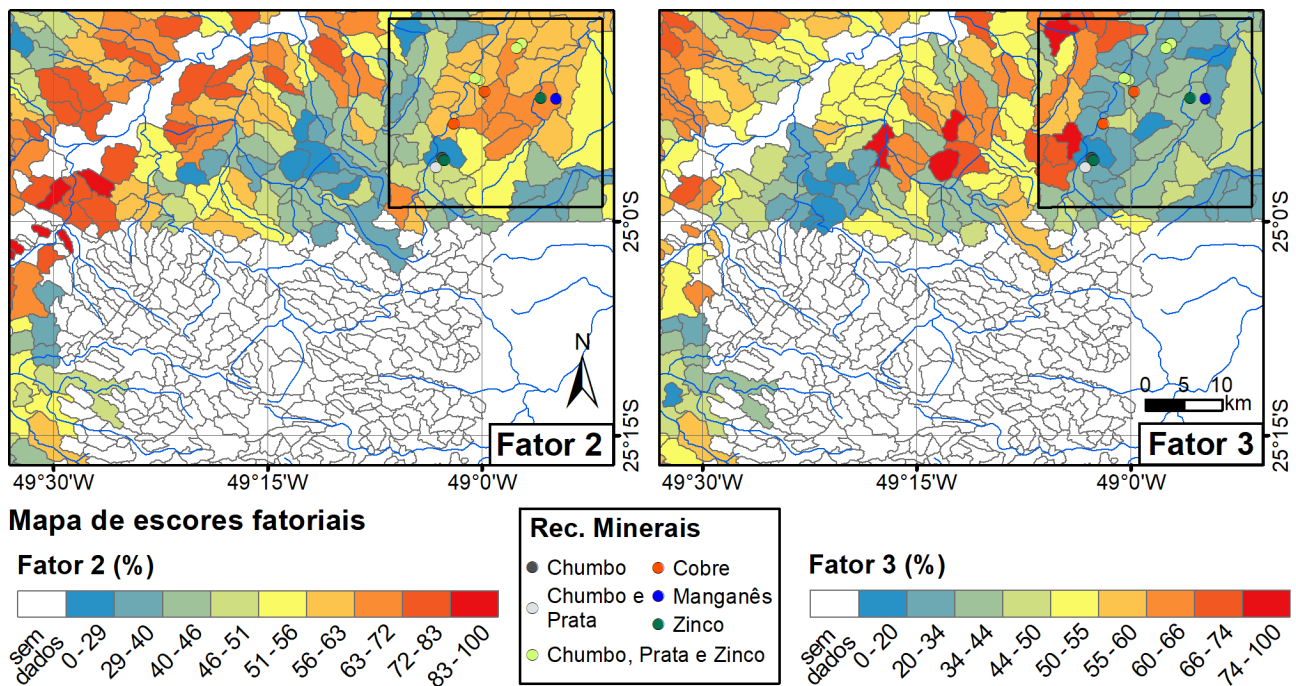


Figura 8.9. Mapa dos escores fatoriais na área de estudo. Fonte: Elaborado por Francisco Ferreira de Campos, 2017.



## 9 – INTEGRAÇÃO DE DADOS E POTENCIAL MINERAL

A integração dos dados obtidos na área do alvo Perau (áreas da mina do Perau e da mina de Canoas) com as informações de trabalhos executados anteriormente, em especial os dados dos projetos “Integração e Detalhe Geológico do Vale do Ribeira” (SILVA *et al.*, 1981) e Anta Gorda (REPORT, 1981; 1982; 1983; 1984; DAITX *et al.*, 1983; DAITX, 1984), que foram desenvolvidos através de parcerias com o DNPM e com a JICA/MMAJ, respectivamente, contribuiu para o avanço no entendimento acerca das principais características das mineralizações polimetálicas e de seus controles na Formação Perau.

As principais diferenças entre as jazidas do Perau e de Canoas descritas nesse projeto são a ocorrência de nível com mineralização cuprífera oxidada com teores anômalos de ouro (Figura 5.6 A e B), estratigraficamente abaixo das mineralizações de Pb-Zn-Ag, na área da galeria do cobre, e a camada de sericitas xistos (Figura 5.13) observada nos furos do projeto Anta Gorda. Essas informações estão de acordo com o que foi previamente descrito por Daitx (1996), que relata níveis cupríferos sotapostos e sobrepostos à mineralização de Pb-Zn-Ag. O autor descreve também o nível de sericita xistos carbonosos na base do nível mineralizado.

Os minerais de minério descritos nas duas áreas foram galena, esfalerita, calcopirita e pirita. Minerais acessórios portadores de prata e níquel (Tabelas Anexo 02) foram identificados a partir de análises em Microsonda Eletrônica (EPMA) de amostras na área da mina de Canoas 01 e da mina do Perau, respectivamente. Daitx (1996) descreveu galena, esfalerita, calcopirita e pirita como os minerais de minério mais comuns nas áreas do Perau e Canoas. Como acessórios, o autor cita uma gama de minerais portadores de prata (tetraedrita/freibergita, pirargirita, stephanita) e outros minerais de ocorrência muito restrita (arsenopirita, millerita, violarita, ullmannita, bismuto nativo e molibdenita).

Os principais minerais de ganga descritos nas amostras das áreas do Perau e de Canoas foram barita, tremolita, carbonato, quartzo e biotita (Figuras 5.10, 5.12, 5.16, 5.17, 5.18 e 5.20). Aspectos associados à alteração hidrotermal são difíceis de serem reconhecidos em depósitos com deformação e metamorfismo associado. Nesse contexto, buscou-se correlacionar os dados de espectroscopia de reflectância, desenvolvidos ao longo do furo AG-01 (Capítulo

06). As análises obtidas sugerem a entrada de fluidos ricos em Ca, Fe e Mg no sistema, em direção à mineralização, onde a assembleia mineral identificada é representada principalmente por tremolita, Mg clorita/biotita, sericita fengítica (ferromagnesianas) e Fe dolomita. A vetorização, através da espectroscopia de reflectância, das características dos fluidos que atuaram na formação desses depósitos configura importante ferramenta prospectiva.

As informações complementares obtidas por Fluorescência de Raios X portátil permitiram inferir que os fluidos hidrotermais associados a esta mineralização se enriquecem em Fe ( $Fe_2O_3$ ), produzindo um halo de alteração na camada superior à zona mineralizada (zona da magnetita), e que esta zona mineralizada, por sua vez, enriqueceu-se ainda em Mg (MgO) e Ca (CaO). De maneira inversa, sob o âmbito da Espectroscopia de Reflectância, o aumento em Fe na zona da magnetita é acompanhado por um empobrecimento em Fe na biotita e/ou clorita. No halo de alteração hidrotermal abaixo da zona mineralizada (região do grafita xisto), a distinção de sericita fengítica se mostrou eficaz na indicação de proximidade do horizonte mineralizado, fato este que não foi acompanhado pelas concentrações de  $Fe_2O_3$ . Esses fatores permitem concluir que a Espectroscopia de Reflectância pode contribuir de maneira eficaz na indicação de zonas anômalas em depósitos minerais semelhantes.

A correlação entre micas de composição fengítica nas proximidades da mineralização de Pb-Zn-Ag do “tipo-Perau” corrobora com as conclusões obtidas por Pontual *et al.* (2008b) em depósitos sedimentares exalativos. O aumento no conteúdo de Fe nos carbonatos em direção à zona mineralizada também corrobora com as conclusões obtidas pelos mesmos autores. No caso da clorita/biotita, foi constatada uma relação inversa àquela sugerida por esses autores (depósito HYC, na Bacia McArthur, Austrália, cloritas mais enriquecidas em Fe), onde a composição magnesianas é a que melhor correlaciona-se com as zonas próximas à mineralização. A identificação de sulfatos (gipsita) ao longo do testemunho de sondagem analisado é pouco conhecida em descrições anteriores. No entanto, estudos mais detalhados são necessários no intuito de se entender a gênese dos sulfatos neste sistema mineral, como produto do hidrotermalismo associado

ou mesmo pela alteração intempérica de minerais presentes no sistema.

Dados de geoquímica prospectiva, com destaque para os de sedimento de corrente, evidenciam diversas bacias anômalas em chumbo, zinco, prata, cobre e bário que coincidem com as áreas das minas do Perau, de Canoas e de outras ocorrências minerais cadastradas. Em adição a essas áreas, ocorrem bacias anômalas (Pb, Ag e Ba) em locais onde não existem mineralizações conhecidas, o que abre perspectivas para a busca por novas ocorrências similares.

Dados de Polarização Induzida (IP), obtidos nos trabalhos de geofísica terrestre efetuados durante o projeto Anta Gorda (REPORT, 1982), serviram de subsídio, à época, para o planejamento e execução de campanha de sondagem na área a sudeste das minas (furos AG: 01, 02, 03, 04, 05 e 06). Os furos de sondagem interceptaram a zona mineralizada associada às anomalias geradas no processamento dos dados de geofísica terrestre. A partir da correlação entre as anomalias e os intervalos mineralizados é possível atribuir uma assinatura, em termos de resistividade e efeito de frequência (FE), para as mineralizações de Pb-Zn-Ag da Formação Perau. A zona mineralizada possui valores de resistividade menores do que 500  $\Omega$ .m e FE acima de 5%. A conjunção dessas duas propriedades físicas resultou nos intervalos anômalos investigados na campanha de sondagem.

Levantamentos de IP em zonas com potencial (fatores litológicos/estratigráficos e estruturais) para a ocorrência desse tipo de mineralização podem servir como parâmetro para a delimitação de outros corpos mineralizados não aflorantes bem como na delimitação de corpos já conhecidos.

Do ponto de vista litológico, os depósitos de Pb-Zn-Ag ocorrem associados a rochas calciossilicáticas (carbonato xistos) com intercalações de mármore (Barbour & Oliveira, 1979; Silva *et al.*, 1981; Daitx, 1996; Araújo & Macedo, 2004). Essas informações são confirmadas com os dados do projeto no qual as mineralizações descritas ocorrem hospedadas por rochas calciossilicáticas de diferentes composições (barita-muscovita-tremolita-carbonato xistos, tremolita-carbonato-flogopita xistos, mármore, níveis ricos em barita, etc). Os autores citados posicionam as mineralizações em lente de rocha calciossilicática associada à unidade de xistos (MP1px). O posicionamento stratigráfico das mineralizações em lente de rochas calciossilicáticas ocorre próximo ao contato com a unidade quartzítica basal da Formação Perau. Perfis realizados nas proximidades das áreas mineralizadas e as descrições dos furos de sondagem do projeto Anta Gorda (Figura 5.13 e

Figura 5.15) confirmam essas informações e como descrito por diversos autores (Barbour & Oliveira, 1979; Silva *et al.*, 1981; Daitx, 1996; Araújo & Macedo, 2004) caracterizam o controle stratigráfico dos depósitos do “tipo Perau”.

Tendo em vista que para os depósitos do “tipo Perau” sempre foram ressaltados como controles principais os aspectos stratigráficos e litológicos, aos controles estruturais foram em virtude da classificação como depósitos sedimentares-exalativos, atribuídos menor importância. Daitx (1996) posicionou as minas de Canoas e Perau em flancos de estruturas antififormes de caráter regional. Para Araújo e Macedo (2014), embora o controle estrutural não seja preponderante neste tipo de mineralização, os principais depósitos encontram-se nas proximidades de grandes zonas de cisalhamento de caráter regional.

Em adição ao descrito por Araújo e Macedo (2014), dados levantados pelo projeto mostram que a geometria dos corpos mineralizados é afetada por eventos deformacionais, com destaque para o espessamento de camadas mineralizadas em zonas de charneira de dobras (Figura 5.24) e a repetição de camadas por dobras e empurrões (Figura 5.25). A ocorrência desses depósitos associados a grandes dobras regionais também sugere que mecanismos de concentração/remobilização possam ter atuado durante as fases de deformação as quais a área foi submetida, de modo que essas estruturas controlem as áreas com maior potencial para a ocorrência dos depósitos.

O modelo genético proposto por Daitx (1996, 1998), Dardenne (1988b), Barbour e Oliveira (1979) para essas mineralizações é o do tipo sedimentar-exalativo (SEDEX) com a atuação de sistemas hidrotermais submarinos em bacias do tipo rifte com elevado fluxo térmico. Nesse projeto optou-se por não fazer comparações com modelos de depósitos conhecidos (SEDEX e *Clastic Dominated Deposits*, LEACH *et al.*, 2005), uma vez que são necessários estudos analíticos que corroborem os modelos.

A partir da integração dos dados litológicos/estratigráficos, estruturais, geoquímicos e geofísicos, correlacionados com a localização dos recursos minerais na área das principais mineralizações de Pb-Zn-Ag da Formação Perau, buscou-se elaborar um mapa com os principais controles das mineralizações (Figura 9.1). Dentre esses controles, destacam-se o stratigráfico e o estrutural. O controle stratigráfico é o mais evidente nas mineralizações de Pb-Zn-Ag-Cu-Ba da Formação Perau, com o nível mineralizado associado unicamente à lente de rochas calciossilicáticas (MP1px) da unidade de xistos (MP1px). O con-

