



# Um exemplo da utilização de gradiente transversal medido no aumento da resolução de imagens aeromagnéticas em baixas latitudes magnéticas.

Eduardo Henrique, RECONSULT GEOFÍSICA.

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica  
This paper was prepared for presentation at the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.  
Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility 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**

*The present work was designed to evaluate if it is possible to observe an increase on the resolution of airborne magnetometry images when using measured lateral gradient during interpolation of total magnetic field data. Images were enhanced using pseudo-line method. The used sample dataset was collected at low magnetic latitudes, specifically in the Brazilian territory. The result for the specific dataset was clear, the enhanced image has a resolution much superior than the original image. Furthermore, its resolution can be compared with a resolution of a single sensor survey with half of line spacing of the original gradiometer survey.*

## **INTRODUÇÃO**

A idéia de se medir gradientes do campo magnético terrestre (CMT) em plataformas aerotransportadas não é nova. Diversos autores têm sugerido possíveis vantagens de se obter estes tipos de dados nos seguintes aspectos:

- Auxílio na interpretação de dados magnéticos, principalmente em geologia bi-dimensional (Marcotte et al. (1992)).
- Cálculo do CMT livre de efeitos da variação diurna.
- Geração de imagens de gradientes horizontais transversais e longitudinais medidos com qualidade bem superiores que as calculadas (Donovan et al. (1984)).
- Aumento da resolução da imagem do campo magnético após a utilização de algoritmos que utilizam gradientes medidos no processo de interpolação (Marcotte et al. (1992); McMullan et al. (1997), Hardwick (1996) e Hogg (2004)).

No caso específico brasileiro, as aplicações avançadas de aerogradiometria ainda são raras. Mais escassos ainda são publicações sobre a efetividade deste método no Brasil, onde o campo magnético possui características singulares como baixa intensidade e componente predominante horizontal.

Utilizando dados aerogradiométricos adquiridos e processados no território nacional, o presente trabalho tem como objetivo verificar a efetividade do método aerogradiométrico no que se refere a ganho de resolução. Será que há um aumento sensível na resolução das imagens? Como estas imagens

melhoradas afetam as imagens da transformada sinal analítico?

## **METODOLOGIA**

O método utilizado para gerar as imagens melhoradas, apresentadas aqui, foi o método de pseudo-linhas proposto por Hardwick (1999). Este método consiste em estimar o CMT em distâncias fixas de ambos os lados de uma linha de vôo através do gradiente transversal medido.

Obviamente a extrapolação linear do campo usando o gradiente transversal é precisa só por uma distância limitada das linhas de vôo. Se uma distância exagerada for utilizada, falsos artefatos serão gerados.

Hardwick propõe usar linhas de controle para definir a distância ideal de extrapolação e evitar o aparecimento de falsas anomalias. Já neste artigo, optou-se por trabalhar com dados que inicialmente foram amostrados com 250 metros de espaçamento e posteriormente foram re-amostrados digitalmente com espaçamento de 500 metros. Assim sendo, a imagem de 250 metros de espaçamento foi utilizada como referência para se verificar se houve ou não um ganho sensível de resolução das imagens "melhoradas" e se o processo de melhoramento não gerou indesejáveis falsos artefatos.

Após as correções diurna, lag, nivelamento, micro-nivelamento e redução ao IGRF, o processamento das imagens foi simples. Primeiramente, gerou-se imagens do CMT com os bancos de dados de 250 metros e 500 metros de espaçamento através da interpolação dos dados magnéticos do sensor de cauda pelo método bi-direcional. Para normalizar a comparação, utilizou-se os mesmos tamanhos de célula de interpolação (100 por 100 metros) em ambos os casos.

Posteriormente, aplicou-se o método de pseudo-linhas ao banco de dados de 500 metros, inserindo as informações gradiométricas transversais entre as linhas de vôo. Por padronização, optou-se também usar o mesmo método e célula de interpolação que o utilizado anteriormente.

Com as três imagens geradas do CMT foram criadas imagens transformadas do sinal analítico proposto por Nabighian et al. (1972). A análise da qualidade final desta transformada também é importante, pois ela é muito utilizada em situações geomagnéticas como a brasileira onde o algoritmo de redução ao pólo não funciona corretamente.

