

PROSPECÇÃO GEOFÍSICA ENTRE AS OCORRÊNCIAS CUPRÍFERAS CAPÃO GRANDE E VICTOR TEIXEIRA, CAÇAPAVA DO SUL – RS

Henrique Garcia PEREIRA¹, Walter MALAGUTTI FILHO², Maximilian FRIES³, César Augusto MOREIRA⁴

- (1) Geofísico pela Universidade Federal do Pampa e Mestre em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista. Programa de Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente. AV.24ª, 1515, 13506-900, Rio Claro, SP. Endereço eletrônico:ique_garcia@hotmail.com
- (2) Prof. Livre Docente, Departamento de Geologia Aplicada – IGCE - Universidade Estadual Paulista. AV.24ª, 1515, 13506-900, Rio Claro, SP. Endereço eletrônico:malaguti@rc.unesp.br
- (3) Prof. Livre Docente, Laboratório de Geofísica aplicada - Universidade Federal do Pampa. AV. Pedro Anunciação s/n, 96570-000, Caçapava do Sul, RS. Endereço eletrônico:maximilianfries@unipampa.edu.br
- (4) Prof. Assistente Doutor, Departamento de Geologia Aplicada – IGCE – Universidade Estadual Paulista. AV.24ª, 1515, 13506-900, Rio Claro, SP. Endereço eletrônico:moreirac@rc.unesp.br

Introdução
Área de estudo
Materiais e métodos
Resultados e discussões
Mapa do Campo Magnético Total
Mapa de Passa Banda Profundo
Mapa de Passa Banda Raso
Mapa da amplitude do sinal analítico
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - Esse trabalho consiste na aquisição de dados de magnetometria terrestre numa área compreendida por duas ocorrências cupríferas denominadas Capão Grande e Victor Teixeira, localizadas no interior do município de Caçapava do Sul-RS. Os dados resultantes da aplicação desse método geofísico foram adquiridos com o propósito de caracterizar a subsuperfície para verificar uma potencial relação de conexão entre as mineralizações dessas ocorrências de cobre. Capão Grande tem como encaixante as rochas sedimentares da Bacia do Camaquã. Victor Teixeira está inserida em rochas metamórficas do Escudo Sul-Rio-Grandense. Na caracterização de subsuperfície foram empregados levantamentos de medidas de intensidade do campo magnético total ao longo de perfis e sob a forma de malha no intervalo entre as ocorrências mineralizadas. Essas medidas foram processadas em conjunto, e os produtos resultantes foram os mapas do Campo Magnético Total, Passa Banda Profundo, Passa Banda Raso e Amplitude do Sinal Analítico. Análises e discussões posteriores desses mapas com a sobreposição das principais informações geológicas da área e de resultados geofísicos de interesse de estudos anteriores permitiram a definição de que as mineralizações das ocorrências estudadas não apresentam conexão em subsuperfície.

Palavras-chave: magnetometria, caracterização, subsuperfície, conexão.

ABSTRACT - This paper consists of the acquisition of terrestrial magnetometry data in an area comprised of two mineralized occurrences copper called Capão Grande and Victor Teixeira, located in the city of Caçapava do Sul, in the south of Brasil. The resulting data from the application of this geophysical method characterizing the subsurface to check a potential connection relationship between these copper mineralization occurrences. Capão Grande has the enclosing sedimentary rocks of the Camaquã Basin. Victor Teixeira is inserted into metamorphic rocks Sul-Rio-Grandense Shield. In characterizing subsurface magnetic surveys were employed intensity of the total magnetic filed measurements along the profiles and in the form of mesh in the interval between the mineralized occurrences. These measurements were processed together, and the products resulting were, the Total Field maps, Band Pass Deep, Band Pass Shallow, and the Analytic Signal Amplitud. Analysis and further discussion of these maps with the overlay of the main geological information of the area and geophysical results of interest from previous studies allowed the definition of the mineralization of the cases studied show no connection in the subsurface.

Keywords: magnetometry, characterization, subsurface, connection.

INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Sul apresenta um amplo potencial para a produção de cobre, especialmente nos arredores do município de Caçapava do Sul (Ronchi et al., 2000). Nessa região são reconhecidas diversas

jazidas e ocorrências cupríferas associadas preferencialmente às litologias de rochas metavulcanoclásticas e vulcanossedimentares, caso das ocorrências Victor Teixeira e Capão Grande (Porcher et al., 1995).

Essas duas ocorrências referem-se a disseminações de óxidos de cobre, principalmente malaquita ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$) e azurita ($\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$), com presença reduzida de sulfetos primários, geralmente constituindo remobilizações hidrotermais ao longo de zonas de falhas ou zonas brechadas (Bocchi, 1970; Ribeiro & Lichtenberg, 1978).

Estudos de pesquisa e prospecção mineral nessas ocorrências podem ser realizados por meio de métodos diretos e indiretos de investigação de superfície/subsuperfície. Os métodos diretos são representados por mapeamento geológico, trincheiras, poços, testemunhos de sondagem e análises químicas e estruturais em amostras de solos e rochas. Os métodos indiretos compreendem sensoriamento remoto e geofísica (Pereira, 2003).

Os métodos geofísicos constituem uma ferramenta de alta aplicabilidade na pesquisa mineral, principalmente em casos com minérios e sulfetos (maciços e/ou disseminados), pois a partir do contraste de propriedades físicas entre um alvo potencialmente mineralizado e a rocha encaixante, é possível a detecção de

acumulações minerais economicamente significativas (Kearey, 2002).

O método geofísico da magnetometria é reconhecido e consolidado na prospecção mineral, pelos bons resultados no auxílio ao mapeamento geológico e delineamento estrutural, e também em associações entre domínios magnéticos e possíveis mineralizações (Telford et al., 1976). Estudos como os de Sharma (1986), Doyle (1990), Fallon & Backo (1994), Vella (1994), Maas et al. (2003), Nabighian et al. (2005), Jackson (2005), Rodrigues et al. (2006), Batista et al. (2008), Sultan et al. (2009), Suárez et al. (2012) e Gonçalves et al. (2013) confirmam a eficácia deste método na exploração mineral.

Esse artigo apresenta e discute a aplicação de dados magnetométricos desenvolvida para verificar uma provável relação de conexão em subsuperfície entre as mineralizações das ocorrências cupríferas Capão Grande e Victor Teixeira, apontada na definição de áreas mineralizadas nos arredores dessas ocorrências pelos trabalhos anteriores de Silva (2010), Ilha (2010), Fagundes (2010), Pereira (2011) e Bitencourt (2011).

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo consiste no intervalo de 2300 m entre as ocorrências mineralizadas em cobre Capão Grande e Victor Teixeira, situado a noroeste do município de Caçapava do Sul, porção centro-sul do estado do Rio Grande do Sul.

A ocorrência cuprífera Victor Teixeira está alojada em uma unidade de embasamento do Escudo Sul-Rio-Grandense, correspondente às rochas metavulcanoclásticas do Complexo Metamórfico Vacacaí. A ocorrência cuprífera Capão Grande tem como encaixante as rochas vulcanossedimentares da Formação Passo da Promessa, pertencentes ao grupo Maricá de deposição sedimentar da Bacia do Camaquã (Figura 1).

De acordo com Porcher et al. (1995), a unidade metavulcanoclástica do Complexo Metamórfico Vacacaí é constituída predominantemente de rochas vulcanoclásticas, às quais se associam a rochas epiclásticas e químicas, que foram afetadas pelo contato com rochas supracrustais, cujo metamorfismo gerou

condições de fácies xisto verde inferior para médio a superior, zona da clorita.

Vestígios de fácies metamórficas mais elevadas, geradas por metamorfismos de contato, também são registradas, como hidrotermalismo, silicificação e carbonatização, responsáveis pelas fácies hornblenda hornfels, impostos principalmente por intrusões graníticas brasileiras pós-tectônicas mais jovens (Porcher et al., 1995).

O afloramento Victor Teixeira tem aproximadamente 5 m de comprimento por 2 m de espessura, e se dispõe na direção nordeste (Figura 2a). Constituem o afloramento rochas com foliação plano paralela e coloração que varia de cinza esverdeado a cinza escuro, respectivamente clorita xistos e actinolita-xistos, que apresentam algumas impregnações de malaquita entre os espaços das foliações (Figura 2b). O afloramento faz parte de um bloco de quartzo EW, que se destaca no relevo (Figura 2c).

