

POLARIZAÇÃO INDUZIDA APLICADA NO ESTUDO DE OCORRÊNCIA DE COBRE LOCALIZADA A NORDESTE DE CAÇAPAVA DO SUL (RS)

César Augusto MOREIRA ¹, Syngra Machado LOPES ², Camila SCHWEIG ²

- (1) Departamento de Geologia Aplicada, DGA, Universidade Estadual Paulista, UNESP / Campus de Rio Claro. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. Caixa Postal 178. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: moreirac@rc.unesp.br
(2) Pós-graduação em Geociências, Universidade Estadual Paulista, UNESP / Campus de Rio Claro. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. Caixa Postal 178. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereços eletrônicos: syngralopes@gmail.com; camilabarz@hotmail.com

Introdução
Localização e Histórico da Área
Geologia
Material e Métodos
Apresentação dos Resultados
Conclusões
Referências Bibliográficas

RESUMO – Trabalhos de pesquisa mineral são fundamentais para o reconhecimento e incorporação de novas reservas. Este trabalho apresenta uma análise integrada de dados geológicos e metalogenéticos, com resultados obtidos a partir da aplicação do método geofísico de Polarização Induzida, numa ocorrência mineralizada em cobre, inserida na bacia sedimentar do Camaquã, situada a nordeste da cidade de Caçapava do Sul (RS). Na área ocorrem arenitos arcoseano médio a grosseiro, intensamente silicificados e recristalizados, pertencentes à Formação Passo da Promessa. A presença de azurita e malaquita em fraturas e zonas de maior porosidade da rocha encaixante caracteriza a ocorrência mineral em superfície, localizada no cruzamento de duas famílias de falhas. Os modelos de inversão indicam o predomínio de alta cargabilidade em tufo vulcânicos, rocha de maior porosidade em relação aos andesitos e metaconglomerados também presentes na área. O forte controle estrutural da ocorrência mineral associado a valores de elevada cargabilidade em tufo vulcânicos são indícios do acesso de fluidos hidrotermais por meio de falhas, até rochas com grande porosidade, onde ocorreram disseminações de sulfetos de cobre em profundidade e carbonatos em superfície.

Palavras-chave: minério, sulfeto, falha, geofísica, modelagem.

ABSTRACT – *C.A. Moreira, S.M. Lopes, Camila Schweig - Induced polarization applied in study of copper occurrence localized an northest of Caçapava do Sul (RS).* Mineral research works are fundamentals for recognition and incorporation of new reserves. This paper present an integrated analysis of geologic and metallogenetics data, with results gotten from the application of the Induced Polarization geophysical method, in an copper ore occurrence, inserted in Camaquã sedimentary basin, situated in northeast of Caçapava do Sul city (RS). In area occur arkosean arenites average coarse, the intensely silicified and recrystallized, pertaining to Passo da Promessa Formation. The presence of azurita and malachite in breakings and high porosity zones of the host rock characterizes the mineral occurrence in surface, located in the crossing two fault families. The inversion models indicate the predominance of high chargeability in volcanics tuff, rock of high porosity in relation to the andesites and metaconglomerates gifts in the area. The strong structural control of the mineral occurrence associated the high chargeability in volcanic tuff is indications of the hydrothermal fluid access by means of faults, until rocks with great porosity, where it occurred disseminations of copper sulfides in depth and carbonates in surface.

Keywords: ore, sulfide, fault, geophysics, modeling.

INTRODUÇÃO

Desde o início da humanidade que o homem prospecta materiais de seu interesse, desde matérias líticas da idade da pedra, até os mais adequados para confecção de ferramentas e armas, até metais com o ferro e o cobre.

O cobre ocorre principalmente na forma de óxidos e sulfetos como, malaquita e azurita e a calcopirita como sulfeto duplo de ferro e cobre. Os principais tipos de depósitos são os de cobre pórfiro, depósitos de sulfeto maciço associado a rochas vulcânicas (VMS), depósito

de óxidos de Fe-Ti e Cu-U-Au-ETR depósitos em veios epitermais tipo Sado (Du Bray, 1995).

Os depósitos do tipo Cobre Pórfiro representam quase 70% das reservas mundiais deste metal, caracterizados por alterações hidrotermais que incluem biotita e feldspato potássico na área central e gradações de clorita, actinolita e epidoto no sentido das laterais, além de micas argilominerais e minerais carbonáticos (Cox et al., 1995).

A demanda crescente e a disponibilidade cada vez menor dos metais impulsionaram a criação ou aperfeiçoamento de novas técnicas de prospecção mineral. As formas atuais de prospecção mineral são: caracterização geológica, geoquímica e geofísica (Pereira, 2003).

A caracterização geológica consiste na análise em campo de exposições de rochas, ocorrências minerais, matérias de trincheira e testemunhos de sondagem. A prospecção geoquímica consiste na análise de diversos tipos de materiais como: sedimento de corrente, concentrados de batéia, solos, rochas, água de superfície e subterrânea, além de vegetação. O objetivo desta ferramenta é a detecção de áreas com enriquecimento ou empobrecimento de elementos químicos que, direta ou indiretamente indiquem a presença de concentrações minerais economicamente viáveis.

A prospecção geofísica visa essencialmente realizar medidas em propriedades físicas características dos materiais geológicos, de forma indireta por meio de instrumentos de medição. Os principais métodos são magnetometria, gravimetria, gamaespectrometria, eletromagnético aéreo e terrestre, métodos elétricos e sensoriamento remoto.

Dentre os métodos de prospecção mineral, a geofísica apresenta grandes perspectivas de aplicação devido à possibilidade de levantamentos regionais com rapidez e custos menores em relação aos métodos diretos.

Os métodos geofísicos utilizados em pesquisa mineral podem envolver aquisições aéreas como aeromagnetometria, aerogamaespectrometria, aerogravimetria, além de aquisições terrestres com gravimetria, gamaespectrometria, magnetometria, eletromagnéticos, elétricos e sensoriamento remoto.