Como resultado foram gerados três conjuntos de imagens com mesmos tamanhos de células de interpolação. As imagens foram visualizadas com as mesmas tabelas de cores, tornando possível uma correta comparação entre as imagens geradas em termos de resolução.

Um exemplo da utilização de gradiente transversal medido no aumento da resolução de imagens aeromagnéticas em baixas latitudes magnéticas.

## **CARACTERÍSTICAS DO CONJUNTO DE DADOS UTILIZADO**

O dado utilizado neste trabalho é uma pequena porção de um levantamento aerograviométrico conduzido no ano de 2004 pela empresa Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. para uma empresa de mineração. A área localiza-se no oeste do estado de Minas Gerais, Brasil. A aeronave utilizada foi uma aeronave bi-motor *Piper Navajo-Chieftain* PA 31-350 equipada com uma plataforma graviométrica com três sensores magnetométricos do tipo vapor de césio localizados na cauda e nas pontas das asas. A tabela 1 mostra os detalhes deste levantamento e a condição geomagnética local.

Tabela 1: dados utilizados neste trabalho, características do levantamento e da área levantada.

Campo magnético médio:	23.406 nT
Declinação média:	-20°
Inclinação média:	-29°
Data do levantamento:	2004
Dimensão do bloco:	7 por 9 km
Separação entre linhas (original):	250 m
Direção de linhas de voo:	Norte-sul
Altura de voo:	100 m
Separação entre sensores transversais:	14,859 m
Separação entre sensores longitudinais:	9,220 m

## **RESULTADOS OBTIDOS**

A figura 1 mostra as três imagens do campo magnético total geradas com célula de 100 metros. Observe como a imagem de 250 metros de separação (C) define de forma clara os limites do corpo tabular principal e de pequenas anomalias situadas na porção sudeste da área. Já a imagem com 500 metros de separação (A) não consegue definir os corpos com a mesma resolução, gerando um padrão serrilhado que não condiz com a realidade geológica destes corpos. Já a imagem melhorada (B), a pesar de ser oriunda de dados com 500 metros de espaçamento define com maior precisão os limites dos corpos como em (C).

A figura 2 mostra as três transformadas do sinal analítico das imagens da figura anterior. Novamente é possível verificar um óbvio aumento na qualidade da imagem melhorada em relação a tradicional. Observe que a estrutura NW na porção SW da área aparece truncada na imagem de 500 metros sem melhoramento, sendo bem definida nas imagens melhorada e com 250 metros de espaçamento.

As figuras 3, 4 e 5 mostram detalhes das imagens mostradas nas figuras 1 e 2. Em todas elas é possível verificar o ganho de resolução da imagem melhorada em relação à imagem sem melhoramento. Mostram também que as anomalias entre linhas inseridas no processo de melhoramento correspondem à realidade, pois corroboram com as anomalias detectadas e definidas na imagem gerada a partir de 250 metros de separação entre linhas.

A figura 6 mostra mais uma vez o aumento de resolução da imagem melhorada em relação a tradicional. A anomalia selecionada é um típico alvo para exploração

de diamantes primários. Observe como o algoritmo de melhoramento define esta anomalia de modo muito parecido como ela é definida nos dados de 250 metros de espaçamento.

## **CONCLUSÕES**

O método de melhoramento de imagens magnéticas através de dados graviométricos medidos foi aplicado com sucesso em dados adquiridos no território brasileiro.

Todo o processamento das imagens foi conduzido inteiramente pelo autor. Cuidados com normalização dos tamanhos de célula de interpolação, dos algoritmos de gridagem, das pseudo-iluminações e das tabelas de cores foram tomados para possibilitar uma confrontação efetiva e justa da resolução entre as imagens geradas.

