



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL**

NILSON TÔRRES DORNELES

**MINA DO ANDRADE: REDESCOBERTA DO POTENCIAL CUPRÍFERO NO
ESCUDO SUL-RIO-GRANDENSE**

CAÇAPAVA DO SUL

2022

NILSON TÔRRES DORNELES

**MINA DO ANDRADE: REDESCOBERTA DO POTENCIAL CUPRÍFERO NO
ESCUDO SUL-RIO-GRANDENSE**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação *Stricto sensu* em Engenharia Mineral da Universidade Federal do Pampa- Campus Caçapava do Sul, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Delia Del Pilar Montecinos de Almeida

CAÇAPAVA DO SUL

2022

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

D713m Dorneles, Nilson Tôrres
Mina do Andrade: Redescoberta do Potencial Cuprífero no
Escudo-Sul-Riograndense / Nilson Tôrres Dorneles.
44 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Pampa,
MESTRADO EM ENGENHARIA MINERAL, 2022.
"Orientação: Delia Del Pilar Montecinos de Almeida".

1. Prospecção. 2. Geoeconomia. 3. Cobre. 4. Geoquímica. 5.
Geofísica. I. Título.

NILSON TÔRRES DORNELES

**MINA DO ANDRADE: REDESCOBERTA DO POTENCIAL CUPRÍFERO NO ESCUDO SUL-
RIO-GRANDENSE**

Dissertação apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mineral da
Universidade Federal do Pampa,
como requisito parcial para
obtenção do Título de Mestre
em Engenharia.

Dissertação defendida e aprovada em: 15 de março de 2023.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Delia Del Pilar Montecinos de Almeida

Orientador

UNIPAMPA

Prof. Me. Luiz Delfino Teixeira Albarnaz

UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **ANDRÉ SAMPAIO MEXIAS, Usuário Externo**, em 10/05/2023, às 17:03, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LUIZ DELFINO TEIXEIRA ALBARNAZ, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/05/2023, às 14:46, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **DELIA DEL PILAR MONTECINOS DE ALMEIDA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/05/2023, às 16:00, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1117218** e o código CRC **5D82E308**.

Dedico esta dissertação a minha esposa, Rosângela, aos meus filhos Carolina e Felipe e a minha nora Maitê, pelo amor, compreensão e apoio.

AGRADECIMENTO

Agradeço à Prof.^a Dr.^a Delia Del Pilar Montecinos de Almeida pela sua competente orientação, pelo grande apoio e constante incentivo dispensado a mim para a realização deste mestrado.

Agradeço aos Professores Dr. André Sampaio Mexias e Mestre Luiz Delfino Teixeira Albarnaz por terem aceitado fazer parte da Banca, dedicando parte de seu concorrido tempo e seu grande conhecimento geológico para analisar e avaliar esta dissertação.

Agradeço as empresas Mining Ventures Brasil e Referencial Geologia Mineração e Meio Ambiente Ltda. pela cedência de seu banco de dados do Projeto Primavera, realizado em Caçapava do Sul/RS, fonte primária desta dissertação.

RESUMO

A área de estudo, denominada “Mina do Andrade” abrange uma área de 220 ha, e está localizada no município de Caçapava do Sul/RS. Esta ocorrência de cobre é citada na literatura desde o século XIX. Os trabalhos de pesquisa mineral, feitos anteriormente ao ano de 1940, ficaram registrados pela presença de um poço com 18m de profundidade, uma galeria com 23m de comprimento e dezoito trincheiras de diversos tamanhos, abertas no flanco oeste do Morro do Andrade. A partir de 2008, a história da Mina do Andrade, principal alvo do Projeto Primavera, começou a mudar e é sobre este fato que fizemos a nossa dissertação. O objetivo principal foi realizar uma análise dos resultados de campo, geoquímicos, topográficos, geofísicos da Mina do Andrade. Assim, a Mining Ventures Brasil, empresa onde o mestrando foi Gerente de Exploração fez um levantamento topográfico, mapeamento e amostragem de trincheiras sondagem, estudos geoquímicos; geofísica aérea e terrestre. Entre os principais resultados mencionamos que o estudo nas trincheiras próximas da Mina do Andrade obteve-se teor médio de 0,29% Cu, e 3 ppm Ag, os quais estimularam o desenvolvimento de uma campanha de sondagem. Como hospedeiras, foram identificadas rochas vulcânicas ultramáficas, básicas, intermediárias e ácidas assim como piroclásticas. A mineralização de cobre está hospedada nas rochas metavulcanossedimentares do Complexo Metamórfico Passo Feio e concentradas ao longo e no cruzamento de estruturas regionais, como a Falha do Andrade, de direção N-S, onde zonas hidrotermalizadas e localmente brechadas constituem as principais zonas mineralizadas. A sequência paragenética está constituída por 5 fases, sendo pirita – calcopirita; calcopirita – bornita; bornita – digenita – calcocita; calcocita – covelita – tenorita – cuprita e por último malaquita – crisocola. A partir da geofísica aérea detectaram-se as principais zonas de falhas regionais, como a Falha do Andrade, confirmada pela geofísica terrestre de IP. A geoquímica de superfície revelou uma série de anomalias de cobre, prata e ouro. Após a execução de mais de 7.000 metros de sondagem diamantada, foi estimado um recurso de 191,76Mt@0,26%Cu_{eq} ou 66,6Mt@0,47%Cu_{eq}, para a Mina do Andrade, sendo estes valores interessantes e positivos. Assim, concluímos que em geologia econômica não se deve descartar definitivamente um prospecto por conta de não ter sido encontrado um grande volume de minério, pois novas interpretações e novas tecnologias empregadas nestas mesmas áreas podem levar à importantes descobertas.

Palavras-chave: Prospecção. Geoeconomia. Cobre. Geoquímica. Geofísica.

ABSTRACT

The study area, called “Mina do Andrade”, covers a territory of 220 ha, and it is located in Caçapava do Sul/RS. This occurrence of copper has been cited in the literature since the 19th century. The mineral research work, carried out before 1940, was recorded by the presence of an 18-meter-deep well, a 23-meter-long gallery and eighteen trenches of different sizes, opened on the western flank of Morro do Andrade. Since 2008, the history of Mina do Andrade, the main target of Projeto Primavera, began to change and this is what is discussed in this dissertation. The main objective was to carry out an analysis of the field results, as well as the geochemical, topographic, and geophysical results of Mina do Andrade. Thus, Mining Ventures Brasil, the company where the master’s student worked as an Exploration Manager, carried out a topographic survey; trench mapping and sampling; drilling; geochemical studies; aerial and terrestrial geophysics. Among the main results, we mention that the study in the trenches near off Mina do Andrade obtained an average content of 0.29% Cu and 3 ppm Ag, which stimulated the development of a drilling campaign. As host, ultramafic, basic, intermediate, and acidic volcanic rocks as well as pyroclastic. Copper mineralization is hosted in the metavolcanosedimentary rocks of the Passo Feio Metamorphic Complex, and it is concentrated along and at the intersection of regional structures, such as the Falha do Andrade, in the N-S direction, where hydrothermal and locally breached zones constitute the main mineralized zones. The paragenetic sequence consists of 5 phases: pyrite – chalcopyrite; chalcopyrite – bornite; bornite – digenite – chalcocite; chalcocite – covellite – tenorite – cuprite and finally malachite – chrysocolla. From aerial geophysics, the main regional fault zones were detected, such as the Falha do Andrade, confirmed by IP terrestrial geophysics. Surface geochemistry revealed several copper, silver and gold anomalies. After carrying out more than 7,000 meters of diamond drilling, a resource of 191.76Mt@0.26% Cueq or 66.6Mt@0.47% Cueq was estimated for of Mina do Andrade, which are interesting and positive values. Thus, we conclude that in economic geology a prospect should not be definitively discarded just because a large volume of ore has not been found, as new interpretations and new technologies used in these same areas can lead to important discoveries.

Keywords: Prospection. Geoeconomy. Copper. Geochemistry. Geophysics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de domínios tectônicos do Rio Grande do Sul.	16
Figura 2- Mapa geológico do Projeto Primavera com destaque para o alvo Andrade a oeste da cidade.....	17
Figura 3- Localização da área de pesquisa da Mina do Andrade, situado no Município de Caçapava do Sul/RS.	20
Figura 4- Mapa de localização da Mina do Andrade e sua proximidade com a cidade de Caçapava do Sul.	20
Figura 5- Trabalho antigos no Cerro do Andrade.	25
Figura 6- A) Galeria do Andrade; B) Trincheira TRA3.....	27
Figura 7- Resultados da amostragem para Ouro (Au), Prata (Ag) e Cobre (Cu) da Galeria do Andrade.	27
Figura 8- Resultados da amostragem para Ouro (Au), Prata (Ag) e Cobre (Cu) da Trincheira TRA3.	28
Figura 9- Malha de sondagem da Fase I para checar furos antigos da Mina do Andrade.....	29
Figura 10- Brecha hidrotermal mineralizada com calcocita.....	29
Figura 11- Malha de sondagem da Fase II para avaliação da reserva da Mina do Andrade. ...	30
Figura 12- Furo de sondagem DDH047.	31
Figura 13- Modelo de recursos em 3D da Mina do Andrade.	31
Figura 14- Afloramentos rochosos.	35
Figura 15- Imageamento de Polarização Induzida (IP) na seção 800S do Depósito do Andrade.	38
Figura 16- Imageamento de Polarização Induzida (IP) na seção 800S do Depósito do Andrade.	39
Figura 17- Seção NS - Linha 100W - Resistividade, Cargabilidade e Fator Metálico.	40
Figura 18- Mapa com geofísica aérea RTP (realizada pela MVB) e ocorrências históricas de cobre.	41
Figura 19- Anomalias de cobre proveniente da amostragem de sedimento de corrente e concentrado de bateia.	42
Figura 20- Anomalias de ouro proveniente da amostragem de sedimento de corrente e concentrado de bateia.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sumário das atividades históricas de exploração na região de Caçapava do Sul...21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos.....	13
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	14
2.1 Geologia Regional	14
2.2 Geologia Local	16
2.2.1 Complexo Metamórfico Passo Feio	16
2.2.2 Suíte Granítica Caçapava do Sul.....	18
2.2.3 Grupo Santa Bárbara	18
3. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	19
4. ESTADO DA ARTE	21
4.1 Histórico dos Trabalhos de Pesquisa	21
5. METODOLOGIA	25
5.1 Georreferenciamento	25
5.2 Mapeamento	26
5.3 Petrografia	26
5.4 Galeria e Trincheiras	26
5.5 Sondagem – Descrição e Amostragem.....	28
5.6 Geoquímica de Superfície.....	32
5.7 Geofísica Aérea.....	32
5.8 Geofísica Terrestre	32
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
6.1 Trincheiras	33
6.2 Trabalho de Campo e Petrografia.....	33
6.3 Mineralizações.....	36
6.4 Geofísica Terrestre	38
6.5 Modelagem 3D – Slices e Seções.....	39
6.6 Geofísica Aérea.....	40
6.7 Geoquímica.....	41
7. CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de cobre no Cerro do Andrade está localizada nos arredores da cidade de Caçapava do Sul, centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul. Aproximadamente a 260 km da capital Porto Alegre via BR-290. Com excelente infraestrutura e facilidade de acesso, a região é bem servida de hotéis, hospitais, universidades, bancos e escolas, além de estar próxima a um importante ponto de escoamento, o Porto de Rio Grande, localizado a 250 km de Caçapava do Sul pela BR-392.

Esta ocorrência é conhecida desde o ano de 1864, sendo referida na literatura como *Mina do Andrade* ou *Mina dos Andradas* embora nunca tenha sido explorada. Trabalhos de pesquisa do início do século 20 produziram um poço, uma galeria e 18 trincheiras (Figura 5).

Os dois últimos trabalhos nesta área foram desenvolvidos, um pela Companhia Riograndense de Mineração-CRM, citado na publicação “Mapa Previsional do Cobre no Escudo Sul-Rio-Grandense” DNPM/1978 registrando que a CRM havia realizada uma avaliação da “*Mina dos Andradas*” aumentando o recurso para 3.500.000ton@0,45%Cu, e o outro pela Companhia Brasileira do Cobre-CBC registrado em um relatório interno denominado “Relatório Preliminar de Pesquisa/1985”, que identificou mais 500.000ton@0,55%Cu na continuidade da mineralização no sentido Sul do Cerro do Andrade.

O fato de ser uma pequena ocorrência histórica e com baixo teor de cobre não motivava as empresas de exploração mineral a cogitarem incluir esta área em seu portfólio. Em 2007 tive oportunidade de apresentar à empresa Referencial Geologia Mineração – RGM, que havia formado uma joint venture com o Grupo Denham Capital, criando em 2008 a empresa Mining Ventures do Brasil - MVB, o potencial da Mina do Andrade, pois considerando o fato de ter existido uma mina de cobre, ouro e prata, em atividade até o ano de 1996 denominada Minas do Camaquã, distante do Cerro do Andrade somente 40 km em linha reta, além de uma jazida polimetálica (Pb, Zn, Cu, Ag e Au), denominada Jazida Santa Maria, que está em fase de projeto para futura exploração, somadas a diversas ocorrências minerais históricas na região, indica que estamos diante de um Distrito Mineiro com grande potencial localizado no Escudo Sul-Rio-Grandense.

O depósito das Minas do Camaquã é composto pela Mina São Luiz e Mina Uruguai sendo ambas formadas por veios maciços, *stockworks* e minério disseminado com calcopirita, pirita, bornita, calcosita, ouro, prata e hematita. Sua gênese é controversa, com autores considerando três hipóteses: singenética, diagenética ou magmático-hidrotermal.

As reservas das Minas Uruguai e São Luiz foram reavaliadas durante o “Projeto Expansão Camaquã” (CBC/ DOCEGEO,1980) em 30,8 milhões de toneladas de minério com teor médio de 1,06% de Cobre, com ouro e prata como subprodutos em hematita e sulfetos, constando de 300.000 t de Cu, 350.000 t de Zn, 500.000 t de Pb, 200 t de Ag e 5 t de Au (Ribeiro, 1991, relatório interno da CBC).

A jazida Santa Maria, situada a três quilômetros a sudoeste das Minas do Camaquã, contém disseminação e veios maciços de galena e esfarelita e, em menor quantidade, pirita, calcopirita, bornita, calcosita e prata nativa. As reservas do jazimento Santa Maria chegam a 33,4 Mt, com teor médio de 1,44% de chumbo e 1,06% de zinco, com prata (12-15 g/t) e cobre como subproduto.

Em 2008 a empresa Mining Ventures do Brasil - MVB iniciou o Projeto Cobre no Rio Grande do Sul, onde assumi o cargo de Gerente de Exploração.