O trabalho de White et al. (2001) apresenta estudos geofísicos por meio da aplicação dos métodos da Eletroresistividade e Polarização Induzida, num depósito de cobre e ouro pórfiro localizado em Molong (Austrália). O minério está contido em rochas vulcânicas básicas a intermediárias e vulcanoclásticas, assentadas sobre calcários e sotopostos por quartzitos, arenitos e andesitos. Na área existiu uma mina que lavrou com teor de 1,4% e ouro a 6,12g/T em depósitos supergênicos.

Estudos estruturais mostraram que o ouro e cobre ocorre em fraturas estruturalmente controlada e veios de quartzo com de duas a três séries de direções de fraturas. A aquisição de dados consistiu num arranjo multieletrodo polo-dipolo para processamento 3D. Os

resultados permitiram a caracterização de zonas de alta cargabilidade concomitantes a zonas de baixa resistividade, associadas a concentrações minerais provadas por meio de furos de sondagem. Valores de IP de 35mV/V foram obtidos em zonas com 1,67g/T de ouro e 0,72% de cobre.

Por meio da aplicação integrada dos métodos geofísicos de gravimetria, magnetometria, eletroresistividade e polarização induzida, Locke et al. (1999) estudam um depósito de sulfetos do tipo epitermal, localizado em Puhipuhi (Nova Zelândia). A área de estudos consiste num antigo sistema geotermal, com mineralizações em mercúrio, ouro e prata, atribuídos a sistema epitermal de baixa sulfetação, encaixados em arenitos carbonosos e siltitos, falhados preferencialmente na direção N/S.

Os resultados de gravimetria indicaram zonas de baixa densidade associadas a rochas do embasamento alçadas, em cujo contato ocorre mineralizações. Os dados de IP e resistividade indicaram zonas de intensa silicificação, confirmadas por testemunhos de sondagem, enquanto que os dados magnéticos permitiram a delimitação de intrusivas básicas possivelmente associadas ao evento de mineralização regional.

O trabalho de Moreira & Ilha (2011) descreve os resultados de aplicação dos métodos da Eletroresistividade e da Polarização Induzida no estudo de ocorrência de cobre localizada em arenitos do Grupo Maricá, bacia sedimentar do Camaquã. Os autores propõe o uso da disposição azimutal de linhas de caminhamento elétricos, com centro do arranjo posicionado sobre a ocorrência mineral aflorante. Os resultados sugerem a continuidade da mineralização em profundidade, caracterizada por baixos valores de resistividade e elevada cargabilidade. A existência de uma zona com resistividade bastante elevada ao redor da área mineralizada, é interpretada como a fase final de cristalização de fluidos hidrotermais responsáveis pela gênese da ocorrência mineral, com zona central enriquecida em óxidos e sulfetos de cobre, zona intermediária enriquecida em carbonatos de cobre e zona exterior rica em quartzo.

O presente trabalho apresenta e discute os resultados de aplicação do método geofísico de Polarização Induzida numa área de ocorrência mineral, constituída por sulfetos de Ferro e Cobre alojados em rochas vulcanoclásticas e vulcanossedimentares, depositadas na bacia sedimentar do Camaquã, região de Caçapava do Sul (RS).

LOCALIZAÇÃO E HISTÓRICO DA ÁREA

A área de estudos está localizada a 12 km da sede do município de Caçapava do Sul (RS), distante 259 km

de Porto Alegre pela BR 290. A área fica distante cerca de 12 km a SW do cruzamento das rodovias BR

290 e BR 392. As coordenadas do centro da área de estudos são $30^{\circ} 25' 17''$ S e $53^{\circ} 31' 57''$ O, a partir da qual foi posicionado o arranjo para aquisição de dados geofísicos. (Figura 1).

Caçapava do Sul está localizada no centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul, com população de cerca de 32.000 habitantes e economia baseada no setor primário, na pecuária, agricultura e mineração. A micro região de Caçapava do Sul é historicamente conhecida por atividades mineiras que remontam o século XIX, principalmente de Cobre e Ouro até a década de 1990 (Ronchi & Lobato, 2000).

Neste período ocorreu uma queda significativa nos preços dos metais no mercado mundial, que culminou com o fechamento de diversas minas, entre elas as minas de Camaquã, que lavrou cobre por mais de 70 anos. Atualmente a atividade mineira é restrita a lavra de calcário.

A área de estudos consiste numa ocorrência cuprífera denominada Colônia Santa Bárbara, descrita por

Bocchi (1965), e prospectada pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), durante o período de 1966, sob a orientação do geólogo Mauricio Ribeiro.

Os minerais indicadores de mineralização são barita, quartzo e calcita nas juntas e zona brechada, que em superfície dão lugar a siderita. A concentração de cobre, entretanto, é mínima (Bocchi, 1965). O cobre visível em superfície, possivelmente resultou de uma concentração supergênica, com minerais de superfície representados por malaquita e calcosina secundária em níveis horizontalizados na parte superior do solo.

Os trabalhos de prospecção foram iniciados pela abertura de três trincheiras, com amostragem do tipo canal de metro em metro durante dez metros. As análises mostraram que o teor em cobre da amostra mais rica não atingia a 1%. Para testar o resultado da trincheira em profundidade, foram feitos dois furos de sondagem perpendicularmente a estrutura, que revelaram a presença de zonas cloritizadas e níveis sulfetados em pirita.