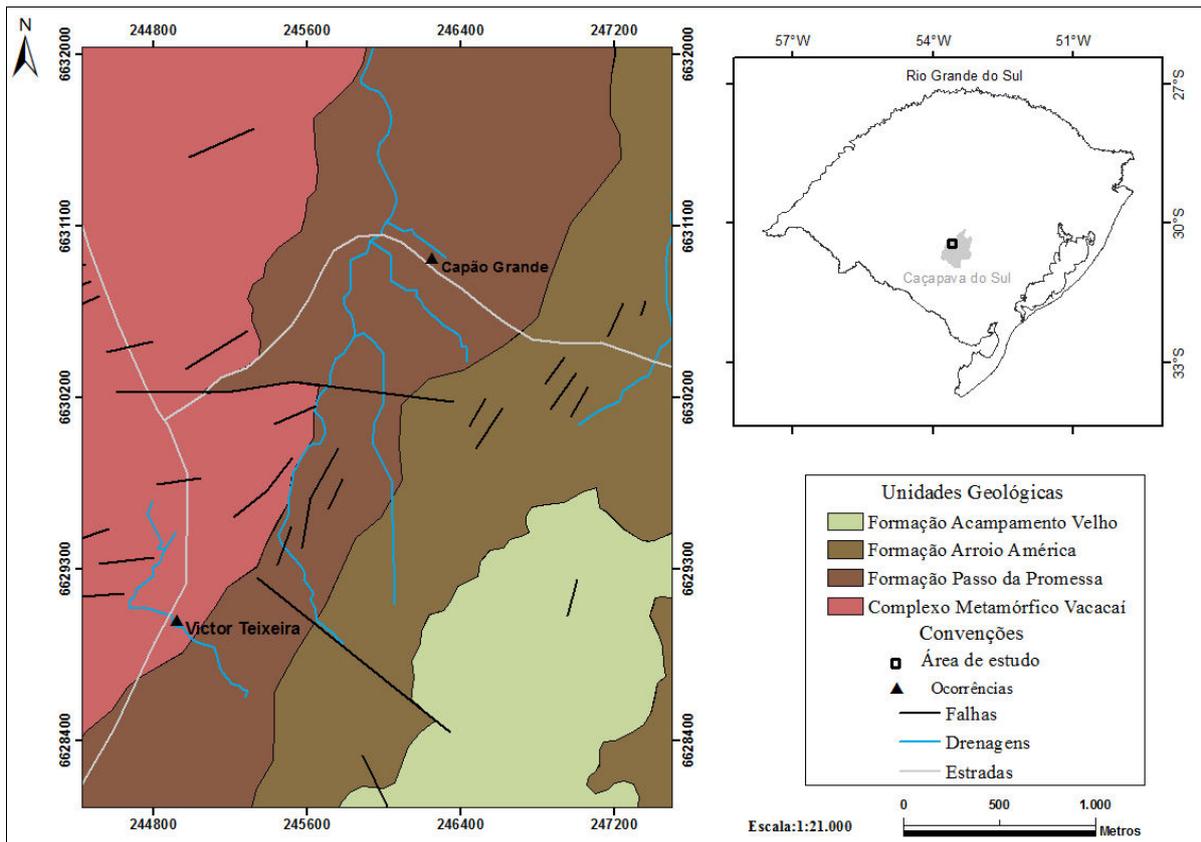


Figura 1. Geologia e ocorrências abordadas no estudo.

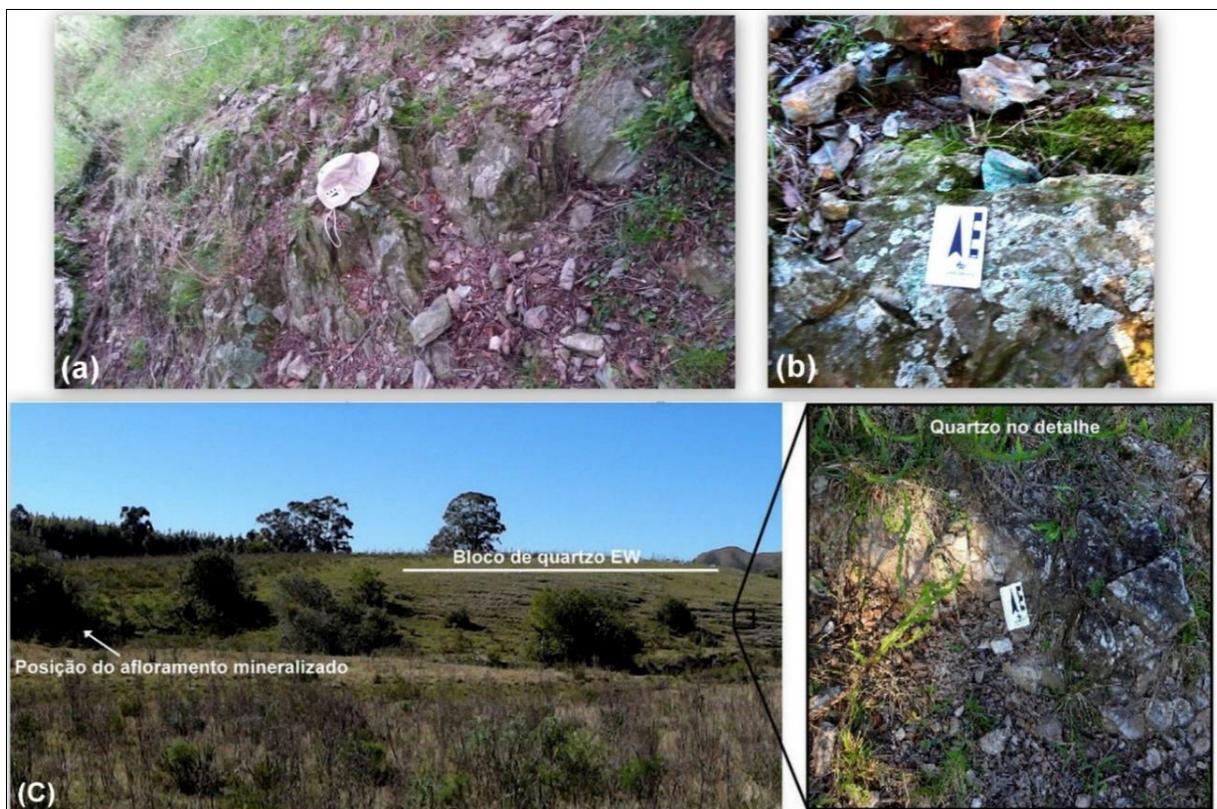


Figura 2. Características do afloramento Victor Teixeira.

A Formação Passo da Promessa é cinza-avermelhados ou castanho-avermelhados. Apresentam com frequência níveis constituída por arenitos róseos a avermelhados,

conglomeráticos, onde os seixos são predominantemente de rochas graníticas e metamórficas. Seixos de quartzo são raros e estão imersos e isolados na matriz arcossiana, e normalmente dispostos em níveis preferenciais segundo o acamamento da rocha (Bocchi, 1970; CPRM, 2007).

O afloramento Capão Grande apresenta 19 m de comprimento por 10 m de espessura, e se dispõe na direção NW (Figura 3a). É constituído por arenitos arcossianos conglomeráticos, que apresentam impregnações de malaquita e azurita ao longo de fraturas (Figura 3b) e também em porções mais porosas da rocha (Figura 3c).

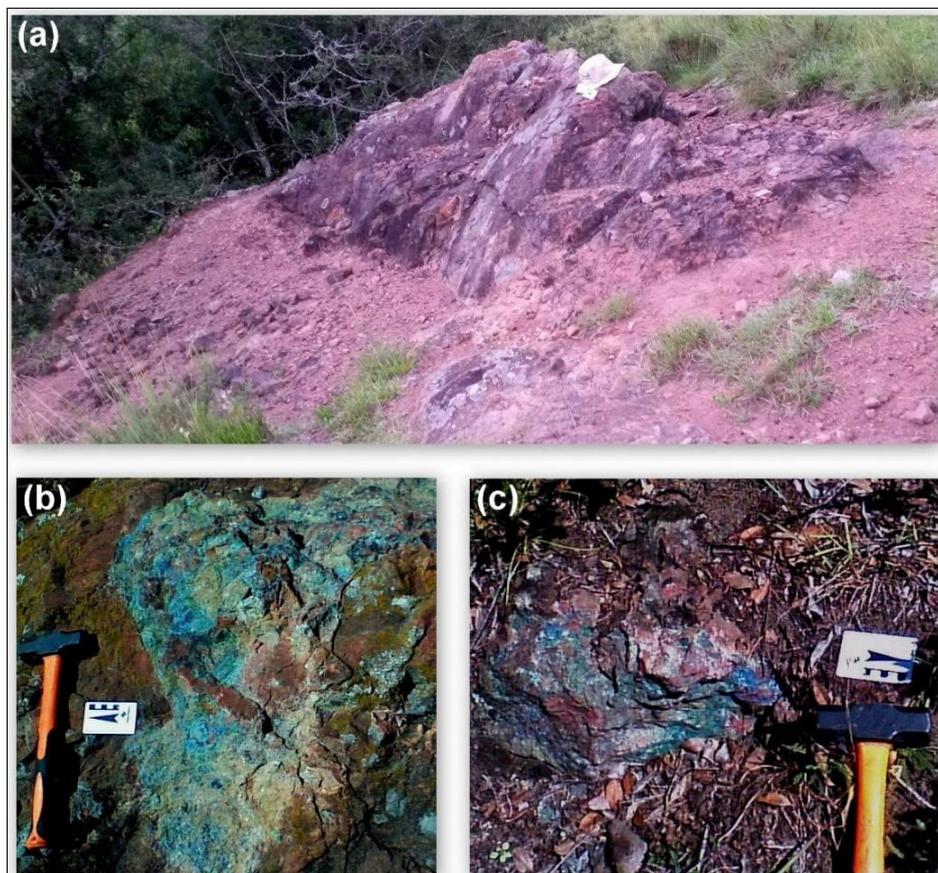


Figura 3. Características do afloramento Capão Grande.

