



## Integração de Dados Aeromagnéticos e Topográficos ASTER: uma contribuição à Geologia de Lavras do Sul - RS

Hasan Lopes Shihadeh, Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA  
 Mario J. Tomas Rosales, Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA  
 Alice Marques Pereira, Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

Copyright 2010, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

*Este texto foi preparado para a apresentação no IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Brasília, 14 a 17 de novembro de 2010. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IV SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.*

### Abstract

This paper deals with an integration methodology and interpretation of geophysical and topographical data (ASTER GDEM) to complement the geological mapping in the region of the Lavras do Sul (RS).

The study area is located on the topographic sheet Lavras do Sul (Scale, 1: 50,000) with approximately 72 km<sup>2</sup>. The geology of this is predominantly composed by arcs and arches of the lithic Maricá Formation and basic strokes Hilário Formation of Neoproterozoic (~ 540 Ma). Outcrop northwest monzogranite and granodiorite of the Lavras do Sul granite complex (~ 510 Ma). To the southwest are shown occurrences of dioritic gneisses and amphibolites of Cambay complex (~ 710 Ma).

Data from the aeromagnetic survey (CPRM, 1974) were compiled, processed and interpreted, from the products final graphics obtained such as maps Intensity Magnetic Field Total, Second Derivative Horizontal (direction: 135°) and the Analytical Signal Amplitude (ASA) to highlight anomalous magnetic features that could be associated with the presence geological features.

### Introdução

A área de estudo situa-se a sudeste da cidade de Lavras do Sul (RS), possuindo aproximadamente 72 km<sup>2</sup>. A geologia presente é predominantemente composta por arcóseos e arcóseos líticos da Formação Maricá e por derrames básicos da Formação Hilário, do Neoproterozóico (~540 Ma) conforme se ilustra na Figura 1.

Afloram a noroeste monzogranitos e granodioritos do complexo granítico Lavras do Sul, associados à pertita granito avermelhado, granitos pós-tectônicos do Cambriano (~510 Ma). Ao sudoeste mostram-se ocorrências de gnaisses dioríticos e anfíbolitos do complexo Cambaí (~710 Ma).

A base geológica do trabalho toma como fonte de referência o mapa geológico da Folha Cachoeira do Sul (CPRM, 2000).

Aplicou-se uma metodologia de processamento, integração e interpretação de dados aeromagnéticos oriundos do Levantamento Aerogeofísico (CPRM, 1974) e dados de altitudes ortométricas provenientes do ASTER-GDEM (METI/NASA,2009), visando complementar o mapeamento geológico existente na região ao sul de Lavras do Sul (RS) e de oferecer um subsídio para a interpretação geológica e estrutural da área de estudo.

Como produtos gráficos finais foram confeccionados um modelo digital de elevação do terreno (DEM), utilizando dados de altitude do ASTER GDEM, e mapas de imagens da Anomalia magnética de Intensidade total, Segunda Derivada Horizontal (direção: 135°) e Amplitude do Sinal Analítico (ASA), a fim de ressaltar feições anômalas magnéticas que poderiam estar associadas a presença de feições geológicas.

A integração conjunta dos dados geofísicos aeromagnéticos e topográficos foi exposta de maneira gráfica a traves de perfis geofísicos regionais, para estabelecer uma correlação com as feições geológicas expostas em superfície segundo a base geológica utilizada.

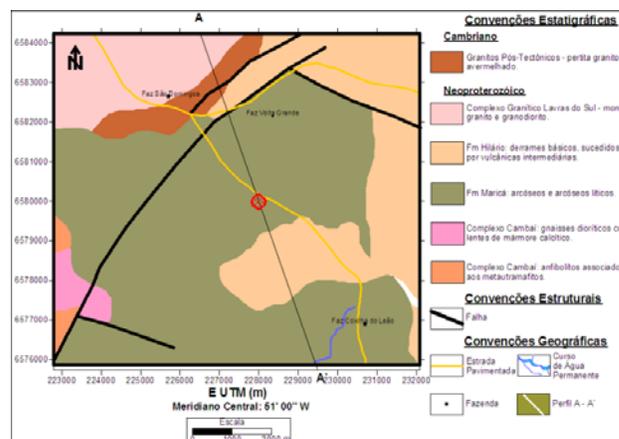


Figura 1 – Mapa geológico simplificado da área de estudo (modificado de CPRM, 2000).