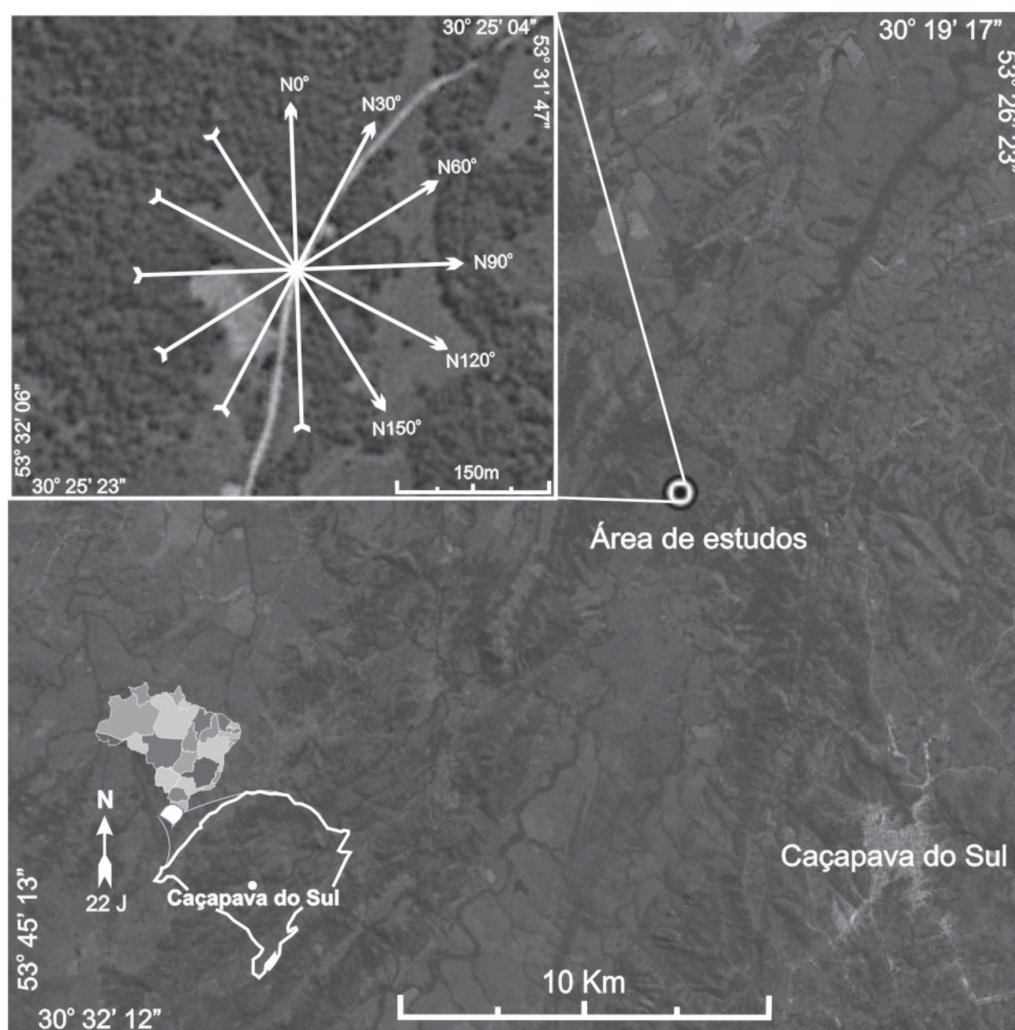


FIGURA 1. Localização da área de estudos, com detalhe para a disposição das linhas de aquisição.

GEOLOGIA

A região de estudos está inserida na Bacia do Camaquã, está localizada sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense, compreendendo um intervalo temporal de 450-620 Ma (Paim et al., 2000). Esta bacia pode ser definida como a superposição de diferentes bacias individualizáveis tectônica, geocronológica e termodinamicamente e sua evolução é relacionada com as fases finais do arrefecimento tectônico da Orogenia Brasileira (Paim et al., 2000; Chemale Jr., 2000).

Esta bacia é caracterizada como de grande aporte sedimentar e subsidência, com espessos pacotes sedimentares e vulcanossedimentares intercalados por intervalos marcadamente erosionais. Estes pacotes, siliciclásticos, são intercalados por grandes pacotes vulcânicos, principalmente na base das unidades de maior hierarquia. A bacia é fortemente afetada por eventos deformacionais geradores de um padrão de preenchimento complexo (Kazmierczak, 2006).

Na área de estudos ocorrem litotipos pertencentes ao Complexo Metamórfico Vacacaí, seqüências vulcânica e vulcanoclástica do Grupo Bom Jardim, representadas pela Formação Hilário.

O Complexo Metamórfico Vacacaí reúne as unidades vulcanossedimentar e unidade metavulcânica, e constitui o embasamento da bacia sedimentar. O metamorfismo regional que afetou as rochas desta associação é de baixo grau, com rochas de grau metamórfico mais elevado apenas nas proximidades das intrusões graníticas, onde ocorre paragênese mineral de fácies hornblenda cornubianitos (Ribeiro, 1970). Foi definida uma zonação para o metamorfismo regional, que varia da zona da clorita, amplamente dominante, até a zona da estauroлита (Ribeiro & Fantinel, 1978).

A unidade metavulcanossedimentar é constituída predominantemente por rochas pelíticas com ocorrências subordinadas de estreitos níveis arenosos e esporadicamente de rochas ortoderivadas.

As rochas metapelíticas apresentam coloração cinza-escuro e cinza esverdeado mostrado em alguns afloramentos, um bandamento milimétrico dado pela alternância de bandas claras e escuras. As rochas carbonáticas, associadas à litologias metapelíticas estão representadas por lentes de mármore, de granulometria fina a média, constituídas basicamente de carbonatos, com presença de talco e clorita, esta de ocorrência intersticial ao longo dos contatos entre os grãos de carbonatos. Em algumas amostras ocorrem cristais de tremolita.

As rochas metavulcânicas são predominantemente constituídas de rochas tufáceas e, subordinadamente, vulcânicas, às quais se associam a litologias epiclásticas. Os litotipos metavulcanoclasticos, em função da

variação da granulometria dos fragmentos constituintes, são classificados em tufos, tufos lapilíticos, tufos a pó, derrames e depósitos epiclásticos.

O Grupo Bom Jardim esta inserido na bacia sedimentar do Camaquã e representa um evento vulcânico que superpõe às rochas siliciclásticas do Grupo Maricá. A Formação Hilário pertence a este Grupo e engloba um extenso vulcanismo andesítico como derrames, tufos e brechas conglomerados vulcanismos, fluxos de lama, greywacke, diques rochas máficas intrusivas e localmente, rochas dacíticas no topo da seqüência (Porcher & Lopes, 2000).