Na área do Cerro do Andrade, foram executados trabalhos de pesquisa que partiram de estudos regionais, com mapeamento, levantamento aerogeofísico e geoquímica de superfície, geofísica terrestre e sondagem diamantada.

A área em questão, onde está inserido a Mina do Andrade, é uma pequena parte do Projeto Primavera, o qual se estende por 12.114 hectares e foi subdividido em quatro alvos. O Bloco Andrade, homônimo à Mina do Andrade e no qual está situada a área de pesquisa, foi o primeiro e mais detalhado alvo a ser estudado.

1.1 Objetivos

- Analisar e estudar os resultados de campo, geoquímicos, geofísicos;
- Analisar e estudar todos os resultados dos diversos métodos de prospecção;
- Demonstrar que não se deve descartar definitivamente um prospecto por conta de não ter sido encontrado um grande volume de minério;
- Elaborar um texto que sirva de guia para aplicação de prospecção mineral, despertando interesse de empresas ou acadêmicos em retomar a pesquisa nas áreas com antigas ocorrências minerais que estejam descartadas devido a resultados sem muita expressão obtidos no passado.

Com os objetivos atingidos, produzimos este texto que servirá de guia para prospecção em áreas com geologia semelhante estimulando a retomada da pesquisa mineral em áreas que pareçam menos interessantes por terem sido descartadas no passado.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

2.1 Geologia Regional

Em termos regionais, a área está localizada no segmento meridional da Província Mantiqueira, denominado Escudo Sul-rio-grandense (ALMEIDA *et al.*, 1977), aflorante mais precisamente na porção centro-sul do Estado de Rio Grande do Sul, entre os limites das províncias Paraná e Costeira (CARVALHO, 1932) (Figura 1). Esta região demarca a ocorrência de dois ciclos orogênicos principais distintos, um transamazônico (Paleoproterozóico) e outro Brasileiro (Neoproterozóico) (ALMEIDA *et al.*, 2019).

O Escudo Sul-rio-grandense é subdividido em quatro domínios de acordo com seus significados geotectônicos: Terreno Taquarembó, Terreno São Gabriel, Terreno Tijucas e Terreno Pelotas (ALMEIDA *et al.*, 2019), estando a área do projeto inserida no Domínio do Terreno São Gabriel.

Este terreno, também denominado de Terreno Vila Nova, compreende um prisma acrescionário gerado no Neoproterozóico, marcando o desenvolvimento de um arco magmático continental (HARTMANN *et al.*, 2007). Este prisma compreende relictos de sequências ofiolíticas, duas sequências de arcos juvenis oceânicos, com idades entre 879 e 700Ma e rochas metavulcanosedimentares associadas. Desta forma, nesta região afloram rochas ultramáficas relacionadas às sequências ofiolíticas e gnaisses associados (Figura 1) (MATTÉ *et al.*, 2021, pág. 129- 147).

A porção supracrustal do arco é representada por sucessões metavulcânicas e metassedimentares do Grupo ou Supercomplexo Vacacaí (CHEMALE JR., 2000), incluindo o Cambaizinho, Arroio Marmeleiro, parte do Passo Feio, Ibaré, Pontas do Salso, Bela Vista e Campestre (SAALMANN *et al.*, 2005a; VEDANA *et al.*, 2017). Estas rochas do embasamento foram datadas em diversas idades, variando de 880 a 690Ma (BABINSKI *et al.*, 1996; LEITE *et al.*, 1998; MACHADO *et al.*, 1990; REMUS *et al.*, 1999; REMUS *et al.*, 2001)

Posteriormente, estas rochas foram recobertas por vulcanosedimentares da bacia do Camaquã e intrudidas por granitóides pós tectônicos, ambos ediacaranos (PHILIPP *et al.*, 2018; e refs.).

A Bacia do Camaquã se formou durante Ciclo Orogrênico Brasileiro/Pan-Africano (900-540 Ma), durante as etapas tardi- a pós-colisionais deste ciclo (ALMEIDA *et al.*, 1976, 1981; WERNICK *et al.*, 1978; MACHADO & FRAGOSO-CESAR, 1987; BRITO NEVES & CORDANI, 1991). Cabe destacar a existência de modelos alternativos, que vinculam a gênese das bacias a esforços extensionais em contexto interior, de forma totalmente desvinculada da

orogenia Brasileira (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Consideramos que o intervalo de deposição da Formação Maricá está entre 601 – 590 Ma considerando a idade de Almeida et al (2012) obtida em zircões detríticos da Formação Maricá e nas idades de 590 ± 5.7 Ma (Janikian et al., 2008) and 591 ± 3.0 Ma correspondentes ao Membro Hilário (do Grupo Bom Jardim), o qual está em discordância acima da Maricá. O Grupo Bom Jardim consiste em uma típica sedimentação continental com material fluvial deltaico, lacustre com presença de rochas magmáticas intermediárias shoshoníticas na base, as andesitas Hilário com lamprofiros associados, este último com idades U/Pb de 591.8 ± 3.0 Ma (Almeida et al 2012). Assim, este evento magmatico se posicionou entre os 592- 590 Ma.

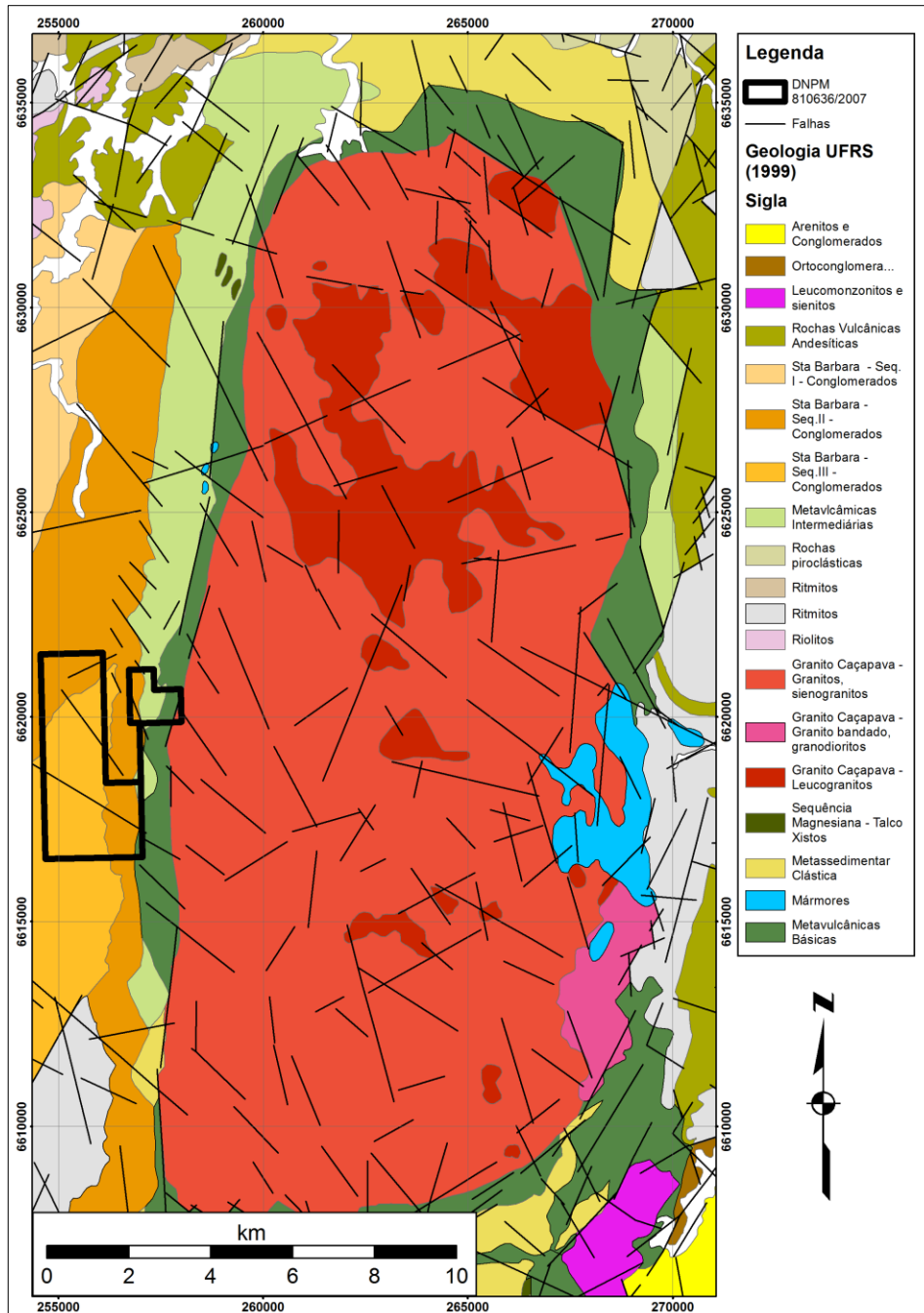
Com relação ao Grupo Santa Bárbara, na base, se tem rochas vulcânicas pertencente a Formação Acampamento Velho (FAV). As idades U-Pb para a FAV estão compreendidas entre 570- 544 Ma, considerando a idade SHRIMP de 549 ± 5 Ma obtida por Sommer (2005) para as rochas vulcânicas ácidas do Plateu da Ramada, a idade de 574 ± 7 Ma de Janikian et al. (2008) para as rochas vulcânicas ácidas da região de Caçapava e a idade U-Pb de 553 ± 5 Ma em andesito basáltico da associação máfica inferior da FAV na região do Cerro do Bugio por Almeida et al (2012).

O Grupo Guaritas, foi definido por Goñi et al. (1962), Ribeiro et al. (1966), Robertson (!966) e Ribeiro e Fantin el (1978), sendo litologicamente muito semelhante ao Gupo Santa Bárbara. Esta unidade representa o último grande evento deposicional preservado na Bacia do Camaquã e encontra-se acima discordantemente das unidades anteriores. Está constituída por duas formações, Pedra Pintada e Varzinha (base ao topo), sendo ambas delimitadas por uma discordância erosiva tendo aproximadamente 800 m de espessura. A Formação Pedra Pintada é temporal e espacialmente relacionada com as rochas vulcânicas do Membro Rodeio Velho (MRV). O Grupo Guaritas foi originado em um ambiente desértico com dunas eólicas crescentes, numa zona interdunas. É caracterizada por arenitos finos a médios bem selecionados, com estratificação cruzada de grande porte, ocorrem argilitos e arenitos finos com laminação cruzada (Paim et al., 2000). Almeida et al (2000, 2003) mencionam que o MRV é de composição andesítica basáltica com afinidade alcalina, manifestando-se como fluxos de lavas, depósitos piroclásticos e por vezes contemporaneamente a Formação Pedra Pintada. Almeida et al 2012 apresentam uma idade U-Pb de $547 \pm 6,3$ Ma para o MRV, a qual pode ser interpretada como a idade máxima para o magmatismo. Por outro lado, zircons detríticos coletados na parte superior do Grupo Guaritas foram datados por Hartmann et al (2008) em 535 ± 10 Ma (Hartmann et al. 2008).

mineralização de cobre na área, e ocorrem circundando a Suíte Granítica Caçapava do Sul, um granito peraluminoso cálcio-alcálico (NARDI & BITENCOURT, 1989).

Soliani Jr (1986) fornece três idades de K-Ar para este complexo metamórfico: 666 ± 20 m.a. (rocha total – microdiorito), 593 ± 22 m.a. (rocha total – metabasalto) e 556 ± 9 m.a. (muscovita – muscovita quartzito).

Figura 2-Mapa geológico do Projeto Primavera com destaque para o alvo Andrade a oeste da cidade.



Fonte: MVB 2010.

2.2.2 Suíte Granítica Caçapava do Sul

São corpos plutônicos intrusivos no cinturão metamórfico e apófises de aplito (APL) caracterizadas por pequenas intrusões lenticulares alojadas principalmente nos anfibolitos, nas vizinhanças do contato com a Suíte Granítica Caçapava do Sul.

Segundo Nardi & Bitencourt (1989), os corpos graníticos são constituídos por rochas de afinidade cálcio-alkalina disposta em três fácies principais: biotita granitos, leucogranitos e granitóides intermediários as duas fácies. A petrografia da Suíte Granítica Caçapava do Sul é caracterizada por um sienogranito de coloração rosada e granulometria fina a grossa, milonitizado em sua zona de contato. Apresenta tanto textura fanerítica quanto textura porfirítica, sendo composto por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e biotita.

As relações de contato na área são caracterizadas por corpos de aplito concordantes à foliação metamórfica e pela foliação e milonitização nas bordas do granito que são paralelas à foliação principal do pacote metavulcanossedimentar, sugerindo que esses granitóides sejam sin-transcorrentes. Os corpos de aplito, foliados na mesma direção do pacote metamórfico, possuem granulometria muito fina e são compostos por quartzo, feldspato e pouca biotita.

Além disso, a sudeste da Suíte Granítica Caçapava do Sul aflora um corpo granítico bandado com formato de elipse denominado por Ribeiro (1970) como Granito Santo Ferreira. Devido às semelhanças com o corpo principal, os autores tratam este granito como pertencente a Suíte Granítica Caçapava do Sul. Remus *et al.* (2000) fornece uma idade SHRIMP de 568 ± 8 m.a. para a Suíte Granítica Caçapava do Sul.

2.2.3 Grupo Santa Bárbara

O Grupo Santa Bárbara foi definido por Robertson (1966), Ribeiro *et al.*, (1966) and Ribeiro & Fantinel (1978) como Formação Santa Bárbara, que compreende arenitos e siltitos avermelhados e incluem a Formação Acampamento Velho. Paim *et al.* (2000) denominou como Alogrupo Santa Bárbara o qual estaria constituído pelas Formações Acampamento Velho, Santa Fé e Lanceiros (da base ao topo). A morfologia desta formação, é dividida em duas porções uma oriental e outra ocidental, separadas pelo alto de Caçapava do Sul ou mais precisamente pela intrusão do Granito Caçapava.

Assim, considerando as idades obtidas e mencionadas no capítulo 2.1, estima-se que a Formação Acampamento Velho e o Grupo Santa Bárbara foram geradas entre 553 e 549 Ma, durante um evento extensional que controlou a deposição dos sedimentos e originou a Formação Santa Bárbara e o magmatismo (Almeida *et al.* 2012).

