

## Estudo Magnetométrico terrestre em uma ocorrência de talco xisto

Felipe Stefani Silva, Diego Freitas Nunes, Miguel Guterres Carminatti, Ivan Zevallos.  
Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. Avenida Pedro Anunciação, s/n, Vila Batista, CEP 96570-000, Caçapava do Sul - RS

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

This study was conducted in an area near the city of Caçapava Sul - RS, with application of magnetometry geophysical method on an occurrence of talc schist inserted into metasediments, in an attempt to obtain a satisfactory evaluation in this geological context unexplored by geophysics. The land magnetometric survey was applied in the form of irregular grid and distributed beyond of the mined area on the talc schist, totaling 492 stations measures, with average spacing of 30 meters between each point. The method magnetometric served as an important tool in the characterization of talc schist, which in this case presented a set of dipolar anomalies. Correlating the data from the Total Magnetic Field, Reduced to the Pole and Analytical Signal Maps, was identified as a common behavior in magnetic response, with anomalous values near the contact between the target and its enclosing rock.

### Introdução

Uma perspectiva importante para o setor de mineração é a prospecção de alvos mineralizados por meios diretos ou indiretos, a fim de buscar corpos geológicos que contenham mineral de minério de interesse econômico. Para este fim, as mineradoras utilizam diversos métodos: perfuração de poços, geoquímica, sensoriamento remoto e a geofísica.

A magnetometria é uma das ferramentas geofísicas mais utilizadas atualmente em exploração mineral, tanto em escala de detalhe como de reconhecimento. Consiste na medida da variação do campo magnético terrestre devido à distribuição na crosta terrestre de corpos heterogêneos magnetizados. Isto possibilita delimitar lineamentos ou rochas aflorantes/subsuperficiais que contenham minerais magnéticos, gerando um contraste de susceptibilidade magnética.

Este trabalho abrange uma área na vila Santa Bárbara no município de Caçapava do Sul –RS (Figura 1), onde se localiza uma mina de talco desativada, na qual a extração

vinha sendo realizada em um dos três corpos de talco xisto mapeados na área (SANTAROSA *et al.*, 1998). A proposta deste trabalho é a utilização do método geofísico da magnetometria terrestre, a fim de caracterizar um contraste entre o talco xisto e sua encaixante.

Dada a importância econômica do talco, a caracterização de corpos desta natureza através de métodos indiretos poderá servir de auxílio na prospecção de outros corpos similares na região.

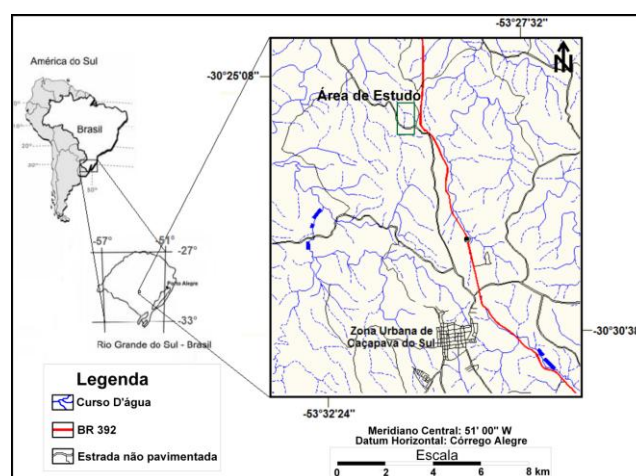


Figura 1 - Esquema de localização e acesso da área de estudo.

### Geologia Local

Três jazimentos de talco ocorrem associados aos xistos magnesianos e serpentinitos como exposto no mapa geológico da Figura 2. O jazimento situado na porção sudeste do mapa apresenta um talco xisto com boa pureza, o qual vinha sendo explotado com uma produção de 340 t/mês (PORCHER, 2000).