A Formação Hilário agrupa todos os depósitos de natureza vulcânica sejam eles derrames, rochas subvulcânicas ou vulcanoclásticas, estas tanto de natureza piroclásticas como epiclásticas relacionadas ao magmatismo intermediário a básico de afinidade shoshonítica (Nardi & Lima, 1985) de idade Neoproterozóica (~592 Ma) que repousam em discordância angular sobre Grupo Maricá e rochas do escudo Sul-rio-grandense.

Os andesitos ocorrem como derrames e diques, com cor cinza-escuro e cinza-esverdeado por vezes bordô ou cinza-avermelhado textura porfirítica caracterizada pela presença de fenocristais de feldspato, hornblenda e quartzo imersos em matriz afanítica ou microcristalina e localmente podem exibir finos veios compostos por barita, malaquita e carbonatos.

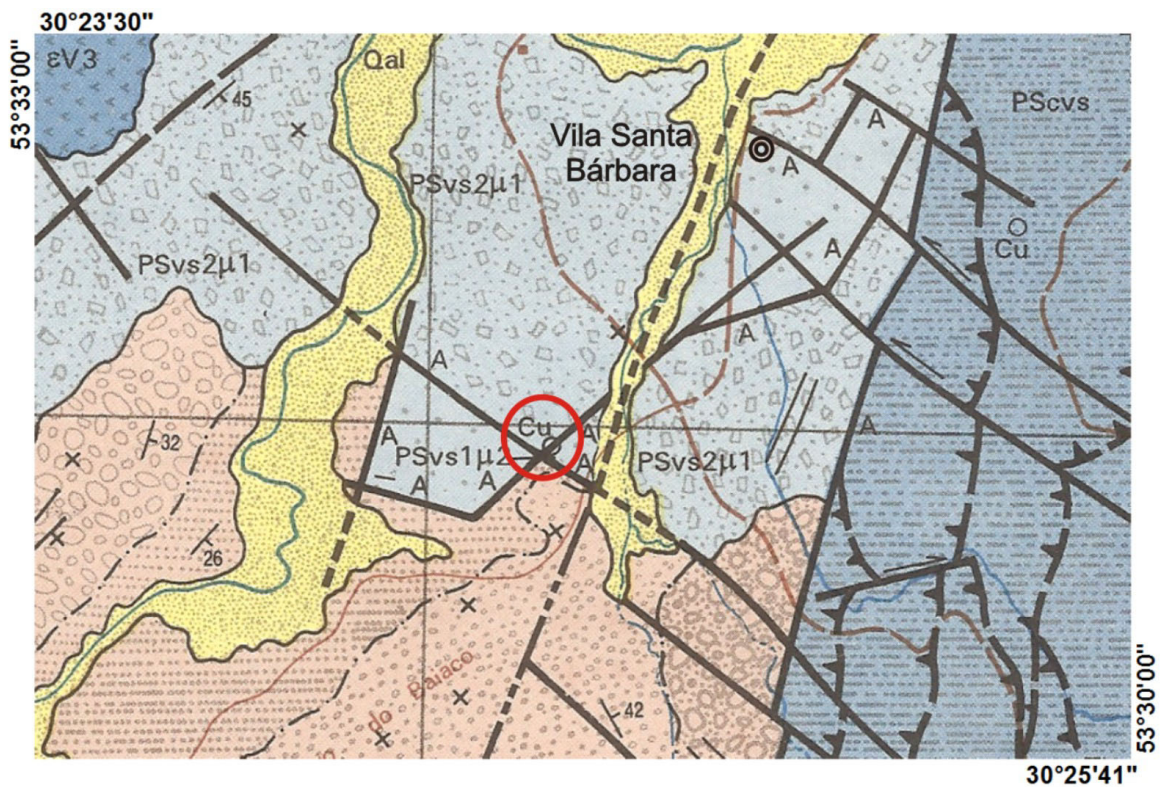
Os basaltos que ocorrem sob a forma de derrames ou diques são cinza-escuro e pretos apresentam textura porfirítica com fenocristais de piroxênio (augita) e plagioclásio imersos a uma matriz de granulação fina.

Na área de estudos ocorrem metarenitos e metaconglomerados pertencentes ao complexo Metamórfico Vacacaí e andesitos e tufos vulcânicos pertencentes à Formação Hilário (Figura 2).

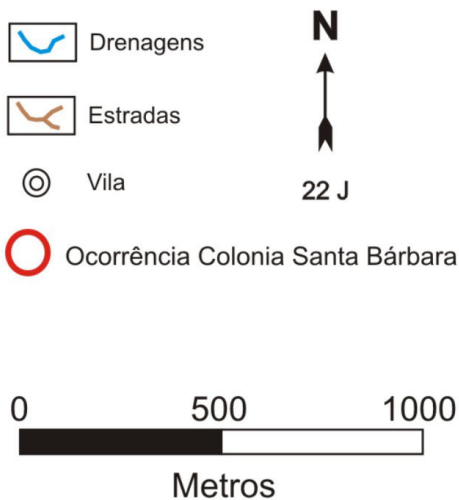
As exposições de tufos vulcânicos são caracterizadas por alteração acentuada, vermelho escuro, disposto em fragmentos arredondados em matriz fina constituída por cinza vulcânica, com ocorrências pontuais de malaquita. Esta rocha está presente nas porções mais elevadas do terreno.

O andesito ocorre bastante alterado, com coloração esbranquiçada, fortemente fraturado e rico em veios de quartzo, carbonatos e barita. Na área ocorrem manchas esverdeadas, associadas à presença de malaquita e manchas de carbonatos.

O metaconglomerado é o metassedimento predominante, com ocorrências localizadas de arenitos conglomeráticos avermelhados. Os fragmentos conglomeráticos são arredondados e constituídos por seixos de quartzo e fragmentos provenientes de rochas graníticas.