### Modelo Digital de Elevação do Terreno (DEM)

No trabalho foram compilados dados de altitudes ortométricas para a área de estudo proveniente do ASTER GDEM (METI/NASA), os quais oferecem uma resolução espacial em longitude e latitude de aproximadamente 1 arc-second (~30 metros) e uma resolução vertical de aproximadamente 7-14m (*DEM accuracy - stdev*).

A Figura 2 mostra um mapa topográfico da área de estudo obtido a partir dos dados de altitudes ASTER GDEM. Posteriormente foi elaborado um Modelo Digital de Elevação do Terreno (DEM) conforme se ilustra na Figura 3.

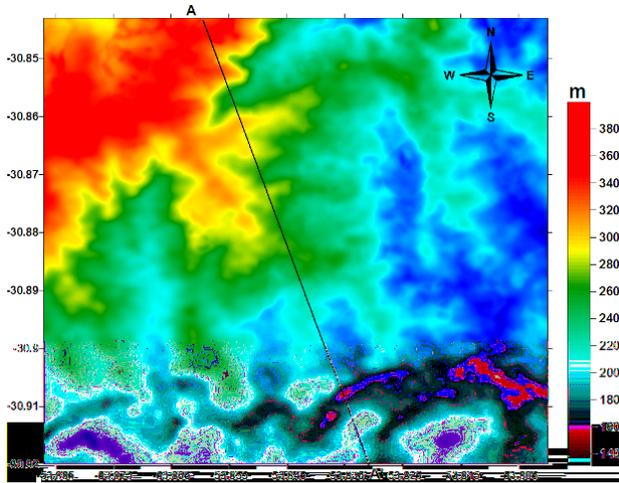


Figura 2 – Mapa Topográfico da área de estudo baseado em dados ASTER.

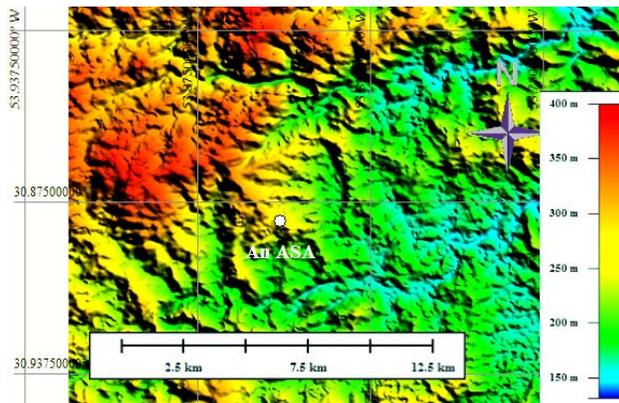


Figura 3 – Modelo Digital de Elevação do Terreno (DEM) da área de estudo baseado em dados ASTER.

Conforme pode observar-se na Figura 3, a porção noroeste da área de estudo é caracterizada pela presença de um alto topográfico com valores de altitudes em torno de 370 metros, associado aos monzogranitos e granodioritos da borda sudeste do complexo granítico Lavras do Sul (~510 Ma).

Aproximadamente na porção central da área encontra-se uma feição topográfica com valores mais baixos em torno

de 250 – 270 metros que se associa espacialmente com a presença de arenitos e arcóseos líticos da Formação Maricá (~540 Ma).

### Anomalia magnética de Intensidade Total.

Os dados aeromagnéticos foram compilados a partir do Levantamento Aerogeofísico (CPRM, 1974), onde foi feito um tratamento prévio dos dados com a finalidade de eliminar os ruídos ao longo das linhas de vôos, e posteriormente foi realizado um procedimento de padronização das variáveis segundo Davis (1986).

Logo, foi confeccionado um mapa da Anomalia magnética de Intensidade Total (Figura 4), destacando-se a presença de uma anomalia magnética de interesse na parte central da área.