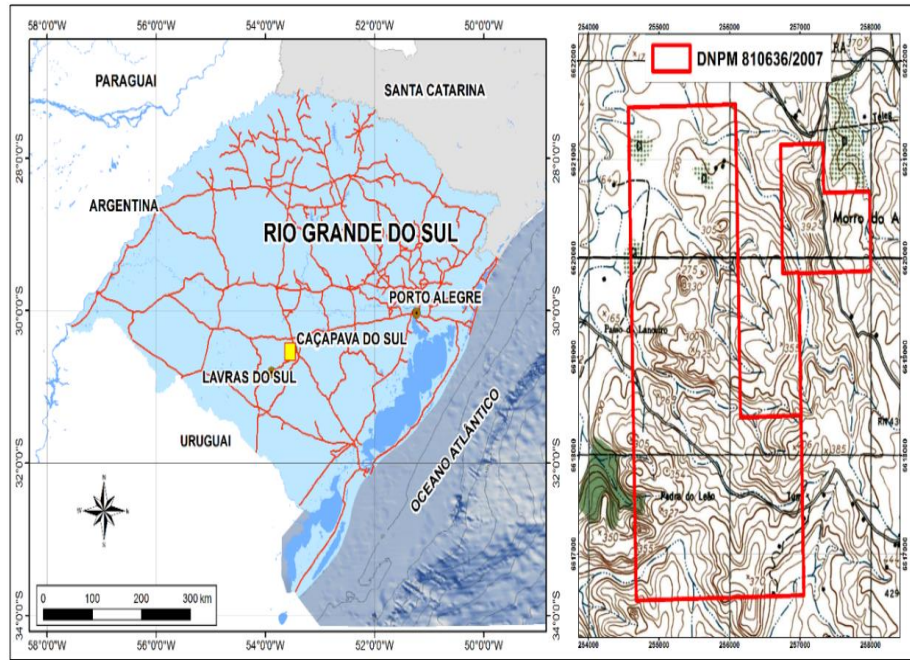
Borba & Mizusaki (2003) organizaram as rochas da Formação Santa Bárbara em três sequências deposicionais. As duas sequências basais (I e II) representam um padrão deposicional coerente, com depósitos fluviais axiais e leques deltaicos, que se depositam à nordeste, com contribuição lateral de leques aluviais. Tais depósitos grosseiros são compostos principalmente por clastos metamórficos derivados do Alto Caçapava e da escarpa oriental da Bacia de Santa Bárbara.

A Sequência I mostra um mergulho variando de 32° a 40° NE nos afloramentos do norte e de 10° a 16° NE no Sul, e a Sequência II de 28° a 30° SE. A Sequência III encontra-se discordantemente sobre as subunidades basais e reflete a inversão do sistema axial, na medida em que o leito de cascalho deposita paleocorrentes sistematicamente apontando para Sul/Sudoeste. Os depósitos de leques aluviais da Sequência III também sugerem uma bacia de rearranjo tectônico, com erosão parcial de sequências basais e presença de fragmentos graníticos, o que reflete o estágio de desnudamento mais profundo do Alto Caçapava e possivelmente um hiato significativo na base da Sequência III. O mergulho da Sequência III está entre 23° a 26° ENE. Borba & Misuzaki, (2003) não inclui a Formação Acampamento Velho na Formação Santa Bárbara

3. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

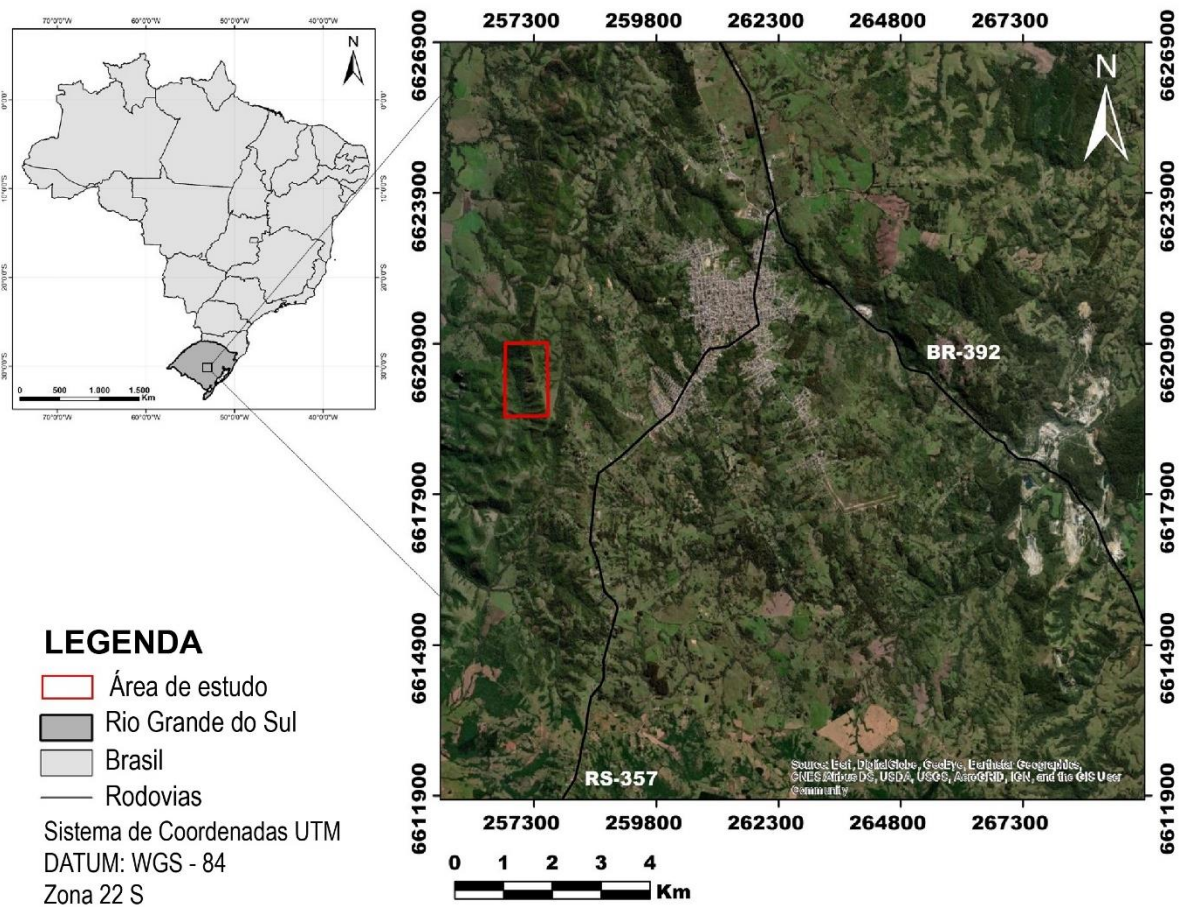
A área de pesquisa encontra-se localizada no município de Caçapava do Sul, centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente a 260 km da capital Porto Alegre pela BR-290. Com excelente infraestrutura e facilidade de acesso, a região é bem servida de hotéis, hospitais, universidades, bancos e escolas, além de estar próxima a um importante ponto de escoamento, o Porto de Rio Grande, localizado a 250 km de Caçapava do Sul pela BR-392 (Figura 3). A zona mineralizada se estende por 1,3 km com 200 metros em média de largura, tendo como coordenadas centrais 257500m/W e 6620900 m/S (Figura 4).

Figura 3-Localização da área de pesquisa da Mina do Andrade, situado no Município de Caçapava do Sul/RS.



Fonte: Mining Ventures do Brasil (MVB) 2010.

Figura 4-Mapa de localização da Mina do Andrade e sua proximidade com a cidade de Caçapava do Sul.



Fonte: MVB 2010.

4. ESTADO DA ARTE

4.1 Histórico dos Trabalhos de Pesquisa

As primeiras referências à exploração mineral na região datam do início do século XX (Figura 5) e são bem documentadas em uma variedade de boletins e relatórios oficiais. O sumário das atividades conduzidas na área é apresentado na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1 - Sumário das atividades históricas de exploração na região de Caçapava do Sul.

Trabalhos e fatos históricos	Relatório ou Empresa	Ano	Localização	Relatório ou registro do fato
Descoberta do Depósito de Cobre Bom Jardim	<i>Friedrich Von Sellow</i>	1825	Município de Caçapava do Sul – RS, Brasil	Boletim nº59 DNPM/DFPM (COSTA FILHO, 1944)
Primeiros registros Andrade e Santa Bárbara	<i>Guarda Mór do Império – Balthazar de Bem</i>	1864		
Descoberta de cobre no Camaquã	Superficiário – João Dias dos Santos Rosa	1865		
Lavra do veio São Luiz nas Minas do Camaquã. Abertura da Galeria dos Ingleses.	Rio Grande Mineração Ltda.	1870 a 1887		
Fundação da Companhia das Minas de Au e Cu do Sul do Brasil e extração de Au em Lavras do Sul e de Cu no Andrade e no Santa Bárbara	Ladislau de Souza Mello Netto	1873		
Rápidos Trabalhos de Exploração no Andrade	Companhia das Minas de Au e Cu do Sul do Brasil	1883		

Descoberta do Cobre no Seival	Miguel dos Santos Paz	1901	Município de Caçapava do Sul – RS, Brasil	
Abertura do Poço do Andrade (18 m de profundidade) e da Galeria do Andrade (23 m de comprimento)	<i>Societé Anonime des Mines de Cuivre du Camaquã</i>	1900 a 1908	Município de Caçapava do Sul – RS, Brasil	Generalidades sobre Cobre no Rio Grande do Sul – Boletim nº 48 DNPM/DFPM (1941)
Abertura das galerias na Mina Primavera			Mina Primavera – Município de Caçapava do Sul – RS, Brasil	
Mapeamento Geológico	DNPM/DFPM	1928	Estado do Rio Grande do Sul - Brasil	Boletins DNPM/DFPM
Levantamento Geoquímico				
Exploração da Mina de Cobre do Seival (minério oxidado)	Cia. de Indústrias Eletro-Química Ltda.	1937	Município de Caçapava do Sul – RS, Brasil	Projeto de Expansão Camaquã – Resumo Histórico do Cobre no Sul do Brasil (1979)
Abertura e amostragem de trincheiras	DPM	1942	Mina Primavera – Município de Caçapava do Sul – RS, Brasil	Relatório sobre a Prospecção das Ocorrências de Cobre no Cerro do Andrade, Primavera e Santa Bárbara /DFPM (PASSOS, 1959)
Sondagem de 8 furos (396,36 metros)				

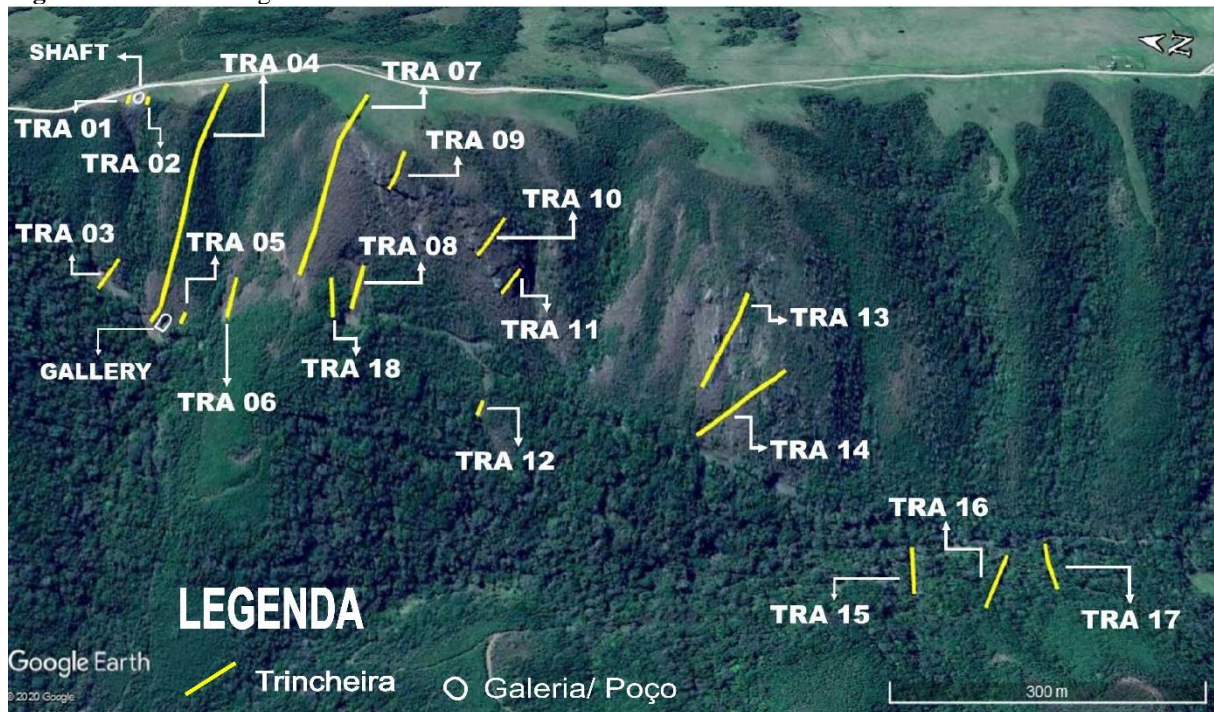
Fundação da Companhia Brasileira do Cobre (CBC)	Companhia Brasileira do Cobre (CBC)		Minas de Camaquã – Município de Caçapava do Sul – RS, Brasil	Relatos Hstóricos do Cinquentenário da CBC (1992)
Estimativa de Recurso Histórico no PRIMAVERA 91.146ton@1,00%Cu e 29,810ton@1.74%Cu	DPM		Mina Primavera – Município de Caçapava do Sul – RS, Brasil	Relatório sobre a Prospecção das Ocorrências de Cobre no Cerro do Andrade, Primavera e Santa Bárbara /DFPM (1959)
Abertura e amostragem de trincheiras	DFPM/DPM		1942 Cerro do Andrade – Município de Caçapava do Sul – RS, Brasil	Relatório sobre a Prospecção das Ocorrências de Cobre no Cerro do Andrade, Primavera e Santa Bárbara /DFPM (1959)
Sondagem de 16 furos (984,14 metros)	DNPM			
Estimativa de Recurso Histórico no ANDRADE 462.000ton@0,80%Cu	DPM			
Checagem do Trabalho de Prospecção executado em 1942 com a extensão de trincheiras e reamostragem	DFPM	1959	Cerro do Andrade – Município de Caçapava do Sul – RS, Brasil	Prospecção das Ocorrências de Cobre no Cerro do Andrade, Primavera e Santa Bárbara /DFPM (1959)
Checagem do Trabalho de Prospecção executado em 1942 com a sondagem de 2 furos (F17A e F18A)				

Estimativa de Recurso Histórico no ANDRADE, Recalculado em 1959 560.000ton@0,70%Cu e 22.000ton@1,00%Cu				
Mapeamento Geológico	Ministério de Minas e Energia (MME)	1965	Escudo Sul-Riograndense	Implementação do Plano Diretor Decenal (PMD)
Mapeamento Geológico 1:250.000 das Folhas de Encruzilhada do Sul e Caçapava do Sul	DFPM/DNPM	1966	Rio Grande do Sul, Brasil – Escudo Sul-Riograndense	DFPM/DNPM Boletim no. 124
Levantamento Aerogeofísico	CPRM	1973		Projeto Aerogeofísico Camaquã #1010
Sondagem de 7 furos	DOCEGEO	1975	Vila do Rosso – Caçapava do Sul – RS	Projeto Caçapava do Sul – PE 14 (GAVRONSKY, 1975)
Levantamento Aerogeofísico	LASA, DNPM & CPRM	1978		Projeto Aerogeofísico do Extremo Sudeste do Brasil
Estimativa de Recurso Histórico no ANDRADE 3.500.000ton@0,45%Cu	CRM	1978	Mina do Andrade	Mapa preliminar do cobre no Escudo sul-riograndense: Nota Explicativa (RIBEIRO, 1978)

Sondagem de 8 furos (482,95 m)		1985	Cerro do Andrade – Município de Caçapava do Sul – RS, Brasil	Ocorrência do Andrade – Relatório de Pesquisa Preliminar – CBC, 1985 (REISCHL, 1985)
Estimativa de Recurso Histórico no ANDRADE SUL (501.750ton@0,55%Cu)	CBC	1985		

Fonte: MVB 2010.