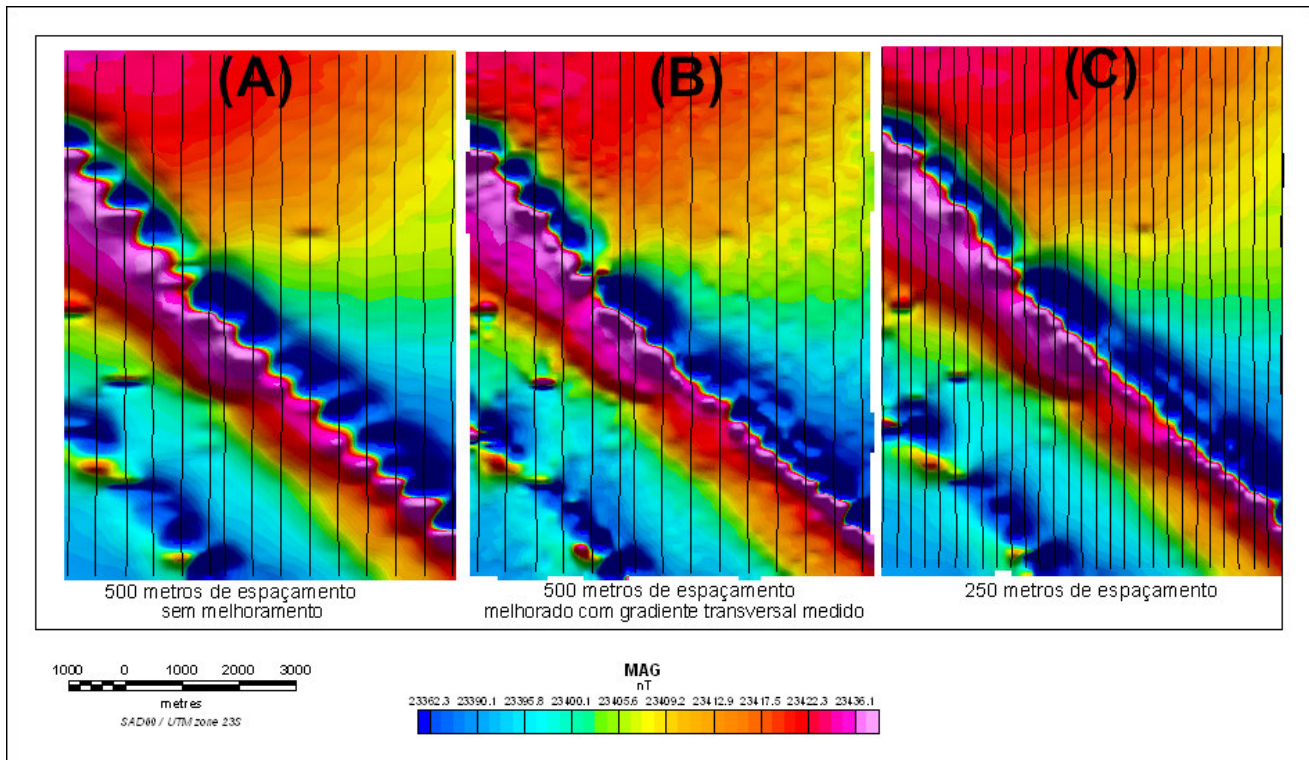
A comparação das imagens do campo magnético total e da transformada do sinal analítico demonstrou que as imagens geradas com informações de gradiente transversal medido têm resolução muito superior que as imagens geradas somente com informações do sensor de cauda.

As imagens melhoradas com separação entre linhas de 500 metros também foram confrontadas com imagens geradas com separação entre linhas de 250 metros (veja figura 7). Esta comparação além de verificar que não foram criados falsos artefatos durante o processo de melhoramento das imagens, mostrou que a resolução final das imagens melhoradas é comparável à resolução das imagens com 250 metros de separação.