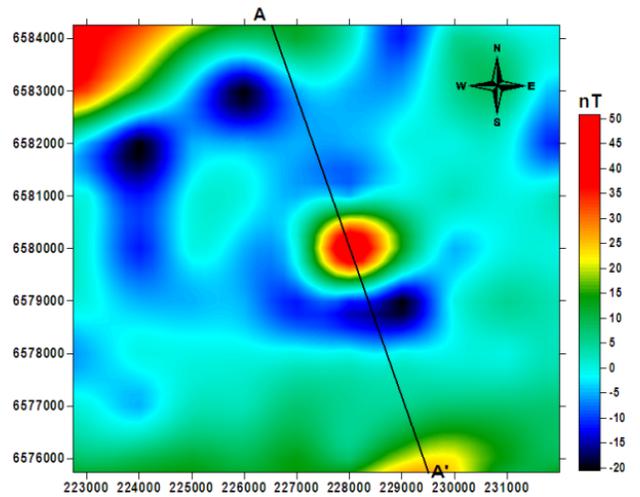


Figura 4 – Mapa da Anomalia magnética de Intensidade Total

Segundo pode-se observar, a anomalia magnética na parte central da área é caracterizada pela presença de um par anômalo magnético o qual apresenta um alto ao norte e um baixo ao sul, que provavelmente pode estar associado a rochas de composição básica cobertas pelos arenitos pertencentes à formação Maricá (~540 Ma).

### Amplitude do Sinal Analítico (ASA)

Nabighian (1972, 1984) desenvolveu o conceito do sinal analítico 2-D. Uma importante característica desta técnica é a independência que ela tem com relação à direção do vetor magnetização da fonte. A amplitude do sinal analítico é simplesmente relacionada à intensidade de magnetização.

Roest *et al.*, (1992) mostraram que a amplitude (valor absoluto) do sinal analítico 3-D, em um ponto qualquer com coordenada (x,y), pode ser facilmente obtido a partir de três gradientes ortogonais do campo magnético total usando a seguinte expressão:

$$|A(x,y)| = \sqrt{\left(\frac{dT}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dT}{dy}\right)^2 + \left(\frac{dT}{dz}\right)^2}$$

onde  $|A(x,y)|$  é a amplitude do sinal analítico no ponto de coordenadas (x,y). T é a anomalia magnética de intensidade total no ponto de coordenadas (x,y).

Segundo a formulação de Roest *et al.*, (1992), o sinal analítico da anomalia magnética de intensidade total reduz os dados magnéticos a anomalias cujo sinal máximo coincide com as bordas dos corpos magnetizados e cuja forma pode ser usada para determinar as profundidades destas bordas.

Uma vantagem fundamental que oferece o mapa de sinal analítico, é que ele constitui uma boa ferramenta para selecionar anomalias de interesse geológico, já que seu algoritmo permite transformar as variações em diferentes direções, em variações somente positivas, que exibem um resultado que se corresponde diretamente com o grau de magnetização que apresentam as rochas.

A Figura 5 mostra o mapa de amplitude do Sinal Analítico da anomalia magnética de Intensidade Total.

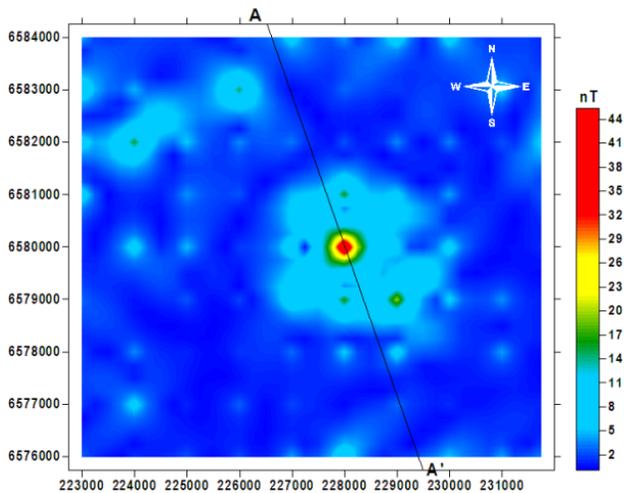


Figura 5 - Mapa de amplitude do Sinal Analítico da anomalia magnética de Intensidade Total

Destaca-se na parte central da área de estudo um alto anômalo apresentando um formato circular, o qual poderia estar associado a presença de rochas de composição básica cobertas pelos arenitos pertencentes à formação Maricá (~540 Ma).