Inserido no Complexo Passo Feio, os corpos de talco xisto, denominados bibliograficamente por sequência magnésiana, ocorrem imbricados nas demais sequências. Essa sequência é formada por tremolita xisto e talco xisto, sendo compostas por 70% tremolita, e 30% talco. A tremolita define textura nematoblástica média e o talco marca a textura lepitoblástica fina média (AGUIAR *et al.*, 1998). A sequência metavulcanossedimentar intermediária é formada por clorita filitos e xistos feldspáticos, com teor de quartzo variável e intercalações milimétricas e centimétricas de bandas onde predominam quartzo-carbonato ou quartzo-plagioclásio, albita-clorita-actinolitas, filitos e xistos, e metadacitos de ocorrência restrita. A sequência metavulcanossedimentar básica é composta por anfibólio xistos e filitos homogêneos ou finamente laminados; anfibolitos maciços e bandados; metabasitos maciços ou pouco foliados de granulação fina; metagabros de ocorrência localizada. A porção do

Complexo Granítico Caçapava do Sul que esta situada na área é constituída por granodioritos a monzogranitos de textura heterogranular a porfirítica, com matriz heterogranular (SANTAROSA *et al.*, 1998).

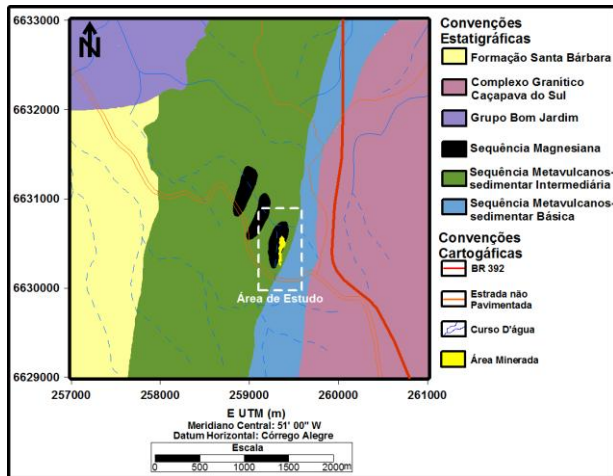


Figura 2 - Mapa litológico referente à área de estudo.

Aparentemente, o talco apresenta contatos irregulares com a encaixante, distribuindo-se numa forma grosseiramente lenticular. Sua textura é maciça, granulação muito fina e coloração amarelo-esbranquiçada, denunciando certo grau de impureza. Estão quase sempre balizados por espessos veios de quartzo leitoso, intensamente afetados por clivagens de baixo ângulo, ou então por cataclastos silicosos (PORCHER, 1995).

A ocorrência de xistos magnesianos na área levantam, então, duas possibilidades. Uma delas é a relação destas rochas com peridotitos de costa oceânica que, por uma zona cisalhamento de baixo ângulo, poderiam ser colocados numa intercalação com os anfibólio xistos, metabasitos e metapelitos. Outra possibilidade é a relação com depósitos estratiformes continentais, justificando, uma zona de cisalhamento de baixo ângulo, a intercalação com metapelitos e rochas metabásicas (AGUIAR *et al.*, 1998).

### Metodologia

O levantamento magnetométrico foi realizado em uma área mais ampla a partir da identificação da parte minerada do talco xisto, e assim estabelecendo os limites totais do estudo, que foram de aproximadamente 500 x 900 metros. Foi realizada uma malha de levantamento com espaçamentos médios de 30 metros entre cada ponto de medida, totalizando 492 estações magnetométricas. A localização dos pontos de medida do magnetômetro móvel foi determinada com a utilização de um GPS de mão, respeitando o espaçamento médio estabelecido inicialmente, com um adensamento nas proximidades da área minerada (Figura 3), para melhor detalhamento de uma possível resposta anômala.

Após a correção diurna, as correções e transformações dos dados (anomalia residual, redução ao pólo e sinal analítico), foram realizadas utilizando as rotinas

matemáticas do software MagPick V 3.05, sendo os mapas confeccionados através do software Surfer 8.0.