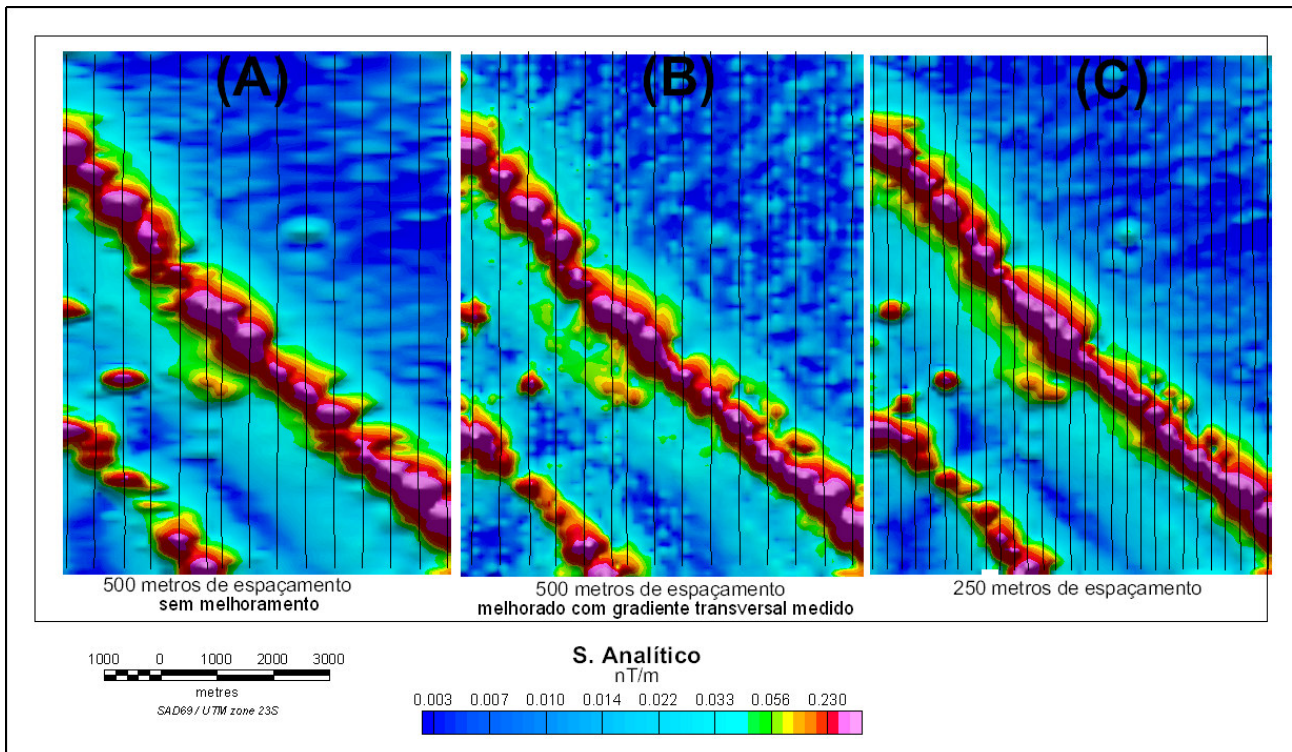
Como resultado, este trabalho verificou com dados e processamento brasileiro, o quem vêm sendo advogado por autores internacionais que: a aerograviometria é uma ferramenta que aumenta sensivelmente a resolução das imagens finais do campo magnético e suas transformadas, quando comparada com imagens geradas em levantamentos de sensor único.

## **REFERÊNCIAS**

- Donovan T.J., Hendricks, J.D., Roberts, A.A. Eliason P.T., 1984. Low altitude aeromagnetic reconnaissance for petroleum in the Artic National Wildlife Refuge, Alaska. *Geophysics* vol. 49, p 1338-1353.
- Hardwick, C.D., 1996, *Aeromagnetic Gradiometry in 1995:Exploration Geophysics*, 27, 1-11.
- Hardwick, C.D., 1999, *Gradient-enhanced total field gridding*. Expanded abstracts, SEG, Gravity and Magnetics,2.7.
- Hogg R.L.S., 2004. *Practicalities, pitfalls and new developments in airborne magnetic Gradiometry*. PDAC presentation.
- Macmullan S.R. and McLellan W.H., 1997. *Measured Is Better*. Proceedings of Exploration 97. Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration, p. 873-876.
- Marcotte D.L., Hardwick C.D. and O'Connell M., 1992, *Aeromagnetic Gradiometry Methods: A Study Using Real Data*, Expanded abstracts, SEG, p 584-586.
- Nabighian, M.N. (1972). *The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated anomaly interpretation*. *Geophysics* 37, p. 507-517.

