



# Aquisição Magnetométrica na Caracterização de Feições Geológicas e Estruturais da Ocorrência de Cobre de Capão Grande, Município de Caçapava do Sul, RS

Fernanda Garcia<sup>1\*</sup>, Maura Motta Silveira<sup>1</sup> e Maximilian Fries<sup>2</sup>.

<sup>1\*</sup>Geofísica da Universidade Federal do Pampa, Centro de Ciências Exatas e da Terra – Campus Caçapava do Sul

<sup>2</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal do Pampa, Centro de Ciências Exatas e da Terra – Campus Caçapava do Sul

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

## Abstract

A geophysical study is performed to determine and delineate copper mineralizations at the surface/subsurface in the Maricá Formation near Caçapava do Sul city, Rio Grande do Sul State, Brazil. The magnetometric method was applied with the main objective to identify the main structures related to copper mineralizations that occur in metasedimentary rocks from Maricá formation. Magnetometric anomaly maps and 2<sup>1/2</sup> D modeling allowed a correlation with the known rocks in the area and also identify contrast variations laterally and in depth. The anomalies are correlated with the locally ore occurrences in the area with a NE trend coincident with the locally observed structures in the study and ore concentrations in different investigation levels. Association with another geophysical methods is important to confirm and improve proposed models and also the structures correlated with Cu concentrations for the region. The magnetometry acquisition in detail scale, associated with processing and modeling is a valuable tool, efficient, low cost and effective in the detection, determination, characterization and geometry analysis of copper accumulation.

## Introdução e Objetivos

Um levantamento magnetométrico terrestre, em escala de detalhe, proporciona informações necessárias para formular hipóteses, criar, confirmar e refinar modelos propostos buscando, desta maneira, a localização de eventuais estruturas, as quais podem contribuir para a determinação dos processos evolutivos que ocorreram na área de estudo. O presente estudo visa um melhor entendimento das mineralizações associadas às feições estruturais da Formação Maricá que ocorrem a oeste do Escudo Sul-Riograndense. Para tal estudo, usou-se o método geofísico da magnetometria terrestre, que associado a informações geológico-estruturais, fornece subsídios para o refinamento de modelos de gênese,

concentração e formação das mineralizações na área. As principais etapas de desenvolvimento deste estudo são:

- Levantamento bibliográfico, digitalização e geração de mapas;
- Levantamento magnetométrico terrestre;
- Processamento dos dados (geração de um *grid*);
- Mapa de isovalores com os valores magnetométricos de campo total.

Sendo os principais objetivos específicos:

- Determinação das anomalias e sua correlação com as litologias, lineamentos e estruturas na área.
- Identificação e análise das anomalias associadas às rochas mineralizadas em superfície e subsuperfície;
- Correlação das anomalias magnetométricas com as características geológicas;
- Elaboração um modelo 2D<sup>1/2</sup> ao longo de perfis pré-determinados;
- Determinação dos limites de profundidade e dos contatos litológicos (mineralização/rocha).

## Localização da Área

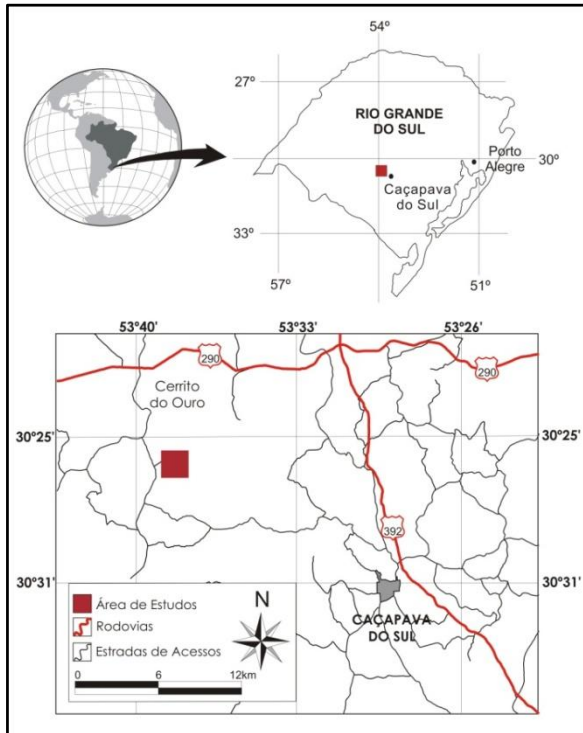
A área de estudo localiza-se na região centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul, sendo compreendida pela folha topográfica (escala 1:50.000) Passo do Salsinho, no extremo sul do Brasil, próxima ao município de Caçapava do Sul (Figura 1). Dista aproximadamente 260km de Porto Alegre e situa-se entre os municípios de São Sepé, São Gabriel e Vila Nova. Tendo seu acesso pelas rodovias federais BR-290 e BR-392.