A etapa seguinte foi à confecção do mapa do Campo Magnético Total (Figura 4), utilizando o software Surfer 8.0 para geração do *grid*, utilizando o interpolador da mínima curvatura, que foi o que melhor definiu as anomalias. Este é um programa de mapeamento baseado em malhas que interpola dados XYZ espaçados irregularmente gerando uma malha regular, possibilitando a confecção dos mapas (SURFER 8.0, 2009). A partir do Campo Magnético Total, foi aplicada uma separação regional-residual, gerando o mapa da Anomalia Residual (Figura 5). A separação regional-residual foi realizada a partir do software MagPick V 3.05, sendo utilizada uma superfície polinomial de grau 3, de acordo com a base teórica de Nabighian (2005) e Konzen (2002).

Com os dados da Anomalia Residual, foi gerado um mapa de Redução ao Pólo (Figura 6), aplicado de acordo com Blakely (1996).

Utilizando os dados do *grid* da redução ao pólo, foi aplicada a transformação de campo do Sinal Analítico para melhor definição dos limites do corpo estudado, utilizando o procedimento matemático citado por Blakely (1996), utilizando o software MagPick V 3.05 (Figura 7).

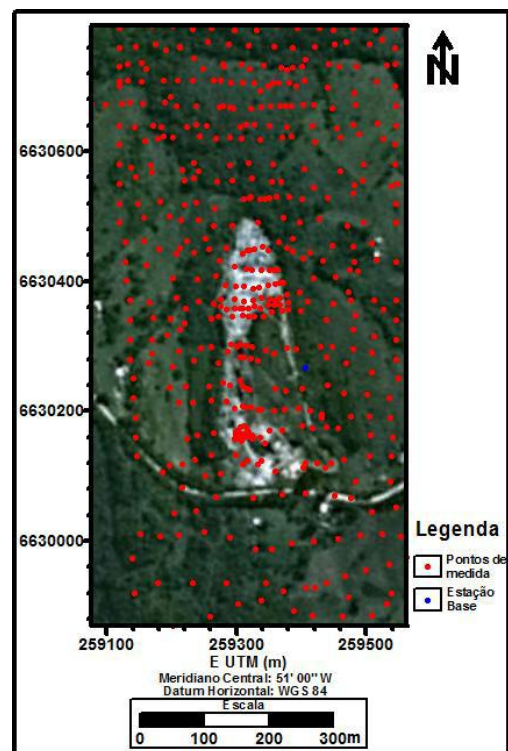


Figura 3 - Mapa de estações magnetométricas, posicionadas sobre uma imagem do Google Earth (2010).

### Resultados e Discussões

O mapa do Campo Magnético Total (Figura 4) mostra na região central um conjunto de dipolos magnéticos isolados, que, no geral, localizam-se no interior da geometria lenticular aflorante do corpo de talco xisto.

Analisando o mapa, observa-se um valor anômalo com mais de 26400 nT na porção sul da área minerada, destoando das demais anomalias positivas. Esse alto valor foi notado pontualmente durante o levantamento, necessitando uma nova visita a campo, para realizações de novas medidas no local, sendo confirmado o valor anômalo sem nenhuma influência antrópica aparente.

Analisando no sentido S-N, mais ao centro da área minerada, são constatadas várias anomalias positivas, com valores de aproximadamente 24000 nT, localizadas dentro dos limites da área minerada do talco xisto.

Na porção norte as anomalias se estendem para além dos limites aflorantes, indicando que o corpo pode apresentar uma continuidade em subsuperfície.

A Figura 5 representa o mapa da Anomalia Residual, resultante da separação regional-residual. Analisando o mapa, obteve-se uma melhor definição das anomalias dipolares referentes ao talco xisto.