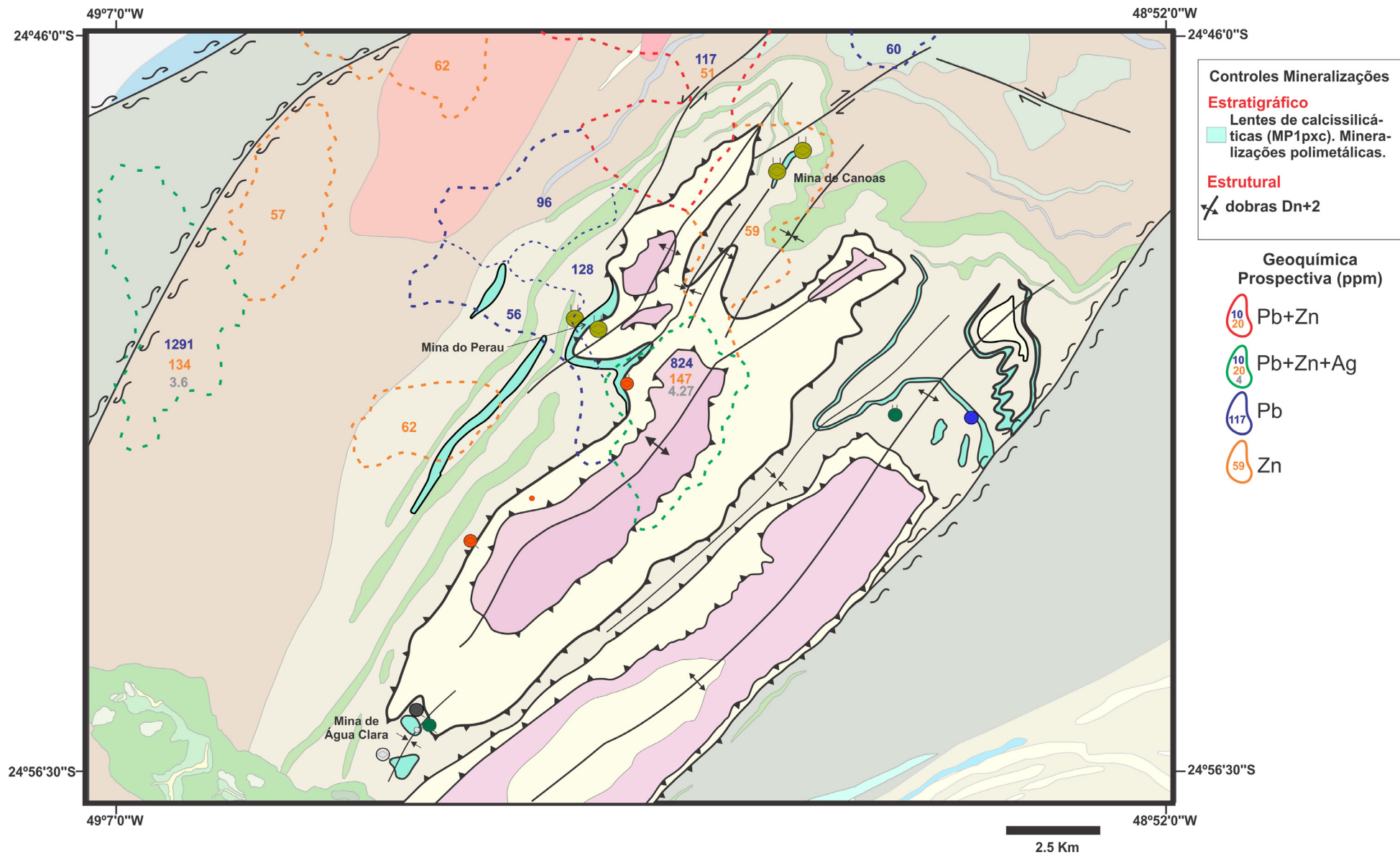


Figura 9.1. Mapa da área da Formação Perau com os principais controles das mineralizações polimetálicas de Pb-Zn-Ag-Cu-Ba assinaladas. Fonte: Elaborado por Anderson Dourado Rodrigues da Silva, 2017.

trole estrutural é evidenciado pelo espessamento do nível mineralizado ao longo de zonas de charneiras e por mecanismos de duplicação de camadas. Em escala regional, nota-se que os principais depósitos se concentram em dobras abertas de caráter regional (ex. Antiforme do Perau). Além das áreas do Perau, Canoas e Água Clara, outras áreas com anomalias de geoquímica de sedimentos de corrente com ocorrên-

cia do pacote de rochas calciossilicáticas possuem potencial para abrigar mineralizações semelhantes às que ocorrem nos depósitos discutidos nesse informe. Para se verificar o potencial dessas áreas é necessário que se realizem trabalhos de detalhe como geofísica terrestre, espectroscopia de refletância, geoquímica de solos e sondagem.

## **10 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

Os trabalhos de campo, análises petrográficas, dados de geoquímica exploratória, de geofísica aérea e terrestre, estudos de espectroscopia de reflectância e análises litogeoquímicas, com foco no estudo das mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) da Formação Perau, aliadas a informações obtidas em trabalhos anteriores, permitiram um melhor entendimento das características desses depósitos. Dados acerca das características do horizonte mineralizado foram coletados nas áreas das minas do Perau e de Canoas e, também, por meio dos trabalhos de descrição e coleta de dados (espectroscopia de reflectância e fluorescência de raios X – FRX) nos furos de sondagem do projeto Anta Gorda. As mineralizações polimetálicas ocorrem em lente de rochas calciossilicáticas (MP1pxc) da unidade de xistos (MP1px). Nível com mineralização cuprífera ocorre na base dessas lentes de rocha calciossilicática. Teores significativos de ouro (326 ppb) e arsênio (711 ppm) foram determinados ao longo deste nível em uma relação com intervalos brechados que apresentam silicificação. Remobilizações foram descritas em diferentes escalas, em afloramentos e análises petrográfica, e, diferentemente do que levantado na bibliografia, podem ter tido um papel de destaque no arranjo e características desses depósitos.

Os controles litológico e estratigráfico descritos por diversos autores foram confirmados e somados com as informações sobre o controle estrutural, em escala de depósito e em escala regional, configuram importante assinatura geológica na busca por depósitos semelhantes.

As amostras das áreas mineralizadas analisadas para determinação dos teores de minério confirmaram o caráter polimetálico das rochas das minas

do Perau e de Canoas com a determinação de importantes teores de chumbo, zinco, prata, cobre, bário e ouro.

Os dados de espectroscopia de reflectância e fluorescência de raios X permitem sugerir que os fluidos hidrotermais apresentam um zoneamento químico com o aumento das concentrações de Ca, Fe e Mg em direção ao horizonte mineralizado. Essas informações sobre as características dos fluidos hidrotermais, por meio do uso da espectroscopia de reflectância, demonstrou ser uma maneira prática na identificação da composição de determinados minerais, podendo ser utilizado como ferramenta prospectiva de grande potencial na exploração mineral.

Os dados de Polarização induzida (IP) obtidos nos levantamentos de geofísica terrestre realizados na década de 1980 foram reinterpretados, o que possibilitou a identificação da assinatura típica desses depósitos, sendo, portanto, uma importante ferramenta prospectiva a ser aplicada na busca por mineralizações semelhantes.

No intuito de se avançar na compreensão dessas mineralizações, deve-se empregar o uso de técnicas analíticas como estudos de inclusões fluidas e determinações isotópicas. Do ponto de vista da exploração mineral, os trabalhos devem ser focados na aquisição de dados de geofísica terrestre de alta resolução, geoquímica de solos em malha de detalhe e campanhas de sondagem nas áreas anômalas a serem obtidas. Isso se deve ao fato de que as principais mineralizações em superfície já foram descobertas e foram total ou parcialmente exploradas e que apenas com o investimento em exploração mineral novos depósitos semelhantes podem vir a ser descobertos em subsuperfície.





## 11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDAS, W. & VINHA, C. A. G. da. Projeto Sudelpa: relatório final reconhecimento geoquímico (parte 1 a 3). São Paulo: Sudelpa/CPRM, 1975. 136 p.
- ADDAS, W. & PINTO, G. G. Os sulfetos de Pb e associados das Regiões do Leite, Piririca, Passagem e Nhungara, Vale do Ribeira (SP): exemplos de detecção de áreas mineralizadas graças à prospecção geoquímica. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE TÉCNICAS EXPLORATÓRIAS EM GEOLOGIA, 2., 1979, Gravatal. Atas... Gravatal, 1979. p. 161-168.
- ADDAS, W.; PINHO FILHO, W. D. de; MORGENTAL, A. Chumbo e zinco: elementos utilizados como indicadores geoquímicos na descoberta de mineralizações epigenéticas de arsenopirita e pirita (possivelmente auríferos) no Vale do Ribeira (PR). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. Atas... Rio Claro: SBG, 1979, v. 2. p. 101- 115.
- ALEGRI, V.; PIZZATO, L. G.; FERRARI, C. P.; ADDAS, W.; MORGENTAL, L. A. Projeto serra do Jabaquara: relatório de prospecção preliminar. São Paulo: CPRM, 1980.
- ALMEIDA, F. F. M. de; AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of the Amazonas river. In: NAIRN, A. E. M.; STILLE, F. G. (Ed.). The ocean basin and margins. New York: Plenum, 1973. v. 1, p. 411-446.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., Campina Grande. Atas... Campina Grande: SBG, 1977. 499 p. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 6). p. 363-391.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Brazilian structural provinces: an introduction. Earth Science Review, Amsterdam, v. 17, n. 1, p. 1-29, 1981.
- ARAÚJO, C. C.; MACEDO, A. B. Geoprocessamento de dados geológicos para mapeamento de favorabilidade para cobre, chumbo e zinco no Vale do Ribeira (SP - PR). Revista Brasileira de Geociências, v.34, n.3, p.317-328, 2004.
- BALABIN, A.I. and URUSOV, V.S. (1995) Recalibration of the sphalerite cosmobarometer: Experimental and theoretical treatment. Geochim. Cosmochim. Acta, 59, 1401-10.
- BARBOUR, A. P., OLIVEIRA, M. A. F. 1979. Pb, Zn, Cu e Ba do Distrito Perau – modelo sedimentar para sulfetos do Vale do Ribeira. Boletim IG – USP. 10:97-120.
- BASEI, M. A. S.; SIGA JUNIOR, O.; KAULFUSS, G. A.; CORDEIRO, H.; NUTMAN, A.; SATO, K.; CURY, L. F.; PRAZERES FILHO, H. J.; PASSARELLI, C. R.; HARARA, O. M.; REIS NETO, J. M.; WEBER, W. 2003. Geochronology and isotope geochemistry of Votuverava and Perau Mesoproterozoic basins, Southern Ribeira Belt, Brazil. In: South American Symposium on Isotope Geology, Salvador. p. 501-504.
- BLAKELY, R. J. Potential Theory in Gravity and Magnetic applications. New York: Cambridge University Press, 1996.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. 1956. Estudos Preliminares na Série Açungui. V. Estruturas organógenas nos dolomitos da Formação Capiru (Estado do Paraná). Dusenya, Curitiba 7 (6), 317-323.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. 1958a. Contribuição à geologia da região sul da Série Açungui (Estado do Paraná). Boletim Paulista de Geografia, São Paulo 29, 1-14.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. 1958b. Estudos preliminares na Série Açungui. VIII. A Formação Votuverava. Curitiba, Instituto de História Natural. Boletim. Geologia, 6 pp.
- BORIN JÚNIOR, T.; PINTO, G. G.; SILVA, A. A. G. P. da; MORGENTAL, A.; CASTRO, V. H. S. de. 1980. Mineralizações filoneanas polimetálicas contendo ouro e prata associados a metais básicos descobertos pelo Projeto Eldorado, Vale do Ribeira (SP). In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camboriú, 1980. Anais... Camboriú: SBG, 1980, v. 3, p. 1444-1458.
- BORIN JÚNIOR, T. Projeto Pilões: relatório de prospecção preliminar. São Paulo: CPRM. 1983
- BRITO NEVES, B.B.; CAMPOS NETO, M.C.; FUCK, A.F. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. Episodes, 22:155-166.
- BRUMATTI, Mariane; TOMITA, Sueli Akemi. Geologia e recursos minerais das folhas Vila Branca – SG.22-X-B-IV-1 e Ribeira – SG.22-X-B-IV-2, estados de São Paulo e Paraná, escala 1:50.000. São Paulo: CPRM, 2014.
- CARRANZA, Emmanuel John M. Geochemical Anomaly and Mineral Prospectivity Mapping in GIS. Vol. 11. 2009.
- CAMPANHA, G. A. C.; GIMENEZ FILHO, A.; CAETANO, S. L. V.; PIRES, F. A.; DANTAS, A. S. L.; TEIXEIRA, A. L.; DEHIRA, L. K. 1986. Geologia e estratigrafia da região das Folhas Iporanga e Gruta do Diabo, Vale do Ribeira, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, 12 - 19 out. 1986, Goiânia. Anais... Goiânia: SBG, 1986. 6v., v.2. p. 1058-1073.
- CAMPANHA, G.A.C. 1991. Tectônica proterozóica no Alto e Médio Vale do Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná. São Paulo. Tese de doutoramento. Instituto de Geociências Universidade de São Paulo. 296 p, anexos.
- CAMPANHA G.A.C. & SADOWSKI G.R., 1999. Tectonics of the Southern Portion of the Ribeira Belt (Apiáí Domain). Precambrian Research, 98 (1): 31-51.

- CAMPANHA, G.A.C. & BRITO NEVES, B.B. 2004. Frontal and oblique tectonics in the Brazilian shield. *Epi-sodes*, 27(4): 255-259.
- CAMPANHA, G. A. C., FALEIROS, F. M. Neoproterozoic terrane collage in the southern and central Ribeira Belt, Brazil. In: INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, 12., 2005, Mendoza. Gondwana 12 conference: geological and biological heritage of Gondwana... Mendoza: Academia Nacional de Ciências, 2005, v. 1, p. 81.
- CLARK, R. N.; SWAYZE, G. A.; WISE, R.; LIVO, E.; HOFEN, T.; KOKALY, R.; SUTLEY, S. J. 2007. USGS digital Spectral library splib06a. U.S. Geological Survey, Digital Data Series 231. Disponível em: <<https://speclab.cr.usgs.gov/spectral.lib06/>> Acesso em: 25/09/2017.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Seleção de áreas. São Paulo: CPRM, 1979.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Projeto Aerogeofísico Paraná / Santa Catarina – Relatório Final do Levantamento de Dados Magnetométricos e Gamaespectrométricos, Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Mineração e Transformação Mineral, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2011, Rio de Janeiro.
- CURY, L.F.; KAULFUSS, G.A.; SIGA JUNIOR, O.; BASEI, M.A.S.; HARARA, O.M.; SATO, K. Idades U-Pb (zircões) de 1.75 Ga em granitoides alcalinos deformados dos núcleos Betara e Tigre: evidências de regimes extensionais do Estateriano na faixa Apiaí. *Geol. USP, Sér. cient.*, São Paulo, v. 2, p. 95-108, 2002.
- DAITX, E. C. et al., 1983. Projeto Anta Gorda – Fases III. CPRM.
- DAITX, E. C. 1984. Projeto Anta Gorda – Fase IV. CPRM.
- DAITX, E.C. Origem e evolução dos depósitos sulfetados tipo Perau (Pb-Zn-Ag), com base nas jazidas Canoas e Perau (Vale do Ribeira, PR). 1996. 453 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Rio Claro, 1996.
- DARDENNE, M.A.; SCHOBENHAUS, C. Metalogênese do Brasil. Brasília: EDUnB, 2001. v. 1.
- DERBY, O.A., 1878. Geologia da região diamantífera da Província do Paraná no Brasil. *Archivos do Museu Nacional*, Rio de Janeiro 3, 89-96.
- FALEIROS, F.M. Evolução de terrenos tectonometamórficos da Serrania do Ribeira e Planalto Alto Turvo (SP, PR). 2008. 306 p. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, 2008.
- FALEIROS, F.M.; CAMPANHA, G.A.C. Petrografia e microestruturas de tectonitos da zona de Cisalhamento Ribeira, vale do Ribeira, SP e PR: implicações no zoneamento metamórfico e estrutural do supergrupo Açungui e unidades correlatas. *Revista Brasileira de Geociências*, Curitiba, v. 34, p. 419-430, 2004.
- FALEIROS, F.M.; CAMPANHA, G. A. C; BELLO, R. M. S. 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, Frederico Meira; MORAIS, Silvia Maria; COSTA, Vicente Sérgio. Geologia e recursos minerais da folha Apiaí SG.22-X-B-V: escala 1:100.000: estados de São Paulo e Paraná. São Paulo: CPRM, 2012.
- FASSBINDER, E. A unidade Água Clara no contexto do Grupo Açungui: Um modelo transpressivo de colisão oblíqua no neoproterozoico paranaense. 1996. 207p. Tese de doutoramento. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo 1996.
- FLEISCHER, R. A pesquisa de chumbo no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., Ouro Preto, 1976. Anais...Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Geologia, 1976. v. 1. p. 19-32.
- FERREIRA, F. J. F.; SOUZA, J.; BONGIOLO, A. B. S.; CASTRO, L. G.; ROMEIRO, M. A. T. 2010. Realce do gradiente horizontal total de anomalias magnéticas usando a inclinação do sinal analítico. Parte I: Aplicação a dados sintéticos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA, 4. , 14-17 nov. 2010, Brasília, DF. Resumos expandidos... Brasília: SBGf, 2010. 1 CD-ROM.
- FERREIRA F. J. F. et al. Enhancement of the total horizontal gradient of magnetic anomalies using the tilt angle. *Geophysics*, v.78, n.3, p. 33-41, 2013.
- FOSTER, M. D. Interpretation of the composition of trioctahedral micas. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper*, v. 354 B, p. 24-49, 1960.
- FRITZSON JR, O., PIEKARZ, G. F. 1982. Geologia e Potencial Econômico do Grupo Setuva, Paraná. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, Bahia, 1982, V.3. 987-1000.
- FUCK, R.A.; BRITO NEVES, B.B.; SCHOBENHAUS, C. Rodinia descendants in South America. *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 160, p. 108-126, 2008.
- FUCK, R.A. Geologia do Maciço Alcalino de Tunas, Paraná, Brasil. 1972. 82 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1972.
- GOODFELLOW, W.D.; LYDON, J.W. Sedimentary exhalative (SEDEX) deposits. 2007. In: GOODFELLOW, W.D. (ed.) Mineral deposits of Canada—A synthesis of major deposit-types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods. *Geological Association of Canada*, p. 163-184.
- HEILBRON, M.; MACHADO, N. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic–Eopaleozoic Ribeira belt, SE Brazil. *Precambrian Research*, v. 125, n.1-2, p. 87-112, jul. 2003.
- HEILBRON, M.; MACHADO, N.; SIMONETTI, T.; DUARTE, B. 2003. A Palaeoproterozoic orogen reworked within the Neoproterozoic Ribeira belt, SE Brazil. In:

- South American Symposium on Isotope Geology, 4, Short Papers, p. 186-189.
- HEILBRON, M.; MOHRIAK, W.; VALERIANO, C.M.; MILANI, E.J.; ALMEIDA, J.; TUPINAMBÁ, M. From Collision to Extension: The Roots of the Southeastern Continental margin of Brazil. In: MOHRIAK, W.; TALWANI, M. (Ed.). Atlantic Rifts and Continental Margins. Washington DC: American Geophysical Union, 2000. P.1-32 (Geophysical Monograph Series, 115) DOI: 10.1029/GM115.
- HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; CAMPOS NETO, M. da C.; SILVA, L. C. da; TROUW, R. A. J.; JANASI, V. de A. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, Virgínio (Org.) et al. Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004.
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C. M.; TASSINARI, C. C. G.; ALMEIDA, J. C. H.; TUPINAMBA, M.; SIGA JR, O.; TROUW, R. A. J. Correlation of Neoproterozoic terranes between Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. Special Publications, v. 294, p. 211-237, jan. 2008. <https://doi.org/10.1144/SP294.12>
- HENDERSON, R. G. ZIETZ, I. The upward continuation of anomalies in total magnetic intensity fields. Geophysics, v.14, p.517-534, 1949.
- HENRY, D. J., GUIDOTTI, C. V. and THOMSON, J. A. (2005) The Ti-saturation surface for low-to-medium pressure metapelitic biotite: Implications for Geothermometry and Ti-substitution Mechanisms. American Mineralogist, 90, 316-328.
- HUTCHINSON, R. H. 1979. Evidence for exhalative origin for Tasmanian tin deposits Can. Inst. Mining Metall. Bull., 72, 808, 90-104.
- KAULFUSS, G. A. 2001. Geocronologia dos Núcleos de Embasamento Setuva, Betara e Tigre, Norte de Curitiba-PR. 115 f. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- KLEIN, C.; DUTROW, B. Manual of Mineral Science. 23rd. ed. London: John Wiley & Sons, 2007.
- LARGE, R.R., MCGOLDRICK, P.J. 1999. Carbonate alteration halos associated with Australian Proterozoic stratiform Zn-Pb-Ag deposits. IN Codes Special Publication 2, "Basins, Fluids and Zn-Pb Ores", Eds. Holm, Pongratz and McGoldrick.
- LEACH, D.L., SANGSTER, D.F. KELLEY, K. D., LARGE, R. R., GARVEN, G., ALLEN, C. R., GUTZMER, J., and WALTERS, S., 2005b, Sediment-hosted lead-zinc deposits: A global perspective: ECONOMIC GEOLOGY 100TH ANNIVERSARY VOLUME, p. 561-608.
- LEAKE, B. E., WOOLLET, A. R., ARPS, C. E. S., BIRCH, W. D., GILBERT, M. C., GRICE, J.D., HAWTHORNE, F.C., KATO, A., KISCH, H.J., KRIVOVICHEV, V.G., LINTHOUT, K., LAIRD, J., MANDARINO J., MARESCH, W.V., NICKEL, E.H., ROCK, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., STEPHENSON, N.C.N., UNGARETTI, L., WHITTAKER, E.J.W. and YOUZHI, G. (1997) Nomenclature of Amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. Mineralogical Magazine, v. 61, n. April, p. 295-321.
- LOPES JÚNIOR, I.; CÂMARA, M. M.; VASCONCELOS, C. S. de; PIZZATTO, L. G. A prospecção geoquímica descobrindo novas mineralizações auríferas no Vale do Ribeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Camboriú, 1994. Anais... Camboriú: SBG, 1994. p. 170-171.
- MACEDO, A. B.; ADDAS, W.; BATOLLA JÚNIOR, F. Metodologia de prospecção geoquímica em Minas do Vale do Ribeira (PR). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba. Atas... Curitiba: SBG, 1981. p. 71-81
- MINERAIS DO PARANÁ S.A. - MINEROPAR. Atlas Geoquímico da Folha Curitiba SG-22-X-D-I. Curitiba: MINEROPAR, 2001. 80 p.
- MINTY, B. R. S. Fundamentals of airborne gamma-ray spectrometry. AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, v. 17, n.2, p. 39-50, 1997.
- MORGENTAL, A.; BATOLLA JÚNIOR, F.; PINTO, G. G.; PAIVA, I. P.; DRUMOND, J. B. V. Projeto Sudelpa: relatório final. São Paulo: SUDELPA/CPRM, 1975a.
- MORGENTAL, A.; BATOLLA JÚNIOR, F.; PINTO, G. G.; PAIVA, I. P.; DRUMOND, J. B. V. Projeto Sudelpa: fichas de ocorrências. São Paulo: SUDELPA/CPRM, 1975b.
- MORGENTAL, A.; SILVA, A. A. G. P. da; BORIN JÚNIOR, T.; ALEGRI, V.; OLIVEIRA, P. E. P. de. Projeto geoquímica no Vale do Ribeira: relatório final. São Paulo: DNPM/CPRM, 1978.
- MORGENTAL, A.; PAIVA, I. P.; BORIN JÚNIOR, T.; PINTO, G. G.; CARMO, L. S. do. Pesquisa de ouro no Vale do Ribeira: atuação da CPRM. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981. Curitiba. Atas... Curitiba: SBG, 1981. p. 56-70.
- NABIGHIAN, M. N. The Analytic Signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated anomaly interpretation. Geophysics, v.37, n.3, p. 507-517, 1972.
- NOCKOLDS, S. R. The relation between chemical composition and paragenesis in the biotite micas of igneous rocks. Am. Jour. Sci., v. 247, n. 7, p. 407-420, 1947.
- OLIVEIRA, E.P., 1927. Geologia e recursos minerais do Estado do Paraná. Rio de Janeiro, DNPM. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. 172pp. Monografia, 6.
- ORELLANA, E., 1974. Prospección geoelectrica por campos variables. Madrid, Ed. Paraninfo, Biblioteca Técnica Philips, 571p.
- PAIVA, I. P. & MORGENTAL, A. Prospecto Ouro nas Regiões Auríferas dos Agudos Grandes e Morro do Ouro, Vale do Ribeira. São Paulo: CPRM, 1980.
- PERROTA, M. M. 1996. Potencial aurífero de uma região no Vale do Ribeira, São Paulo, estimado por

- modelagem de dados geológicos, geofísicos, geoquímicos e de sensores remotos num sistema de informações geográficas. São Paulo, 149p. (Tese de Doutorado, Inst. Geoc. Univ. S. Paulo).
- PIEKARZ, G.F. 1981. Reconhecimento de Unidades Correlacionáveis à Seqüência Mineralizada do Perau, Estado do Paraná. Atas do 3º Simpósio Regional de Geologia - SBG/Núcleo de São Paulo, Vol. 1. pp. 148-154.
- PINTO, G. G.; PAIVA, I. P.; MORGENTHAL, A.; BORIN JÚNIOR, T.; PINHO FILHO, W. D. de; FERREIRA, F. J. F.; CASTRO, V. H. S. de. Pesquisa de cobre, chumbo e zinco em rochas do Grupo Açungui, município de Iporanga, SP. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro, 1979. Atas... Rio Claro: SBG, 1979. p. 117-128.
- PONTUAL S.; MERRY, N.; GAMSON, P. 2008a. G-MEX—Spectral Analysis Guides for Mineral Exploration—Spectral Interpretation Field Manual. AusSpec International Pty., Ltd., Kew, Victoria 3101, Australia, pp. 189.
- PONTUAL S.; MERRY N.; GAMSON P. 2008b. G-MEX—Spectral Analysis Guides for Mineral Exploration—Sedimentary Exhalative Deposits. AusSpec International Pty., Ltd., Kew, Victoria 3101, Australia, pp. 50.
- PRAZERES FILHO, H.J. Caracterização geológica e petrogenética do batólito granítico Três Córregos (PR-SP): geoquímica isotópica (Nd-Sr-Pb), idades (ID-TIMS/SHRIMP) e  $\delta^{18}O$  em zircão. 2005. 207 p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, 2005.
- REPORT on geological survey of Anta Gorda: Phase I. [Tokyo]: Metal Mining Agency of Japan: Japan International Cooperation Agency, 1981. 79 f. Inclui mapas.
- REPORT on geological survey of Anta Gorda Brazil: Phase II. [Tokyo]: Metal Mining Agency of Japan: Japan International Cooperation Agency, 1982. 3 v.
- REPORT on geological survey of Anta Gorda: phase III. [Tokyo]: Metal Mining Agency of Japan: Japan International Cooperation Agency, 1983. 2 v.
- REPORT on Geological Survey of Anta Gorda Brazil: phase IV. São Paulo: CPRM, 1984. 2 v.
- RIBEIRO, L.M.A.L. Estudo geológico e geocronológico dos terrenos granito-gnáissicos e sequências metavulcanossedimentares da região do Betara, PR. 2006. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- RUDNICK, R. L.; GAO, S. Composition of the Continental Crust. In: RUDNICK, R. L. (ed.) The Crust, vol. 3, Treatise on geochemistry (eds: Holland, H.D., Turckian, K.K.), Pergamon.
- SIGA JR, O; GOMES, C; SATO, K; PASSARELLI, C. R. 2007. O Maciço Alcalino de Tunas, PR: Novos Dados Geocronológicos. Geologia USP – Série Científica, 7(2)71-80.
- SIGA JR., O.; BASEI, M. A. S.; SATO, K.; PASSARELLI, C. R.; NUTMAN, A.; MCREATH, I.; PRAZERES FILHO, H. J. Calymmian (1.50–1.45 Ga) magmatic records in Votuverava and Perau sequences, south-southeastern Brazil: Zircon ages and Nd–Sr isotopic geochemistry. Journal of South American Earth Sciences, v. 32, p. 301–308. 2011.
- SILVA, Antero T.S.F. da et al. Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira: Relatório Final. São Paulo: CPRM, 1981 15 v.
- SILVA, C.R., TAKAHASHI, A. T., CHIODI FILHO, C., BATTOLLA JR, F. 1982. Geologia e mineralizações da região Perau-Água Clara, Vale do Ribeira, PR. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32º, Salvador, SBG. Anais, v.3:1024-1036.
- SOARES, P. C. 1987. Sequências tecto-sedimentares e tectônica deformadora no centro-oeste do escudo paranaense. In: Simpósio Sul-Bras. Geol., 3º. Curitiba, SBG., Atas, v. 2:743-771.
- SOUZA, I. M. 1972. Relatório dos trabalhos de pesquisa de cobre no Ribeirão Perau, município de Adrianópolis, PR. Eletro São Marcos Ltda/Sonda S/C, São Paulo, 41p. (inédito).
- SPECTOR, A. GRANT F. S. Statistical models for interpreting aeromagnetic data. Geophysics, v.35, n.2, p. 293-302, 1970.
- SUMNER, J.S. 1976. Principles of Induced Polarization for Geophysical Exploration. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 277p.
- TAKAHASHI, A. T. ; CHIODI FILHO, C.; SILVA, C.R.; BATTOLLA Jr., F. (1981) Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira. Relatório Final. Área da Mina do Perau. DNPM/CPRM, São Paulo, v. 11, 94 p.
- TASSINARI, C. C. G.; BARBOUR, A. P.; DAITX, E. C.; Sato, K. 1990. Aplicação dos isótopos de Pb e Sr na determinação da natureza das fontes das mineralizações de chumbo do Vale do Ribeira - SP e PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36. , 1990, Natal. Anais... Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990. V. 3, p. 1254-1266.
- TREIN, E.; FUCK, R.A. O Grupo Castro. In: BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R.; PINTO, V.M. (Ed.). Geologia do Pré-Devoniano e intrusivas subsequentes da porção oriental do estado do Paraná. Boletim Paranaense Geociências, Curitiba, v. 23/25, p.257- 305, 1967.
- VASCONCELLOS, E.M.G. Investigações Geológicas e Petrológicas das Brechas Vulcânicas do Maciço de Tunas, PR. São Paulo. 1991. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- VASCONCELLOS, E.M.G., GOMES, C.B. Caracterização petrográfica de brechas vulcânicas no Complexo Alcalino de Tunas, PR. Revista Brasileira de Geociências, v.22, n.3, p. 269- 274, set. 1992.
- YOUNG, K. E.; EVANS, C. A.; HODGES K. V.; BLEACHER J. E.; GRAFF T. G. 2016. A review of the handheld X-ray fluorescence spectrometer as a tool for field geologic investigations on Earth and in planetary surface exploration. Applied Geochemistry 72:77–87.