**Segunda Derivada Horizontal da anomalia magnética de Intensidade Total. Direção: 135 graus.**

A 2ª Derivada Direcional em um ponto obtém-se derivando a 1ª Derivada Direcional, e têm-se a seguinte expressão:

$$\frac{d^2f}{ds^2} = \frac{d\left[\frac{df}{ds}\right]}{ds} \rightarrow \frac{d^2f}{ds^2} = \frac{d\left[\frac{df}{ds} \cos(\alpha) + \frac{df}{dy} \sin(\alpha)\right]}{ds}$$

$$= \frac{d^2f}{ds^2} \cos^2(\alpha) + 2 \frac{d^2f}{dx dy} \cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha) + \frac{d^2f}{dy^2} \sin^2(\alpha)$$

onde:  $\alpha$  é o ângulo, com relação ao eixo X, da direção escolhida.

Para calcular a 2ª Derivada Direcional a partir de uma malha ou "grade" de valores de anomalia magnética de intensidade total, as derivadas analíticas são aproximadas por fórmulas de diferenças finitas.

A 2ª Derivada Direcional permite ressaltar aquelas anomalias magnéticas de baixa intensidade em zonas onde a resposta magnética dos corpos intrusivos de composição básica possa ter seus efeitos atenuados pela presença de espessos pacotes de sedimentos situados em níveis mais rasos.

Conforme o procedimento anterior foi confeccionado um mapa de Segunda Derivada Horizontal da anomalia magnética de Intensidade Total. Direção: 135 graus (Figura 6).

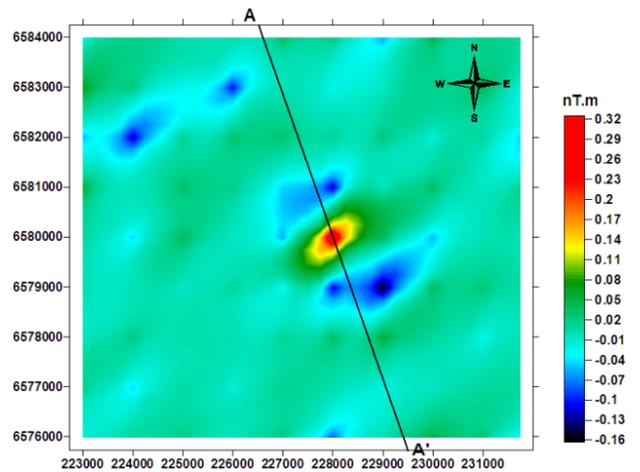


Figura 6 - Mapa de Segunda Derivada Horizontal da anomalia magnética de Intensidade Total. Direção: 135 graus

Observa-se na parte central da área de estudo, a presença de uma anomalia isolada que poderia estar associada, provavelmente, a um corpo de composição básica posicionado próximo da superfície e coberto pelos arenitos da Formação Maricá (~540 Ma).

**Integração de dados Aeromagnéticos e topográficos ASTER.**

A Figura 7 mostra de uma maneira integrada os gráficos relacionados com o comportamento do campo magnético de Intensidade total na área de estudo, conjuntamente com a superfície do relevo topográfico ao longo do Perfil A- A':

a) Anomalia magnética de Intensidade Total.

A anomalia magnética de Intensidade Total ao longo do perfil A-A', exhibe um máximo par anômalo com um alto mais intenso ao norte (+ 40 nT) e um baixo mais fraco ao sul (-10 nT) com um comprimento de onda de aproximadamente 2 km.

Esta feição anômala poderia estar associada com a presença de rochas de composição básica cobertas

pelos arenitos pertencentes à formação Maricá (~540 Ma).

b) Sinal Analítico da anomalia magnética de Intensidade Total.