## Contexto Geológico Regional e Local

No contexto geológico regional (Figura 2) a área é representada pelas rochas do embasamento, rochas vulcano-sedimentares da Bacia do Camaquã e o Complexo Granítico de Lavras do Sul. Para o embasamento é importante citar o Setor Meridional da Província Mantiqueira no Rio Grande do Sul, que é denominado de Escudo Sul-Riograndense (ESRG) e corresponde a um conjunto de terrenos geotectônicos distintos, de acordo Chemale Jr (2000):

- Bloco Taquarembó, composto pelo Complexo Granulítico Santa Maria Chico e rochas brasileiras.
- Cinturão Vila Nova, compreendido pelos Terrenos Metamórficos de Acréscimo Palma (Complexo Cambaí, Supercomplexo Vacacaí), Associação Vulcano-Sedimentar Seival (Alosupergrupo Camaquã), rochas da

Suíte Intrusiva Lavras do Sul, Complexos São Sepé, Ramada, Cerro da Cria, Jaguari e Caçapava, Cinturão Tijucas, formado pelo Complexo Encantadas, Complexo Metamórfico Porongos e rochas sedimentares siliciclásticas.



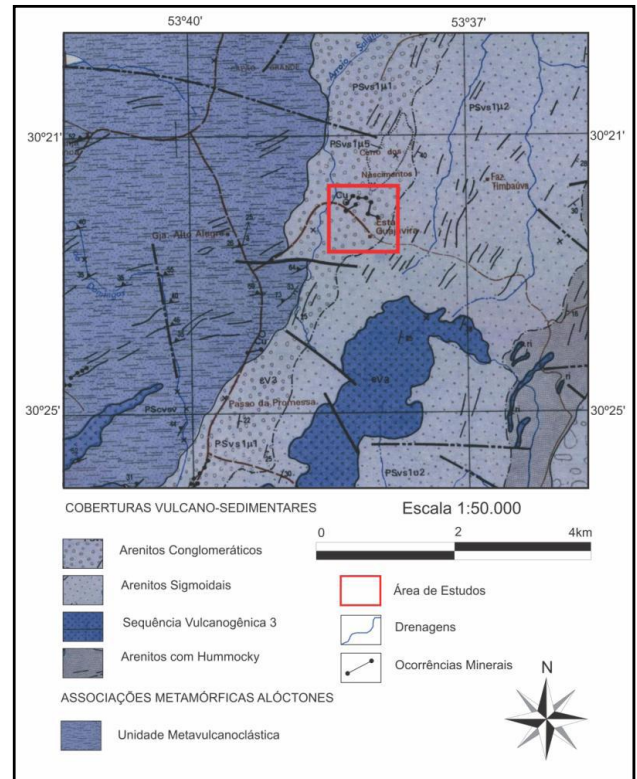
**Figura 1** Mapa de localização da área de estudo, principais cidades, rodovias e estradas de acesso.

- Cinturão Dom Feliciano, constituído por Embasamentos (Complexos Metamórfico Várzea do Capivarita, Arroio dos Ratos e Anortosito Capivarita), Suíte Intrusiva Pinheiro Machado, Suítes Intrusivas Erval, Viamão, Encruzilhada do Sul, Suítes Graníticas Cordilheiras e Dom Feliciano.