Para facilitar a identificação das anomalias dipolares, as mesmas foram definidas pela nomenclatura de I a V. Na porção sul da área minerada verifica-se a presença de dois dipolos, sendo que o Dipolo V apresenta maior intensidade magnética que o Dipolo IV. Observa-se que ambos dipolos apresentam inclinação magnética em relação a direção esperada para a latitude local ( $\approx 37^\circ$ ), que é caracterizada por valores positivos a norte e valores negativos a sul. O que nota-se para o Dipolo V, é que o mesmo apresenta um deslocamento de mais de  $90^\circ$  em relação a esta direção, enquanto o Dipolo IV apresenta um deslocamento angular menor.

Analisando no sentido S-N, na área central são observadas anomalias positivas de baixa intensidade, mas sem valores mínimos definidos, necessários para caracterizar dipolos magnéticos, embora indiquem um segmento das anomalias referentes ao talco xisto.

Na porção norte da área minerada são observados três dipolos (Dipolos I, II e III) com pouca variação segundo as características esperadas para a região: alto magnético para norte e baixo anômalo para sul.

Na porção norte da área de estudo verifica-se uma variação magnética positiva e discreta, com formato irregular, seguindo a tendência S-N das demais anomalias.

Analisando o conjunto de resultados a partir da Figura 5, a explicação provável para os inúmeros dipolos presentes na área é associada a fragmentação de um corpo anteriormente único, os quais originaram dipolos próprios, análogo a um ímã partido. Quanto à orientação variada dos dipolos, pode ser associada à retrabalhamentos metamórficos ocorridos na região, que pode ter provocado uma movimentação angular dos fragmentos, horizontalmente e/ou verticalmente, justificando a diversidade de direções dos dipolos na área. Outra explicação provável é que esta variação pode ser também originada de uma distribuição heterogênea de minerais magnéticos dentro da matriz do corpo.

A fraca continuidade da anomalia ao norte da área de estudo, pode representar o segmento positivo da porção negativa, isolada mais ao sul, gerando um dipolo. Este suave contraste positivo no campo magnético, pode representar uma variação anômala referente a possível

continuação do corpo em profundidade, e portanto, a cobertura existente, atenuaria a intensidade da anomalia. A partir do mapa de Redução ao Pólo, representado pela Figura 6, observa-se na porção sul da área minerada, monopólos positivos localizados principalmente na borda do talco xisto, visualizando em suas proximidades duas anomalias negativas.

Na porção central da área minerada, nota-se três anomalias positivas, sendo duas delas localizadas internamente a área minerada, e a outra localizada sobre sua borda.

Seguindo para norte, são encontradas duas fortes anomalias positivas, localizadas sobre e próxima ao contato do talco xisto; no interior, nota-se uma variação negativa do campo, não se estendendo além dos limites aflorantes.

Acima da área delimitada, verifica-se uma anomalia negativa de grande intensidade, e uma posterior variação positiva que se estende até o extremo norte da área de estudo, seguindo a tendência do conjunto de anomalias principais.

O intuito da aplicação da redução ao pólo é de transformar todas as anomalias com característica dipolar em anomalias monopolares positivas, o que facilita a interpretação, fazendo com que o centro da anomalia fique localizado no centro do corpo. No entanto, foi observada a existência de algumas anomalias negativas, que foram associadas ao possível retrabalhamento metamórfico, anteriormente mencionado. As anomalias monopolares visualizadas no mapa indicam uma provável centralização da concentração de minerais magnéticos na borda do corpo.

O mapa magnético do Sinal Analítico pode ser visualizado na Figura 7. Com base no mapa do Sinal Analítico, é visualizado de modo geral, que as anomalias bem caracterizadas encontram-se situadas sobre ou próximas aos limites do corpo de talco xisto, com exceção de um valor anômalo na porção norte situado na parte interna do corpo, assim como outro valor expressivo ao norte, além dos limites da área minerada. Na parte central do corpo, são observadas variações de menor intensidade, conectando as anomalias mais distintas da porção norte e sul.