Figura 5-Trabalho antigos no Cerro do Andrade.



Fonte: MVB 2010.

5. METODOLOGIA

A metodologia empregada consistiu em: georreferenciamento, mapeamento, petrografia, amostragem de trincheiras e da antiga galeria, sondagem para checar antigos furos e cálculo de reserva; geoquímica de superfície; geofísica aérea e terrestre.

5.1 Georreferenciamento

Foram utilizadas imagens de RADAR tipo SRTM fornecidos pelo USGS-NASA com pontos de leitura de 90 em 90 metros. Este mapa foi elaborado com o uso do software ArcGIS onde foram geradas curvas de nível de 5 em 5 metros.

A segunda etapa foi realizada usando o GPS geodésico com sistema DGPS-RTK Magellan, com estação fixa e móvel de alta precisão na aquisição das coordenadas XYZ, trabalhando as informações utilizando o Datum SAD 69 e a projeção cartográfica UTM da zona 22 Sul.

O levantamento por DGPS-RTK visou somente a área em que foram realizados os levantamentos geofísicos e sondagens.

5.2 Mapeamento

Mapeamento para identificação e delimitação das três unidades geológicas que ocorrem na Mina do Andrade, partindo do Leste em direção ao Oeste: Suíte Granítica Caçapava do Sul, Complexo Metamórfico Passo Feio e Grupo Santa Bárbara. Foram coletadas amostras para estudos petrográficos, visando entender a relação das zonas mineralizadas com as rochas hospedeiras.

5.3 Petrografia

Estudos petrográficos foram desenvolvidos a fim de caracterizar os protólitos, que compõe o Complexo Metamórfico Passo Feio, tendo sido identificadas: rochas vulcânicas básicas, rochas vulcânicas intermediárias a ácidas, rochas piroclásticas intermediárias a ácidas, rochas vulcânicas ultramáficas e uma variedade de rochas sedimentares. Brechas tectônicas e hidrotermais ocorrem localmente e independem do protólito.

5.4 Galeria e Trincheiras

Na Mina do Andrade existem evidências de antigos trabalhos de pesquisa, provavelmente executados por pesquisadores belgas no início do século XX, que são representados pela Galeria do Andrade (Figura 6 A) com 23 metros de extensão e por 18 trincheiras (Figura 6 B). Todas estas estruturas foram limpas, mapeadas e amostradas. Foram coletadas amostras de canal a cada metro, que apresentaram resultados significativos para cobre e alguma presença de prata (Figura 7 e Figura 8).

Tanto a galeria como as trincheiras se encontram em rochas metavulcânicas ácidas a intermediárias do Complexo Metamórfico Passo Feio, onde as principais zonas mineralizadas apresentam calcocita e calcopirita em intervalos brechados e fortemente hidrotermalizados.

Figura 6-A) Galeria do Andrade; B) Trincheira TRA3.




Fonte: MVB 2010.

Figura 7-Resultados da amostragem para Ouro (Au), Prata (Ag) e Cobre (Cu) da Galeria do Andrade.

Hole_ID	MVB Lot	To	Au (ppm)	Ag (ppm)	Average Ag	Cu (%)	Average Cu
Galeria_AN	CPV-RO-0002	1,00	0,005	16,700		1,180	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	2,00	0,005	8,800		0,473	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	3,00	0,005	13,100		0,765	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	4,00	0,013	18,200		0,884	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	5,00	0,005	9,900		0,965	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	6,00	0,051	14,500		1,325	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	7,00	0,005	14,000		1,255	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	8,00	0,005	11,600		0,825	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	9,00	0,005	13,000		0,760	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	10,00	0,005	19,300		1,680	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	11,00	0,005	4,000		0,176	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	12,00	0,005	11,400	11,283	0,613	0,648
Galeria_AN	CPV-RO-0002	13,00	0,005	6,400		0,353	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	14,00	0,005	5,100		0,317	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	15,00	0,005	1,700		0,077	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	16,00	0,005	5,000		0,193	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	17,00	0,005	10,600		0,614	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	18,00	0,005	10,500		0,567	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	19,00	0,005	9,300		0,346	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	20,00	0,005	9,700		0,223	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	21,00	0,005	6,700		0,169	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	22,00	0,005	15,100		0,456	
Galeria_AN	CPV-RO-0002	23,40	0,005	24,900		0,689	

Fonte: MVB 2010.

Figura 8-Resultados da amostragem para Ouro (Au), Prata (Ag) e Cobre (Cu) da Trincheira TRA3.


Hole_ID	MVB Lot	To	Au (ppm)	Ag (ppm)	Average* Ag	Cu (%)	Average* Cu
TR03_AN	CPV-RO-0003	0,50	0,005	4,100		0,107	
TR03_AN	CPV-RO-0003	1,50	0,005	3,100		0,127	
TR03_AN	CPV-RO-0003	2,50	0,018	4,400		0,210	
TR03_AN	CPV-RO-0003	3,50	0,005	7,200		0,305	
TR03_AN	CPV-RO-0003	4,50	0,005	1,300		0,976	
TR03_AN	CPV-RO-0003	5,50	0,005	4,400		0,321	
TR03_AN	CPV-RO-0004	6,50	0,005	7,400		0,387	
TR03_AN	CPV-RO-0004	7,50	0,005	12,100		0,568	
TR03_AN	CPV-RO-0004	8,50	0,005	42,500		1,425	
TR03_AN	CPV-RO-0004	9,50	0,005	15,600		0,278	
TR03_AN	CPV-RO-0004	10,00	0,005	7,800		0,230	
TR03_AN	CPV-RO-0004	11,00	0,005	11,700		0,334	
TR03_AN	CPV-RO-0004	12,00	0,005	8,500		1,020	
TR03_AN	CPV-RO-0004	13,00	0,005	10,800		0,325	
TR03_AN	CPV-RO-0004	14,00	0,005	13,600	13,327	0,158	0,502
TR03_AN	CPV-RO-0004	15,00	0,005	14,100		0,247	
TR03_AN	CPV-RO-0004	16,00	0,005	12,500		0,365	
TR03_AN	CPV-RO-0004	17,00	0,005	17,300		0,150	
TR03_AN	CPV-RO-0004	18,00	0,005	16,800		0,440	
TR03_AN	CPV-RO-0004	18,50	0,005	16,100		0,202	
TR03_AN	CPV-RO-0004	19,50	0,007	60,800		1,305	
TR03_AN	CPV-RO-0004	20,50	0,005	15,400		0,104	
TR03_AN	CPV-RO-0004	21,50	0,005	10,900		0,098	
TR03_AN	CPV-RO-0004	22,50	0,005	16,000		0,108	
TR03_AN	CPV-RO-0004	23,50	0,005	14,300		0,119	
TR03_AN	CPV-RO-0004	24,50	0,005	11,700		0,141	
TR03_AN	CPV-RO-0004	25,50	0,005	11,100		0,124	
TR03_AN	CPV-RO-0004	26,50	0,005	15,100		0,148	
TR03_AN	CPV-RO-0004	27,50	0,005	6,900		0,170	
TR03_AN	CPV-RO-0004	28,50	0,005	6,300		0,137	

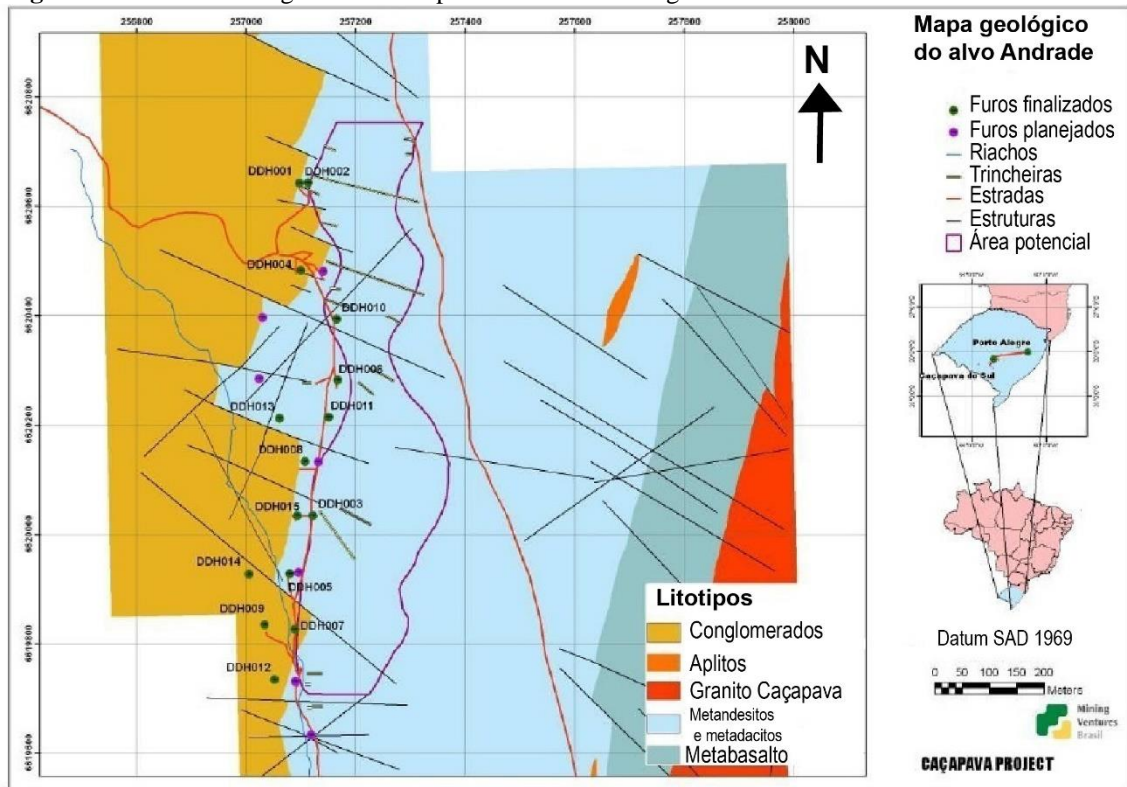
Average* : Average cell hatched

Fonte: MVB 2010.

5.5 Sondagem – Descrição e Amostragem

Malha de Sondagem (Fase I) para checar furos antigos (Figura 9) destacando o furo DDH004 que interceptou a primeira mineralização de alto teor (5,56% Cu entre os 60m e 61m). (Furo DDH004) (Figura 10).

Figura 9—Malha de sondagem da Fase I para checar furos antigos da Mina do Andrade.



Fonte: MVB 2010.

Figura 10—Brecha hidrotermal mineralizada com calcocita. Furo DDH004



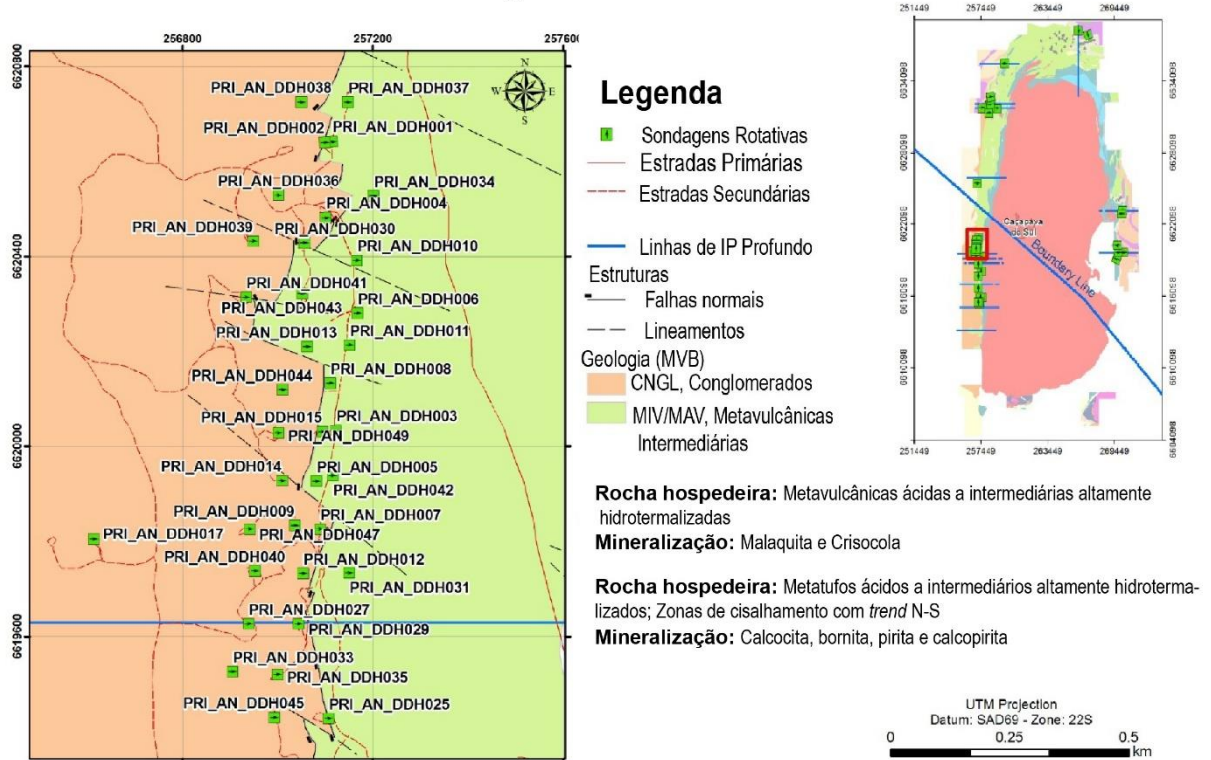
Fonte: MVB 2010.