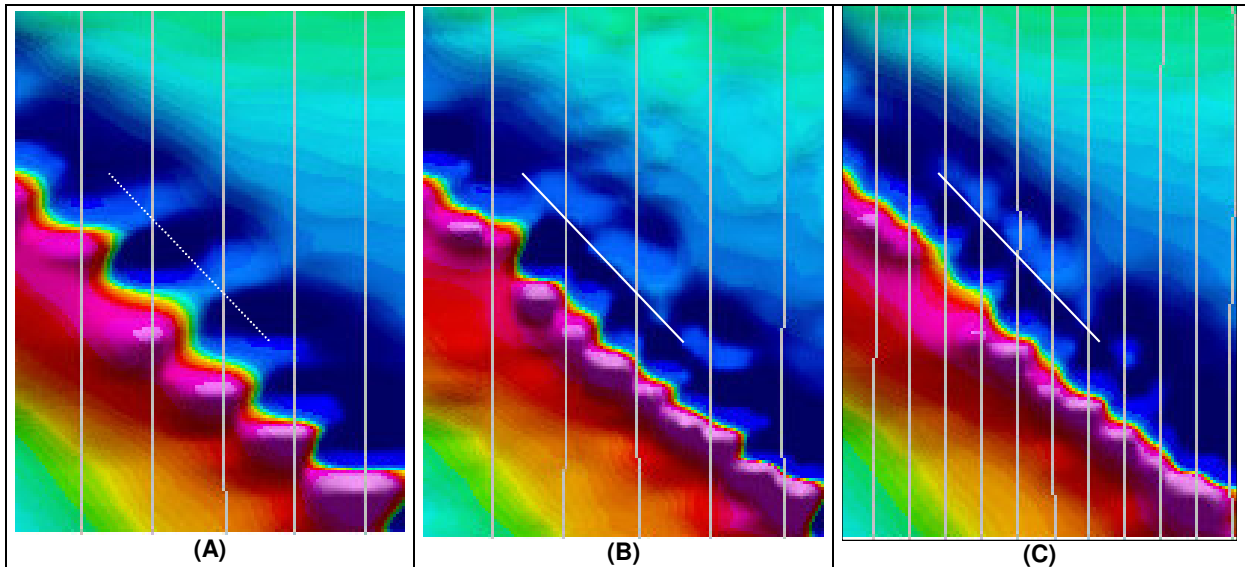


**Figura 1:** imagens de 7 x 9 km do campo magnético total geradas. Todas as imagens foram criadas com uma mesma célula de interpolação (quadrada de 100 metros) e são aqui visualizadas com a mesma tabela de cores. **(A)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(B)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros com a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(C)** malha com espaçamento entre linhas de 250 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação.