Convenções Cartográficas



Convenções Geológicas

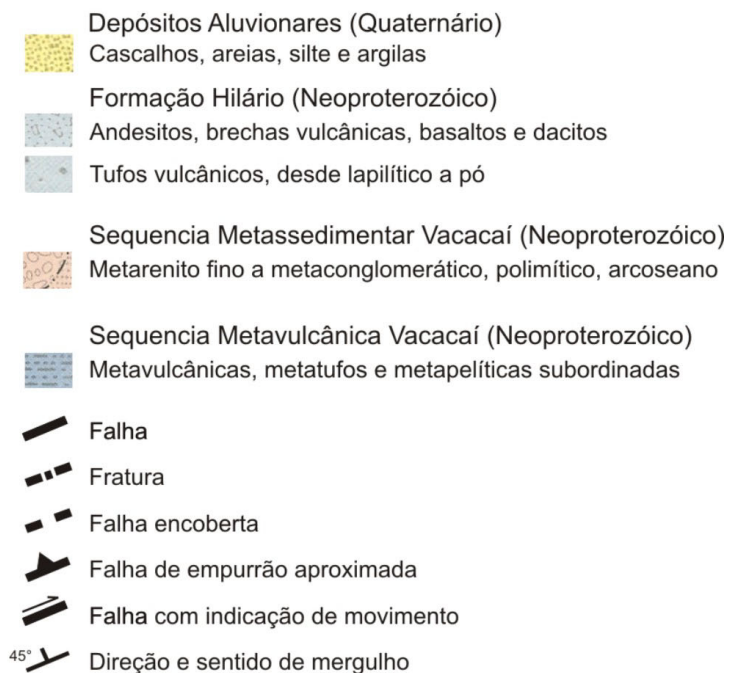


FIGURA 2. Mapa geológico da área de estudos (Adaptado de Porcher, 1995).

O trabalho de Schweig (2010) apresenta um estudo geofísico e estrutural na área estudada. Os resultados sugerem que a mineralização possui um forte controle estrutural, devido à localização da ocorrência no

cruzamento de planos de falha ortogonais, com direção N50° e N150°, além do posicionamento do tufo vulcânico e andesito como blocos soerguidos por falhas em relação ao metaconglomerado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho utiliza a técnica de caminhamento elétrico em arranjo Wenner-Schlumberger, com espaçamento entre os eletrodos de 15 m. Por meio do arranjo serão realizadas leituras de resistividade elétrica e cargabilidade em 10 níveis de profundidade.

Foram realizadas seis linhas de caminhamento elétrico com 380 m de comprimento cada linha, num total de 2880 m de aquisição. As linhas serão dispostas em superfície de forma azimutal, com ponto central das linhas fixado sobre a ocorrência mineral, espaçadas num ângulo de 30° (Figura 1).

O equipamento utilizado foi o resistímetro Syscal Pro, fabricado pela Iris (França), com resolução de 1 μ V, 250W de potencia, corrente máxima de transmissão de 2,5A, que permite leituras de cargabilidade em termos de mV/V. Este equipamento é calibrado para medidas de resistividade e cargabilidade por meio de ciclos periódicos de corrente elétrica alternada e de baixa frequência, procedimento que permite a filtragem de ruídos do sinal adquirido.

O equipamento foi calibrado com as seguintes

configurações para aquisição para leituras de cargabilidade: 200 V de tensão, tempo de leitura de 2000 m e janela única de leitura de 160 m.

Os dados interpretados foram processados no *software* RES2DINV, apresentados sob a forma de seções distância x profundidade. Este programa é projetado para inverter grandes conjuntos de dados, o modelo 2D usado pelo programa de inversão consiste em uma série de blocos retangulares, a disposição dos blocos é ligado à distribuição dos pontos dos dados na pseudosseção. A distribuição e tamanho dos blocos são gerados automaticamente pelo programa conforme a distribuição dos pontos de dados.

A modelagem 3D utilizou os dados previamente modelados em 2D, por meio do programa Oasis Montaj desenvolvido pela Geosoft. Este programa permite o processamento de um grande volume de dados espaciais. Permite ainda efetuar tarefas de processamentos complexos como: interpolação de dados, edição de mapas, edição e integração de dados de diversas naturezas.

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados são apresentados sob a forma de modelo de inversão em termos de cargabilidade elétrica (Figura 3).

O modelo de cargabilidade para a linha N0° apresenta um grande contraste entre a porção inicial, com valores entre 3,7mV/V e 16mV/V, e a porção final, com valores entre 3,7mV/V e 0,40mV/V. O intervalo de baixa resistividade descrito no final desta seção é caracterizado por elevados valores de cargabilidade.

O modelo de cargabilidade apresenta valores medianos e pouco variáveis em praticamente toda a linha N30°, entre 7,8mV/V a 34,5mV. Entre 60 m e 195 m predominam valores entre 3,7mV/V a 16mV/V, sucedido por valores entre 16mV/V e 34mV/V entre 0 m e 60 m e entre 195 m a 345 m. O intervalo entre 120 m e 135 m apresenta uma faixa vertical de baixa cargabilidade, aparentemente não relacionado com variações de resistividade. Em campo foi possível constatar que esta linha cruza tufos vulcânicos entre 0 m e 165 m, sucedida por metaconglomerados até o final.

A seção de cargabilidade apresenta um grande contraste de valores no caso da linha N60°, que variam de 0,4mV/V a 72,5mV/V. O intervalo entre 0 m a 160 m predominam valores de cargabilidade em torno de 25mV/V, com formato de um triângulo invertido. O intervalo entre 160 m e o final da seção é marcado por baixos valores de cargabilidade em profundidade.

Os valores de cargabilidade para a linha N120°

decrece de acordo com a profundidade, com as camadas mais superficiais apresentam valores de aproximadamente 16,4mV/V, que decrescem para valores de 1,8mV/V na base da seção.