Malha de sondagem (Fase II) para avaliar a extensão e profundidade da mineralização (Figura 11) destacando o Furo de sondagem DDH047 interceptando em profundidade 18m@0,86%Cu em rocha meta vulcânica ácida brechada com veios de carbonato e disseminações de bornita e calcopirita (Figura 12).

Nas campanhas de sondagem diamantada Fase I e Fase II foram realizados 35 furos que somados atingiram 7.991 metros de testemunhos, interceptando um recurso de 191,76Mt@0,26%Cu_{eq} ou 66,6Mt@0,47%Cu_{eq}, que resultou no modelo 3D (Figura 13). Cabe ressaltar que o volume de recurso do Depósito do Andrade não está esgotado e havendo continuidade da sondagem a estimativa de reserva será maior, pois a zona mineralizada está aberta em profundidade, mergulhando no sentido sul, além do flanco leste do Cerro do Andrade não ter sido trabalhado com detalhe, porém foram encontradas anomalias geoquímicas de solo consistentes.

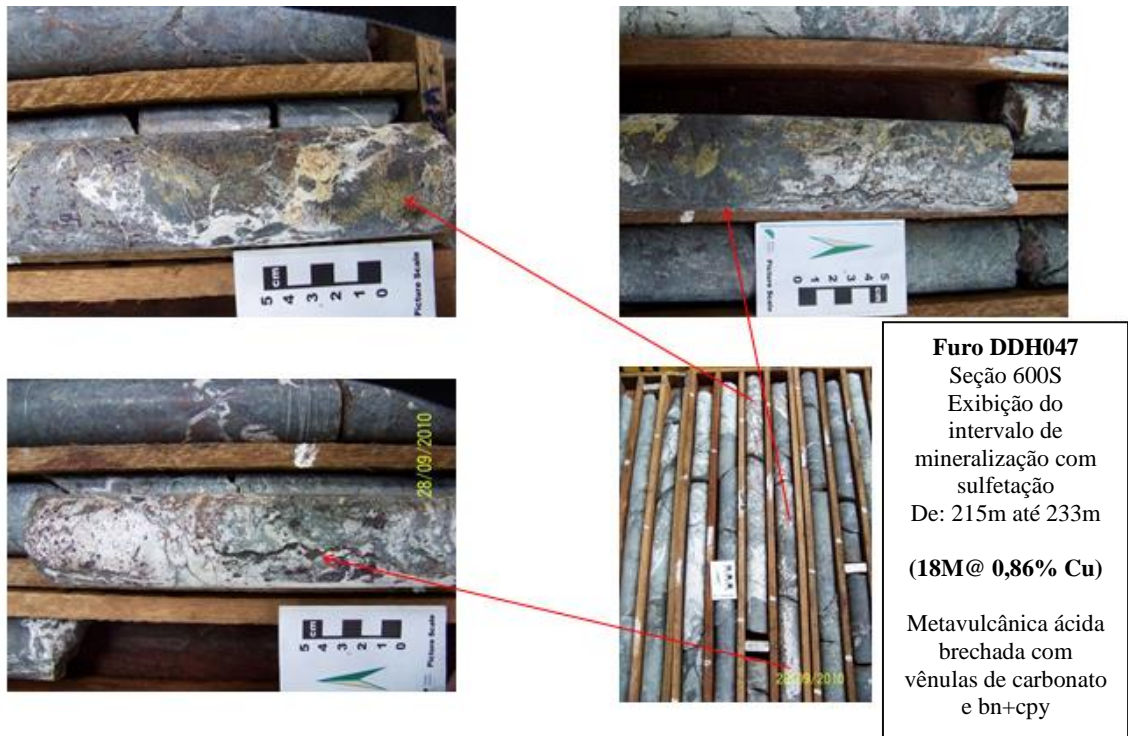
Figura 11-Malha de sondagem da Fase II para avaliação da reserva da Mina do Andrade.

Projeto Cuprífero Andrade - Primavera Alvo Andrade - Sondagens



Fonte: MVB 2012.

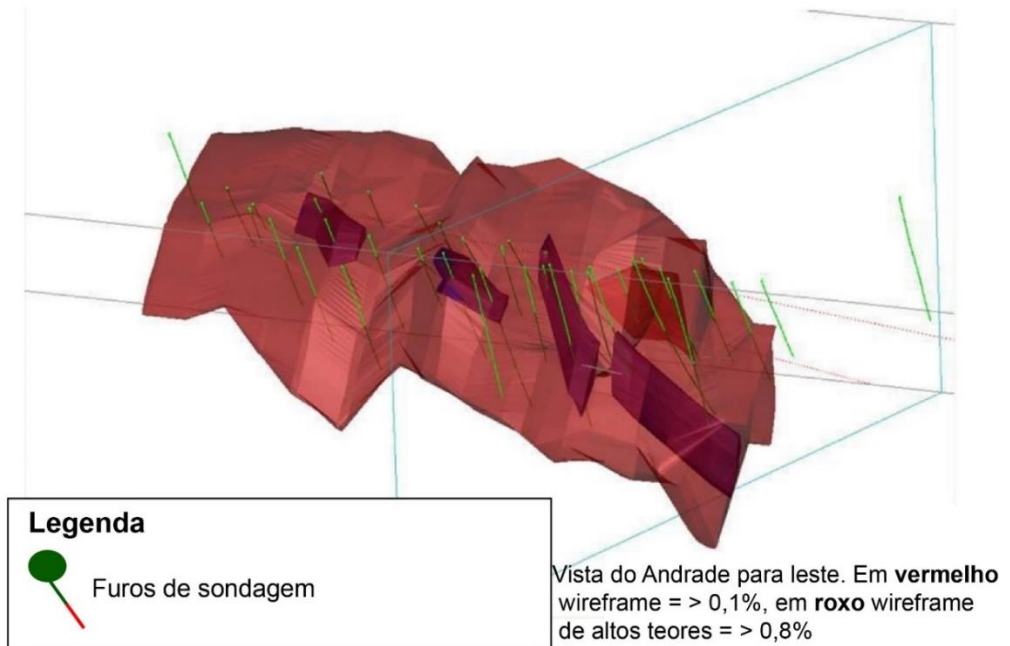
Figura 12-Furo de sondagem DDH047.



Fonte: MVB 2012.

Figura 13-Modelo de recursos em 3D da Mina do Andrade.

**Projeto Cuprífero Andrade - Primavera
 Modelo de Recursos - MVB - Andrade**



Fonte: MVB 2012.

5.6 Geoquímica de Superfície

Um programa regional de geoquímica de superfície foi conduzido no intuito de testar as rochas metavulcanossedimentares do Complexo Metamórfico Passo Feio e delinear zonas com potencial para hospedar a mineralização de cobre, similar e em complemento ao observado no processamento dos dados de geofísica aérea. Para tanto, foi realizada a amostragem de sedimento de corrente e concentrado de bateia, considerando pontos de coleta ao longo das drenagens a cada 500 metros (482 amostras de sedimento de corrente e 482 amostras de concentrado de bateia) e, amostragem de solo em uma malha regular com linhas E-W espaçadas em 400 metros e estações de coleta a cada 50 metros (1416 amostras).

5.7 Geofísica Aérea

Foram analisados resultados do Levantamento Aeromagnetométrico e Gamaespectrométrico executado pela Lasa Prospecções S/A. para a Referencial Geologia Mineração e Meio Ambiente Ltda. Os perfis aeromagnetométricos foram de alta resolução, com linhas de voo espaçadas de 200 metros, orientadas na direção N14°W e linhas de controle espaçadas de 2000 metros, orientadas em N76°E. A altura de voo foi fixada em 100 metros sobre o terreno, exceto em condições que afetavam a segurança de voo.

Ao longo dos perfis foram realizadas dez leituras de dados do magnetômetro e uma leitura do gamaespectrômetro a cada segundo, posicionadas através de sistema de observação de satélite GPS, com precisão de 5 metros.

O processamento dos dados foi desenvolvido na FUGRO-LASA no Rio de Janeiro, o sistema Oasis Montaj da Geosoft e Atlas da Fugro foram utilizados para compilação e processamento das informações coletadas e apresentação dos resultados.

5.8 Geofísica Terrestre

Levantamentos geofísicos terrestres como magnetometria, Indução Polarizada (IP) convencional e profunda foram executados na Mina do Andrade.

Para controle diário das variações do campo magnético foi utilizado o magnetômetro, modelo GEM Systems GSM-19, de resolução de 0.01 nT e nível de ruído de 0.2 nT, coletando dados a cada 3 segundos, com armazenamento na própria memória do equipamento. Os dados de magnetometria foram adquiridos ao longo de linhas E-W, espaçadas de 400 m, 200 m até 100 m. Todos os dados foram processados pela Reconsult Geofísica e ajudaram a mapear os principais lineamentos e falhas regionais.

Foram analisados resultados de IP convencional obtidos pela AFC Geofísica. O espaçamento entre eletrodos foi de 40 metros, com parâmetros para alcançar até 300 metros de profundidade. Na Mina do Andrade foram levantados 90 km, em uma malha com linhas orientadas na direção W-E, afastadas de 100 metros. O equipamento utilizado foi um Sistema de Aquisição de IP, fabricado pela IRIS Instruments Inc., formado por um Transmissor VIP4000 e um Receptor ELREC Pro

Foi realizado o levantamento de IP profundo, no intuito de auxiliar as atividades de sondagem a serem desenvolvidas, além de contribuir para compreensão dos dados adquiridos nas campanhas de sondagem anteriores, atingindo 750 metros de profundidade. Foram realizados pela empresa Quantec Geoscience, de Toronto/Canadá, utilizando o método Titan 24 MT/DCIP.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Trincheiras

Foram localizadas 18 trincheiras na Mina do Andrade. Essas trincheiras datam da década de 1900 e foram abertas em rochas metavulcânicas ácidas a intermediárias do Complexo Metamórfico Passo Feio, onde as principais zonas mineralizadas apresentam calcocita e calcopirita em intervalos brechadas e fortemente hidrotermalizadas. Após a limpeza e descrição geológica das trincheiras foi feita a coleta de amostras a cada metro. As trincheiras apresentaram teor médio de 0,29% Cu e máximo de 0,40% cu, além do teor médio de 3 ppm Ag e máximo de 61 ppm Ag.

As anomalias de cobre e prata estimularam o desenvolvimento de uma campanha de sondagem diamantada executada entre 2009 e 2010, que resultou no cálculo do reserva para a Mina do Andrade.

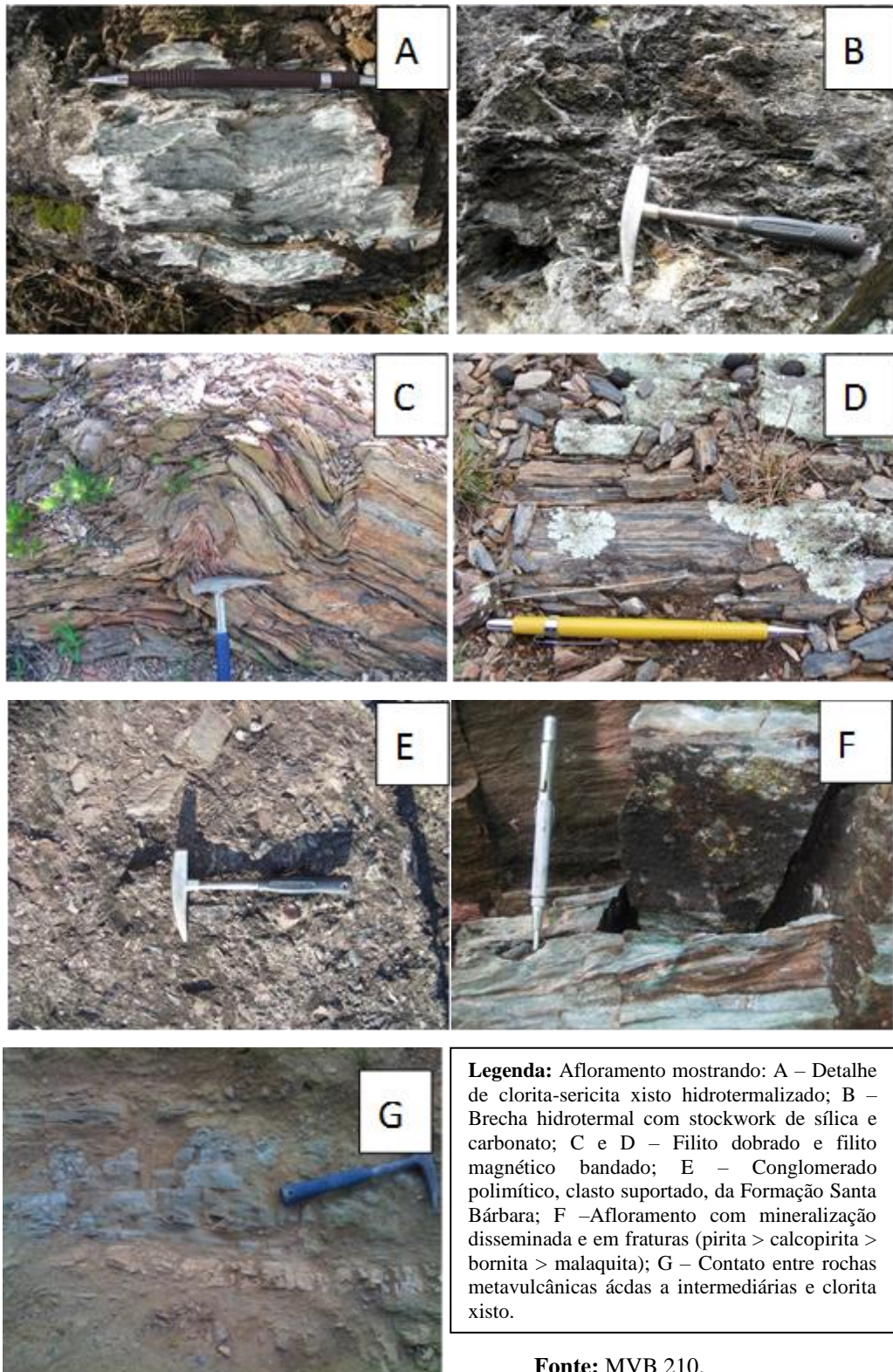
6.2 Trabalho de Campo e Petrografia

No Complexo Metamórfico Passo Feio observou-se que em geral, o strike regional dominante na borda oeste é N-S, mergulhando 40°-70° para o oeste, sendo observado no campo indicadores cinemáticos de movimento preferencial sinistral, principalmente em boudins de quartzo. Estágios tardios de deformação rúptil foram identificados em todas as unidades litológicas e caracterizados como falhas regionais NW e de direção secundária NE. As falhas transcorrentes NW apresentam evidências de movimentos sinistrais e dextrais, deslocando os litotipos e seus contatos. Os setores onde ocorre o cruzamento de estruturas N-S/NW e NE/NW

são normalmente dominados por brechas tectônicas e zonas hidrotermalizadas, que coincidem com as principais zonas mineralizadas (Figura 14).