De acordo com o embasamento teórico do Sinal Analítico, para corpos isolados, o máximo gerado por uma anomalia está provavelmente localizado sobre a fonte causadora. Assim foi possível analisar a delimitação de vários corpos menores, interpretados como os possíveis fragmentos constituintes do corpo ao todo. O conjunto total de anomalias evidencia no geral, a geometria lenticular do corpo de talco xisto, apresentando indícios de fragmentação interna ao mesmo.

A localização das anomalias próximas aos limites do talco xisto, também induziu uma interpretação onde provavelmente exista uma maior concentração de minerais magnéticos no contato entre o talco xisto e sua encaixante.

Também nota-se que o valor anômalo negativo observado nos mapas anteriores, situado ao norte, além da área minerada, confirmou a localização de uma fonte anômala no local.

As anomalias monopolares visualizadas no mapa de Redução ao Pólo, indicam uma maior concentração de minerais magnéticos principalmente na borda do corpo, confirmadas no mapa do Sinal Analítico. Com base em uma nova visita a campo, foi verificada a presença de magnetita distribuída irregularmente no corpo, apresentando maiores concentrações nas proximidades do contato (Figura 8), contribuindo para a interpretação referente a maioria das anomalias identificadas nos mapas magnéticos.

### Conclusões

Após a interpretação dos resultados, observa-se que o método magnetométrico apresentou uma resposta positiva quanto a detecção de contrastes físicos entre a rocha alvo e sua encaixante, satisfazendo o objetivo principal do trabalho.

Utilizando a magnetometria, através da análise conjunta dos mapas, foi possível inferir que as anomalias identificadas correspondem possivelmente a fragmentos de um corpo anteriormente único, com uma variação espacial da concentração de minerais magnéticos. Isso foi definido através das diversas orientações apresentadas pelos dipolos no mapa da Anomalia Residual.

Com a análise dos resultados, foi percebido que o posicionamento das anomalias magnéticas coincidia principalmente com a borda do talco xisto, o que foi confirmado após posteriores visitas a campo, onde foi possível localizar maiores concentrações do mineral magnetita no contato do corpo.

Uma possível interpretação para a variação positiva apresentada principalmente nos mapas da Anomalia Residual e da Redução ao Pólo, localizada no extremo norte da área de estudo, ultrapassando os limites da área minerada, é que pode ser resposta de uma provável continuação em subsuperfície do corpo de talco xisto.

A utilização do método da magnetometria na área possibilitou a identificação do talco xisto por contrastes de propriedades físicas, o que permitirá a utilização futura deste método na prospecção de corpos análogos na região ou em regiões que apresentem contexto geológico semelhante.

### Referências

AGUIAR, Eduardo da Silva et al.. Mapeamento Geológico 1:25.000 – Projeto Caçapava do Sul: Geologia da Faixa I. 1998. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

BLAKELY, Richard J.. Potential Theory in Gravity & Magnetic Applications. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 441 p.

GOOGLE EARTH. Versão 4.3 (beta). Europa Technologies – US Dept. of state Geographer, 2010.

KONZEN, Luciano. Métodos Potenciais: Aplicações em Petróleo e Recursos Minerais. São Paulo: IAG/USP, 2002. CD-ROOM.

MAGPICK V 3.05. Magnetic processing and interpretation. Geometrics, Inc. 2010.

NABIGHIAN, Misac N. et al.. The historical development of the magnetic method in exploration. Geophysics, [S. l.], v. 70, n. 6, p. 33-61, nov-dec. 2005.

PORCHER, Carlos Alfredo. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Passo do Salsinho. SH.22-Y-A-I-4. Escala 1:50.000. Brasília: CPRM, 1995. 372 p.

PORCHER, Carlos Alfredo; LOPES, Ricardo da Cunha. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Cachoeira do Sul. SH.22-Y-A. Estado do Rio grande do Sul. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM, 2000. 147 p.