As rochas da Bacia do Camaquã encontram-se sobre os blocos tectônicos do ESRG e representa um conjunto de sub-bacias as quais preservam parte do registro vulcano-sedimentares (Paim *et al.*, 2000) e também conseqüentes da fase de transição da Plataforma Sul Americana segundo Almeida (1969). Estratigraficamente a seqüência de preenchimento da BC foi denominada de Alosupergrupo Camaquã e subdividida em cinco alogrupos: Maricá, Bom Jardim, Cerro do Bugio, Santa Bárbara e Guaritas, separados entre si por discordâncias angulares. Os alogrupos Cerro do Bugio, Santa Bárbara e Guaritas foram divididos em aloformações, limitadas por discordâncias erosivas. A atividade magmática estaria representada por rochas vulcânicas e vulcanoclásticas de composição básica a ácida, que ocorrem nos Alogrupos Bom Jardim, Cerro do Bugio e Guaritas, e por manifestações plutônicas representadas por complexos graníticos.

No contexto geológico local, afloram, na região que circunda o platô da Ramada, ao sul da cidade de Vila

Nova, estendendo-se até Lavras do Sul; a região a sudeste de Lavras do Sul, onde abrange parte do curso do rio Camaquã; e uma faixa alongada que se estende desde o entroncamento da BR-290 com a BR-392, ao norte de Caçapava do Sul, até o arroio Pessegueiro, a oeste da Serra de Santa Bárbara. Ocorrências isoladas são encontradas a nordeste da cidade de Caçapava do Sul e a sudoeste de São Sepé.



**Figura 2** Contexto geológico da região, e a área de estudos (vermelho). Modificado de CPRM (1995).

As rochas que compõem esta unidade são de cor castanha a avermelhadas, eventualmente acinzentadas, com granulação variando de grossa a fina, podendo ainda ser conglomeráticos, com seixos de granitos, quartzo, gnaiss, rochas metamórficas e sedimentares (Porcher, 2000). A composição petrográfica, na base de grãos de feldspatos, quartzo e fragmentos de rochas metamórficas, sendo classificadas em sua maioria como arcóseos e subarcóseos, podendo atingir a classe de arcóseos líticos e litarenitos feldspáticos.

As camadas exibem geometria lenticular a lenticular alongada e, quando camadas de arenitos finos a muito finos estão associadas a camadas de pelitos, a geometria é tabular. As estruturas sedimentares presentes são estratificações cruzadas acanaladas, cruzadas tabulares, laminação plano-paralela, cruzada cavalgante, hummocky, ondulada e acamadamento gradacional normal, indicativas dos diferentes processos e sistemas deposicionais que formaram estes depósitos sedimentares (Borba *et al.* 2004 e Borba *et al.* 2006).

Quanto à ocorrência de rochas vulcânicas intercaladas nesta formação, as quais caracterizariam a presença de

um vulcanismo síncrono com a deposição dos sedimentos, revelaram que as camadas sedimentares junto ou próximas a intercalações de camadas de riolito, apresentam metamorfismo térmico tanto acima quanto abaixo destas, e que os riolitos encontram-se tanto encaixados concordante mente com o acamada mento quanto cortando a estrutura local das rochas sedimentares (Porcher, 2000). Dessa forma, as rochas vulcânicas intercaladas na Formação Maricá são interpretadas como intrusivas e relacionadas ao magmatismo Acampamento Velho.

A Formação Maricá encontra-se afetada por um evento tectônico compressivo, responsável pela formação de dobras, falhas inversas de alto e baixo ângulo, com geração de drags e deslocamentos interestrais, dobras em bainha de pequeno porte junto a alguns planos de falha de baixo ângulo levando à interpretação da ocorrência de duplicação de camadas (Pelosi & Fragoso-César, 2003).