Os resultados das medidas de cargabilidade para a linha N150° também decrescem de acordo com a profundidade, pois as camadas mais superficiais apresentam valores de aproximadamente 16,4mV/V e a camada mais profunda detectada nesta seção apresenta valores de cargabilidade extremamente baixos, em torno de 1,8mV/V.

Os dados modelados para cada linha foram georreferenciados e reunidos em uma única planilha para geração de modelos tridimensionais, apresentados em escalas de cores, onde elevados valores são apresentados em cores quentes (tons de rosa), enquanto que baixos valores são apresentados em cores frias (tons de azul). A escala de valores é a mesma adotada para os modelos de inversão (Figura 4).

A escala de valores corresponde ao adotado para os modelos de inversão 2D. Os blocos 3D apresentam um ângulo de visão próximo a N40°, rotacionados para uma visão em perspectiva aérea e de subsuperfície. Esta ângulo de visão revela claramente a ocorrência de altos valores entre o azimute N30° e N90°, com máximos em torno de 72,5mV/V, predominante no início das linhas N30°, N60° e N90°, ou seja, na porção SW da área de estudos (Figura 4).

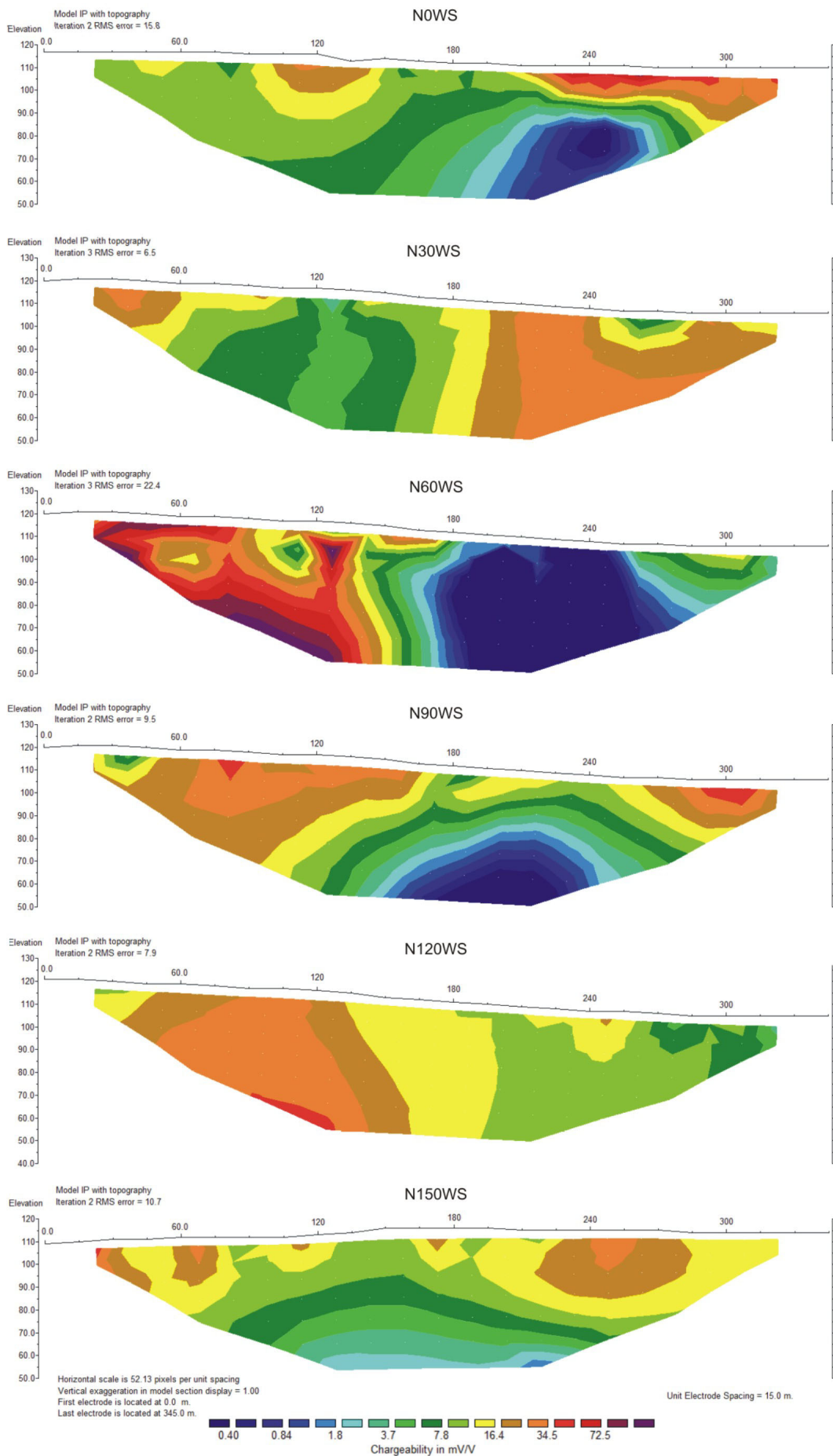


FIGURA 3. Modelos de inversão de cargaabilidade, com exagero vertical de 1x.