Diques máficos de rochas vulcânicas isotrópicas de composição básica/intermediária, que talvez pertençam à Formação Hilário, foram observados no cinturão metamórfico e na Suíte Granítica. Os basaltos/andesitos ocorrem como corpos lenticulares estirados, colocados nas zonas de falhas NW e NE. Estas rochas normalmente apresentam forte magnetismo, por vezes textura fanerítica muito fina com pirita + calcopirita disseminadas e/ou textura porfirítica com fenocristais de plagioclásio emersos em matriz fina de minerais máficos. Também ocorrem de forma amigdaloidal com as cavidades preenchidas por material cinza escuro com anfibólio, piroxênio e plagioclásio. Carbonatação e silicificação (infill e pervasiva), além de cloritização e hematitização são os tipos de alteração mais comuns, sendo localmente observados pirita disseminada + calcopirita + malaquita. A relação entre essas rochas e a mineralização de cobre no cinturão metamórfico não é clara, mas não se descarta que o magmatismo da Formação Hilário possa ter sido a fonte dos fluidos mineralizantes na área.

Figura 14-Afloramentos rochosos.



Lentes de milonitos e ultramilonitos (ULTM) ocorrem próximo ao batólito Caçapava do Sul, concordantes às estruturas regionais e intercaladas às rochas anfíbolíticas. Em geral, essas

rochas apresentam composição quartzo-feldspática, com forte deformação a localmente bandadas e alteração sericítica.

Brechas hidrotermais são comuns no cruzamento de estruturas N-S/NW e NE/NW, e ao longo do contato do cinturão metamórfico com as rochas sedimentares do Grupo Santa Bárbara. As alterações hidrotermais são variadas, ocorrendo clorita + sericita > carbonato infill + feldspato localmente pervasivo > hematita infill. São rochas de cor verde escura, granulometria fina, maciças a brechadas, não magnéticas, com fragmentos esverdeados ricos em clorita, fragmentos incolores a amarelados ricos em quartzo e carbonato, fragmentos avermelhados ricos em hematita e fragmentos marrom avermelhados, ricos em limonita. Nas brechas também ocorrem porções de cor bege a rosa clara, com granulometria fina, não magnética e fortemente brechadas, apresentando cristais de albita e carbonato, cristais incolores de quartzo e manchas avermelhados de hematita e goethita. Nessas rochas é comum a presença de sulfetos de cobre (calcopirita + bornita + calcocita) que aparecem de forma disseminada e/ou concentrados ao longo de planos de fraturas, sendo localmente alterados para malaquita.

Os estudos petrográficos foram desenvolvidos a fim de caracterizar os protólitos, sendo identificadas rochas vulcânicas básicas (AMP), rochas vulcânicas intermediárias a ácidas (MIV/MAV), rochas piroclásticas intermediárias a ácidas (MIT/MAT), rochas vulcânicas ultramáficas (MUT) e uma variedade de rochas sedimentares (PHYL, MPY, MPL). Brechas tectônicas e hidrotermais (TBR/BIA) ocorrem localmente e independem do protólito.

6.3 Mineralizações

A mineralização de cobre na Mina do Andrade está hospedada nas rochas metavulcanossedimentares do Complexo Passo Feio e concentradas ao longo e no cruzamento de estruturas regionais. Nesse contexto ocorre a Falha do Andrade, de direção N-S, onde zonas com estágio de deformação dúctil-rúptil hidrotermalizadas e localmente brechadas constituem as principais zonas mineralizadas.

A partir das descrições dos furos observou-se que as zonas hidrotermalizadas são marcadas por albitização, carbonatação, cloritização e silicificação, que ocorrem de forma pervasiva e venular. Em intervalos brechados, os fragmentos de rocha são normalmente cimentados por calcita, clorita e quartzo, acompanhados do enriquecimento de sulfetos de Cu e Fe (\pm hematita). Zonas com alteração potássica e sericitização ocorrem subordinadamente e também foram observadas nos alvos adjacentes associadas à carbonatação e silicificação pervasiva com *stockworks* de carbonato+barita+quartzo e carbonato \pm clorita \pm hematita, ambos

com sulfetos de Cu e Fe, além de *stockworks* de clorita - magnetita e clorita - hematita (especularita). Devemos salientar que a albita e a sílica estão associadas com as zonas mais dúctil e a sílica e carbonato são mais frequentes em veios e vênulas das zonas mais rúpteis.

Também foi observado que em zonas mais dúcteis, os sulfetos (aparentemente primário) ocorrem como pequenos cristais ou em agregados deformados, orientados de acordo com a foliação principal da rocha. Bornita e calcocita são os sulfetos de cobre predominantes e a associação mais frequente do depósito. Ocorrem como agregados intercrescidos na matriz de brechas e *stockworks* de quartzo+carbonato+clorita, ou disseminados e orientados segundo a foliação principal. É comum a presença de texturas de revestimento entre os sulfetos (ex. bornita com *coating* de calcocita, pirita com *coating* de calcocita e calcopirita e pirita com *coating* de bornita).

Intervalos mineralizados também são representados por agregados de bornita+calcopirita intercrescidos em vênulas quartzo-carbonáticas. Calcopirita também ocorre como finos agregados disseminados ao longo da foliação das rochas metavulcânicas e metassedimentares com fraca à, localmente, moderada alteração hidrotermal (silicificação±carbonatação pervasiva), acompanhada pela abundância de pirita e magnetita, amplamente disseminadas no cinturão metamórfico. Magnetita pode, ou não, acompanhar os sulfetos e normalmente ocorrem como cristais subédrico em zonas ricas em clorita e/ou sericita. Por vezes pode estar alterada a hematita, que também aparece preenchendo fraturas.

Na superfície, a mineralização de cobre também pode ocorrer como uma zona de oxidação supergênica constituída por malaquita, crisocola, cuprita + tenorita, preenchendo fraturas tardias e em filmes paralelos a foliação das rochas metavulcânicas e metassedimentares.

De acordo com a relação textural dos sulfetos e óxidos, observados em lâminas de seções polidas, é possível sugerir a seguinte sequência paragenética:

1ª fase: Pirita→Calcopirita

2ª fase: calcopirita→Bornita

3ª fase: Bornita→Digenita→Calcocita (?)

4ª fase: Calcocita→Covelita→Tenorita + Cuprita

5ª fase: Malaquita + Crisocola

As fases 1, 2 e 3 da mineralização são mais expressivas na área de pesquisa, sendo as fases 4 e 5 dominantes em outro alvo mais ao sul da área principal.

Os diques que podem estar relacionados ao vulcanismo da Formação Hilário, foram interceptados em diferentes seções e algumas delas apresentam finas fraturas, parcialmente

seladas por carbonato e calcocita, mostrando que estes teriam idades subsequentes a mineralização.

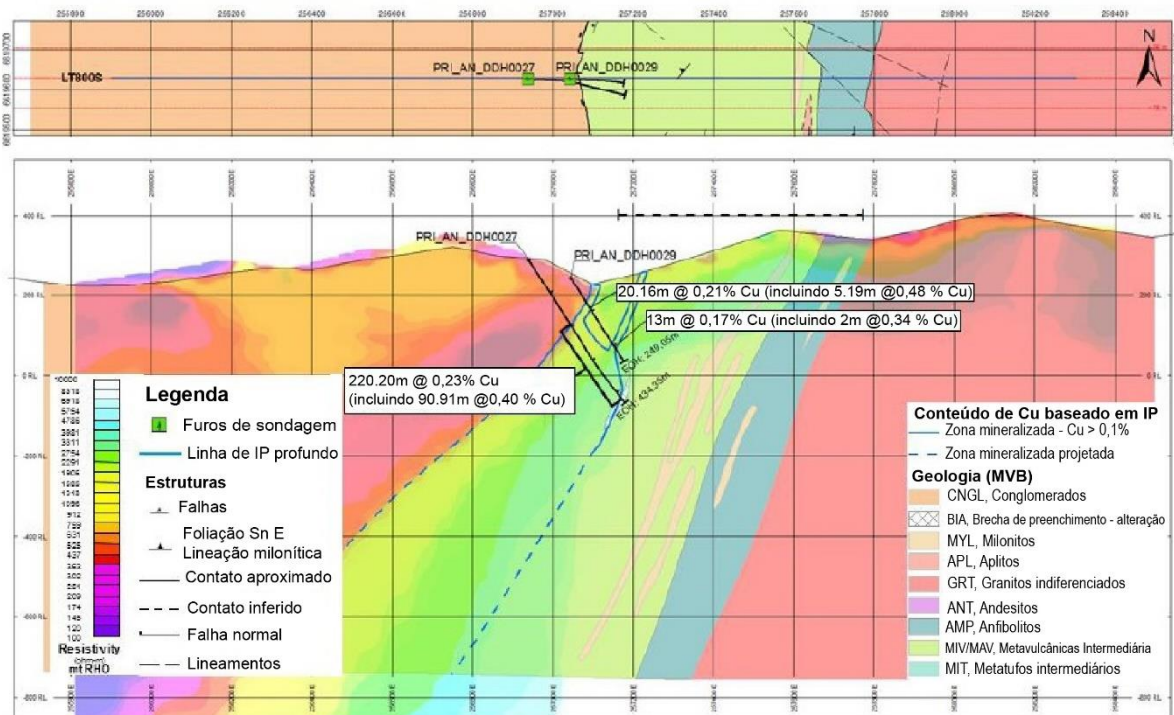
O conglomerado na zona de contato entre o Complexo Metamórfico Passo Feio e o Grupo Santa Bárbara apresenta textura milonítica. As análises revelaram que podem ocorrer teores de cobre de até 0,18% Cu. Tais conteúdos podem indicar que, durante o processo tectônico que causou a milonitização, houve uma migração de fluidos das vulcânicas para o conglomerado mais poroso, assim remobilizando o cobre.

Todas essas observações sugerem que o sistema responsável pela mineralização ocorreu em diferentes períodos da evolução geológica da região. Há um fechamento associado com a intrusão do granito, ou por movimento tectônico gerando estruturas de cisalhamento posterior, no qual essas estruturas podem ser mapeadas em campo com direção NW/SE. Os testemunhos de sondagem permitiram confirmar as descrições geológicas e localização da mineralização.

6.4 Geofísica Terrestre

A Indução Polarizada profunda (750m) e o magneto-telúrico (1,5 km) apresentaram os melhores resultados, destacando as principais zonas de falha regionais, como a Falha do Andrade onde estão concentradas zonas hidrotermalizadas que hospedam a mineralização (Figura 15).

Figura 15-Imageamento de Polarização Induzida (IP) profunda, na seção 800S na Mina do Andrade.



Fonte: MVB 2010.

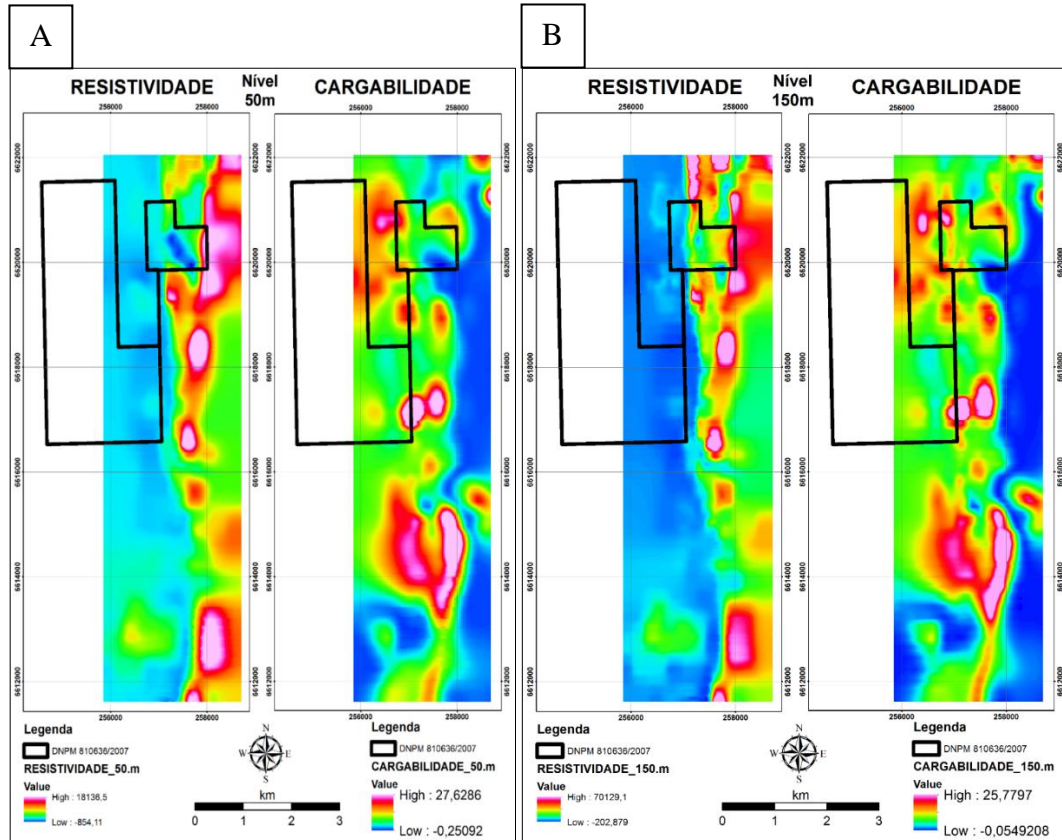
As seções de resistividade geralmente apresentam uma forte anomalia, caracterizada por uma mudança lateral marcante de resistividade, passando de baixos valores, à oeste, para altos valores à leste. Essa anomalia correlaciona-se com uma zona de falha transcorrente denominada Falha do Andrade, que coloca em contato conglomerados, à oeste, com as metavulcânicas, à leste. Nessa faixa, as anomalias de cargabilidade, estão relacionadas, normalmente a sulfetos de cobre (caso da área Mina do Andrade). Já as demais anomalias, situadas à oeste ou à leste da zona de falha, normalmente são devidas à presença de magnetita e/ou pirita.