Os mergulhos das camadas são variáveis, podendo atingir desde 18° em áreas pouco perturbadas ou próximas ao eixo das dobras, até valores regionais médios entre 25° e 45°. Camadas com mergulhos mais elevados ou verticalizados são encontradas próximo a zonas de falha. Os eixos das dobras apresentaram duas orientações: uma SW-NE, paralela a falhas regionais, e a segunda WNW-ESSE (~110°) indicando um padrão provavelmente associado a falhas antitéticas de falhas transcorrentes (Paim *et al.*, 2000; Borba *et al.*, 2004).

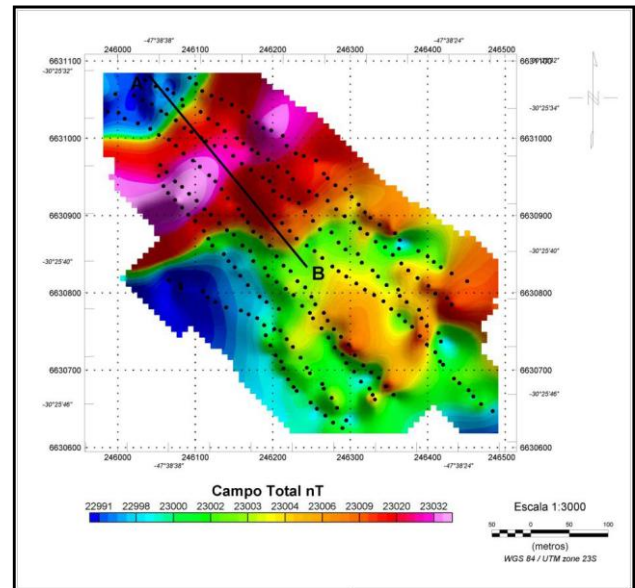
### Metodologia

Foram adquiridas 265 estações magnetométricas terrestres com um espaçamento de 10 metros. As leituras magnéticas das estações levantadas foram obtidas através de dois magnetômetros de precessão de prótons da marca GEM Systems Inc, modelo GSM – 19. As estações foram obtidas com um espaçamento de dez metros ao longo de oito perfis de caminhada. A determinação das coordenadas horizontais para localização das estações determinadas foi realizada usando-se um GPS portátil de mão. Obtidas as leituras no campo, foi feita a correção para o registro das variações diurnas do campo magnético terrestre em *software* apropriado.

Os dados adquiridos neste estudo, após pré-processados, são representados graficamente na forma de mapa sombreado de contorno dos isovalores (Figura 3)

O mapa magnetométrico de campo total gerado é produto de um *grid* gerado por interpolação pelo método da mínima curvatura.

O *grid* é composto por 70 X 64 pontos (direções X e Y respectivamente), com tamanho de célula de 5 metros. Os valores do *grid* permitem a geração de um mapa de cores sombreado com os respectivos isovalores das anomalias magnéticas apresentadas. Com um espaçamento pré-determinado para o *grid* que gera as respectivas curvas de isovalores obtidas.