A anomalia do Sinal Analítico ao longo do perfil A-A' exibe um comportamento anômalo expressivo, caracterizado pela presença de uma feição que revela valores máximos de amplitudes da ordem de + 40 nT e um comprimento de onda de aproximadamente 1 km.

Esta feição pode estar associada à presença de rochas de composição básica cobertas pelos arenitos pertencentes à formação Maricá (~540 Ma).

c) Segunda Derivada Horizontal da anomalia magnética de Intensidade Total. Direção: 135 graus.

A anomalia da Segunda derivada ao longo do perfil A-A', segundo a direção de cálculo igual a 135 graus, exibe um alto anômalo expressivo com curto comprimento de onda que pode estar associado a presença de um pequeno corpo intrusivo de composição básica posicionado próximo da superfície do terreno.

d) Relevo Topográfico. (Fonte: Dados de altitudes do modelo digital de elevação global (ASTER GDEM, METI/NASA, 2009).

O comportamento do relevo topográfico ao longo do perfil A-A' exibe na porção noroeste um alto com valores em torno de 350 metros, associado aos monzogranitos e granodioritos da borda sudeste do complexo granítico Lavras do Sul (~510 Ma). Na porção central da área a feição topográfica apresenta valores mais baixos, em torno de 250 – 270 metros, que se associa espacialmente com a presença de arenitos e arcóseos líticos da Formação Maricá (~540 Ma).

### Conclusões

A pesquisa demonstrou a eficiência de uma metodologia de processamento e integração de dados geofísicos conjuntamente com dados de modelo de elevação digital (DEM) podendo servir de ferramenta para o apoio e esclarecimento da cartografia geológica regional.

O trabalho faz parte de um projeto de pesquisa em andamento que tem como objetivo geral a integração e posterior interpretação de dados oriundos de Levantamentos Aerogeofísicos e Levantamentos geofísico terrestres com a finalidade de oferecer um subsídio para o mapeamento geológico regional e esclarecer questões relacionadas com a geometria da estruturação geológica da região da Bacia do Camaquã no estado do Rio Grande do Sul.

### Agradecimentos

Nossos agradecimentos a UNIPAMPA pela acessibilidade à realização desta pesquisa e a disponibilidade da instrumentação de campo.

Agradecemos de maneira pessoal ao Prof. Dr. Mario Jesus Tomas Rosales pela orientação do trabalho, a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo Gastal e o Prof. Dr. Edinei Koester pelos conhecimentos transmitidos e apoio na consulta da cartografia geológica e nas saídas ao campo.

### Referências

- ASTER Global DEM Validation Summary Report from <http://www.ersdac.or.jp/GDEM/E/3.html> or from <https://lpdaac.usgs.gov/>
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Geologia e Metalogênese. FOLHA SH. 22-Y-A, Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1:250.000. Brasília: 2000. CD-ROM.
- DAVIS JC. 1986. Statistics and data analysis in geology. 2nd ed., New York, John Wiley & Sons,
- JACSON, V.N.; RAMOS, V.A.; TERRY, S.A. & ZUZEK, A.B. Projeto Aerogeofísico Camaquã, Estado do Rio Grande do Sul Porto Alegre, Texas Instruments: Convênio Departamento Nacional da Produção Mineral/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/CENEN, 208 p., 1974.
- NABIGHIAN, M.N. The analytical signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section :its properties and use for automated anomaly interpretation. Geophysics, v. 37, p. 507-517, 1972.
- NABIGHIAN, M. N., 1984. Toward a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transforms: Fundamental relations: Geophysics., 49, 780-786.
- ROEST W.R., VERHOEF J., PILKINGTON M. 1992. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. Geophysics 57, 116 125.
- SCHWARTZ, A., 1974. Calculus and Analytic Geometry, 3<sup>rd</sup> edition, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1140 p.