# **LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS**

---



## **SÉRIE METAIS DO GRUPO DA PLATINA E ASSOCIADOS**

- Nº 01 - Mapa de Caracterização das Áreas de Trabalho (Escala 1:7.000.000), 1996.  
Nº 02 - Mapa Geológico Preliminar da Serra do Colorado - Rondônia e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.  
Nº 03 - Mapa Geológico Preliminar da Serra Céu Azul - Rondônia, Prospecção Geoquímica e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.  
Nº 04 - Síntese Geológica e Prospecção por Concentrados de Bateia nos Complexos Canabrava e Barro Alto - Goiás, 1997.  
Nº 05 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Migrantinópolis - Rondônia, 2000.  
Nº 06 - Geologia e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Corumbiara/Chupinguaia - Rondônia, 2000.  
Nº 07 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Serra Azul - Rondônia, 2000.  
Nº 08 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Branco/Alta Floresta - Rondônia, 2000.  
Nº 09 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Luzia - Rondônia, 2000.  
Nº 10 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Nova Brasilândia - Rondônia, 2000.  
Nº 11 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Rio Madeirinha - Mato Grosso, 2000.  
Nº 12 - Síntese Geológica e Prospectiva das Áreas Pedra Preta e Cotingo - Roraima, 2000.  
Nº 13 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Bárbara - Goiás, 2000.  
Nº 14 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Barra da Gameleira - Tocantins, 2000.  
Nº 15 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Córrego Seco - Goiás, 2000.  
Nº 16 - Síntese Geológica e Resultados Prospectivos da Área São Miguel do Guaporé - Rondônia, 2000.  
Nº 17 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cana Brava - Goiás, 2000.  
Nº 18 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cacoal - Rondônia, 2000.  
Nº 19 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Morro do Leme e Morro Sem Boné - Mato Grosso, 2000.  
Nº 20 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Serra dos Pacaás Novos e Rio Cautário - Rondônia, 2000.  
Nº 21 - Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da Bacia do Paraná - 2000.  
Nº 22 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Tabuleta - Mato Grosso, 2000.  
Nº 23 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Alegre - Mato Grosso, 2000.  
Nº 24 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Figueira Branca/Indiavaí - Mato Grosso, 2000.  
Nº 25 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar das Áreas Jaburu, Caracará, Alto Tacutu e Amajari - Roraima, 2000.  
Nº 26 - Prospecção Geológica e Geoquímica no Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra da Onça - Pará, 2001.  
Nº 27 - Prospecção Geológica e Geoquímica nos Corpos Máfico-Ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté - Pará, 2001.  
Nº 28 - Aspectos geológicos, Geoquímicos e Metalogenéticos do Magmatismo Básico/Ultrabásico do Estado de Rondônia e Área Adjacente, 2001.  
Nº 29 - Geological, Geochemical and Potentiality Aspects of Ni-Cu-PGE Deposits of the Paraná Basin Magmatism, 2001.  
Nº 30 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Barro Alto - Goiás, 2010.

## **SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000**

- Nº 01 - Área GO-09 Aurilândia/Anicuns - Goiás, 1995.  
Nº 02 - Área RS-01 Lavras do Sul/Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 1995.  
Nº 03 - Área RO-01 Presidente Médici - Rondônia, 1996.  
Nº 04 - Área SP-01 Vale do Ribeira - São Paulo, 1996.  
Nº 05 - Área PA-15 Inajá - Pará, 1996.  
Nº 06 - Área GO-05 Luziânia - Goiás, 1997.  
Nº 07 - Área PA-01 Paru - Pará, 1997.  
Nº 08 - Área AP-05 Serra do Navio/Cupixi - Amapá, 1997.  
Nº 09 - Área BA-15 Caripará - Bahia, 1997.  
Nº 10 - Área GO-01 Crixás/Pilar - Goiás, 1997.  
Nº 11 - Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa - Goiás, 1997.  
Nº 12 - Área GO-03 Niquelândia - Goiás, 1997.  
Nº 13 - Área MT-01 Peixoto de Azevedo/Vila Guarita - Mato Grosso, 1997.  
Nº 14 - Área MT-06 Ilha 24 de Maio - Mato Grosso, 1997.  
Nº 15 - Área MT-08 São João da Barra - Mato Grosso/Pará, 1997.  
Nº 16 - Área RO-02 Jenipapo/Serra Sem Calça - Rondônia, 1997.  
Nº 17 - Área RO-06 Guaporé/Madeira - Rondônia, 1997.  
Nº 18 - Área RO-07 Rio Madeira - Rondônia, 1997.  
Nº 19 - Área RR-01 Uaricaá - Roraima, 1997.  
Nº 20 - Área AP-03 Alto Jari - Amapá/Pará, 1997.



- Nº 21 - Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto - Ceará, 1997.  
Nº 22 - Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis - Goiás, 1997.  
Nº 23 - Área PA-07 Serra Pelada - Pará, 1997.  
Nº 24 - Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.  
Nº 25 - Área AP-01 Cassiporé - Amapá, 1997.  
Nº 26 - Área BA-04 Jacobina Sul - Bahia, 1997.  
Nº 27 - Área PA-03 Cuiapucu/Carará - Pará/Amapá, 1997.  
Nº 28 - Área PA-10 Serra dos Carajás - Pará, 1997.  
Nº 29 - Área AP-04 Tumucumaque - Pará, 1997.  
Nº 30 - Área PA-11 Xinguara - Pará, 1997.  
Nº 31 - Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim - Paraíba/Pernambuco, 1997.  
Nº 32 - Área AP-02 Tartarugalzinho - Amapá, 1997.  
Nº 33 - Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.  
Nº 34 - Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.  
Nº 35 - Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.  
Nº 36 - Área PA-18 Vila Riozinho - Pará, 1997.  
Nº 37 - Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.  
Nº 38 - Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.  
Nº 39 - Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.  
Nº 40 - Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.  
Nº 41 - Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.  
Nº 42 - Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.  
Nº 43 - Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.  
Nº 44 - Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.  
Nº 45 - Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.  
Nº 46 - Área AM-04 Rio Traíra - Amazonas, 1998.  
Nº 47 - Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá - Goiás, 1998.  
Nº 48 - Área CE-01 Reriutaba/Ipu - Ceará, 1998.  
Nº 49 - Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.  
Nº 50 - Área PA-20 Jacareacanga - Pará/Amazonas, 1998.  
Nº 51 - Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.  
Nº 52 - Área RO-05 Colorado - Rondônia/Mato Grosso, 1998.  
Nº 53 - Área TO-02 Brejinho de Nazaré - Tocantins, 1998.  
Nº 54 - Área RO-04 Porto Esperança - Rondônia, 1998.  
Nº 55 - Área RO-03 Parecis - Rondônia, 1998.  
Nº 56 - Área RR-03 Uraricoera - Roraima, 1998.  
Nº 57 - Área GO-04 Goiás - Goiás, 1998.  
Nº 58 - Área MA-01 Belt do Gurupi - Maranhão/Pará, 1998.  
Nº 59 - Área MA-02 Aurizona/Carutapera - Maranhão/Pará, 1998.  
Nº 60 - Área PE-01 Serrita - Pernambuco, 1998.  
Nº 61 - Área PR-01 Curitiba/Morretes - Paraná, 1998.  
Nº 62 - Área MG-01 Pitangui - Minas Gerais, 1998.  
Nº 63 - Área PA-12 Rio Fresco - Pará, 1998.  
Nº 64 - Área PA-13 Madalena - Pará, 1998.  
Nº 65 - Área AM-01 Parauari - Amazonas/Pará, 1999.  
Nº 66 - Área BA-01 Itapicuru Norte - Bahia, 1999.  
Nº 67 - Área RR-04 Quino Maú - Roraima, 1999.  
Nº 68 - Área RR-05 Apiaú - Roraima, 1999.  
Nº 69 - Área AM 05 Gavião/Dez Dias - Amazonas, 1999.  
Nº 70 - Área MT-07 Araés/Nova Xavantina - Mato Grosso, 2000.  
Nº 71 - Área AM-02 Cauaburi - Amazonas, 2000.  
Nº 72 - Área RR-02 Mucajá - Roraima, 2000.  
Nº 73 - Área RR-06 Rio Amajari - Roraima, 2000.  
Nº 74 - Área BA-03 Jacobina Norte - Bahia, 2000.  
Nº 75 - Área MG-04 Serro - Minas Gerais, 2000.  
Nº 76 - Área BA-02 Itapicuru Sul - Bahia, 2000.  
Nº 77 - Área MG-03 Conselheiro Lafaiete - Minas Gerais, 2000.  
Nº 78 - Área MG-05 Itabira - Minas Gerais, 2000.  
Nº 79 - Área MG-09 Riacho dos Machados - Minas Gerais, 2000.  
Nº 80 - Área BA-14 Correntina - Bahia, 2000.  
Nº 81 - Área BA-12 Boquira Sul - Bahia, 2000

- Nº 82 - Área BA-13 Gentio do Ouro - Bahia, 2000.
- Nº 83 - Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul - Bahia, 2000.
- Nº 84 - Área MT-05 Cuiabá/Poconé - Mato Grosso, 2000.
- Nº 85 - Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres - Mato Grosso, 2000.

### **SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS**

- Nº 01 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Programa Nacional de Prospecção de Ouro - Natureza e Métodos, 1998.
- Nº 03 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1998.
- Nº 04 - Gold Prospecting National Program - Subject and Methodology, 1998.
- Nº 05 - Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas – Municípios de Manaíra e Princesa Isabel - Paraíba, 1998.
- Nº 06 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 2000.
- Nº 07 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Minas do Camaquã - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 08 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Ibaré – Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 10 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Salsinho - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 11 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Marmeleiro - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 12 - Map of Gold Production and Reserves of Brazil (1:7.000.000 Scale), 2000
- Nº 13 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Ivo - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 15 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Batovi – Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 16 - Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juruena-Teles Pires, Mato Grosso – Goiânia, 2008.
- Nº 17 - Metalogenia do Distrito Aurífero do Rio Juma, Nova Aripuanã, Manaus, 2010.

### **SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA**

- Nº 01 - Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (NPK) no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1997.
- Nº 02 - Fosfato da Serra da Bodoquena - Mato Grosso do Sul, 2000.
- Nº 03 - Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco, 2000.
- Nº 04 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 05 - Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 06 - Síntese das Necessidades de Calcário para os Solos dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 07 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais de Rondônia, 2001.
- Nº 08 - Mapas de Insumos Minerais para Agricultura nos Estados de Amazonas e Roraima, 2001.
- Nº 09 - Mapa-Síntese de Jazimentos Minerais Carbonatados dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 10 - Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, 2001.
- Nº 11 - Síntese dos Jazimentos, Áreas Potenciais e Mercado de Insumos Minerais para Agricultura no Estado da Bahia, 2001.
- Nº 12 - Avaliação de Rochas Calcárias e Fosfatadas para Insumos Agrícolas do Estado de Mato Grosso, 2008.
- Nº 13 - Projeto Fosfato Brasil – Parte I, Salvador, 2011.
- Nº 14 - Projeto Fosfato Brasil – Estado de Mato Grosso – Áreas Araras/Serra do Caeté e Planalto da Serra, 2011.
- Nº 15 - Projeto Mineralizações Associadas à Plataforma Bambuí no Sudeste do Estado do Tocantins (TO) – Goiânia, 2012.
- Nº 16 - Rochas Carbonáticas do Estado de Rondônia, Porto Velho, 2015.
- Nº 17 - Projeto Fosfato Brasil – Parte II, Salvador, 2016.
- Nº 18 - Geoquímica Orientativa para Pesquisa de Fosfato no Brasil, Salvador, 2016.
- Nº 19 - Projeto Agrominerais da Região de Irecê -Jaguarari, Salvador, 2016.
- Nº 20 - Projeto Fosfato Brasil – Parte III - Bacia dos Parecis, Manaus, 2017.
- Nº 21 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Bacia Sergipe-Alagoas, Sub-bacia Sergipe, Recife, 2017.
- Nº 22 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Centro-leste de Santa Catarina, Salvador, 2017.

### **SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS**

- Nº 01 - Mapa Gemológico da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, 1997.
- Nº 02 - Mapa Gemológico da Região Lajeado/Soledade/Salto do Jacuí - Rio Grande do Sul, 1998
- Nº 03 - Mapa Gemológico da Região de Ametista do Sul - Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 04 - Recursos Gemológicos dos Estados do Piauí e Maranhão, 1998.
- Nº 05 - Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 06 - Mapa Gemológico do Estado de Santa Catarina, 2000.
- Nº 07 - Aspectos da Geologia dos Pólos Diamantíferos de Rondônia e Mato Grosso – O Fórum de Juína – Projeto Diamante, Goiânia, 2010.
- Nº 08 - Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II – Estado do Piauí, Teresina, 2015.
- Nº 09 - Aluviões Diamantíferos da Foz dos Rios Jequitinhonha e Pardo - Fase I – Estado da Bahia, Salvador, 2015.

### **SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS - EXAME ATUALIZADO DE PROJETO**

- Nº 01 - Níquel de Santa Fé - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 02 - Níquel do Morro do Engenho - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 03 - Cobre de Bom Jardim - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 04 - Ouro no Vale do Ribeira - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 05 - Chumbo de Nova Redenção - Estado da Bahia, 2001.
- Nº 06 - Turfa de Caçapava - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 08 - Ouro de Natividade - Estado do Tocantins, 2000.
- Nº 09 - Gipsita do Rio Cupari - Estado do Pará, 2001.
- Nº 10 - Zinco, Chumbo e Cobre de Palmeirópolis - Estado de Tocantins, 2000.
- Nº 11 - Fosfato de Miriri - Estados de Pernambuco e Paraíba, 2001.
- Nº 12 - Turfa da Região de Itapuã - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 13 - Turfa de Águas Claras - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 14 - Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 15 - Nióbio de Uaupés - Estado do Amazonas, 1997.
- Nº 16 - Diamante do Rio Maú - Estado da Roraima, 1997.
- Nº 18 - Turfa de Santo Amaro das Brotas - Estado de Sergipe, 1997.
- Nº 19 - Diamante de Santo Inácio - Estado da Bahia, 2001.
- Nº 21 - Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.
- Nº 22 - Coal in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, 2000.
- Nº 23 - Kaolin Exploration in the Capim River Region - State of Pará - Executive Summary, 2000.
- Nº 24 - Turfa de São José dos Campos - Estado de São Paulo, 2002.
- Nº 25 - Lead in Nova Redenção - Bahia State, Brazil, 2001.

### **SÉRIE DIVERSOS**

- Nº 01 - Informe de Recursos Minerais - Diretrizes e Especificações - Rio de Janeiro, 1997.
- Nº 02 - Argilas Nobres e Zeolitas na Bacia do Parnaíba - Belém, 1997.
- Nº 03 - Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Belém do São Francisco - Escala 1:250.000 - Recife, 2000.
- Nº 04 - Substâncias Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador e Adjacências - Salvador, 2001.

### **SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS**

- Nº 01 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Leste do Ceará – Recife, 2007.