**Figura 3. Mapa magnetométrico de campo total com o perfil adotado para modelagem.**

### Modelagem Magnetométrica

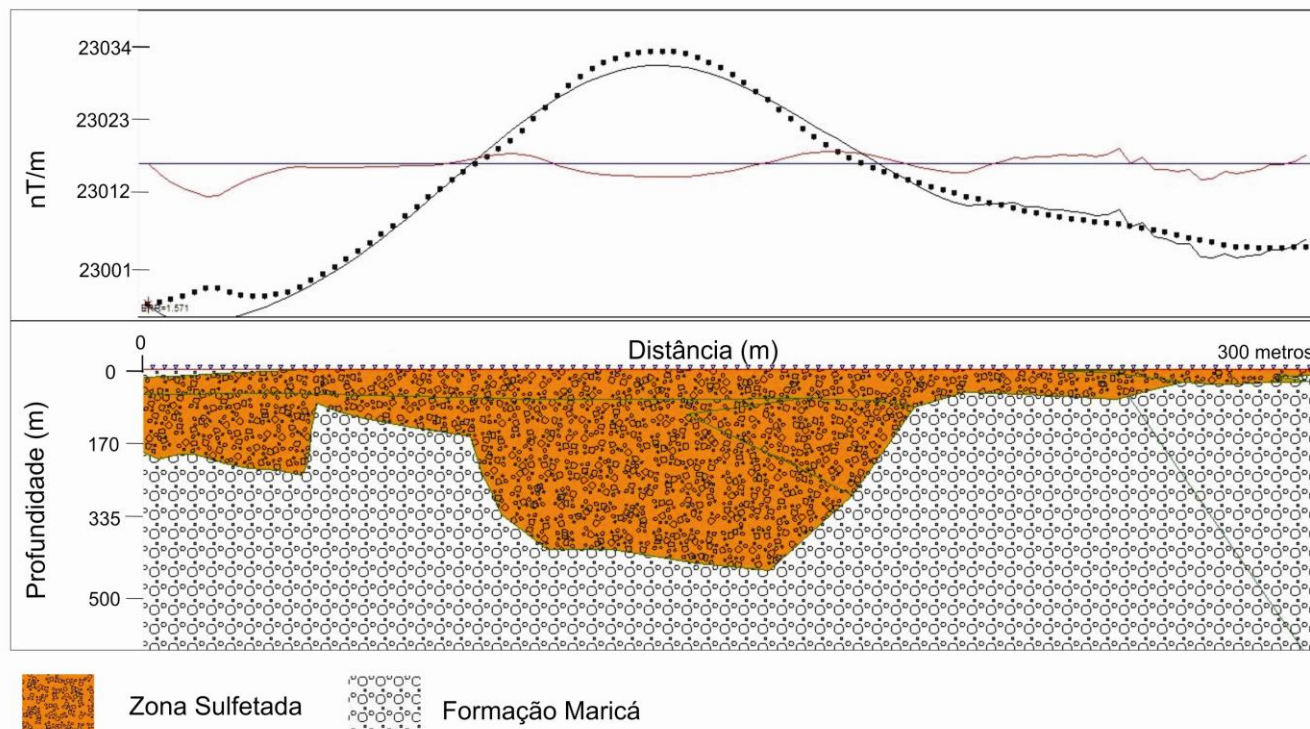
A modelagem, magnetométrica feita nesse estudo, consiste na elaboração de modelos denominados de 2<sup>1/2</sup> segundo Talwani, 1959. Baseia-se nas características geológicas, estruturais e mineralógicas responsáveis pela assinatura magnetométrica da região. O modelo aqui proposto procurou atender as principais feições litológicas, mineralizações e consequentes valores de susceptibilidade anômalos conhecidos e medidos em superfície, assim como delinear seus limites e profundidades na área estudada.

O Perfil A – B proposto (Figura 4) possui 300 metros de comprimento e 450 metros de profundidade, observa-se um aumento da espessura na região central do perfil.

A escolha dos valores de suscetibilidade magnética usados na modelagem possibilitou também a caracterização e a compreensão do comportamento em profundidade, e sua possível geometria em níveis rasos e mais profundos. Os valores de suscetibilidade magnética utilizados foram:

- Feição mineralizada: 0,03 à 0,04 ( $10^{-3}$  SI)
- Feição não-mineralizada: 0,01 à 0,02 ( $10^{-3}$  SI)

O modelo evidencia a grande presença em profundidade de concentrações anômalas de maior abrangência do que lateralmente e de forma superficial (níveis rasos) na área.



**Figura 4**—Perfil A – B proposto para a modelagem magnetométrica. Os pontos representam os valores observados no campo e a linha contínua a curva calculada.

### Discussão e Conclusões

É observado na área que a litologia, composta por meta-arenitos da Formação Maricá, possui variações faciológicas, diferentes estruturas sedimentares e mineralizações ao longo das principais fraturas e estruturas, em especial no corpo aflorante. Essas mineralizações podem ser vistas na forma do mineral malaquita e também disseminado na área de estudo.