Capão Grande e Victor Teixeira não apresentam estudos quanto à gênese de suas mineralizações. A mineralização de cobre mais próxima que já foi alvo de estudos metalogenéticos é a da Mina do Camaquã. Essa mina foi intensamente estudada por ter sido a maior mina de cobre do estado do Rio Grande do Sul entre o final do século XIX e os anos 90. De acordo com Teixeira (1937), Leinz &

Almeida (1941) e Costa Filho (1944), a gênese do minério de Camaquã é de origem hidrotermal magmática. As hipóteses vigentes desses trabalhos sugerem que o depósito de Camaquã teria sido o resultado da ascensão de fluidos hidrotermais originados de corpos magmáticos profundos por meio de fraturas nas rochas subjacentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os magnetômetros utilizados nesse estudo foram do tipo precessão de prótons, modelo GSM-8 da GEM SYSTEMS, concedidos pelo Laboratório de Geofísica Aplicada da

Universidade Estadual Paulista, câmpus de Rio Claro.

Foram desenvolvidas duas formas de levantamento de dados de magnetometria terrestre no intervalo entre as ocorrências

cupríferas Capão Grande e Victor Teixeira: a primeira em perfis, com leituras de medidas ao longo de linhas de investigação; e a segunda sob a forma de malha, com aquisições de medidas em estações dispostas entre e no entorno dos perfis (Figura 4).

Os perfis foram elaborados com 300 m de comprimento, sendo que a cada 10 m foram coletadas as medidas de intensidade do campo magnético. A tomada de medidas no levantamento em malha foi aleatória, cujo espaçamento médio foi de aproximadamente 170 m.

Os valores das coordenadas horizontais (x e y) e de altitude (z) das estações de interesse foram coletados por um receptor GPS diferencial (DGPS) Pathfinder ProXRT. Os receptores diferenciais possibilitam a tomada de coordenadas geográficas na ordem dessimétrica (Trimble, 2001).

Os procedimentos adotados no tratamento dos dados magnetométricos obtidos nesse estudo foram as correções da variação magnética diurna e do IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*), a filtragem passa banda e a técnica de realce da amplitude do sinal analítico.

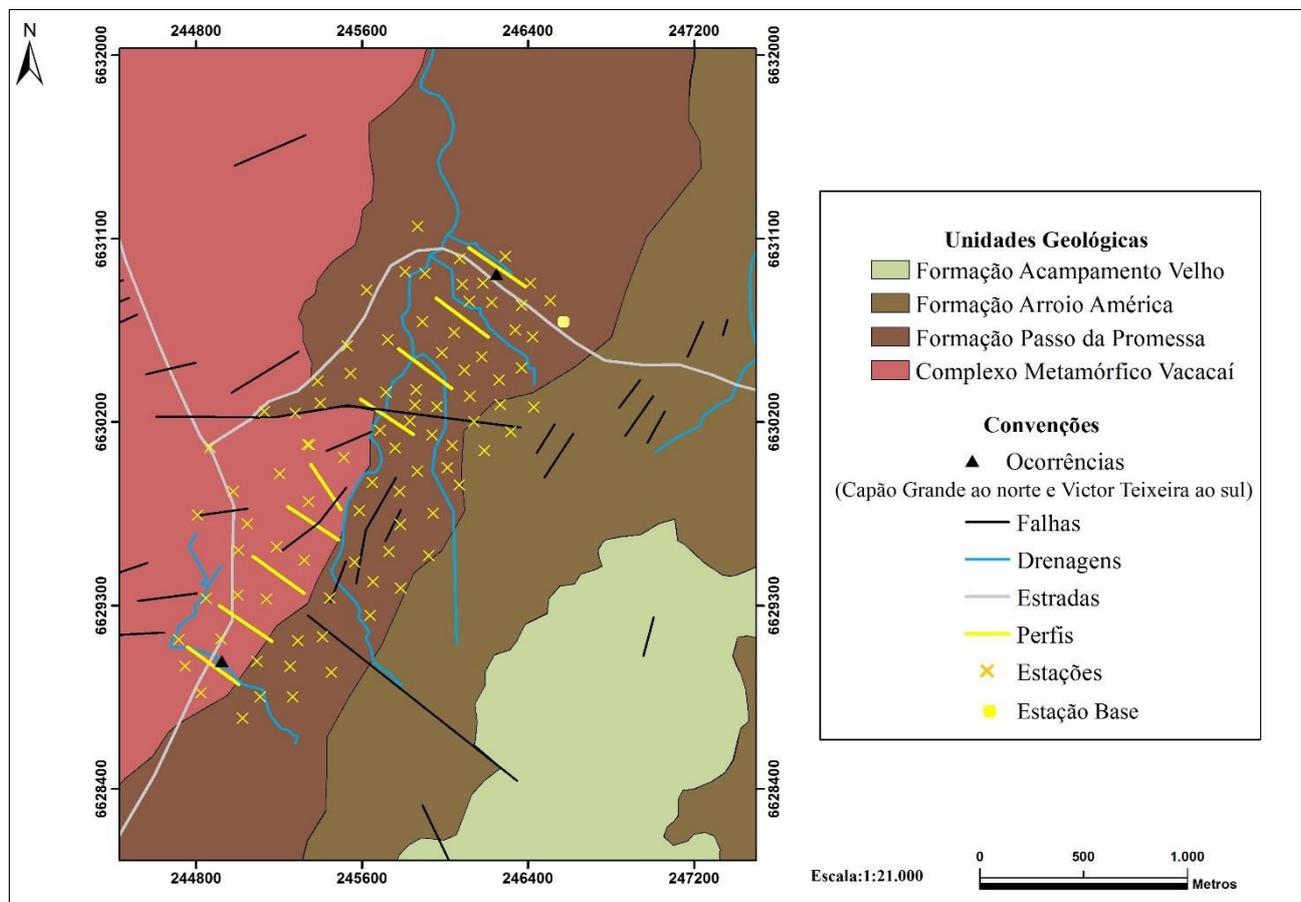


Figura 4. Mapa litológico da área de estudo com as principais formas adotadas na aquisição de dados.

A variação diurna se refere a parcela de contribuição que o vento solar infere aos dados do campo magnético terrestre medidos ao longo do dia de aquisição. A correção IGRF compreende a pequena variação temporal que o campo magnético interno influi aos dados coletados em campo. Os valores IGRF foram gerados para cada estação de medida e posteriormente descontados dos valores corrigidos da variação diurna. A resultante é referente a resposta residual proveniente apenas

da magnetização das rochas da crosta, normalmente denominada de valores do campo magnético total.

A filtragem passa banda foi utilizada com o intuito de analisar o comportamento magnético dos valores de campo total de acordo com a profundidade das fontes geológicas presentes na área, por meio da interpretação prévia das quebras de inclinação do sinal de energia do espectro de potência (Figura 5). Deste modo, foram definidos comprimentos de

onda relacionados a fontes profundas, fontes rasas e ruídos. As fontes profundas apresentam comprimentos de onda acima de 0.344 km para profundidades maiores que 87 m, representando as rochas do embasamento cristalino do Complexo Metamórfico Vacacaí. As fontes rasas exibem comprimentos de onda abaixo de 0.344 Km para profundidades menores 87 m, atribuídas aos arenitos arcosianos da

Formação Passo da Promessa. Comprimentos de onda inferiores a 0.125 km são os sinais ruidosos. O uso da amplitude do sinal analítico foi empregado com o intuito de auxiliar a determinação da posição e das bordas laterais de fontes anômalas, pois os picos da sua função são simétricos e ocorrem diretamente sobre as bordas de corpos largos e diretamente sobre o centro de corpos estreitos.