### **SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**

- Nº 01 - Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões) – Manaus, 2007.
- Nº 02 - Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Salvador – Salvador, 2008.
- Nº 03 - Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas – Manaus, 2008.
- Nº 04 - Projeto Rochas Ornamentais de Roraima – Manaus, 2009.
- Nº 05 - Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno – Porto Velho, 2010.
- Nº 06 - Projeto Quartzito Industrial Dueré-Cristalândia – Goiânia, 2010.
- Nº 07 - Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Aracaju – Salvador, 2011.
- Nº 08 - Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo – Rio de Janeiro, 2012.
- Nº 09 - Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana do Recife – Recife, 2012.
- Nº 10 - Materiais de Construção Civil da Folha Porto Velho – Porto Velho, 2013.
- Nº 11 - Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – São Paulo, 2014.

- Nº 12 - Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Natal – Recife, 2015.  
Nº 13 - Materiais de Construção Civil para Vitória da Conquista, Itabuna-Ilhéus e Feira de Santana – Salvador, 2015.  
Nº 14 - Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás – Belém, 2015.  
Nº 15 - Panorama do Setor de Rochas Ornamentais do Estado de Rondônia – Porto Velho, 2015  
Nº 16 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Goiânia – Goiânia, 2015  
Nº 17 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre – Porto Alegre, 2016  
Nº 18 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Fortaleza – Fortaleza, 2016  
Nº 19 - Projeto Materiais de Construção Civil da Região da Grande Florianópolis – Porto Alegre, 2016  
Nº 20 - Projeto materiais de construção da região de Macapá - Estado do Amapá – Belém, 2016.  
Nº 21 - Projeto Materiais De Construção da Região Metropolitana de Curitiba - Estado do Paraná, 2016.  
Nº 22 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno - Estado do Maranhão, 2017.

### **SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS**

- Nº 01 - Projeto BANEÓ – Bacia do Camaquã – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2008  
Nº 02 - Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno - MG – Rio de Janeiro, 2014.  
Nº 03 - Projeto BANEÓ – Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá – Metalogenia das Bacias Neoproterozoico-eopaleozoicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2015

### **SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL**

- Nº 01 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - ARIM, Brasília, 2015  
Nº 02 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Tróia-Pedra Branca, Estado do Ceará, Fortaleza, 2015  
Nº 03 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste do Tapajós, Estado do Pará, Brasília, 2015.  
Nº 04 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Província Aurífera Juruena-Teles Pires-Aripuanã – Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha Porto Escondido – SC.21-V-C-III, Brasília, 2015.  
Nº 05 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Distrito Zinífero de Vazante – MG, Brasília, 2015.  
Nº 06 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Rochas Alcalinas da Porção Meridional do Cinturão Ribeira. Estados de São Paulo e Paraná, Brasília, 2015.  
Nº 07 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste de Rondônia, Brasília, 2016.  
Nº 08 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB), Brasília, 2016.  
Nº 09 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Porção sul da Bacia do Paraná, RS, 2017  
Nº 10 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Eldorado do Juma, Estado do Amazonas, AM, 2017  
Nº 11 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Cinturão Gurupi, Estados do Pará e Maranhão, Brasília, 2017.  
Nº 12 - Áreas de relevante interesse mineral: Reserva Nacional do Cobre e Associados, Estados do Pará e Amapá, Belém, 2017.  
Nº 13 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Vale do Ribeira: Mineralizações Polimetálicas (Pb, Ag, Zn, Cu e Au – “Tipo Painéis”) em zonas de cisalhamento Rúptil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, São Paulo, 2017.  
Nº 14 - Área de Relevante Interesse Mineral - ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), MG, 2018  
Nº 15 - Área de Relevante Interesse Mineral Integração Geológica-Geofísica e Recursos Minerais do Cráton Luis Alves, RS, 2018.  
Nº 16 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Província Mineral de Carajás, PA: Estratigrafia e análise do Minério de Mn de Carajás - áreas Azul, Sereno, Buritirama e Antônio Vicente, PA, 2018.  
Nº 17 - Áreas de Relevante Interesse Mineral Troia-Pedra Branca - Geologia e mineralização aurífera da sequência metavulcanossedimentar da Serra das Pipocas, Maciço de Troia, Ceará, Estado do Ceará, CE, 2018  
Nº 18 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Reavaliação da Província Estanífera de Rondônia, RO, 2019.  
Nº 19 - Áreas de relevante interesse mineral – Evolução Crustal e Metalogenia da Faixa Nova Brasilândia, RO, 2019.  
Nº 20 - Áreas de Relevante Interesse Mineral Batólito Pelotas – Terreno Tijucas, Estado do Rio Grande do Sul, RS, 2019.  
Nº 21 - Áreas de relevante interesse mineral – Vale do Ribeira: mineralizações polimetálicas (Pb, Ag, Zn, Cu e Au – “tipo painéis”) em zonas de cisalhamento rúptil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR

**SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS**

- Nº 01 - Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 02 - Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 03 - Projeto Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil – Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Brasília, 2016.
- Nº 04 - Projeto Avaliação do Potencial de Terras Raras No Brasil - Área Morro dos Seis Lagos, Noroeste do Amazonas, Brasília, 2019.

# ANEXO I

---

## LITOGEOQUÍMICA



Elemento	Galeria do Cobre			Mina de Canoas		
	AD-R-008-A	AD-R-008-B	AD-R-008-E	MB-015-C	MB-015-F	MB-015-G
	ICO-936	ICO-937	ICO-938	ICO-945	ICO-946	ICO-947
<i>ICP-MS (digestão ácida) - ppm</i>						
Ag	>10	>10	>10	>10	>10	>10
Al	<0,01	0,11	0,22	0,74	1,71	1
As	1211	576	711	<1	<1	<1
Ba	617	804	1018	125	225	314
Be	0,5	0,4	0,8	1,6	3,9	0,3
Bi	3,41	2,24	2,47	2,82	1,95	2,11
Ca	0,19	0,05	0,11	2,64	4,38	2,35
Cd	7,36	3,9	6,15	206,84	113,12	65,16
Ce	1,81	1,55	1,88	3,48	10,5	4,9
Co	7,6	21,8	7,1	26,9	93,3	48,8
Cr	<1	<1	<1	<1	1	<1
Cs	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cu	>10000	>10000	>10000	168,1	186,1	399,1
Fe	>15	7,89	6,55	3	2,36	1,18
Ga	13,3	14,5	14,7	15,1	15,7	12,3
Ge	0,3	2,2	3,2	3,6	2,9	4,1
Hf	4,48	2,62	1,71	0,79	1,74	0,93
In	0,49	0,22	0,13	0,19	0,22	0,18
K	0,05	0,08	0,14	0,53	0,67	0,19
La	1,3	0,7	1,1	0,6	2,9	1,7
Li	3	3	4	5	8	3
Lu	0,02	0,02	0,02	0,04	0,17	0,06
Mg	0,13	0,04	0,08	1,52	2,48	1,09
Mn	0,01	0,02	0,01	0,05	0,07	0,04
Mo	4,28	3,28	3,5	1,47	0,82	<0,05
Na	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,03	0,02
Nb	17,5	14,5	14,6	9,3	10,3	8,8
Ni	13,8	18,7	14,9	32	88,2	44,3
P	<50	<50	<50	64	51	<50
Pb	170,3	84,2	162,1	>10000	>10000	>10000
Rb	6,6	5,8	7,5	13,2	21,7	7,2
S	2,04	1,89	0,42	>5	3,65	2,32
Sb	36,73	12,71	20,8	19,4	21,55	17,58
Sc	5,1	1,9	0,7	3,1	2,7	1,5
Se	6	<2	11	9	3	<2
Sn	42,9	34	33,4	19,7	19,5	18,7
Sr	15,6	6,9	6,5	266,1	397	512,3
Ta	4,13	3,6	3,33	2,38	3,09	2,69
Tb	<0,05	0,05	0,06	0,1	0,32	0,16
Te	1,57	<0,05	0,67	0,17	0,16	<0,05
Th	24	13,8	12,1	5,2	6,6	4,7
Ti	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,04	<0,01
Tl	0,43	0,13	0,02	2,08	2,92	1,12
U	2,5	1,2	1,5	0,5	0,8	0,3
V	3	1	3	13	15	5



Informe de Recursos Minerais

Elemento	Galeria do Cobre			Mina de Canoas		
	AD-R-008-A	AD-R-008-B	AD-R-008-E	MB-015-C	MB-015-F	MB-015-G
	ICO-936	ICO-937	ICO-938	ICO-945	ICO-946	ICO-947
W	25,8	18,4	15,8	6,2	6,8	4,8
Y	2,2	1,5	1,8	3,9	8,1	3,8
Yb	0,2	0,2	0,1	0,2	0,7	0,4
Zn	1263	617	813	>10000	>10000	>10000
Zr	9,7	4	5,8	9,7	15,4	6,1
<i>Fire assay - ppb</i>						
Au	N.A.	148	326	15	228	<5
Pd	N.A.	<5	<5	<5	<5	<5
Pt	N.A.	<5	<5	<5	<5	<5
<i>ICP-OES (fusão alcalina) - %</i>						
Ba	N.A.	N.A.	N.A.	1,19	2,32	2,9
Ca	N.A.	N.A.	N.A.	3,05	4,44	2,36
Fe	N.A.	N.A.	N.A.	3,05	2,13	1,12
Mg	N.A.	N.A.	N.A.	1,62	2,41	1,11
Pb	N.A.	N.A.	N.A.	3,88	1,82	2,68
Sn	N.A.	N.A.	N.A.	<0,005	<0,005	<0,005
Zn	N.A.	N.A.	N.A.	5,35	3,05	1,75
<i>Absorção atômica - ppm</i>						
Ag	86	33	26	126	149	88

N.A. = Não analisado

Elemento	Mina de Canoas						
	MB-015-H	MB-015-I	MB-015-K	MB-015-M	MB-015-S	MB-015-T	MB-015-U
	ICO-948	ICO-949	ICO-950	ICO-951	ICO-952	ICO-953	ICO-954
<i>ICP-MS (digestão ácida) - ppm</i>							
Ag	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
Al	1,55	2,78	2,13	3,63	5,74	1,93	4,03
As	3	22	<1	<1	<1	3	<1
Ba	196	178	65	197	2520	80	123
Be	3,5	7,6	4,1	5,6	5	3,7	7,6
Bi	2,41	2,21	2,41	2,41	15,24	2,13	2,39
Ca	0,9	1,3	2,4	7,94	3,23	0,67	3,49
Cd	118,91	297,28	829,58	140,04	11,83	463,24	29,57
Ce	6,01	13,9	4,56	37,85	38,42	2,39	38,22
Co	88,1	24,1	96,5	10,3	11,3	61,6	74,7
Cr	2	8	4	9	29	4	8
Cs	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5
Cu	35,8	322,6	181,5	448,8	4786	196,4	708,3
Fe	1,55	2,67	4,17	3,75	6,41	5,06	9,94
Ga	15,4	21,3	23	18,2	25,5	19,7	16,6
Ge	3,5	3,6	1,8	<0,1	1,7	3,3	<0,1
Hf	1,58	3,48	1,99	4,68	9,88	1,3	2,87
In	0,16	0,33	3,71	0,02	0,33	0,36	0,25
K	0,52	1,77	1,25	3,39	3,56	1,6	3,49
La	1,5	3,1	0,6	12,5	21,2	0,5	12,2

Elemento	Mina de Canoas						
	MB-015-H	MB-015-I	MB-015-K	MB-015-M	MB-015-S	MB-015-T	MB-015-U
	ICO-948	ICO-949	ICO-950	ICO-951	ICO-952	ICO-953	ICO-954
Li	6	7	4	16	26	5	17
Lu	0,02	0,1	0,13	0,24	0,14	0,06	0,52
Mg	0,83	2,31	1,52	4,28	1,71	0,63	2,35
Mn	0,02	0,04	0,07	0,17	0,06	0,04	0,08
Mo	1,08	0,37	2,3	0,93	1,95	3,06	6,23
Na	0,04	0,1	0,07	0,15	0,23	0,07	0,19
Nb	8,4	11,2	9,6	12,1	19,2	8,2	17,2
Ni	60	44,1	68,4	19,8	14,2	108,8	49,1
P	<50	168	98	302	508	131	377
Pb	>10000	>10000	>10000	>10000	8436,6	>10000	8856,3
Rb	14,9	29,5	19,6	72,7	95,5	31,1	74,5
S	3,89	4,47	>5	4,8	1,3	>5	>5
Sb	42,17	34,52	50,49	19,53	4,64	22,36	20,12
Sc	1	3,1	2,6	4,6	8,2	3,8	8,4
Se	17	6	14	11	15	15	<2
Sn	43,6	17,9	18	19,2	18,5	19,2	20,3
Sr	256,7	233,9	83,1	300,1	137,7	86,3	112,9
Ta	2,79	3,76	2,75	4,28	7,27	2,39	3,11
Tb	0,15	0,33	0,19	0,47	0,35	0,21	0,5
Te	<0,05	0,55	0,38	0,07	0,58	<0,05	0,1
Th	5,1	7,7	5,7	9,6	18,8	5,4	16,1
Ti	0,02	0,09	0,06	0,09	0,25	0,06	0,15
Tl	1,95	2,72	2,25	9,34	2,43	5,12	7,09
U	0,6	1,2	1	1,6	2,2	0,9	1,6
V	12	31	23	34	57	23	43
W	4,4	5,5	3,8	4,6	5,7	3,5	6,8
Y	3,6	8	6,5	14,1	10,6	5,3	18,8
Yb	0,4	0,8	0,6	1,7	1,1	0,5	1,7
Zn	>10000	>10000	>10000	>10000	3105	>10000	9367
Zr	12,6	30,9	22,2	44	71,3	25,7	50,4
<i>Fire assay - ppb</i>							
Au	36	20	6	14	<5	<5	<5
Pd	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Pt	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
<i>ICP-OES (fusão alcalina) - %</i>							
Ba	1,81	1,74	0,78	2,58	0,73	0,64	2,46
Ca	0,79	1,3	2,54	8,11	3,49	0,65	3,25
Fe	1,48	2,68	4	3,36	6,49	4,68	9,02
Mg	0,83	2,36	1,53	4,06	1,81	0,6	2,18
Pb	6,93	5,47	8,11	2,17	0,95	4,25	1
Sn	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Zn	2,8	5,99	18,66	4,27	0,34	10,63	0,96
<i>Absorção atômica - ppm</i>							
Ag	159	116	108	38	143	77	27