Inicialmente uma aquisição terrestre magnetométrica em escala de detalhe permitiu identificar anomalias que corroboram com a presença do mineral (Cu) na área, tendo, inclusive seus valores altos, correlacionados com o local aflorante e que sugere a presença de maiores concentrações deste mineral.

É confirmada, desta forma, a presença de uma anomalia alongada de direções preferenciais N20° e N30°. O mapa magnetométrico de campo total possibilita uma correlação com as litologias predominantes da área assim como uma variação e contraste tanto lateralmente como em profundidade segundo a modelagem magnetométrica realizada no perfil escolhido. Além disso, o modelo evidencia a grande presença em profundidade de concentrações anômalas de maior abrangência do que lateralmente e de forma superficial (níveis rasos) na área.

Conclui-se que as anomalias correlacionam-se com as mineralizações existentes no local, ocorrem em direções preferenciais (NE) as estruturas conhecidas e tem variações de concentração tanto lateralmente como em profundidade. A associação com outros métodos

geofísicos é importante, a fim de confirmar e refinar modelos propostos e as estruturas correlacionadas para a região. O uso da magnetometria em conjunto com as técnicas de processamento apresentadas mostrou-se uma ferramenta eficiente, eficaz, baixo custo e de rápidos resultados na detecção, determinação, caracterização e análise da geometria de corpos com concentrações de cobre em uma área composta de metassedimentos pertencentes à Formação Maricá no município de Caçapava do Sul, RS.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao professores doutor Maximilian Fries do Curso de Geofísica da Universidade Federal do Pampa – Campus Caçapava do Sul, pelo auxílio prestado durante as primeiras aquisições magnetométricas de campo na área estudada.

### Referências

- ALMEIDA, F.F.M. 1969. Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia., 23, *Anais*, 1:29-46
- BORBA, A.W.; MARASCHIN, A.J.; MIZUSAKI, A.M.P. Stratigraphic analysis and depositional evolution of the Neoproterozoic Maricá Formation (southern Brazil):

constraints from field data and sandstone petrography. *Gondwana Research*, (2004) v. 7 (3), pp. 871-886.

BORBA, A.W.; MIZUSAKI, A.M.P.; SILVA, D.R.A.; KOESTER, E.; NORONHA, F.L.; CASAGRANDE, J. Provenance of the Neoproterozoic Maricá Formation (Sul-rio-grandense Shield, southern Brazil): petrographic and Sm-Nd isotopic constraints. (2006) *Gondwana Research*, v. 9 (4), pp. 464-474.

CHEMALE Jr., F. Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense. In: Holz, M., De Ros, L.F. (Eds.). (2000) *Geologia do Rio Grande do Sul*. CIGO-UFRGS, pp. 13-52.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Mapa geológico do Brasil. In: *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Sistema de Informações Geográficas – SIG e Mapas na escala 1:2.500.000*. (2000).

CPRM Folha Passo do Salsinho SH-22-Y-A-I-4, Escala 1:50.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Brasília, 339 p. (1995).

PAIM, P.S.G.; CHEMALE Jr., F.; LOPES, R.C. A Bacia do Camaquã. In: Holz, M., De Ros, L.F. (Eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul*, CIGO-UFRGS (2000), 231-274.

PELOSI, A.P.M.R.; FRAGOSO-CÉSAR, A.R.S. Proposta de classificação litoestratigráfica para o Grupo Maricá. I Encontro sobre a Estratigrafia do Rio Grande do Sul: Escudo e Bacias. Porto Alegre, Anais (2003), 133-138.

PORCHER, C. A.; LOPES, R. C.. Relatório folha Cachoeira do Sul SH.22 - Y - A: 2000. Porto Alegre. 147p.

TALWANI, Manik.; WORZEL, J. Lamar & LANDISMAN, N. Mark. Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone. *J. Geophys. Res.* v. 64, p. 49-59. 1959.