6.5 Modelagem 3D – Slices e Seções

O conjunto de dados coletados em todo o levantamento, foi processado visando à obtenção do modelo 3D de resistividade e cargabilidade de toda a área.

A modo de exemplo, os resultados obtidos são apresentados na Figura 16 (A e B), correspondendo aos *slices* de resistividade e cargabilidade, respectivamente, nas cotas 50m a 150m.

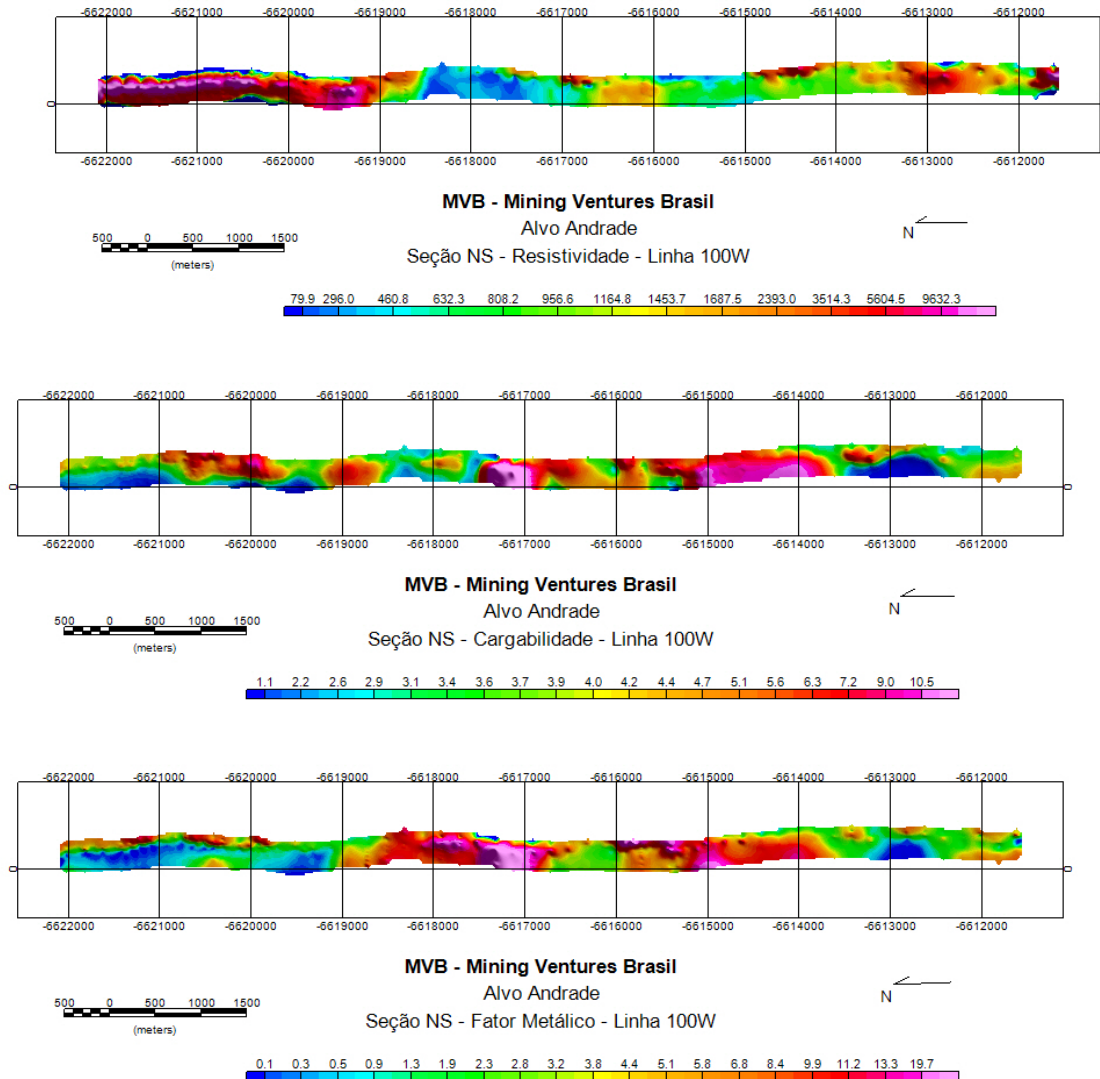
Figura 16-Imageamento de Polarização Induzida (IP) na seção 800S da Mina do Andrade.



Fonte: MVB 2010.

A Figura 17 apresenta seção norte-sul do modelo 3D, de resistividade, cargabilidade e fator metálico, correspondendo a distância 100W (100 metros à oeste da Linha-Base), que corresponde a coordenadas UTM E 257200.

Figura 17-Seção NS - Linha 100W - Resistividade, Cargabilidade e Fator Metálico.



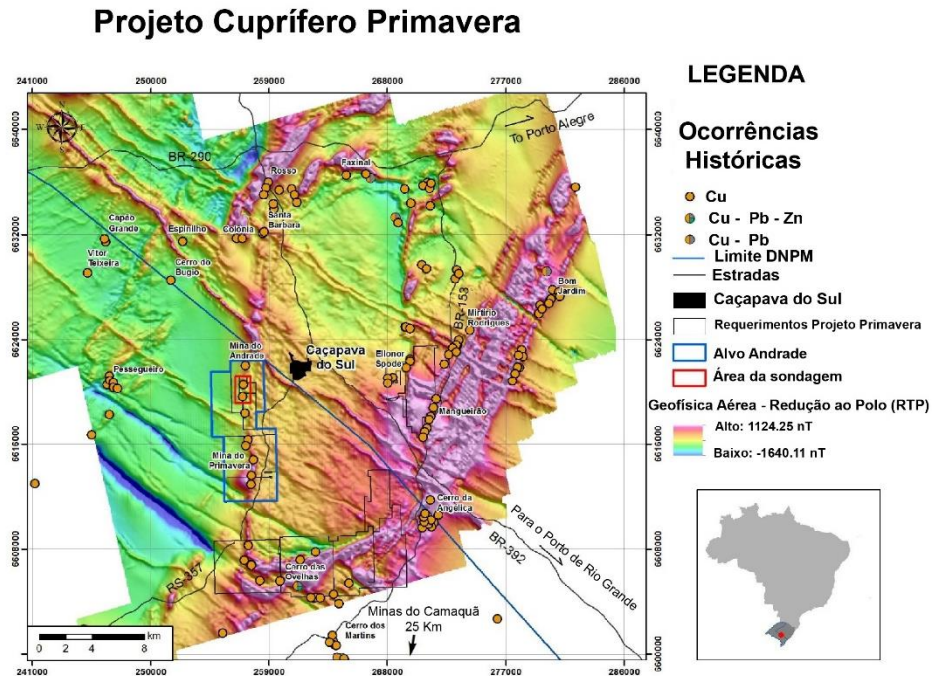
Fonte: MVB 2010.

6.6 Geofísica Aérea

Na geofísica aérea (magnetometria e radiometria) executada pela FUGRO do BRASIL com levantamento de linhas espaçadas de 200 metros, identificamos as principais estruturas tectônicas com grandes lineamentos na direção nordeste cortados por falhas no sentido noroeste, estes cruzamentos estruturais abrem espaços para acúmulo de fluídos hidrotermais

gerando depósitos minerais como constatamos na Falha do Andrade (que passa pela Mina do Primavera e Mina do Andrade) interceptada por falhas no sentido noroeste (Figura 18).

Figura 18-Mapa com geofísica aérea RTP (realizada pela MVB) e ocorrências históricas de cobre.

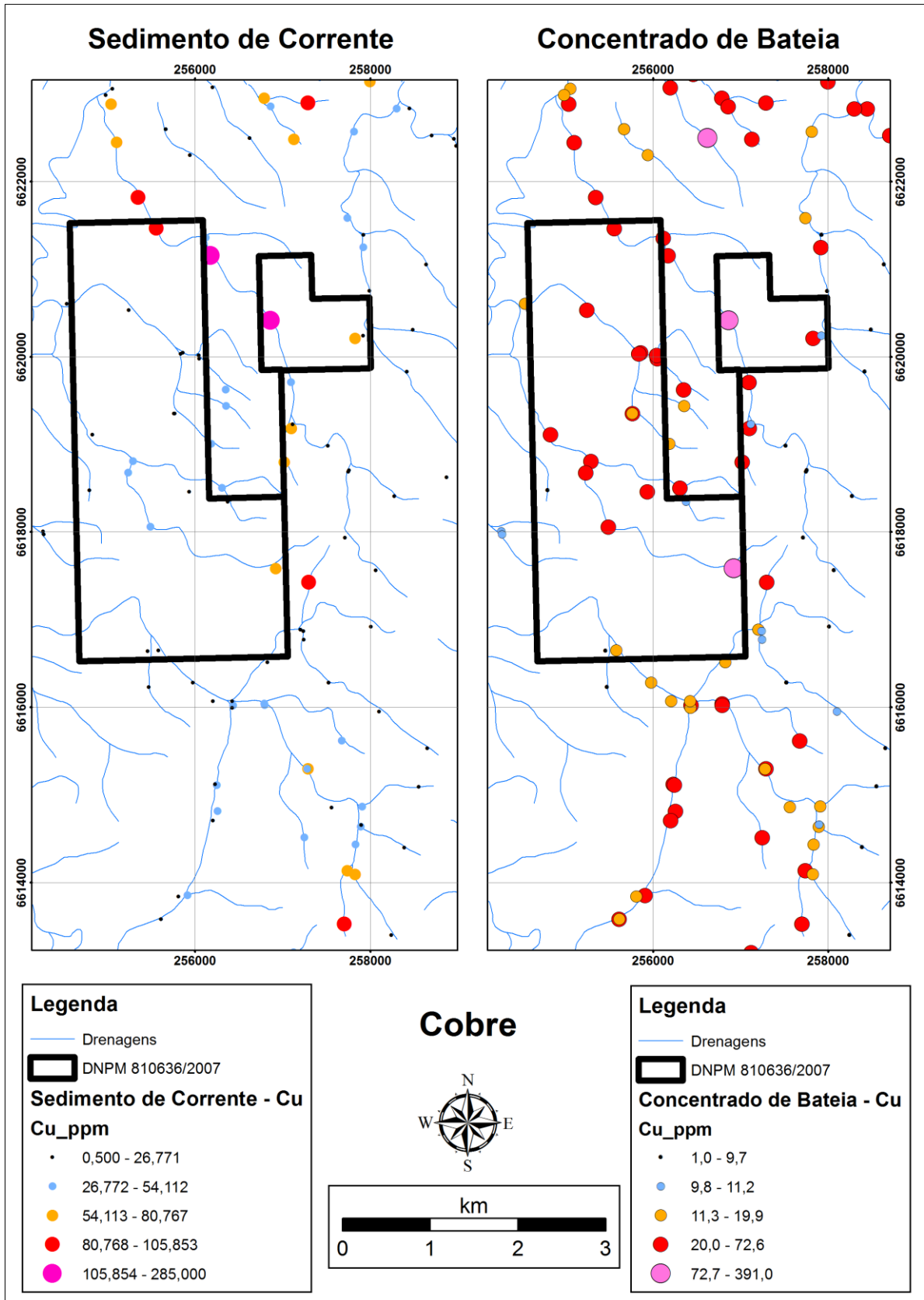


Fonte: MVB 2010

6.7 Geoquímica

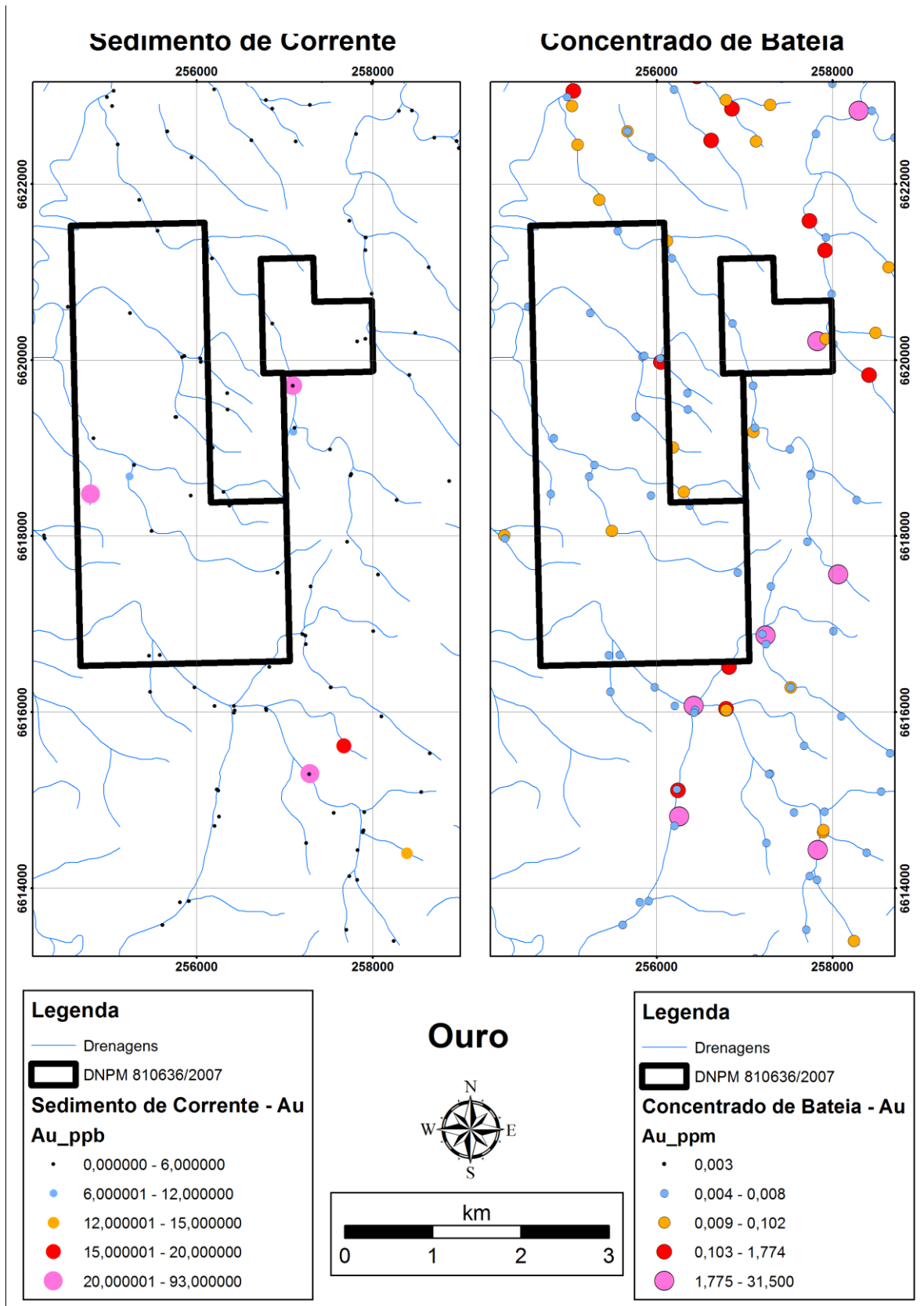
A campanha regional de geoquímica de superfície revelou uma série de anomalias de cobre (Figura 19) fortemente relacionadas aos lineamentos regionais, especialmente falhas N-S, NW, NE e seus cruzamentos. Nessas áreas, foram posteriormente mapeadas rochas brechadas e hidrotermalizadas. Anomalias de ouro também foram observadas (Figura 20) associadas às anomalias de cobre nas porções centrais do cinturão metamórfico com predomínio de clorita xistos, enquanto a associação de anomalias de chumbo e zinco foi mais frequente nos anfibolitos, situados próximo ao contato do cinturão metamórfico com o granito. Os resultados geoquímicos de detalhe não foram inseridos porque são informações confidenciais da empresa que detém o Banco de Dados.