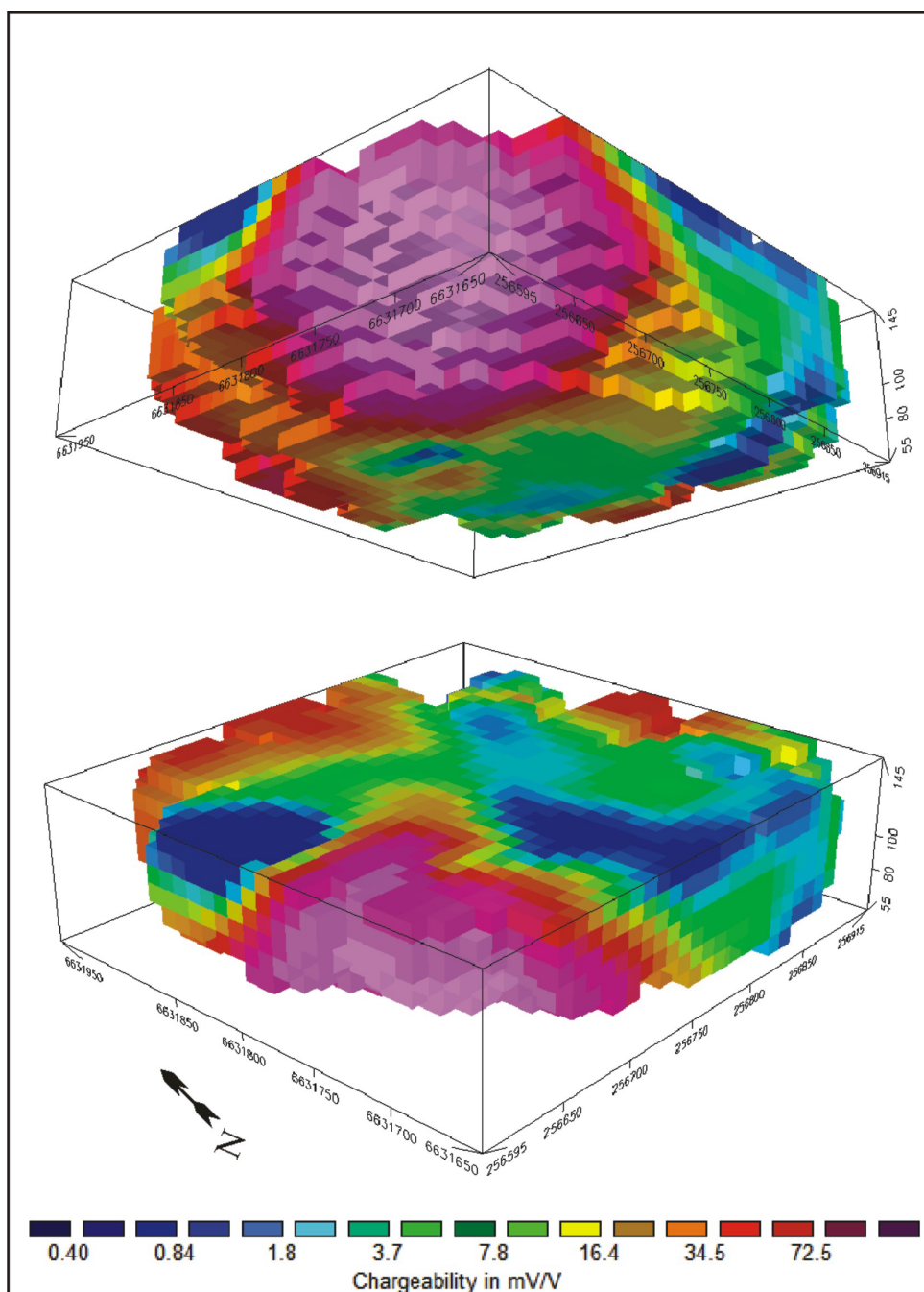


FIGURA 4. Modelo 3D em termos de cargabilidade.

Esta região é representada por tufos a pó e tufos lapilítico que constituem as porções mais elevadas do terreno, localmente caracterizados por coloração vermelha a rosa escuro, com matriz de granulometria areia média e fragmentos centimétricos de clastos vulcânicos. Algumas exposições apresentam impregnações de carbonatos de cobre, com destaque para malaquita.

Os dados revelam um contraste de valores entre os principais litotipos da área, ou seja, baixos valores de cargabilidade para metaconglomerados e andesitos e altos valores para os tufos vulcânicos.

A ocorrência mineral mapeada ocorre no cruzamento de dois sistemas de falhas no mapa geológico de maior detalhe disponível para a área, que sugere um depósito mineral estruturalmente controlado. Contudo, o predomínio de elevados valores de cargabilidade na área de ocorrência de tufos vulcânicos pode sugerir a presença de um depósito sulfetado de origem hidrotermal basicamente formado pelo preenchimento de poros, com minério em fraturas de forma subordinada.

O sistema de falhamentos provavelmente foi utilizado como caminho preferencial para o fluxo de

fluidos hidrotermais de origem magmática, segundo estudos de mineralizações semelhantes no contexto da bacia sedimentar do Camaquã As principais hipóteses genéticas para as mineralizações em cobre na referida bacia compreendem o modelo hidrotermal filoniano de origem magmática, depósito do tipo cobre pórfiro e o modelo sedimentar singenético (Costa Filho, 1994; Bettencourt, 1972; Beckel, 1990; Santos & Chaban, 1978; Altamirano, 1981; Licht, 1980).

O modelo de cobre pórfiro da mina do Camaquã apresenta uma gênese do minério sulfetado filoniano com uma origem hidrotermal magmática, com minério

presente em fraturas e filões de até um metro de espessura, os quais produziram alterações nas rochas encaixantes como silicificação e argilizações, além de disseminações (Costa Filho, 1994).

No caso da ocorrência mineral estudada, o acesso destes fluidos à litotipos com alta porosidade e com condições favoráveis de cimentação possibilitou a gênese de sulfetos disseminados predominantemente nos tufos vulcânicos. O andesito e o metaconglomerado são rochas com porosidade muito baixa, ou seja, eventuais mineralizações podem ocorrer somente em zonas de fratura.

CONCLUSÕES

O método de Polarização Induzida integrado aos principais litotipos descritos para a área, aliado ao modelo metalogenético atualmente aceito para gênese de depósitos de cobre sulfetado estudados na região da bacia sedimentar do Camaquã, possibilitaram a localização de uma área aparentemente promissora para a prospecção de sulfetos disseminados.

Diversos trabalhos de aplicação dos métodos geofísicos da Eletroresistividade e Polarização Induzida em áreas acumulações de sulfeto indicam a coincidência entre mineralizações hidrotermais, baixos valores de resistividade e altos valores de cargabilidade.