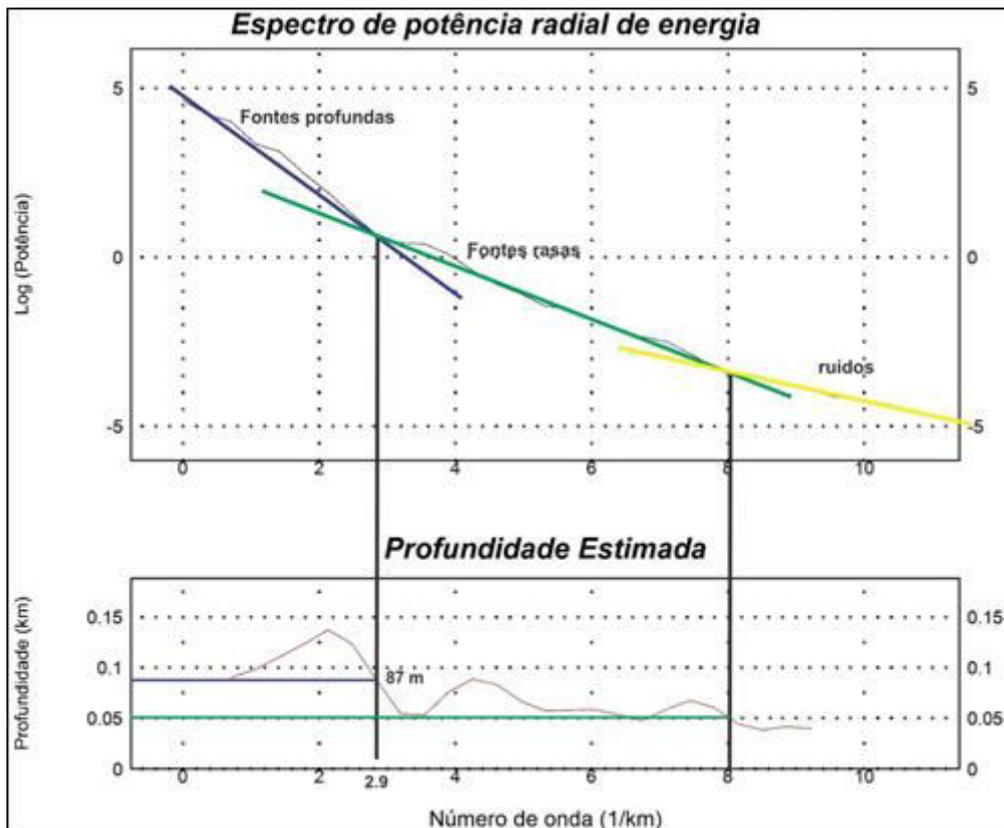


Figura 5. Interpretação do espectro de potência radial de energia para a área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o tratamento dos dados foram gerados os mapas magnetométricos do Campo Magnético Total, Passa Banda Profundo, Passa Banda Raso e Amplitude do Sinal Analítico (Figuras 7, 9, 10, 11). Os mapas foram elaborados por meio de interpolação de mínima curvatura dos dados magnetométricos dispersos segundo as coordenadas x e y em malha regular de 47 m (1/4 do espaçamento médio entre as estações de medidas dos perfis e da malha). O sistema de coordenadas utilizado foi o UTM, zona 22 sul do meridiano de Greenwich. O elipsóide de referência empregado foi o WGS 84

Com o intuito de analisar e discutir as assinaturas magnéticas dos principais

condicionantes geológicos e dos resultados de interesse dos estudos anteriores, os mapas magnetométricos de Campo Total, Passa Banda Profundo, Passa Banda Raso e Amplitude do Sinal Analítico também apresentam os limites geológicos, as falhas, as ocorrências cupríferas e as áreas com baixa resistividade, alta cargabilidade e condutividade aparente associadas a presença de cobre em subsuperfície.

Os estudos anteriores compreendem cinco trabalhos geofísicos de conclusão de curso da Universidade Federal do Pampa (Silva, 2010; Fagundes, 2010; Ilha 2010; Pereira, 2011 e Bitencourt, 2011). Os trabalhos de Silva (2010), Ilha (2010) e Pereira (2011)

constituem os estudos realizados na ocorrência mineralizada em cobre Capão Grande. Os trabalhos de Fagundes (2010) e Bitencourt (2011) correspondem aos estudos aplicados em Victor Teixeira.

O trabalho de Silva (2010) compreende a única caracterização de subsuperfície anterior que envolveu o método geofísico da magnetometria (mesmo utilizado no presente

estudo). Os resultados obtidos no mapa do Campo Total possibilitaram a essa autora interpretar três domínios magnéticos distintos para os arenitos arcossianos presentes, sendo que a característica do domínio magnético alto foi associada a resposta da magnetização provinda da acumulação de cobre na subsuperfície de Capão Grande (Figura 6).

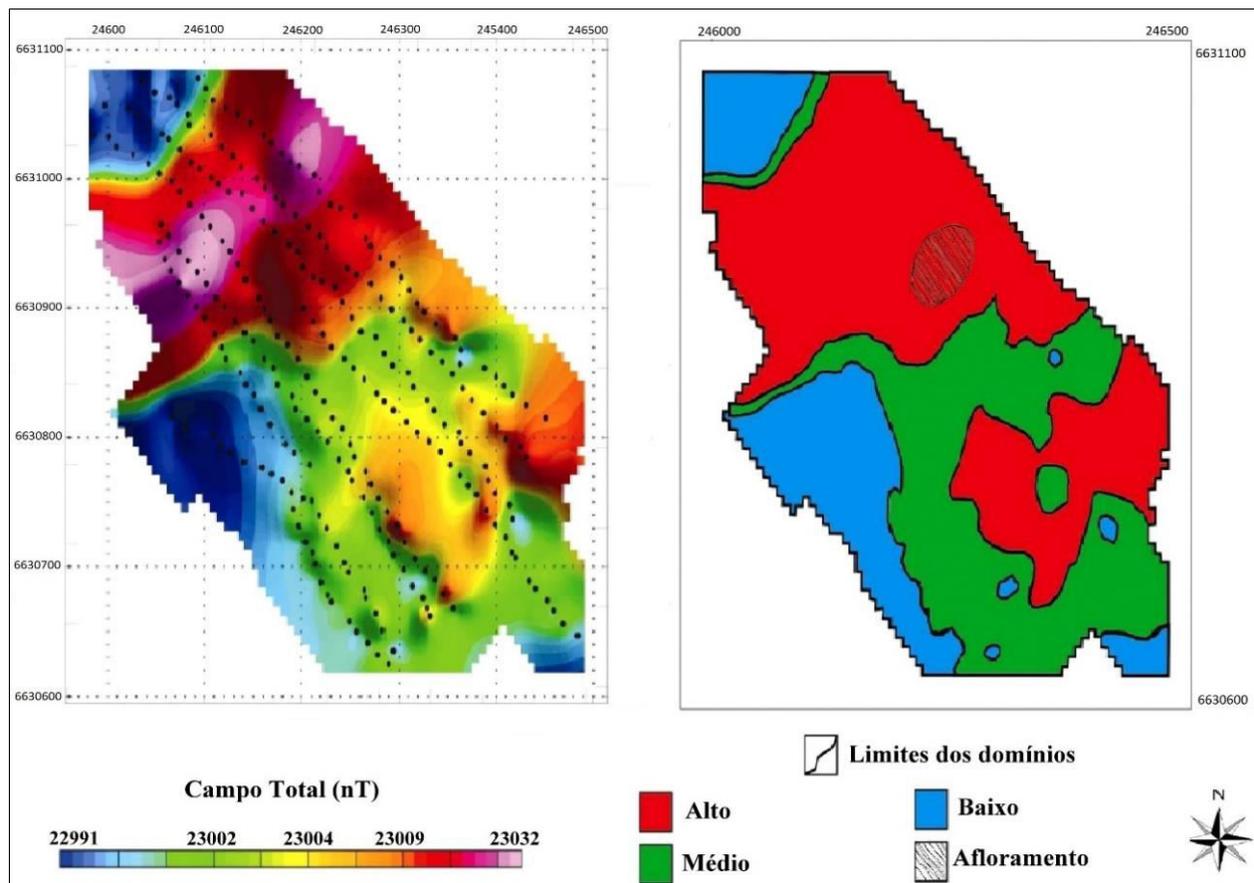


Figura 6. Principais domínios magnetométricos de Silva (2010).

Mapa do Campo Magnético Total

No mapa do Campo Magnético Total podem ser observados baixos magnéticos predominando as rochas xistosas do Complexo Metamórfico Vacacaí e altos magnéticos dominando as rochas areníticas da Formação Passo da Promessa (Figura 7). Esse contraste magnético é atribuído à diferenças de propriedades magnéticas existente entre os xistos e os arenitos presentes.

Os baixos magnéticos do Complexo Metamórfico Vacacaí estão dispostos principalmente como faixas de direções preferenciais NS, NE, NW e EW, não correlatas com as falhas regionais disponíveis. Por outro lado, as disposições preferenciais dessas faixas de baixos magnéticos corroboram as direções principais das atitudes de fraturas mineralizadas encontradas no levantamento estrutural de detalhe realizado por Bitencourt (2011) nos xistos do Vacacaí (Figura 8a).