Figura 19-Anomalias de cobre proveniente da amostragem de sedimento de corrente e concentrado de bateia.



Fonte: MVB 2010.

Figura 20-Anomalias de ouro proveniente da amostragem de sedimento de corrente e concentrado de bateia.



Fonte: MVB 2010.

7. CONCLUSÃO

A área de estudo, localizada no município de Caçapava do Sul, centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul está constituída pelas seguintes unidades: o Complexo Metamórfico Passo Feio, (vulcanossedimentar metamorfizada), a Suíte Granítica Caçapava do Sul e a cobertura sedimentar do Grupo Santa Bárbara.

A correlação da Linha 600S com as informações dos furos de sonda DDH007 e DDH009 mostrou que as zonas mineralizadas na área do Alvo Andrade coincidem com valores de cargabilidade entre 6 e 12 mV/V.

As sondagens iniciais realizadas mostraram que, em geral, as amplas e irregulares anomalias de cargabilidade detectadas à oeste da zona de falhas transcorrentes, “contato conglomerados/metamórficas”, não correspondem à zonas mineralizadas, sendo que a causa das mesmas poderia ser atribuída à presença de oxidados e sulfetos nos seixos dos conglomerados.

Por outro lado, as anomalias de cargabilidade detectadas a leste da zona de falhas transcorrentes, muitas vezes de grande intensidade, de um modo geral são causadas por altas concentrações de pirita e/ou magnetita nas metavulcânicas e/ou junto do contato com o granito a leste.

Finalmente, as anomalias de cargabilidade que se encontram junto à zona de falhas transcorrentes, coincidentes com a anomalia marcante de resistividade, geralmente estão associadas à presença de sulfetos de cobre, sobretudo na faixa correspondente a Mina do Andrade, entre as linhas 1600N e 1400S.

A polarização induzida (IP) profunda (750m) e ampla faixa magneto-telúrica (MT), esse último, com alcance de até 1,5 km de imageamento, foi o que apresentou os melhores resultados, destacando as principais zonas de falha regionais, como a Falha do Andrade onde estão concentradas zonas hidrotermalizadas que hospedam a mineralização.

A geoquímica de superfície revelou anomalias de cobre, prata e ouro relacionadas aos lineamentos regionais, especialmente falhas N-S, NW, encontrando-se nas porções centrais do cinturão metamórfico com predomínio de clorita xistos. Anomalias de chumbo e zinco foram mais frequente nos anfibolitos próximo ao contato do cinturão metamórfico com o granito.

Foi estimado um recurso de 191,76Mt@0,26%Cu_{eq} (ou 66,6Mt@0,47%Cu_{eq}), sendo estes valores interessantes e positivos o que significa a possibilidade de um substancial depósito de cobre. Cabe ressaltar que a estimativa de reserva pode ser maior, pois o corpo em profundidade está aberto na direção sul e, o flanco leste da Mina do Andrade apresenta forte

anomalia de solo para cobre que precisa ser testada com sondagem.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. P. M.; ZERFASS, H.; BASEI, M. A.; PETRY, K.; GOMES, C. H. The Acampamento Velho Formation, a Lower Cambrian Bimodal Volcanic Package: Geochemical and Stratigraphic Studies from the Cerro Do Bugio, Perau and Serra De Santa Bárbara. **Gondwana Research**, v. 5, n. 3, p. 721-733, 2002.

ALMEIDA, D. DEL P. M., CHEMALE JR, F., MACHADO, A. Late to Post-Orogenic Brasiliano-Pan-African Volcano-Sedimentary Basins in the Dom Feliciano Belt, Southernmost Brazil. In: *Petrology - New Perspectives and Applications* ed.: InTech, 2012, v.5, p. 73-105. 2012.

ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y; BRITO NEVES, B. B. The upper precambrian of South America, **Boletim**, v. 7, p. 45-80. 1976.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth Sciences Reviews**, v. 17, p. 1-29, 1981.

ALMEIDA, R. P.; JANIKIAN, L.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; FAMBRINI, G. L. The Ediacaran to Cambrian rift system of Southeastern South America: tectonic implications. **Journal of geology**, v. 118, p. 145-161, 2010.

BABINSKI, M.; CHEMALE JR. F.; VAN SCHMUS, W. R.; HARTMANN, L. A.; SILVA, L. C. U–Pb and Sm–Nd geochronology of the neoproterozoic granitic–gneissic Dom Feliciano Belt, southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 10, p. 263-274, 1997.

BABINSKI, M.; CHEMALE JR. F.; HARTMANN, L.A.; VAN SCHMUS, W.R.; SILVA, L.C. Juvenile accretion at 750–700 Ma in southern Brazil. **Geology**, v. 24, n.5, p. 439–442, 1996.

BITENCOURT, M.F. **Geologia, Petrologia e Estrutura dos Metamorfitos da Região de Caçapava do Sul, RS**. 1983. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geociência) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 161 p. 1984.

BRITO NEVES, B. B.; CORDANI, U. G. 1991. Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic. **Precambrian Research**, v. 53, p. 23-40, 1991.

COSTA FILHO, J. H. Prospecção das minas de cobre de Camaquã, Rio Grande do Sul. DNPM. Ministério da Agricultura. **Boletim nº**, v. 59, p. 13-94, 1944.

CHEMALE JR., F. 2000. **Evolução Geológica do Escudo Sul-Rio-Grandense**. In: Holz, M. & De Ros, L. F. (eds). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Ed. UFRGS, p. 13-52.

DE ALMEIDA MORALES, BEATRIZ ANDREA; DE ALMEIDA, DELIA DEL PILAR MONTECINOS; Silveira, Rafael Ramos; Machado, Bruno Nunes; MARQUES, GUILHERME ALVES: **Generalidades da região de caçapava do sul**. Em: Delia P.M. de Almeida; Marcelo B. da Rosa; Beatriz A.A. Morales. (Org.). *Geologia e Elementos Terras*

Raras em regiões do Rio Grande do Sul. 1ed.Mauritius.: Novas Edições Acadêmicas. 2019.v. 2, p. 190-195.

GASTAL, M. C. P.; LAFON, J. M. Novas idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e geoquímica isotópica Nd-Sr para granitóides shoshoníticos e alcalinos das regiões de Lavras do Sul e Taquarém, RS. **In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA**. Curitiba, SBGEO, v. 1, p. 21-26, 2001.

GAVRONSKY, E. F. 1975. **Informações Sobre a Província Cuprífera do Rio Grande Sul**. DOCEGEO – Rio Doce Geologia e Mineração SA. Divisão Centro Oeste.

HARTMANN, L. A.; CHEMALE, JR. F.; PHILIPP, R. P. 2007. Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano. **In: Iannuzzi, R. & Frantz, J. C. (Ed.). 50 Anos de Geologia: Instituto de Geociências**. Porto Alegre, UFRGS, p. 97-123.

HARTMANN, L. A.; SCHNEIDER, J. O.; MCNAUGHTON, N. J. Detrital Zircon U-Pb Age Data, and Precambrian Provenance of the Paleozoic Guaritas Formation, Southern Brazilian Shield. *Int Geol. Rev.*, v. 50, p. 64-374, 2008.

JANIKIAN, L.; ALMEIDA, R. P.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; CORRÊA, C. R. A.; PELOSI, A. P. M. R. Evolução paleoambiental e sequências deposicionais do Grupo Bom Jardim e Formação Acampamento Velho (Supergrupo Camaquã) na porção norte da Sub-Bacia Camaquã Ocidental. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, p. 245-256, 2005.

JANIKIAN, L.; ALMEIDA, R. P.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; MARTINS, V. T. S.; DANTAS, E. L.; TOHVER, E.; MCREATH, I.; D'AGRELLA FILHO, M. S. Ages (U-Pb SHRIMP and LA-ICP-MS) and stratigraphic evolution of the Neoproterozoic volcano-sedimentary successions from the extensional Camaquã Basin, Southern Brazil. **Gondwana Research**, v. 21, p. 466-482, 2012.

JANIKIAN, L. **Sequências deposicionais e evolução paleoambiental do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho, Supergrupo Camaquã**, Rio Grande do Sul. 2004. 189 p. Tese de Doutorado, (Doutorado em Geociências), Universidade de São Paulo.

LEITE, J. A. D.; HARTMANN, L. A.; MCNAUGHTON, N.; CHEMALE JR.; F. SHRIMP U/Pb geochronology of Neoproterozoic juvenile and crustal-reworked terranes in southernmost Brazil. **International Geology Review**, v. 40, n. 8, p. 688-705, 1998.

MACHADO, N.; KOPPE, J.C.; HARTMANN, L.A. A Late Proterozoic U–Pb age for the Bossoroca Belt, Rio Grande do Sul. Brazil. **J. South Am. Earth Sci**, v. 2–3, p. 87–90, 1990.

MACHADO, R.; FRAGOSO CESAR, A. R. S. Deformações brasileiras do cinturão Dom Feliciano no Uruguai. 1987, Anais. Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 1987.

MARTINS, M. L. J.; PAIM, P. S. G.; CHEMALE JR., F.; LEHN, I. F.; SOARES, C. J.; LANA, C. C. Depositional age and provenance of the Ediacaran Maricá group, Brazil: tectonic implications on the assembly of west Gondwana. *Precambrian Research* (submetido)

NARDI, L. V. S.; BITENCOURT, M. F. A. S. Geologia, petrologia e geoquímica do Complexo Granítico de Caçapava do Sul, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 19, n. 2, p. 153-169, 1989.

NARDI, L. V. S.; LIMA, E. F. A Associação Shoshonítica de Lavras do Sul, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15, p. 139-146, 1985.

PASSOS, N. 1959. **Relatório Sobre Prospecção das Ocorrências de Cobre de Cerro dos Andradas, Primavera e Santa Bárbara no Município de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul**. Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Fomento da Produção Mineral, Ministério de Minas e Energia. Porto Alegre, RS.

PHILIPP, R. P.; PIMENTEL, M. M.; BASEI, M. A. S. The tectonic evolution of the São Gabriel Terrane, Dom Feliciano Belt, Southern Brazil: The closure of the Charrua Ocean. **Regional Geology Reviews**. Springer Nature, p. 243-265, 2018.

REMUS, M.V.D.; MCNAUGHTON, N.J.; HARTMANN, L.A.; KOPPE, J.C.; FLETCHER, I.R.; GROVES, D.I.; PINTO, V.M. Gold in the Neoproterozoic juvenile Bossoroca Volcanic Arc of southernmost Brazil: isotopic constraints on timing and sources. **J. South Am. Earth Sci.**, v.12, p. 349–366, 1999.

REMUS, M.V.D.; MACAMBIRA, M.B.; HARTMANN, L.A.; BEILFUSS, M. 2001. Crustal evolution of granitoids and gneisses from the Cambaizinho Belt, southern Brazil: review, new zircon Pb–Pb evaporation ages and Pb–Nd–Sr isotopes. **In: Proceedings of the III South American Symposium on Isotope Geology**, Pucon, Chile, CD-ROM.

REMUS, M. V. D.; HARTMANN, L. A.; MCNAUGHTON, N. J.; GROVES, D. I.; FLETCHER, I. R. The link between hydrothermal epigenetic copper mineralization and the Caçapava Granite of the Brasiliano Cycle in southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 13, n. 3, p. 191-216, 2000.

RIBEIRO, M. J. **Mapa preliminar do cobre no Escudo sul-rio-grandense: Nota Explicativa**. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1978.

RIBEIRO, M.; FANTINEL, L. M. Associações petrotectônicas do Escudo Sul-Rio-Grandense: I Tabulação e distribuição das associações petrotectônicas do Escudo do Rio Grande do Sul. **Iheringia, Série Geológica**, v.5, p. 19-54, 1978.

RIBEIRO, M.; BOCCHI, P. R.; FIGUEIREDO, F.P.M.; TESSARI, R.I. Geologia da malha de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. **Boletim do DNPM**, v. 127, p. 19-231, 1966.

RIBEIRO, M. Geologia da Folha de Bom Jardim, Rio Grande do Sul, Brasil. Rio de Janeiro, DNPM/DGM 127, p. 1-142. 1970.

REISCHL, J. L. 1985. **Ocorrência Andradas Sul**. Companhia Brasileira do Cobre Porto Alegre, RS.

SOMMER, C. A., LIMA, E. F., NARDI, L. V. S., FIGUEIREDO, A. M. G. & PIEROSAN, R. Potassic and low- and high-Ti mildly alkaline volcanism in the Neoproterozoic Ramada Plateau, Southernmost Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 18, n.3, p. 237- 254, 2005.

SAALMANN, K.; HARTMANN, L. A.; REMUS, M. V. D.; KOESTER, E.; CONCEIÇÃO, R. V. Sm–Nd isotope geochemistry of metamorphic volcano-sedimentary successions in the São Gabriel Block, southernmost Brazil: evidence for the existence of juvenile Neoproterozoic oceanic crust to the east of the Rio de la Plata craton. **Precambrian Research**, v. 136, n. 2, p. 159-175, 2005.

VEDANA, L. A.; PHILIPP, R. P.; BASEI, M. A. S. S. Tonian to early Cryogenian synorogenic basin of the São Gabriel Terrane, Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil. **International Geology Review**, v. 60, n.1, p. 109- 133, 2017.

WERNICK, E.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. 1978. As regiões de dobramentos nordeste e sudeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife. Anais. . . Recife, v. 6, p. 2493-2506.

WILDNER, W.; NARDI, L. V. S. Características geoquímicas e de posicionamento tectônico do magmatismo Neoproterozóico aflorante no Platô do Taquarembó. **Revista Brasileira Geociências**, v. 32, p. 169-184, 2002.