O arranjo Wenner-Schlumberger apresentou resultados satisfatórios devido à possibilidade de correlações entre os parâmetros físicos cargabilidade e resistividade, com os principais litotipos e mineralizações presentes na área. A disposição radial das linhas em superfície possibilitou a geração de modelos 3D, que permitem a análise integrada do parâmetro físico medido em diversas posições, além da compre-

ensão espacial do corpo de minério.

Este estudo demonstra que uma interpretação adequada de dados geofísicos obtidos em prospecção mineral exige conhecimentos mínimos acerca dos principais modelos genéticos da mineralização.

Dentre os diversos tipos de modelos genéticos para cobre sulfeto, o tipo cobre pórfiro aparentemente é o mais indicado para a classificação da ocorrência mineral estudada, conforme sugerem os dados disponíveis e os dados obtidos neste trabalho, aliado ao conhecimento obtido em diversas mineralizações estudadas na região, com destaque para os depósitos das minas do Camaquã.

Neste sentido, o reconhecimento de feições que caracterizem depósitos minerais e, que ao mesmo tempo, sejam detectáveis por meio de métodos geofísicos e contrastantes com as rochas encaixantes, também são fundamentais em geofísica de exploração mineral. No caso da área estudada, tais feições são representadas basicamente sulfetos disseminados no litotipo de maior porosidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALTAMIRANO, J.A.F. **Contribuição à gênese das ocorrências cupríferas estratiformes do Cerro dos Martins, RS**. Porto Alegre, 1981. 172 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
2. BETTENCOURT, J.S. **A Mina de cobre de Camaquã, Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1972. 342 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
3. BECKEL, J. **Metalogênia Del Cu, Pt y Zn em La Cuenca de Camaquã durante el Ciclo Orogênico Brasileiro, Rio Grande do Sul (Brasil)**. Espanha, 1990. 275 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de Salamanca.
4. BOCCHI, P.R. Relatório da Ocorrência Cuprífera de Colônia de Santa Barbara. Brasil. **Divisão de Fomento a Produção Mineral**, 76 p., 1965.
5. CHEMALE JÚNIOR, R.F. Evolução geológica do escudo Sul-Rio-Grandense. In: M. HOLZ & L.F. De ROS (Eds.), **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Editora UFGRS, 522 p., 2000.
6. COSTA FILHO, J.H. Prospecção das minas de cobre de Camaquã, Rio Grande do Sul. DNPM. Ministério da Agricultura. **Boletim**, n. 59, p. 13-94, 1994.
7. COX, L.J.; CHAFFEE, M.A.; COX, D.P.; KLEIN, D.P. Porphyry Cu Deposits. In: Du BRAY, E.A., **Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposits models**. USGS Open-File Report 95-831, USGS, Colorado, p. 75-89, 1995.
8. Du BRAY, E.A. Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposits models. **U.S. Geological Survey**, Denver, Open-file report 95-831, 1995.
9. KAZMIERCZAK, T.S. **Mapeamento da Bacia do Camaquã com a utilização de dados geofísicos, geologia e sensoriamento remoto**. Porto Alegre, 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

10. LICHT, O.A.B. A descoberta da Jazida Santa Maria (Zn, Cu, Pb), Rio Grande do Sul - um caso histórico de prospecção geoquímica. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE GEOQUIMICA, 1, 1980, Camboriú, SC. **Anais...** Camboriú, 1980, v. 1, p. 141.
11. LOCKE, C.A.; JOHNSON S.A.; CASSIDY J.; MAUK, J. Geophysical exploration of the Puhupuhi epithermal area. Northland: **New Zealand Journal of Geochemical Exploration**, v. 65, p. 91-109, 1999.
12. MOREIRA, C.A. & ILHA, L.M. Prospecção geofísica em ocorrência de cobre localizada na bacia sedimentar do Camaquã (RS). **Revista da Escola de Minas – REM**, v. 64, n. 3, p. 309-315, 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rem/v64n3/a08.pdf>. Acessado em 3jul2012.
13. NARDI, L.V.S. & LIMA, E.F. A Associação Shoshonítica de Lavras do Sul, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15, n. 2, p. 139-146, 1985.
14. PAIM, P.S.G.; CHEMALE JUNIOR, F.; LOPES, R.C. A Bacia do Camaquã. In: M. HOLZ & L.F. De ROS (Eds.), **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Editora UFRGS, 522 p., 2000.
15. PEREIRA, R.M. **Fundamentos de Prospecção Mineral**. Editora Interciência, 167 p., 2003.
16. PORCHER, C.A. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Folha Passo do Salsinho, Folha SH.22-Y-A-I-4. Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:50.000. Brasília: CPRM, 358 p., 1995.
17. PORCHER, C.A. & LOPES, R.C. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Folha Cachoeira, Folha SH.22-Y-A. Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:250.000. Brasília, CPRM, 117 p., 2000.
18. RIBEIRO, M. Geologia da Folha de Bom Jardim, Rio Grande do Sul, Brasil. Rio de Janeiro: DNPM, **Boletim** 2, 1970.
19. RIBEIRO, M. & FANTINEL, L.M.A. 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.
20. RONCHI, H.L. & LOBATO, C.O. **Minas do Camaquã**. Editora Unisinos, p. 34, 2000.
21. SANTOS, J.F. & CHABAM, N. Concentrações de cobre sedimentar do tipo red-bed em Caçapava do Sul (RS). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v. 6, p. 2562-2575.
22. SCHWEIG, C. **Caracterização geolétrica da ocorrência de Cobre Colônia de Santa Bárbara, Município de Caçapava do Sul (RS)**. Caçapava do Sul, 2010. 77 p. Monografia (Graduação em Geofísica) – Universidade Federal do Pampa.
23. WHITE, S.R.M.S.; COLLINS R.; DENNE, R.; HEE, R.; BROWN, P. A new survey design for 3D IP inversion modelling at Copper Hill. **Exploration Geophysics**, v. 32, p. 152-155, 2001.

*Manuscrito Recebido em: 1 de fevereiro de 2012
Revisado e Aceito em: 11 de agosto de 2012*