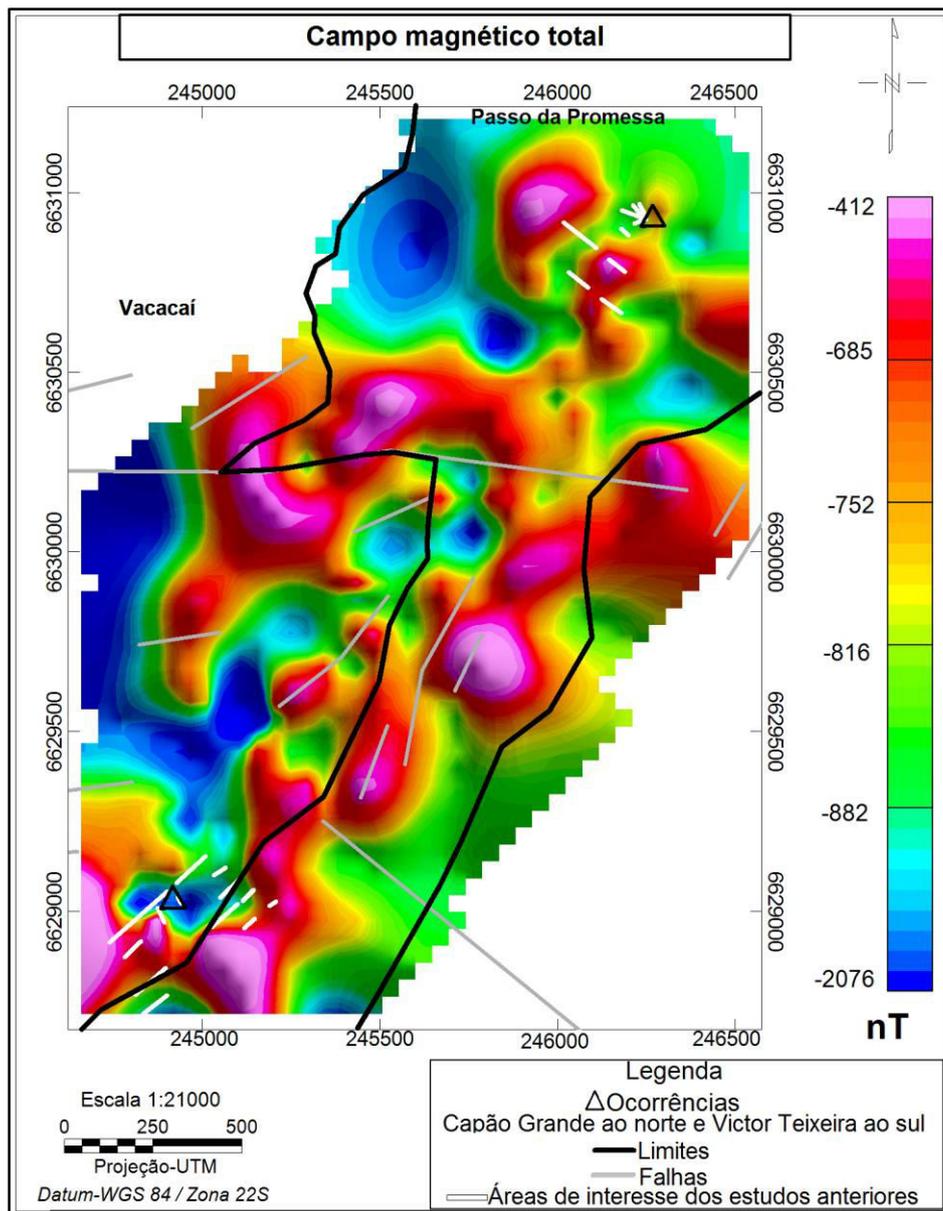


Figura 7. Mapa do campo total com as informações geológicas/geofísicas revisadas para a área de estudo.

Os altos magnéticos predominantes nos arenitos arcossianos da Formação Passo da Promessa se dispõem preferencialmente ao longo de faixas NE, que acompanham boa parte do limite geológico sudeste e das falhas disponíveis para a porção mais estreita desse contexto. Essa direção NE preferencial dos altos magnéticos é a mesma observada na principal família de fraturas mineralizadas obtidas por Pereira (2011) para a área dos arenitos arcossianos (Figura 8b).

A ocorrência cuprífera Victor Teixeira foi demarcada por um baixo magnético EW. Essa característica anômala reflete o bloco de quartzo em que está esse afloramento mineralizado (Vide Figura 2c). Capão Grande foi caracterizada por uma pequena faixa

anômala NW de média a alta intensidade magnética, que também reflete a disposição da estrutura que constitui o afloramento mineralizado em campo (Vide Figura 3a).

As áreas de interesse dos estudos anteriormente realizados em Victor Teixeira se dispuseram predominantemente ao longo do baixo magnético EW que caracteriza o bloco de quartzo aflorante e em algumas porções de um alto magnético NE que acompanha o contato geológico próximo.

As áreas de interesse dos estudos anteriores de Capão Grande estão em maior parte numa porção de intensidade intermediária, que separa dois pequenos altos magnéticos NE paralelos. O alto NE que se associa com a anomalia NW do afloramento mineralizado e

que apresenta o maior número de áreas de interesse dos estudos de Capão Grande mostra clara relação de conexão, principalmente pela grande falha central e pelo contato geológico, com o alto NE que apresenta algumas áreas de interesse em Victor Teixeira.

Como esses altos apresentam sua assinatura magnética muito semelhante a associada por Silva (2010) como a resposta da

mineralização de cobre em subsuperfície (vide o domínio magnético alto da Figura 6), essa resposta pode ser sugestiva de uma relação de conexão mineral entre as ocorrências mineralizadas em cobre da área de estudo, mas também pode ser a resposta da sobreposição de estruturas magnéticas mais profundas, visto que os altos magnéticos NE caracterizam também os limites geológicos e as falhas disponíveis.



Figura 8. Resultados dos levantamentos estruturais de detalhe de estudos anteriores: a) Diagrama de rosetas de Bitencourt (2011); b) Estereograma de atitudes de Pereira (2011).

Mapa de Passa Banda Profundo

O mapa de Passa Banda Profundo (Figura 9) apresenta um comportamento magnético muito semelhante ao observado no mapa do Campo Magnético Total anterior (Figura 7). A filtragem passa banda utilizada nesse mapa foi empregada com o intuito de eliminar os sinais de alta frequência para que fosse observado o comportamento magnético das fontes ou estruturas mais profundas na área de estudo. As estruturas mais profundas se referem as rochas do embasamento cristalino do Complexo Metamórfico Vacacaí, definidas na análise do espectro de potência de energia do sinal investigado para profundidades a partir de 87 m (Vide Figura 5). O domínio anômalo de

baixos magnéticos no contexto do Vacacaí foi praticamente preservado; as faixas NS, NE e NW com os menores valores de intensidade magnética foram expandidas e suavizadas em função do realce das fontes profundas. A única mudança anômala ocorrida nos baixos magnéticos dominantes é observada na posição da ocorrência Victor Teixeira, e é referente a ausência da resposta magnética do bloco de quartzo EW do afloramento mineralizado para as altas profundidades.

Na Formação Passo da Promessa também foi mantido o predomínio de altos magnéticos anômalos, onde as grandes faixas NE e EW que acompanham os contatos geológicos e as falhas de mesma direção foram realçadas.