Elemento	Mina do Perau	Mina de Canoas	
	AD-R-008-A	MB-015-C	MB-015-G
	ICO-936	ICO-945	ICO-947
<i>Fluorescência de raios X em rocha total - %</i>			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,71	7,78	3,52
BaO	0,6	14,1	13,0
CaO	1,47	2,8	22,7
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,01	0,02	0,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,1	10,4	5,62
K <sub>2</sub> O	2,09	4,16	1,52
MgO	2,16	2,24	4,38
MnO	0,05	0,05	0,27
Na <sub>2</sub> O	<0,1	0,41	0,33
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0,05	<0,05	<0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,037	0,052	0,039
SiO <sub>2</sub>	39,9	33,5	16,7
TiO <sub>2</sub>	0,23	0,41	0,21
L.O.I	14,74	14,09	14,24
Total	91,09	90,01	82,55
<i>ICP-MS (fusão com metaborato de lítio) - ppm</i>			
Ba	5270	>10000	>10000
Be	4,3	6,9	2,5
Ce	35,2	49,6	24
Co	195,8	11,6	36,5
Cs	0,87	0,82	0,4
Cu	1755	189	669
Dy	1,42	1,93	1,88
Er	0,78	1,05	1
Eu	0,63	2,34	2,17
Ga	14,8	13,8	8,6
Gd	2,01	3,48	2,69
Hf	2,67	2,93	1,23
Ho	0,27	0,34	0,36
La	16,3	26,5	11,2
Lu	0,12	0,15	0,13
Mo	<2	3	<2
Nb	4,27	5,99	1,01
Nd	15,3	22,4	12,2
Ni	105	29	66
Pr	4,07	5,95	3,06
Rb	50,7	64,3	12,2
Sm	2,6	3,8	2,7
Sn	4,3	3,3	4,9
Sr	32,1	643,4	1036,2
Ta	0,1	0,17	<0,05
Tb	0,27	0,43	0,37
Th	11,3	7,8	4,1
Tl	1,5	10,8	2,3
Tm	0,13	0,17	0,15

Elemento	Mina do Perau	Mina de Canoas	
	AD-R-008-A	MB-015-C	MB-015-G
	ICO-936	ICO-945	ICO-947
U	1,39	1,17	2,5
W	2	0,1	0,7
Y	7,02	9,66	10,68
Yb	0,8	0,9	0,9
Zr	61,2	86,8	38,5
<i>ICP-MS (digestão ácida) - ppm</i>			
Ag	>10	>10	>10
Al	3	4,25	2
As	313	27	10
Ba	223	242	312
Be	4,3	7,6	2,4
Bi	104,08	0,27	0,08
Ca	0,99	2,02	>15
Cd	2,31	17,21	54,3
Ce	24,8	26,88	20,9
Co	360,3	12,7	40,8
Cr	<1	<1	2
Cs	<5	<5	<5
Cu	>10000	197,5	774,1
Fe	>15	7,53	4,41
Ga	15,7	14,6	7,1
Ge	<0,1	<0,1	<0,1
Hf	1,31	1,9	0,59
In	0,48	0,07	0,18
K	1,72	3,52	1,35
La	8,5	6,1	7,1
Li	11	2	5
Lu	0,12	0,11	0,13
Mg	1,31	1,41	2,74
Mn	0,03	0,03	0,18
Mo	1,61	2,54	0,64
Na	0,07	0,17	0,08
Nb	3,5	2,7	1,4
Ni	349,3	15,4	41,8
P	146	174	76
Pb	>10000	>10000	>10000
Rb	54,5	69,2	13,7
S	>5	3,81	3,4
Sb	19,71	7,8	13,94
Sc	4,7	4,6	3,2
Se	<2	<2	4
Sn	2,4	1	2,3
Sr	21,3	264,5	593,8
Ta	0,56	0,13	0,07
Tb	0,25	0,34	0,35
Te	14,75	0,07	0,17

Elemento	Mina do Perau	Mina de Canoas	
	AD-R-008-A	MB-015-C	MB-015-G
	ICO-936	ICO-945	ICO-947
Th	3,3	0,8	1,1
Ti	0,1	0,1	0,06
Tl	3,55	16,63	2,05
U	1,3	1	2,5
V	27	53	21
W	1,4	0,1	<0,1
Y	7,2	7,5	10,7
Yb	0,8	0,7	0,9
Zn	277	6807	>10000
Zr	45,6	64,2	20,8
<i>Fire assay - ppb</i>			
Au	36	65	21
Pd	<5	<5	<5
Pt	<5	<5	<5
<i>ICP-OES (fusão alcalina) - %</i>			
Ba	0,46	2,29	N.A.
Ca	0,96	1,9	N.A.
Fe	21,61	8,7	N.A.
Mg	1,2	1,28	N.A.
Pb	2,32	1,73	N.A.
Sn	<0,005	<0,005	N.A.
Zn	0,03	0,62	N.A.
Pb	2,52	2,01	N.A.
Zn	N.A.	N.A.	N.A.

## **ANEXO II**

---

### **DADOS DE QUÍMICA MINERAL**



Mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas à Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Paraná

**SULFETOS**

% Peso	Mina do Perau				Mina de Canoas																						
	Ag	-	0,0004	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,28	-	-	0,54	-	21,13	13,22
Pb	0,16	0,17	0,09	0,13	85,87	83,99	84,28	84,36	85,11	84,76	84,09	83,99	83,54	85,31	83,93	84,27	84,24	82,61	82,12	82,20	83,59	84,70	84,26	59,78	73,74	78,62	
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fe	45,26	45,30	45,89	45,61	-	-	0,005	0,003	0,01	-	-	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cu	-	-	0,01	0,02	0,0017	-	0,01	-	-	-	-	-	0,01	0,02	0,02	0,0016	0,0046	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,0016	-
Zn	0,01	0,02	-	-	0,01	-	0,02	-	0,01	0,01	-	0,01	0,01	-	-	0,02	-	0,02	0,01	-	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Au	0,00	0,01	0,02	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sb	-	-	-	0,01	0,03	-	0,04	-	0,02	0,0011	0,02	0,01	0,02	-	0,01	0,02	0,02	-	0,04	0,05	0,02	0,01	0,02	-	-	-	
Co	0,40	0,96	0,52	0,34	0,01	0,0005	-	-	-	-	0,0045	0,0031	0,0025	0,01	-	-	-	0,02	-	-	-	-	0,01	0,01	-	-	
Ni	0,01	0,01	0,01	-	-	-	-	0,0006	0,01	0,0042	0,01	-	0,01	0,0015	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0039	-	-
S	52,84	53,32	54,13	53,92	13,35	13,21	13,16	13,31	13,30	13,22	13,10	13,25	13,05	13,23	12,75	13,11	13,13	13,02	13,03	12,96	13,23	13,30	13,24	14,83	14,11	13,50	
<b>Total</b>	<b>98,69</b>	<b>99,88</b>	<b>100,78</b>	<b>100,07</b>	<b>99,27</b>	<b>97,21</b>	<b>97,51</b>	<b>97,68</b>	<b>98,46</b>	<b>97,99</b>	<b>97,22</b>	<b>97,26</b>	<b>96,65</b>	<b>98,56</b>	<b>96,72</b>	<b>97,43</b>	<b>97,41</b>	<b>95,71</b>	<b>95,47</b>	<b>95,21</b>	<b>96,85</b>	<b>98,57</b>	<b>97,55</b>	<b>95,82</b>	<b>101,09</b>	<b>100,80</b>	
% Atômica	Calcopirita - MB-015-B				Galena - MB-015-B																						
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0005	0,0032	-	-	0,01	-	0,21	0,13	0,09
Pb	0,0003	0,0003	0,0002	0,0003	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,50	0,49	0,49	0,50	0,30	0,39	0,43
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	0,33	0,33	0,33	0,33	-	-	0,0001	0,0001	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	0,0001	-	-	0,0002	-	-	-	-	-	0,0002	0,0004	0,0005	-	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	0,0006	-	-
Zn	-	0,0001	-	-	0,0002	-	0,0003	-	0,0002	0,0001	-	0,0001	0,0001	-	-	0,0003	-	0,0003	0,0001	-	0,0001	0,0004	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	-	-	0,0003	-	0,0004	-	0,0002	-	0,0002	0,0001	0,0002	-	0,0001	0,0002	0,0002	-	0,0004	0,0005	0,0002	0,0001	0,0002	-	-	-	
Co	0,0028	0,01	0,0035	0,0023	0,0002	-	-	-	-	-	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	-	-	-	0,0003	-	-	-	-	-	0,0001	0,0002	-	-
Ni	0,0001	0,0001	0,0001	-	-	-	-	-	0,0003	0,0001	0,0001	-	0,0003	-	-	0,0002	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001	-	-
S	0,67	0,67	0,67	0,67	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,50	0,50	0,49	0,48	0,48
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	



Informe de Recursos Minerais

% Peso	Esfalerita - AG-01-D								Pirita - AG-01-D												
	Ag	-	-	0,002	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-	0,002	-	0,000	-	0,003	-	-	0,003
Pb	0,004	0,042	0,062	0,038	0,094	0,165	0,028	0,010	0,202	0,135	0,169	0,136	0,174	0,110	0,178	0,152	0,115	0,122	0,152	0,115	0,122
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	1,228	1,260	1,256	1,190	1,187	0,995	1,250	1,218	45,444	45,659	45,711	45,716	45,617	45,544	45,263	45,487	45,520	45,654	45,487	45,520	45,654
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	0,060	-	-	0,000	-	-	-	-	0,004	-	0,006	-	-	0,018	0,011	0,009	-	0,009	0,009	-	0,009
Zn	64,469	64,648	64,251	64,683	63,963	63,879	64,284	64,235	-	-	-	0,022	-	0,007	-	-	0,002	-	-	0,002	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	0,018	-	0,037	-	0,005	0,001	0,032	0,030	0,001	0,032	0,030
Sb	-	0,003	-	0,023	-	0,010	0,020	0,002	-	-	-	0,006	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co	0,010	0,001	0,005	-	-	0,000	0,006	0,001	0,054	0,042	0,044	0,335	0,361	0,384	0,524	0,451	0,412	0,423	0,451	0,412	0,423
Ni	-	0,004	0,001	0,001	0,011	0,011	-	-	-	-	0,019	0,087	0,113	0,084	0,102	0,180	0,237	0,121	0,180	0,237	0,121
S	32,576	32,786	32,757	32,820	32,239	32,220	32,183	32,657	54,342	54,303	54,124	53,950	54,136	54,742	54,924	54,005	54,172	54,635	54,005	54,172	54,635
<b>Total</b>	<b>98,347</b>	<b>98,743</b>	<b>98,334</b>	<b>98,755</b>	<b>97,497</b>	<b>97,281</b>	<b>97,771</b>	<b>98,122</b>	<b>100,046</b>	<b>100,141</b>	<b>100,090</b>	<b>100,253</b>	<b>100,439</b>	<b>100,889</b>	<b>101,006</b>	<b>100,284</b>	<b>100,493</b>	<b>100,992</b>	<b>100,284</b>	<b>100,493</b>	<b>100,992</b>
% Atômica	Esfalerita - AG-01-D								Pirita - AG-01-D												
	Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0004	0,0001	-	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	0,011	0,011	0,011	0,010	0,011	0,009	0,011	0,011	0,324	0,325	0,326	0,326	0,325	0,322	0,320	0,324	0,324	0,323	0,324	0,324	0,323
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	0,0005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001	0,0001	0,0001	-	0,0001	0,0001	-	0,0001
Zn	0,487	0,486	0,485	0,486	0,488	0,488	0,489	0,486	-	-	-	0,0001	-	0,0000	-	-	0,0000	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001	-	-	-	0,0001	0,0001	-	0,0001	0,0001
Sb	-	-	-	0,0001	-	-	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	0,0004	0,0003	0,0003	0,002	0,002	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Ni	-	-	-	-	0,0001	0,0001	-	-	-	-	0,0001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001
S	0,502	0,503	0,504	0,503	0,501	0,502	0,499	0,504	0,675	0,674	0,673	0,671	0,672	0,674	0,676	0,671	0,671	0,673	0,671	0,671	0,673
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

Mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas à Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Paraná

% Peso	Calcopirita - AG-01-D	Galena AG-01-D																
Ag	0,018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	0,181	84,653	84,333	85,210	84,522	85,247	85,257	84,193	84,275	85,434	84,446	84,582	84,545	84,200	84,365	85,181	84,405	84,535
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	29,712	0,018	0,014	0,011	-	0,007	0,034	0,0001	0,009	0,009	0,017	0,006	0,004	0,012	-	-	0,007	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	33,403	0,001	-	-	0,003	-	0,012	0,020	-	0,009	0,019	-	-	0,010	0,019	0,030	0,006	0,008
Zn	-	0,019	-	0,002	-	0,007	-	0,008	0,006	-	0,018	0,187	-	0,015	0,012	-	0,014	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	0,012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	0,026	-	0,017	-	0,037	0,017	0,040	0,006	-	0,009	0,013	0,018	0,040	0,048	0,018	0,031	0,044
Co	0,031	0,012	0,005	0,002	-	-	-	-	-	0,011	-	0,001	0,001	-	-	-	-	0,007
Ni	-	0,010	-	0,016	0,006	-	-	-	0,005	-	0,000	-	0,001	0,010	-	0,005	-	0,003
S	34,650	13,088	13,058	13,173	13,200	13,302	13,345	13,583	13,167	13,172	12,999	13,138	13,026	13,310	13,243	13,217	13,169	13,280
<b>Total</b>	<b>98,006</b>	<b>97,827</b>	<b>97,410</b>	<b>98,431</b>	<b>97,730</b>	<b>98,600</b>	<b>98,665</b>	<b>97,844</b>	<b>97,467</b>	<b>98,634</b>	<b>97,510</b>	<b>97,926</b>	<b>97,594</b>	<b>97,595</b>	<b>97,687</b>	<b>98,451</b>	<b>97,632</b>	<b>97,877</b>
% Atômica	Calcopirita - AG-01-D	Galena AG-01-D																
Ag	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	0,0004	0,499	0,500	0,500	0,498	0,498	0,497	0,489	0,497	0,501	0,501	0,497	0,501	0,494	0,496	0,499	0,498	0,496
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	0,249	0,0004	0,0003	0,0002	-	0,0001	0,0007	-	0,0002	0,0002	0,0004	0,0001	0,0001	0,0003	-	-	0,0001	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	0,246	-	-	-	-	-	0,0002	0,0004	-	0,0002	0,0004	-	-	0,0002	0,0004	0,0006	0,0001	0,0002
Zn	-	0,0004	-	-	-	0,0001	-	0,0001	0,0001	-	0,0003	0,003	-	0,0003	0,0002	-	0,0003	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	0,0003	-	0,0002	-	0,0004	0,0002	0,0004	0,0001	-	0,0001	0,0001	0,0002	0,0004	0,0005	0,0002	0,0003	0,0004
Co	0,0002	0,0003	0,0001	-	-	-	-	-	-	0,0002	-	-	-	-	-	-	-	0,0001
Ni	-	0,0002	-	0,0003	0,0001	-	-	-	0,0001	-	-	-	0,0000	0,0002	-	0,0001	-	0,0001
S	0,505	0,499	0,500	0,499	0,502	0,502	0,502	0,510	0,502	0,499	0,498	0,499	0,499	0,505	0,503	0,500	0,502	0,503
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>