SANTAROSA, Cristian Sartori et al.. Mapeamento Geológico 1:25.000 – Projeto Caçapava do Sul: Geologia da Faixa III. 1998. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

SURFER 8.0 Copyright Golden Software, Inc. 2002.

SURFER 8.0. Getting Started Guide: Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers. Colorado: Golden Software, 2009.

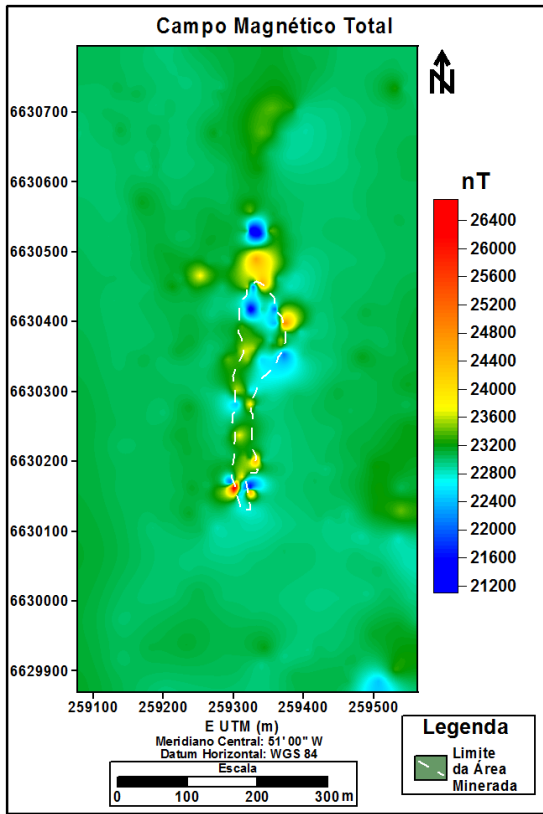


Figura 4 - Mapa do Campo Magnético Total.

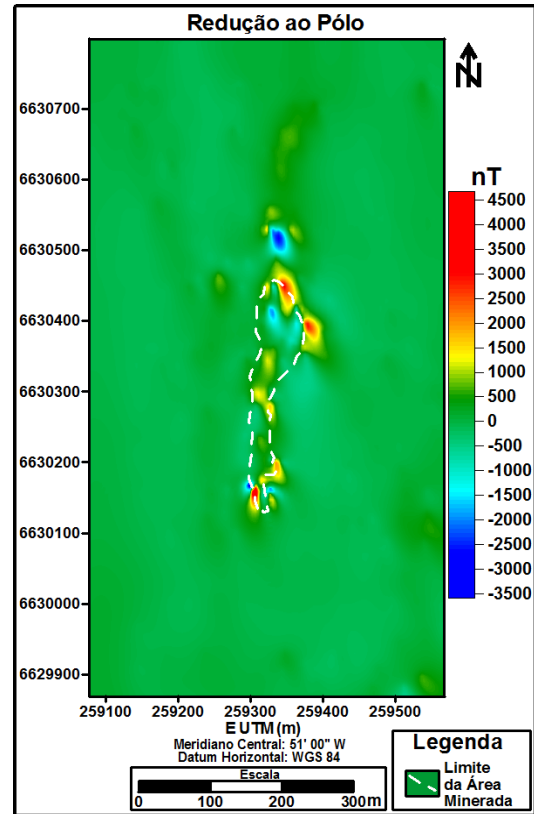


Figura 6 - Mapa de Redução ao Pólo.