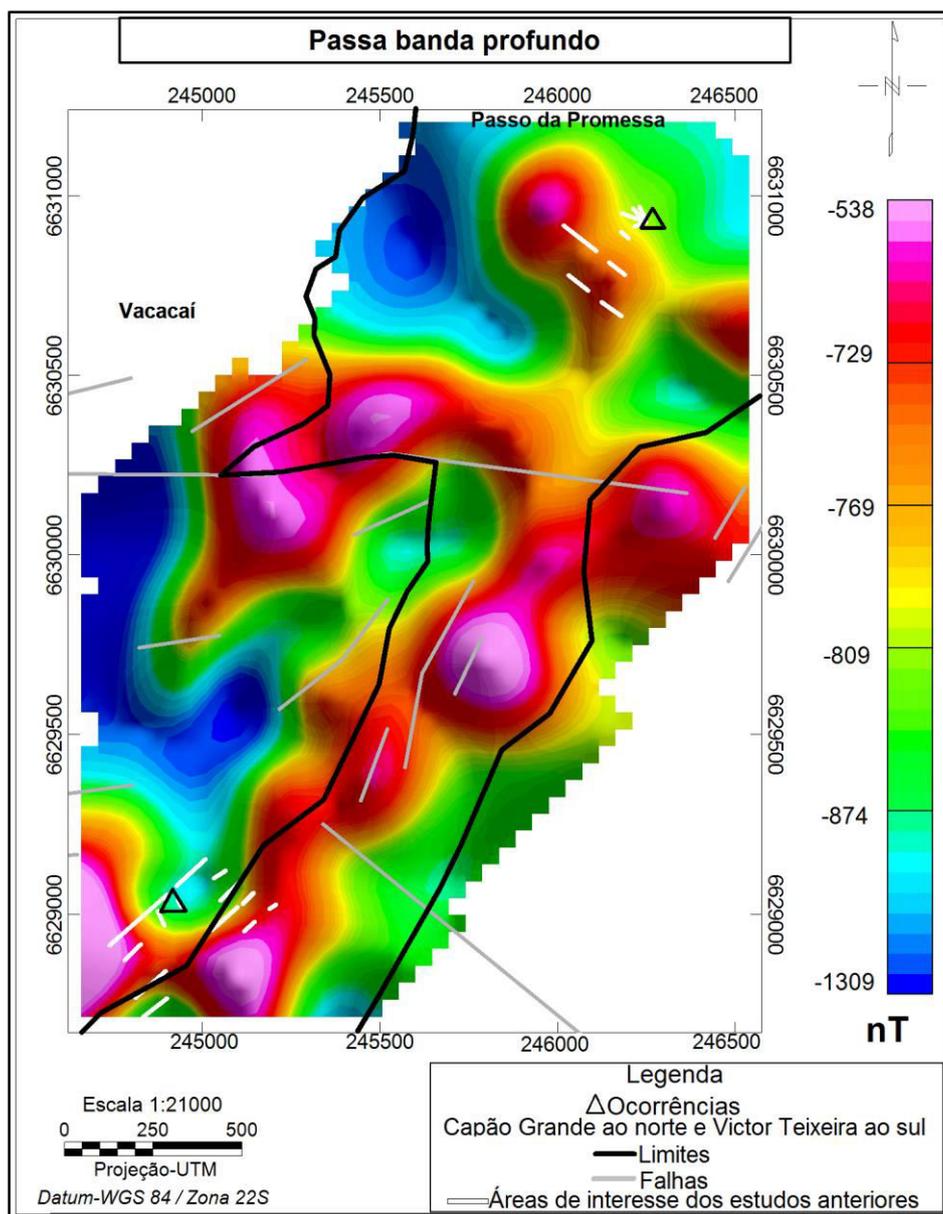


Figura 9. Mapa passa banda profundo com as informações geológicas/geofísicas revisadas para a área de estudo.

Na porção com áreas de interesse dos estudos anteriores em Capão Grande existe uma grande anomalia NW, que é ainda mais semelhante a resposta do domínio magnético alto definido por Silva (2010) como a resposta da presença de cobre em subsuperfície. Essa grande anomalia NW faz conexão com as demais grandes áreas de alto magnético EW e NE até o extremo sudoeste do mapa. Nesse extremo do mapa, as áreas de interesse dos estudos em Victor Teixeira estão distribuídas tanto sobre uma porção de baixo magnético quanto sobre o alto magnético NE próximo ao limite entre os contextos geológicos.

Dessa forma, novamente poderia ser sugerida uma relação de conexão entre as mineralizações das ocorrências cupríferas,

principalmente pelo contato entre as litologias. Entretanto, os grandes altos magnéticos que esse mapa apresenta correspondem as rochas abaixo de 87 m, que nesse caso são os xistos do Vacacaí, embora essas anomalias estejam em grande parte dentro dos limites da Formação Passo da Promessa. Os xistos, por sua vez, não possuem espaços suficientes entre suas foliações e/ou fraturas principais que possam justificar a presença de mineralizações no que seriam as porções de altos magnéticos NW, EW e NE. Essas direções preferencias apenas reforçam a delimitação estrutural do Complexo Metamórfico Vacacaí, verificada no levantamento estrutural de detalhe de Bitencourt (2011).

Mapa de Passa Banda Raso

O comportamento magnético do mapa de Passa Banda Raso (Figura 10) é muito diferente quando comparado aos mapas do Campo Total (Figura 7) e Passa Banda Profundo (Figura 9). Essa diferença é atribuída ao filtro passa banda utilizado na sua elaboração, sendo os sinais de baixa frequência recortados do sinal para ser observado o comportamento magnético de fontes ou estruturas mais próximas a superfície.

No Complexo Metamórfico Vacacai não foram observadas as grandes faixas NS, NE e NW de baixos magnéticos que dominavam o contexto nos mapas anteriores. Apenas o baixo

magnético EW em Victor Teixeira foi caracterizado, de forma ampliada, ultrapassando o limite geológico. A atenuação das grandes faixas NS, NE e NW é recorrente do recorte dos longos comprimentos de onda para as fontes mais profundas. Já o ganho em extensão da faixa EW é atribuído ao realce obtido para corpos mais rasos, que nesse caso compreende o bloco de quartzo a qual faz parte o afloramento mineralizado (Vide Figura 2c).

Na Formação Passo da Promessa foram caracterizados apenas pequenas porções dos grandes altos magnéticos NE e EW que acompanhavam as falhas e os contatos geológicos nos mapas anteriores.

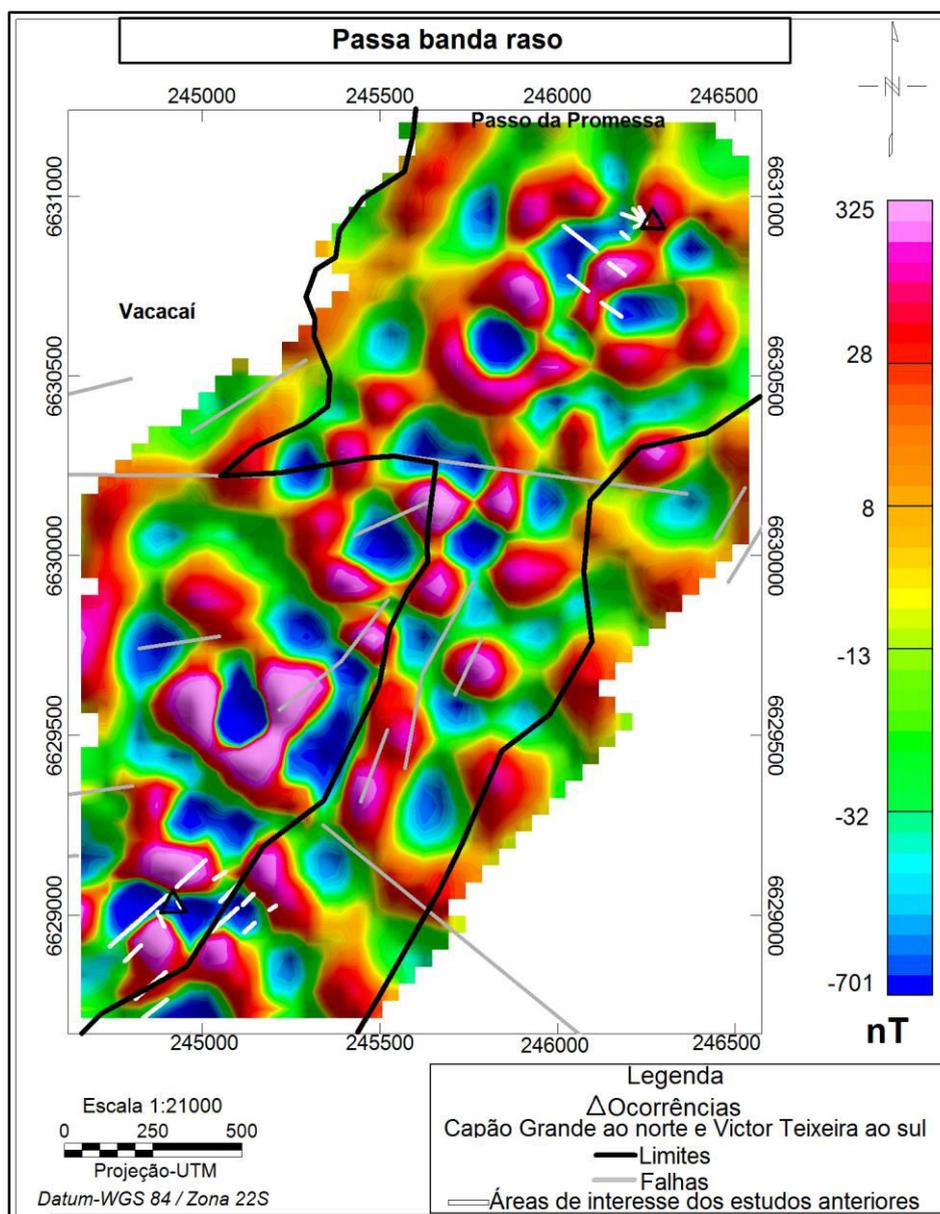


Figura 10. Mapa de passa banda raso com as informações geológicas/geofísicas revisadas para a área de estudo.