## Integração de Dados Aeromagnéticos e Topográficos ASTER

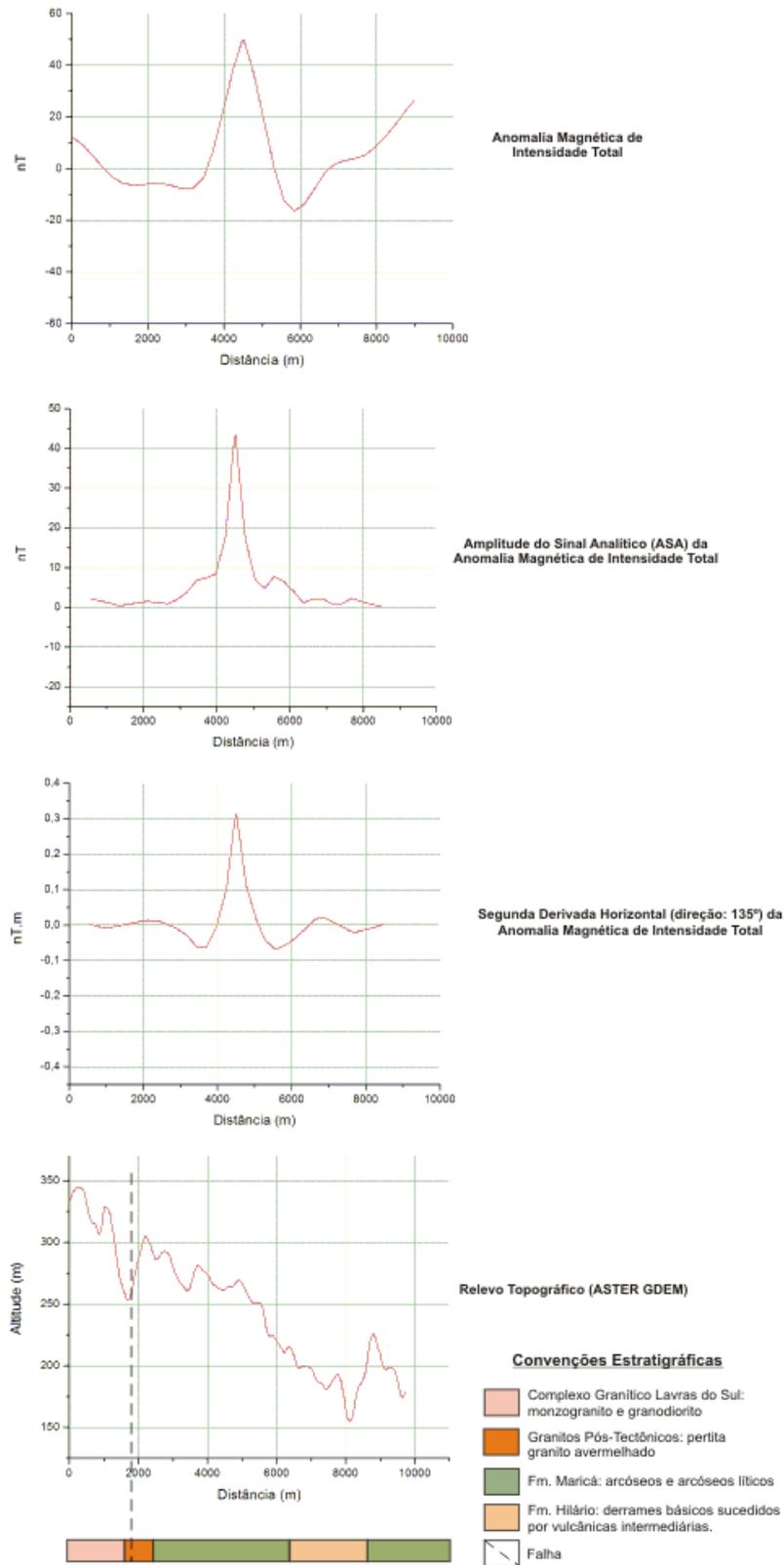


Figura 7 – Gráficos do perfil A-A' apresentando perfil de altitude, campo magnético total, segunda derivada horizontal na direção 135° e as litologias expostas em superfície segundo o mapa geológico da CPRM (2006).