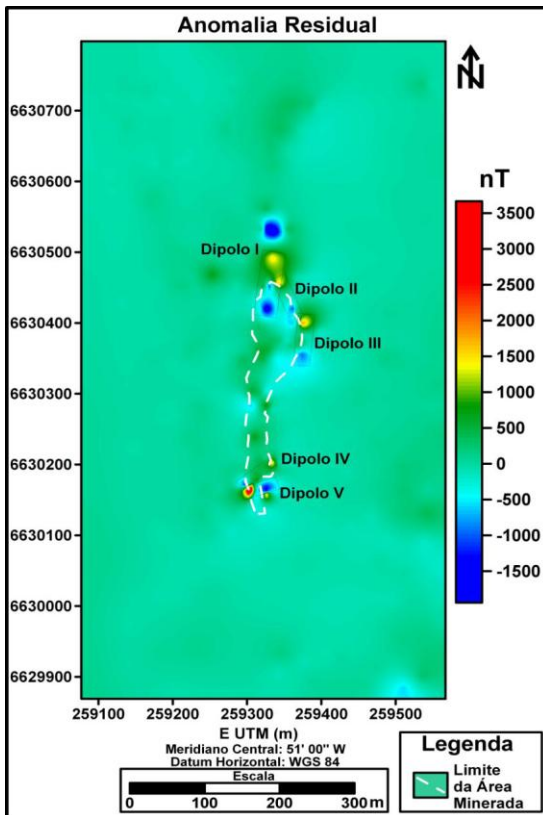


Figura 5 - Mapa do campo magnético gerado a partir da separação regional-residual.

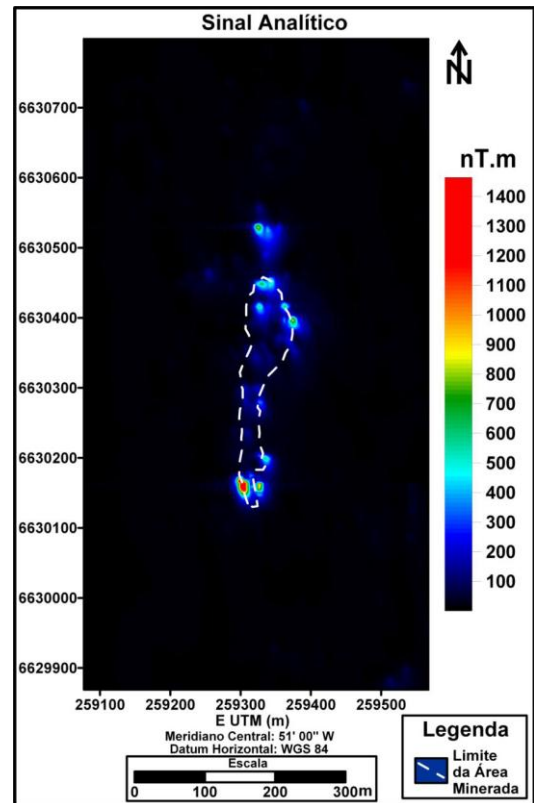


Figura 7 - Mapa do Sinal Analítico.

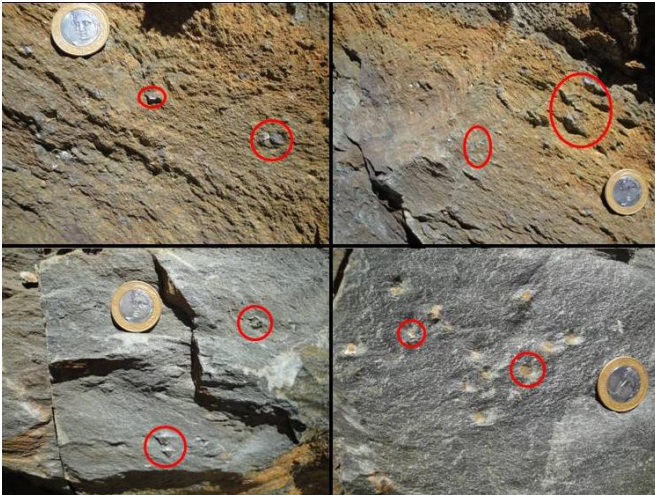


Figura 8 - Magnetita distribuída irregularmente nas proximidades do contato do talco xisto.