A ocorrência mineralizada em cobre Capão Grande foi novamente caracterizada por uma anomalia NW de elevada intensidade magnética, semelhante a observada no mapa do Campo Magnético Total (Figura 7). A pequena diferença entre elas está em que agora a anomalia foi ampliada e estendida. Esse realce é atribuído a caracterização de fontes mais próximas a superfície, que nesse caso se refere a estrutura NW do afloramento mineralizado (Vide figura 3a).

Na localidade das áreas de interesse dos estudos de Capão Grande, as anomalias também se dispuseram de forma muito semelhante ao mapa do Campo Magnético Total (Figura 7). Todavia, os altos magnéticos foram atenuados e a faixa de baixo magnético que as separa foi realçada. Esses altos magnéticos apresentam o mesmo comportamento anômalo do domínio magnético alto atribuído por Silva (2010) como a resposta da presença de carbonatos e sulfetos de cobre em subsuperfície (Vide Figura 6).

Como o filtro utilizado na elaboração desse mapa está realçando o comportamento magnético de corpos para até os 87 m de profundidade, compreendendo o intervalo dos arenitos da Formação Passo da Promessa, que possuem mais espaços nos interstícios rochosos para abrigarem quantidades significativas de mineralizações em subsuperfície que possam justificar o tamanho desses altos anômalos caracterizados, agora podem ser realizadas comparações mais concisas entre esses altos anômalos e as definições feitas por Silva (2010).

Desta forma, o alto magnético NE alinhado com Capão Grande pode ser associado como a resposta da presença de cobre em subsuperfície, pois nele também estão presentes alguns traços brancos que representam as áreas de baixa resistividade/alta condutividade relacionadas as mineralizações por Pereira (2011).

Esse alto magnético NE com as áreas de interesse de Capão Grande não faz contato com o baixo magnético EW que caracteriza o bloco de quartzo com fraturas preenchidas por cobre em Victor Teixeira. Tal fato também é sugestivo de que as mineralizações das

ocorrências cupríferas não sejam conectadas em subsuperfície.

Mapa da amplitude do sinal analítico

O mapa do sinal analítico apresentou um elevado número de anomalias circulares de alta intensidade e amplitude magnética predominando tanto os xistos do Complexo Metamórfico Vacacaí quanto os arenitos arcóscios conglomeráticos da Formação Passo da Promessa (Figura 11).

No Vacacaí essas anomalias são dominantes e praticamente concordantes com as falhas presentes e com o limite geológico. Na Formação Passo da Promessa esses altos magnéticos aparecem sempre rodeados por baixos magnéticos e pouco corroboram as falhas e os limites presentes.

A ocorrência cuprífera Victor Teixeira foi caracterizada por uma anomalia novamente disposta para EW, mas de elevada intensidade magnética e abrangendo o maior número das áreas de interesse dos estudos anteriores de Fagundes (2010) e Bitencourt (2011). Capão Grande também foi novamente caracterizada por um pequeno alto magnético NW. As áreas de interesse dos estudos realizados nessa ocorrência se dispuseram sobre uma grande anomalia NE, de elevada intensidade magnética e com diversos picos de amplitude.

As anomalias EW e NE das áreas de interesse dos estudos anteriores provavelmente devem representar a melhor resposta tanto do bloco de quartzo fraturado de Victor Teixeira quanto da porção fraturada e porosa com mineralização nos arenitos de Capão Grande, devido essas anomalias serem as que mais abrangeram as áreas de interesse e pelo fato de que esse filtro é muito utilizado para a definição de limites de corpos em subsuperfície.

A anomalia EW que caracteriza o bloco de quartzo com fraturas mineralizadas em Victor Teixeira não mostra relação de conexão com a anomalia NE com resultados anteriores em Capão Grande. Essa evidência corrobora os índices dos mapas de Passa Banda Profundo (Figura 9) e de Passa Banda Raso (Figura 10) de que as mineralizações de Capão Grande e Victor Teixeira não são interligadas em subsuperfície.

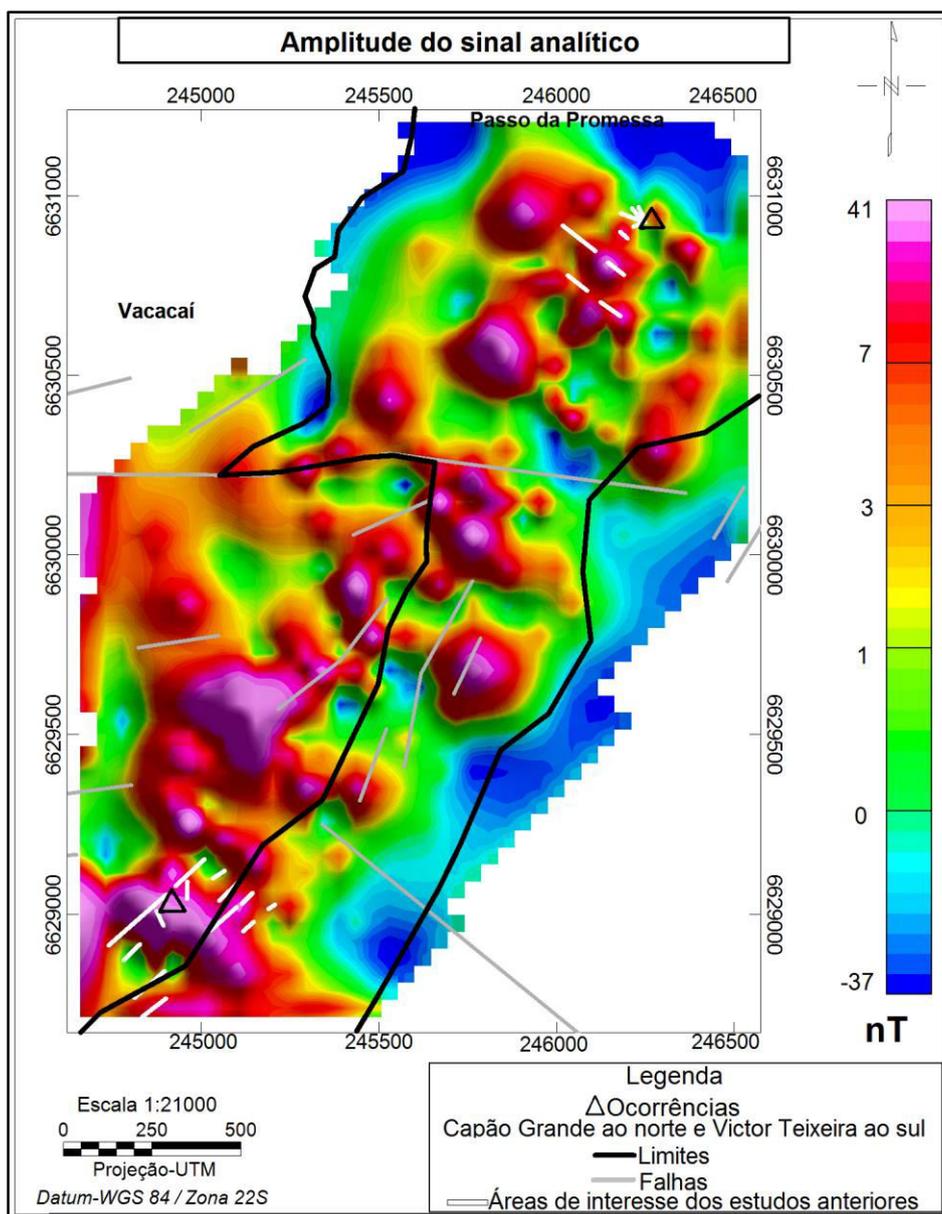


Figura 11. Mapa do sinal analítico com as informações geológicas/geofísicas revisadas para a área de estudo.

CONCLUSÕES

A integração de dados providos de aquisições magnetométricas terrestres em perfis e em malha possibilitaram a apresentação de resultados satisfatórios quanto a caracterização de subsuperfície do intervalo entre as ocorrências cupríferas Capão Grande e Victor Teixeira.

Os resultados do mapa do Campo Magnético Total se mostraram excelentes quanto à caracterização de contrastes físicos entre as rochas dos contextos geológicos presentes, sendo definidos os padrões de baixos magnéticos para os xistos e altos magnéticos para os arenitos arcossianos.

Houve boa correlação entre altos magnéticos e falhas de mesma direção na Formação Passo da Promessa. Já no contexto do Complexo Metamórfico Vacaraí ocorreu pouca correlação entre os baixos magnéticos e as falhas presentes.

Os resultados ainda levaram a sugestão de uma relação de conexão de subsuperfície entre as mineralizações das ocorrências, visto que as áreas de interesse dos estudos anteriores tanto para Capão Grande como em Victor Teixeira se dispuseram sobre um alto magnético NE correlato.