Informe de Recursos Minerais

% Peso	Galena -AG-03-D																											
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	83,777	84,326	84,844	84,819	84,584	84,800	84,893	85,739	84,284	85,464	84,948	85,095	84,358	84,644	84,891	84,943	85,168	84,379	84,909	84,363	85,347	84,412	84,239	84,436	84,605	84,225	84,206	
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	0,001	-	-	-	-	-	0,012	0,001	-	0,009	-	0,003	-	-	0,002	-	-	-	-	-	-	0,007	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	0,001	0,014	-	-	0,026	-	-	-	0,007	-	-	-	0,019	-	0,006	0,012	-	0,007	-	0,013	0,008	-	0,009	-	0,005	-	-	-
Zn	0,006	-	-	0,004	0,016	0,018	-	-	-	0,001	0,020	-	-	-	-	0,022	0,005	0,008	-	0,012	0,018	-	0,006	0,005	0,010	0,005	0,011	
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	-	-	-	-	-	-	-	0,007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	-	0,012	-	0,035	0,036	0,013	0,018	0,010	0,045	-	-	0,019	0,018	0,023	-	0,010	0,004	0,028	0,013	0,050	-	0,012	-	0,011	-	
Co	-	-	0,002	-	-	0,007	-	-	-	-	-	-	0,001	0,003	-	0,005	0,006	-	-	0,003	0,004	-	-	-	0,003	-	-	-
Ni	0,003	0,010	-	-	0,001	-	0,010	0,006	0,002	0,003	-	-	0,001	0,005	0,004	-	-	-	0,014	-	0,000	-	0,009	-	-	-	0,001	
S	13,228	13,178	13,331	13,120	13,154	13,185	13,226	13,336	13,517	13,292	12,712	13,256	13,060	13,118	13,241	13,165	12,956	13,280	13,167	13,281	13,094	13,056	13,042	13,071	13,260	13,196	13,011	
Total	97,016	97,527	98,177	97,956	97,781	98,045	98,166	99,100	97,828	98,781	97,726	98,351	97,449	97,788	98,163	98,170	98,134	97,686	98,095	97,701	98,484	97,518	97,304	97,523	97,889	97,437	97,228	
% Atômica	Galena -AG-03-D																											
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	0,495	0,497	0,496	0,500	0,498	0,498	0,498	0,499	0,491	0,499	0,508	0,498	0,500	0,499	0,498	0,499	0,504	0,496	0,499	0,495	0,502	0,500	0,500	0,500	0,497	0,497	0,500	
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0003	-	-	0,0002	-	0,0001	-	-	0,0001	-	-	-	-	-	-	0,0001	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	0,0003	-	-	0,0005	-	-	-	0,0001	-	-	-	0,0004	-	0,0001	0,0002	-	0,0001	-	0,0003	0,0002	-	0,0002	-	0,0001	-	-	-
Zn	0,0001	-	-	0,0001	0,0003	0,0003	-	-	-	0,0000	0,0004	-	-	-	-	0,0004	0,0001	0,0001	-	0,0002	0,0003	-	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	-	0,0001	-	0,0004	0,0004	0,0001	0,0002	0,0001	0,0005	-	-	0,0002	0,0002	0,0002	-	0,0001	-	0,0003	0,0001	0,0005	-	0,0001	-	0,0001	-	
Co	-	-	-	-	-	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	0,0001	-	0,0001	0,0001	-	-	0,0001	0,0001	-	-	-	0,0001	-	-	-
Ni	0,0001	0,0002	-	-	0,0000	-	0,0002	0,0001	0,0000	0,0001	-	-	-	0,0001	0,0001	-	-	-	0,0003	-	-	-	0,0002	-	-	-	-	-
S	0,505	0,502	0,504	0,500	0,501	0,501	0,501	0,501	0,509	0,501	0,491	0,502	0,500	0,500	0,502	0,500	0,496	0,504	0,500	0,504	0,498	0,500	0,500	0,500	0,503	0,503	0,500	
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas à Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Paraná

% Peso	Esfalerita - MB-R-012-A									Pirita - MB-R-012-A			
	Ag	-	-	-	-	-	-	0,013	-	-	-	-	-
Pb	0,023	0,037	0,050	0,037	0,044	0,027	-	0,020	0,040	0,12	0,12	0,14	0,12
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	7,045	7,255	7,657	6,687	7,565	6,209	6,138	7,156	6,214	45,21	45,37	42,17	42,56
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	0,242	0,073	0,011	0,106	0,169	0,011	0,045	0,055	0,692	0,03	0,03	-	0,00
Zn	57,485	57,209	57,054	57,599	56,753	56,484	55,831	56,045	55,950	-	-	-	0,01
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	0,03	0,01
Sb	-	0,008	0,006	0,003	-	-	-	0,005	-	-	-	-	-
Co	0,429	0,461	0,540	0,418	0,480	0,377	0,352	0,439	0,283	0,08	0,09	3,21	2,84
Ni	-	-	0,002	-	0,007	0,039	0,069	0,036	0,123	0,44	0,19	0,39	0,35
S	32,984	33,525	33,313	33,017	32,941	32,988	32,991	33,091	33,015	53,22	53,30	52,32	52,48
<b>Total</b>	<b>98,255</b>	<b>98,595</b>	<b>98,678</b>	<b>97,895</b>	<b>97,996</b>	<b>96,154</b>	<b>95,463</b>	<b>96,892</b>	<b>96,328</b>	<b>99,12</b>	<b>99,10</b>	<b>100,91</b>	<b>101,07</b>
% Atômica	Esfalerita - MB-R-012-A									Pirita - MB-R-012-A			
	Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,496	0,496	0,496	0,496
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	0,062	0,063	0,067	0,066	0,066	0,055	0,055	0,063	0,055	-	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	0,0002	0,0001	-	0,001	0,001	-	-	-	0,005	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Zn	0,430	0,425	0,424	0,425	0,425	0,430	0,427	0,423	0,425	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Co	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,004	0,002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Ni	-	-	-	-	-	-	0,001	-	0,001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
S	0,503	0,508	0,505	0,503	0,503	0,512	0,514	0,509	0,511	0,503	0,503	0,503	0,503
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

Informe de Recursos Minerais

% Peso	Calcopirita - MB-R-012-A										Violarita MB-012-A							
	Ag	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,69	-	0,0002	-
Pb	0,11	0,09	0,09	0,06	0,08	0,11	0,12	0,11	0,14	0,10	0,11	0,13	0,11	0,12	0,11	0,13	0,09	0,11
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	28,87	28,99	29,75	29,97	29,95	30,04	30,04	29,94	29,41	29,97	14,82	23,37	26,06	17,23	7,20	7,04	7,00	6,89
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	33,01	33,07	33,75	33,36	33,55	33,86	33,50	34,03	33,31	33,76	0,53	0,50	0,43	1,49	0,01	-	-	0,01
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	-	-	0,01	-	0,01	0,01	0,0006	0,01	0,02	-	-	-	0,01	-	0,01	-	-	0,01
Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co	0,03	0,03	0,07	0,07	0,04	0,02	0,04	0,04	0,03	0,04	11,50	0,46	0,48	8,93	28,01	28,45	28,46	28,02
Ni	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	0,0001	29,17	31,20	28,31	24,04	21,64	21,80	21,78	21,51
S	34,44	34,51	34,46	33,95	34,53	34,49	34,99	34,85	34,44	34,81	41,89	40,86	36,09	33,74	41,95	42,63	42,19	40,65
<b>Total</b>	96,48	96,72	98,17	97,44	98,19	98,59	98,72	99,02	97,39	98,71	98,06	96,54	91,52	86,25	98,92	100,04	99,52	97,20
% Atômica	Calcopirita - MB-R-012-A										Violarita MB-012-A							
	Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003	-	-	-	-
Pb	0,496	0,496	0,496	0,496	0,496	0,496	0,496	0,496	0,496	0,496	-	-	-	-	-	-	-	-
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,117	0,187	0,223	0,158	0,056	0,055	0,055	0,055
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,004	0,003	0,003	0,012	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	-	-	-	-	-	-	-	-
Co	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,086	0,003	0,004	0,078	0,208	0,209	0,210	0,213
Ni	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,219	0,237	0,231	0,210	0,162	0,161	0,162	0,164
S	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,575	0,569	0,539	0,539	0,574	0,576	0,573	0,568
<b>Total</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

**ANFIBÓLIO**

Amostra	MB-R-012A_1	MB-R-012A_3	MB-R-012A_11	MB-R-012A_12	MB-R-015-B_1	MB-R-015-B_3	AG-03-D_16	AG-03-D_19	AG-03-D_20	AG-03-D_21
SiO <sub>2</sub>	55,50	56,18	56,22	55,79	59,66	61,08	55,22	55,84	54,87	55,09
TiO <sub>2</sub>	0,04	-	0,03	0,04	0,02	-	0,06	0,07	0,05	0,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,52	0,88	1,32	1,26	0,04	0,21	1,74	1,73	2,01	1,89
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,01	-	0,01	-	-	-	-	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,77	-	2,15	-	-	-	2,38	0,76	0,63	0,83
FeO	2,13	3,32	1,72	3,34	2,76	2,55	2,45	4,21	4,36	4,22
MnO	0,23	0,20	0,22	0,22	0,05	0,03	0,36	0,34	0,34	0,36
MgO	21,48	21,72	21,79	21,51	27,89	28,79	20,76	20,47	20,22	20,18
NiO	0,04	0,04	0,07	0,05	0,02	-	-	0,02	0,01	-
CaO	12,92	13,38	12,89	13,25	0,11	-	12,66	12,89	13,02	12,86
Na <sub>2</sub> O	0,13	0,06	0,11	0,07	0,06	0,06	0,10	0,13	0,10	0,09
K <sub>2</sub> O	0,05	0,05	0,05	0,08	0,07	0,06	0,08	0,14	0,08	0,11
BaO	-	-	0,03	0,02	0,81	-	-	0,04	-	0,01
SrO	0,35	0,40	0,33	0,37	0,40	0,42	0,31	0,31	0,38	0,32
PbO	-	-	-	-	0,03	-	-	0,02	0,02	-
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl	0,01	-	0,01	-	0,01	-	-	0,01	-	0,01
H <sub>2</sub> O*	2,13	2,14	2,15	2,13	2,14	2,19	2,13	2,14	2,12	2,12
O=F,Cl	0,00	-	0,00	-	-	-	-	0,00	-	0,00
<b>Total</b>	<b>98,30</b>	<b>98,37</b>	<b>99,10</b>	<b>98,15</b>	<b>94,07</b>	<b>95,39</b>	<b>98,25</b>	<b>99,11</b>	<b>98,20</b>	<b>98,20</b>
<b>Número de íons com base em 23 oxigênios</b>										
Si	7,785	7,882	7,810	7,848	8,359	8,365	7,769	7,819	7,767	7,790
Al <sup>IV</sup>	0,215	0,118	0,190	0,152	-	-	0,231	0,181	0,233	0,210
Al <sup>VI</sup>	0,036	0,028	0,026	0,057	0,007	0,033	0,058	0,104	0,102	0,105
Ti	0,004	-	0,003	0,004	0,030	-	0,007	0,007	0,006	0,011
Cr	-	0,001	-	0,001	-	-	-	-	-	-
Fe <sup>3+</sup>	0,187	-	0,225	-	-	-	0,252	0,080	0,068	0,089
Fe <sup>2+</sup>	0,250	0,389	0,199	0,393	0,323	0,293	0,288	0,493	0,516	0,498
Mn	0,027	0,024	0,026	0,026	0,006	0,004	0,043	0,040	0,041	0,044
Mg	4,491	4,543	4,513	4,511	5,826	5,877	4,353	4,273	4,267	4,253
Ni	0,004	0,004	0,008	0,006	0,003	-	-	0,002	0,001	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	1,942	2,011	1,919	1,997	0,016	-	1,908	1,934	1,974	1,948
Na	0,034	0,017	0,029	0,019	0,017	0,015	0,028	0,035	0,027	0,025
K	0,010	0,008	0,009	0,014	0,013	0,011	0,014	0,024	0,014	0,019
Ba	-	-	0,002	0,001	0,044	-	-	0,002	-	0,001
Sr	0,028	0,032	0,026	0,030	0,032	0,033	0,025	0,025	0,031	0,027
Pb	-	-	-	-	0,001	0,001	-	0,001	0,001	-
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl	0,003	-	0,003	-	0,003	-	-	0,003	-	0,003
OH*	1,997	2,000	1,997	2,000	1,997	2,000	2,000	1,997	2,000	1,997
<b>Total</b>	<b>17,014</b>	<b>17,057</b>	<b>16,985</b>	<b>17,059</b>	<b>16,650</b>	<b>16,631</b>	<b>16,975</b>	<b>17,021</b>	<b>17,047</b>	<b>17,019</b>

## BIOTITA

Amostra	AG-04S-D2	AG-04S-D3	AG-04S-D4	AG-04S-D5	AG-04S-D6	AG-04S-D8	AG-04S-D_C1	AG-04S-D_C2	AG-04S-D_C3	AG-04S-D_C4
SiO <sub>2</sub>	38,91	39,14	39,15	36,11	36,12	36,06	37,14	37,79	38,73	37,17
TiO <sub>2</sub>	1,46	1,36	1,33	1,54	1,37	1,48	1,56	1,75	1,83	1,85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,55	15,62	15,55	17,52	17,59	18,07	15,88	16,44	14,65	16,44
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	0,04	0,03	-	0,02	-	-	-	0,03	0,06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,81	0,04	0,17	1,55	1,53	1,52	-	1,95	-	-
FeO	7,52	8,05	8,35	7,92	7,80	7,77	11,24	9,93	10,83	11,24
MnO	0,09	0,10	0,07	0,10	0,11	0,11	0,08	0,07	0,08	0,04
MgO	19,13	19,06	18,89	17,64	17,60	17,52	16,48	16,98	16,66	15,98
CaO	-	-	-	0,02	-	-	0,10	0,03	0,09	0,17
Na <sub>2</sub> O	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,06	0,04	0,03	0,06
K <sub>2</sub> O	9,73	9,87	9,85	9,83	9,78	9,84	9,93	9,41	9,36	9,91
Total	93,31	93,36	93,47	92,31	91,99	92,45	92,47	94,39	92,29	92,92
<b>11 Oxigênios</b>										
Si	2,860	2,877	2,879	2,709	2,716	2,697	2,813	2,786	2,914	2,799
Ti	0,081	0,075	0,074	0,087	0,077	0,083	0,089	0,097	0,104	0,105
Al	1,348	1,354	1,348	1,549	1,559	1,593	1,418	1,429	1,299	1,459
Cr	0,002	0,002	0,002	-	0,001	-	-	-	0,002	0,004
Fe <sup>3+</sup>	0,045	0,002	0,009	0,088	0,087	0,086	-	0,108	-	-
Fe <sup>2+</sup>	0,462	0,495	0,514	0,497	0,491	0,486	0,712	0,612	0,681	0,708
Mn	0,006	0,006	0,004	0,006	0,007	0,007	0,005	0,004	0,005	0,003
Mg	2,096	2,088	2,070	1,972	1,972	1,953	1,860	1,865	1,868	1,793
Ca	-	-	-	0,002	-	-	0,008	0,002	0,007	0,014
Na	0,010	0,011	0,011	0,010	0,010	0,012	0,009	0,006	0,004	0,009
K	0,913	0,926	0,924	0,941	0,938	0,939	0,960	0,885	0,898	0,952
FeT	0,507	0,497	0,523	0,585	0,578	0,572	0,712	0,720	0,681	0,708
Soma	7,823	7,838	7,836	7,862	7,858	7,856	7,874	7,795	7,784	7,846

Mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas à Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Paraná

Amostra	AG-03-D_C3_1	AG-03-D_C3_2	AG-03-D_C3_3	AG-03-D_C3_4	AG-03-D_C3_5	AG-03-D_C3_6	AG-03-D_C3_7	AG-03-D_C3_8	AG-01-D_C1_1	AG-01-D_C1_2	AG-01-D_C1_3
SiO <sub>2</sub>	38,65	38,49	38,21	37,64	37,85	38,16	38,89	37,81	39,38	39,40	38,97
TiO <sub>2</sub>	1,12	0,93	0,97	0,87	0,83	0,88	0,81	0,87	1,77	1,74	1,78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,36	18,24	17,05	16,82	17,34	16,74	16,74	17,23	13,62	13,55	13,81
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	0,01	-	0,08	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,30	0,52	0,98	0,49	1,17	1,22	1,22	1,22	0,07	1,00	0,41
FeO	6,71	7,27	6,86	7,34	5,98	6,23	6,20	6,20	8,79	8,27	8,62
MnO	0,13	0,10	0,07	0,11	0,07	0,11	0,09	0,09	0,03	0,01	0,02
MgO	19,28	18,79	18,81	18,45	19,31	19,54	19,97	19,18	19,28	19,64	19,01
CaO	0,06	0,08	0,04	0,05	0,08	0,03	0,05	-	0,16	0,03	0,01
Na <sub>2</sub> O	0,05	0,12	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,06	0,07	0,06	0,06
K <sub>2</sub> O	9,79	9,81	9,63	9,85	9,84	9,77	9,86	10,06	9,75	10,15	9,82
Total	93,45	94,34	92,70	91,69	92,54	92,76	93,92	92,71	93,00	93,85	92,51
<b>11 Oxigênios</b>											
Si	2,831	2,788	2,817	2,816	2,791	2,810	2,825	2,790	2,922	2,904	2,908
Ti	0,062	0,051	0,054	0,049	0,046	0,049	0,044	0,048	0,099	0,096	0,100
Al	1,413	1,558	1,482	1,484	1,507	1,453	1,434	1,499	1,191	1,177	1,215
Cr	-	-	-	-	-	-	0,001	-	0,005	-	-
Fe <sup>3+</sup>	0,072	0,028	0,054	0,027	0,065	0,068	0,067	0,067	0,004	0,055	0,023
Fe <sup>2+</sup>	0,411	0,440	0,423	0,459	0,368	0,384	0,377	0,382	0,545	0,510	0,538
Mn	0,008	0,006	0,004	0,007	0,004	0,007	0,006	0,006	0,002	0,001	0,001
Mg	2,104	2,029	2,066	2,057	2,122	2,144	2,162	2,109	2,132	2,157	2,114
Ca	0,005	0,006	0,003	0,004	0,006	0,002	0,004	-	0,013	0,002	0,001
Na	0,007	0,017	0,011	0,010	0,010	0,011	0,011	0,009	0,010	0,009	0,009
K	0,915	0,907	0,906	0,940	0,926	0,918	0,914	0,947	0,923	0,954	0,935
Fe <sub>T</sub>	0,483	0,468	0,477	0,486	0,433	0,452	0,444	0,449	0,549	0,565	0,561
Soma	7,827	7,830	7,821	7,855	7,846	7,846	7,844	7,857	7,846	7,866	7,845





## **ANEXO III**

---

### **DADOS ESTRUTURAIS**



Mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas à Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Paraná

Número de Campo	Latitude	Longitude	UTM (E)	UTM (N)	Litologia	Tipo Estrutura	Direção de Mergulho 1	Mergulho 1	Direção de Mergulho 2	Mergulho 2
4327-AD-004	-24,803297	-48,939801	708.253	7.255.261	Grt-mica xisto	Xistosidade	145	28		
4327-AD-004	-24,803297	-48,939801	708.253	7.255.261	Grt-mica xisto	Fratura	38	84		
4327-AD-006	-24,794280	-48,953322	706.901	7.256.281	Mica xisto	Eixo de dobra	202	18		
4327-AD-008	-24,849681	-48,996457	702.449	7.250.209	Quartzito	Bandamento Composicional	289	30		
4327-AD-008	-24,849681	-48,996457	702.449	7.250.209	Quartzito	Lineação de Intersecção	225	14		
4327-AD-008	-24,849681	-48,996457	702.449	7.250.209	Quartzito	Fratura	55	88		
4327-AD-009	-24,847861	-48,997459	702.351	7.250.412	Grt-anf-mica xisto	Xistosidade	217	10		
4327-AD-009	-24,847861	-48,997459	702.351	7.250.412	Grt-anf-mica xisto	Xistosidade	235	5		
4327-AD-009	-24,847861	-48,997459	702.351	7.250.412	Grt-anf-mica xisto	Xistosidade	240	10		
4327-AD-009	-24,847861	-48,997459	702.351	7.250.412	Grt-anf-mica xisto	Fratura	212	85		
4327-AD-010	-24,845972	-48,998469	702.252	7.250.623	Anfibólio mica xisto	Xistosidade	165	30		
4327-AD-011	-24,844583	-49,001694	701.928	7.250.781	Calcissilicática	Xistosidade	250	28		
4327-AD-013	-24,834571	-49,004345	701.676	7.251.894	Calciossilicática	Xistosidade	243	22		
4327-AD-013	-24,834571	-49,004345	701.676	7.251.894	Calciossilicática	Fratura	185	86	35	30
4327-AD-014	-24,934297	-49,044412	697.467	7.240.906	Xisto grafitoso	Xistosidade	296	26	301	24
4327-AD-014	-24,934297	-49,044412	697.467	7.240.906	Xisto grafitoso	Fratura	345	88		
4327-AD-015	-24,933640	-49,045038	697.405	7.240.980	Magnetita-mica xisto	Xistosidade	315	22		
4327-AD-016	-24,933026	-49,044148	697.496	7.241.047	Mica xisto	Xistosidade	314	34		
4327-AD-017	-24,932547	-49,046474	697.262	7.241.103	Magnetita-mica xisto	Xistosidade	15	22		
4327-AD-018	-24,932435	-49,046949	697.214	7.241.116	Mica xisto	Xistosidade	133	34		
4327-AD-019	-24,929309	-49,051377	696.772	7.241.469	Quartzito	Bandamento Composicional	215	14	203	12
4327-AD-019	-24,929309	-49,051377	696.772	7.241.469	Quartzito	Fratura	205	76	70	90
4327-AD-019	-24,929309	-49,051377	696.772	7.241.469	Quartzito	Plano de Falha	75	84		

Informe de Recursos Minerais

Número de Campo	Latitude	Longitude	UTM (E)	UTM (N)	Litologia	Tipo Estrutura	Direção de Mergulho 1	Mergulho 1	Direção de Mergulho 2	Mergulho 2
4327-AD-020	-24,941670	-49,047451	697.149	7.240.094	Grafita xisto	Xistosidade	314	50	310	54
4327-AD-022	-24,942444	-49,047861	697.106	7.240.009	Grafita-mica xisto	Xistosidade	332	36		
4327-AD-024	-24,832740	-49,004905	701.623	7.252.098	Bt-ms-qtz-xisto	Xistosidade	292	20		
4327-AD-024	-24,832740	-49,004905	701.623	7.252.098	Bt-ms-qtz-xisto	Fratura	5	82	288	86
4327-AD-025	-24,829379	-49,006891	701.427	7.252.473	Metavulcânica básica	Foliação	305	64	305	74
4327-AD-027	-24,831487	-49,031262	698.961	7.252.275	Magnetita-quartzo-mica xisto	Xistosidade	312	60		
4327-AD-029	-24,818658	-49,034879	698.615	7.253.702	Qtz-mica xisto	Fratura	215	74		
4327-AD-029	-24,818658	-49,034879	698.615	7.253.702	Qtz-mica xisto	Xistosidade	135	50		
4327-AD-030	-24,820229	-49,027472	699.361	7.253.517	Qtz-mica xisto	Xistosidade	120	62		
4327-AD-031	-24,818750	-49,023127	699.803	7.253.674	Mica xisto	Xistosidade	346	40		
4327-AD-032	-24,817203	-49,022281	699.891	7.253.844	Mica xisto	Foliação tipo C	105	24		
4327-AD-032	-24,817203	-49,022281	699.891	7.253.844	Mica xisto	Foliação tipo S	125	58		
4327-AD-033	-24,799727	-48,959278	706.290	7.255.687	Quartzito	Bandamento Composicional	22	15		
4327-AD-033	-24,799727	-48,959278	706.290	7.255.687	Quartzito	Lineação de estiramento	44	9		
4327-AD-034	-24,799711	-48,960231	706.193	7.255.690	Anfibólio xisto magnético	Xistosidade	315	34		
4327-AD-037	-24,877172	-49,019133	700.113	7.247.197	Mica xisto	Xistosidade	322	86	312	52
4327-AD-037	-24,877172	-49,019133	700.113	7.247.197	Mica xisto	Lineação de intersecção	20	18		
4327-AD-038	-24,783174	-48,945402	707.720	7.257.499	Quartzo-mica xisto	Xistosidade	55	44		
4327-AD-039	-24,782935	-48,943216	707.942	7.257.522	Quartzo-mica xisto	Xistosidade	75	22		
4327-AD-041	-24,793935	-48,955131	706.719	7.256.322	Quartzito	Bandamento Composicional	9	23	2	22
4327-AD-041	-24,793935	-48,955131	706.719	7.256.322	Quartzito	Lineação estiramento	50	18	54	10
4327-AD-041	-24,793935	-48,955131	706.719	7.256.322	Quartzito	Fratura	186	70	260	70
4327-AD-043	-24,796660	-48,959197	706.303	7.256.026	Grt-qtz-ms xisto	Xistosidade	30	28		

Mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas à Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Paraná

Número de Campo	Latitude	Longitude	UTM (E)	UTM (N)	Litologia	Tipo Estrutura	Direção de Mergulho 1	Mergulho 1	Direção de Mergulho 2	Mergulho 2
4327-AD-046	-24,801695	-48,958440	706.371	7.255.467	Quartzito	Bandamento Composicional	107	16		
4327-MB-012	-24,837100	-49,003900	701.716	7.251.611	Grafita xisto/Filito	Xistosidade	265	30		
4327-MB-012	-24,837100	-49,003900	701.716	7.251.611	Grafita xisto/Filito	Lineação de Intersecção	230	18		
4327-MB-012	-24,837100	-49,003900	701.716	7.251.611	Grafita xisto/Filito	Superfície Axial	150	80		
4327-MB-014	-24,794200	-48,953100	706.918	7.251.398	Calciossilicática	Xistosidade	110	30		
4327-MB-014	-24,794200	-48,953100	706.918	7.251.398	Calciossilicática	Fratura	200	78		
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Xistosidade	60	23	40	34
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Eixo de dobra (Dn)	322	14		
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Dique	225	72		
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Falha de empurrão	85	26		
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Eixo de crenulação	47	8		
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Xistosidade	0	14	345	20
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Lineação de estiramento	76	8		
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Quartzito	Bandamento Composicional	355	22		
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Quartzito	Lineação de estiramento	41	14		
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Superfície Plano Axial (Dn)	310	10	43	33
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Eixo de dobra (Dn)	327	4	341	15
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Superfície Plano Axial (Dn+1)	30	52	75	60
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Eixo de dobra (Dn+1)	280	10	33	4
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Superfície Plano Axial (Dn+2)	300	70	70	82
4327-MB-015	-24,799149	-48,959367	706.274	7.255.741	Calciossilicática	Eixo de dobra (Dn+2)	340	5		

## **PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

### **INFORME DE RECURSOS MINERAIS**

#### **Série Províncias Minerais do Brasil, nº 21**

#### **ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL - VALE DO RIBEIRA: MINERALIZAÇÕES POLIMETÁLICAS (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) ASSOCIADAS À FORMAÇÃO PERAU, CINTURÃO RIBEIRA MERIDIONAL**

O produto Informe de Recursos Minerais, parte integrante do Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral, objetiva sistematizar e divulgar os resultados das atividades e projetos desenvolvidos pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil, nos campos da geologia econômica, metalogênese, prospecção, pesquisa e economia mineral. Tais resultados são apresentados sob a forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

O empreendimento Áreas de Relevante Interesse Mineral, vinculado à Diretoria de Geologia e Recursos Minerais, consiste em um conjunto de projetos com foco nas províncias minerais, com vistas a estimular a pesquisa e a produção mineral do país. Envolve levantamentos geológicos, geoquímicos e metalogenéticos, a utilização otimizada de dados geofísicos, com interpretação integrada de informações, visando a evolução do conhecimento geológico, o entendimento dos controles das mineralizações e a proposição de área potenciais para estudos metalogenéticos de detalhe e para execução de projetos de pesquisa mineral.

Os resultados obtidos no projeto abrangem uma área de 60.000 km<sup>2</sup> (57.000 km<sup>2</sup> de área emersa), englobando 20 folhas na escala 1:100.000, nos limites dos estados de São Paulo e Paraná, onde são reconhecidas diversas jazidas de chumbo, prata, ouro, cobre e zinco, além de importantes ocorrências de barita e fluorita. O projeto envolveu estudos temáticos de geologia básica e geologia econômica com uso de técnicas geofísicas e laboratoriais avançadas.

Os dados levantados foram integrados neste Informe Mineral e em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, bases de dados e mapas temáticos, vinculados ao banco de dados corporativo da CPRM, o GeoSGB, e disponíveis para *download* no portal [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br).

#### **Sede**

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra 02, Asa Norte  
Bloco H - 5º andar - Edifício Central Brasília  
Brasília - DF - CEP: 70040-904  
Tel: 61 2108-8400

#### **Escritório Rio de Janeiro**

Av Pasteur, 404 - Urca  
Rio de Janeiro - RJ Cep: 22290-255  
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382

#### **Diretoria de Geologia e Recursos Minerais**

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

#### **Departamento de Geologia**

Tel: 91 31821326

#### **Departamento de Recursos Minerais**

Tel: 21 2295-4992

#### **Diretoria de Infraestrutura Geocientífica**

Tel: 21 2295-5837 - 61 2108-8457

#### **Superintendência de São Paulo**

Rua Costa, 55 - Cerqueira César  
São Paulo - SP - CEP: 01304-010  
Tel.: 11 3775-5101

#### **Assessoria de Comunicação**

Tel: 61 2108-8468  
E-mail: [asscomdf@cprm.gov.br](mailto:asscomdf@cprm.gov.br)

#### **Divisão de Marketing e Divulgação**

Tel: 31 3878-0333  
E-mail: [marketing@cprm.gov.br](mailto:marketing@cprm.gov.br)

#### **Ouvidoria**

Tel: 21 2541-6344  
E-mail: [ouvidoria@cprm.gov.br](mailto:ouvidoria@cprm.gov.br)

#### **Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS**

Tel: 21 2295-5997  
E-mail: [seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)



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