Os resultados do mapa de Passa Banda Profundo evidenciaram um comportamento

anômalo muito semelhante ao do Campo Magnético Total. Esse fato inicialmente fortaleceu a suposição de que a relação de ligação entre as mineralizações das ocorrências seria verdadeira, mas as assinaturas magnéticas apresentadas estavam caracterizando apenas a porção do embasamento cristalino do Complexo Metamórfico Vacacaí, e este não apresenta espaço suficiente entre as foliações e/ou estruturas principais de suas rochas para que possa justificar a dimensão dos altos magnéticos NE em que fazem parte os resultados de interesse dos estudos anteriores.

Os resultados do mapa de Passa Banda Raso apresentaram uma forte mudança no comportamento magnético da área de estudo, realçando as anomalias características dos afloramentos mineralizados e atenuando tanto as grandes faixas de baixos magnéticos do Vacacaí quanto as faixas de altos magnéticos da Formação Passo da Promessa.

Essas mudanças ocorreram em função do recorte das longas frequências do espectro, realizado para que fossem conhecidas as respostas magnéticas somente da porção dos arenitos arcossianos da Formação Passo da Promessa. A atenuação dos altos magnéticos desde a porção com áreas de interesse próximas a Capão Grande até as áreas de Victor Teixeira

evidenciou que as mineralizações não devem mesmo apresentar relação de conexão em subsuperfície.

Os resultados do mapa da Amplitude do Sinal Analítico foram bons frente a delimitação de formas geométricas das anomalias que caracterizavam as feições geológicas e as áreas de interesse dos estudos anteriores. Todavia, não houve diferenciação de contrastes magnéticos nessas anomalias, sendo caracterizados apenas por altos magnéticos.

Os altos anômalos abrangeram o maior número de áreas de interesse das ocorrências minerais. Com isso e pela função principal desse filtro em delimitar corpos e/ou estruturas em subsuperfície, as anomalias nessas áreas provavelmente são as que melhor representam as dimensões do bloco de quartzo EW com fraturas mineralizadas em Victor Teixeira e da porção mineralizada dos arenitos arcossianos em Capão Grande.

Ficou claro que ambas as anomalias com áreas de interesse em Victor Teixeira e Capão Grande são independentes, corroborando as sugestões dos mapas de Passa Banda Profundo e Raso de que as mineralizações das ocorrências não apresentam ligação em subsuperfície.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pela bolsa de estudos concedida.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, J. A., BLANCO, J., PÉREZ-FLORES, M. A. Geological interpretation of Eastern Cuba Laterites from an airborne magnetic and radioactive isotope survey. *Geofísica Internacional*, v. 47, n. 2, p.99-113, 2008.
- BITENCOURT, J. C. Aplicação do método eletromagnético FDEM-GCM para caracterização geoeletrica de uma ocorrência cuprífera no município de Caçapava do Sul -RS. Caçapava do Sul, 2011. 55 p. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Geofísica) - Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).
- BOCCHI, P. R. **Geologia da Folha de Caçapava do Sul, 1970**. Rio Grande do Sul. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia. DNPM, Rio de Janeiro: n° 245, P 1-83.
- CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico do Rio Grande do Sul**. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Escala 1:750000. Porto Alegre, 2007.
- COSTA FILHO, J. H. Prospecção das minas de cobre de Camaquã, Rio Grande do Sul. Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. Ministério da Agricultura. Boletim. n° 59. p. 13 - 94. 1944.
- DOYLE, H. Geophysical exploration for gold - a review. *Geophysics*, v. 55, n. 2, p. 134-146, 1990.
- FAGUNDES, R. S. **Caracterização geoeletrica da ocorrência cuprífera Victor Teixeira, São Sepé-RS**. Caçapava do Sul, 2010. 52 p. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Geofísica) - Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).
- FALLON, T., BACKO, J. Archaean BIF-hosted gold, Mount Morgans, Western Australia: a geophysical case history. *Exploration Geophysics*, v. 25, n. 3, p. 166-166, 1994.
- GONÇALVES, B., SAMPAIO, E. Interpretation of airborne and ground magnetic and gamma-ray spectrometry data in prospecting for base metals in the central-north part of the Itabuna-Salvador-Curaçá Block, Bahia, Brazil. *Interpretation*, v. 1, n. 1, p.85-100, 2013.
- ILHA, L. M. **Caracterização geofísica e estrutural da ocorrência cuprífera Capão Grande**. Caçapava do Sul, 2010.

- 56 p. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Geofísica) - Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).
11. JACKSON, J. The use of sub-audio magnetics (SAM) in gold exploration – examples from the Yilgarn Craton, WA. *Exploration Geophysics*, v. 36, n. 2, p.163–169, 2005.
 12. KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. **An Introduction to Geophysical Exploration**. 3. Ed. Oxford. Blackwell: Blackwell Science Ltd. 2002.
 13. LEINZ, V. & ALMEIDA, S. C. 1941. **Gênese da jazida de cobre do Camaquã**. Porto Alegre, Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Indústria e Comércio.
 14. MAAS M. V. R., OLIVEIRA C. G., PIRES A. C. B., MORAES R. A. V. Aplicação da geofísica aérea na exploração mineral e mapeamento geológico do setor sudoeste do Cinturão Cuprífero Orós-Jaguaribe. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33, n. 3, p. 279-288 2003.
 15. NABIGHIAN, M., GRAUCH, V., HANSEN, R., LAFEHR, T., LI, Y., PEIRCE, J., PHILLIPS, J., RUDER, M. The historical development of the magnetic method in exploration. *Geophysics*, v. 70, n. 6, p. 33-61, 2005.
 16. PEREIRA, R. M. **Fundamentos de Prospecção Mineral**. Rio de Janeiro. Editora: Interciência Ltda, 2003.
 17. PEREIRA, H.G. **Estudo geofísico em ocorrência de cobre por meio de métodos elétrico e eletromagnético, localizado no município de Caçapava do Sul (RS)**. Caçapava do Sul, 2011. 77 p. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Geofísica) - Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).
 18. PORCHER, C. A.; LEITES, S. R.; RAMGRAB, G. E.; CAMOZZATO, E. **Folha Passo do Salsinho, SH. 22 - Y - A - I - 4**. Estado do Rio Grande do Sul. CPRM, Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, escala 1:50.000, 372 p. 1995.
 19. RIBEIRO, M. & LICHTENBERG, E. Síntese da geologia do Escudo do Rio Grande do Sul. In: XXX Congresso Brasileiro de Geologia, 1978, Recife. *Anais*, p. 2451 – 2463.
 20. RODRIGUES, J. A. B. A magnetic survey of mineral resources in northeastern Cuba. *Geofísica Internacional*, v. 45, n. 1, p. 39-56, 2006.
 21. RONCHI, L. H. & LOBATO, A. O. C. **Minas do Camaquã: Um Estudo Multidisciplinar**. São Leopoldo. Editora: Unisinos, 2000. 366p.
 22. SILVA, F. G. **Aquisição magnetométrica na caracterização de feições geológicas e estruturais da ocorrência de cobre de Capão Grande, município de Caçapava do sul, Rs**. Caçapava do Sul, 2010. 67 p. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Geofísica) - Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).
 23. SÚAREZ A. O., MOROSINI A., ULACCO H., DÚRAN A. C. Geología y geofísica del cuerpo máfico-ultramáfico Las Cañas, Provincia de San Luis. *Serie Correlación Geológica, San Miguel de Tucumán*, v. 28, n. 2, p.151-166, 2012.
 24. SULTAN S. A., MANSOUR S. A., SANTOS F. M., HELALY, A. S. Geophysical exploration for gold and associated minerals, case study: Wadi El Beida area, South Eastern Desert, Egypt. *Journal of Geophysics and Enginnering*, v. 6, n. 4, p. 345- 356, 2009.
 25. SHARMA P. V. Magnetic method applied to mineral exploration. *Ore Geology Reviews*, Amsterdam, v. 2, n. 4, p. 323-357, 1987.
 26. TELFORD, W. M.; GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E.; KEYS, D.A. 1976. **Applied Geophysics**. Cambridge: Cambridge University, 1976.
 27. TEIXEIRA, E. **Cobre no Rio Grande do Sul**. Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral, DNPM. Rio de Janeiro. Avulso 22. 29 p. 1937.
 28. TRIMBLE. GPS Pathfinder Systems: receiver manual. Sunnyvale, Version 1.00. Revision B, 2001. 103p.
 29. VELLA, L. Geophysical setting of BIF-hosted gold deposits at Tuckabianna, Western Australia. *Exploration Geophysics*, v. 25, n. 3, p. 166–166, 1994.

*Manuscrito recebido em: 12 Junho de 2015
Revisado e Aceito em: 18 de Setembro de 2015*