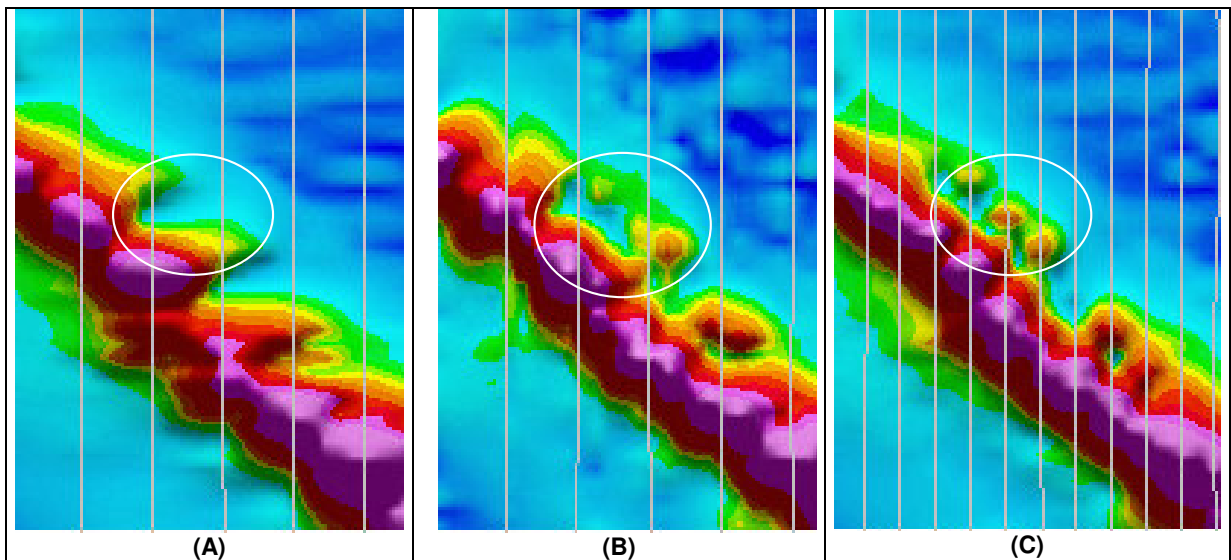


**Figura 2:** imagens de 7 x 9 km do sinal analítico campo magnético total calculadas a partir das imagens da figura 1. Todas as imagens foram geradas com mesma célula de interpolação (quadrada de 100 metros) e são mostradas com a mesma tabela de cores. **(A)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(B)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros com a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(C)** malha com espaçamento entre linhas de 250 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação.

Um exemplo da utilização de gradiente transversal medido no aumento da resolução de imagens aeromagnéticas em baixas latitudes magnéticas.

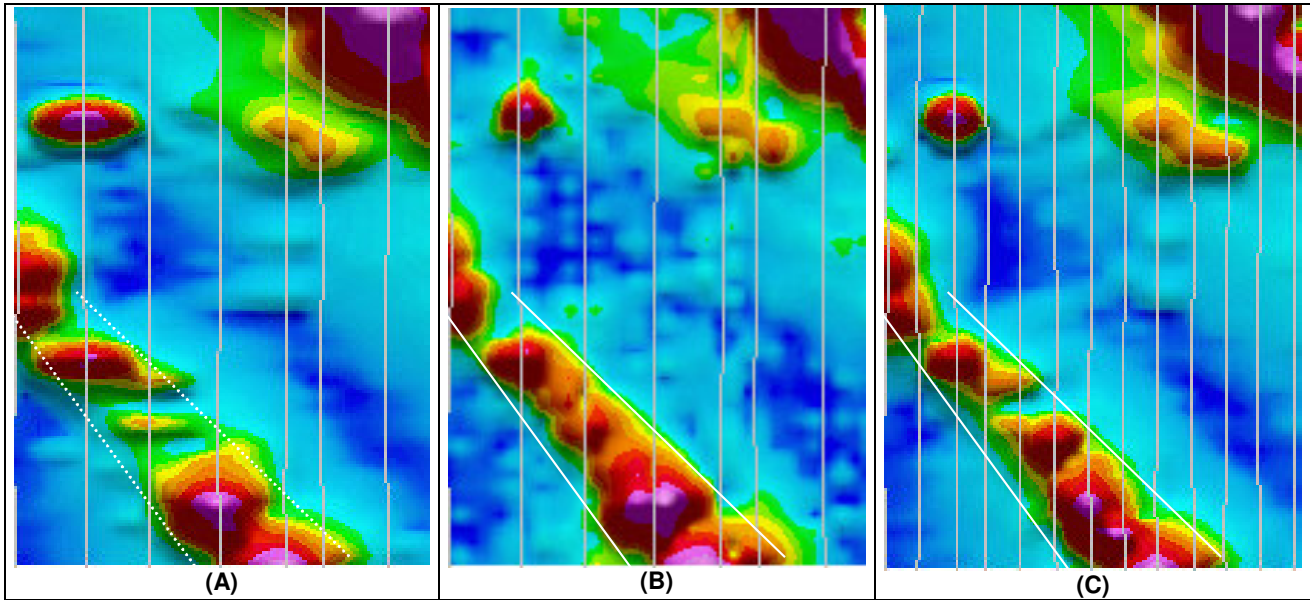


**Figura 3:** detalhes das imagens do campo magnético mostrados na figura 1. **(A)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(B)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros com a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(C)** malha com espaçamento entre linhas de 250 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. Observe a estrutura destacada como uma reta branca que é evidente na imagem (C) e imagem (B) e não aparece na imagem (A). Observe também o padrão serrilhado da estrutura tabular principal na imagem em (A). Este padrão não aparece nas imagens (B) e (C), que geram imagens muito mais fiéis à realidade geológica do corpo em questão.

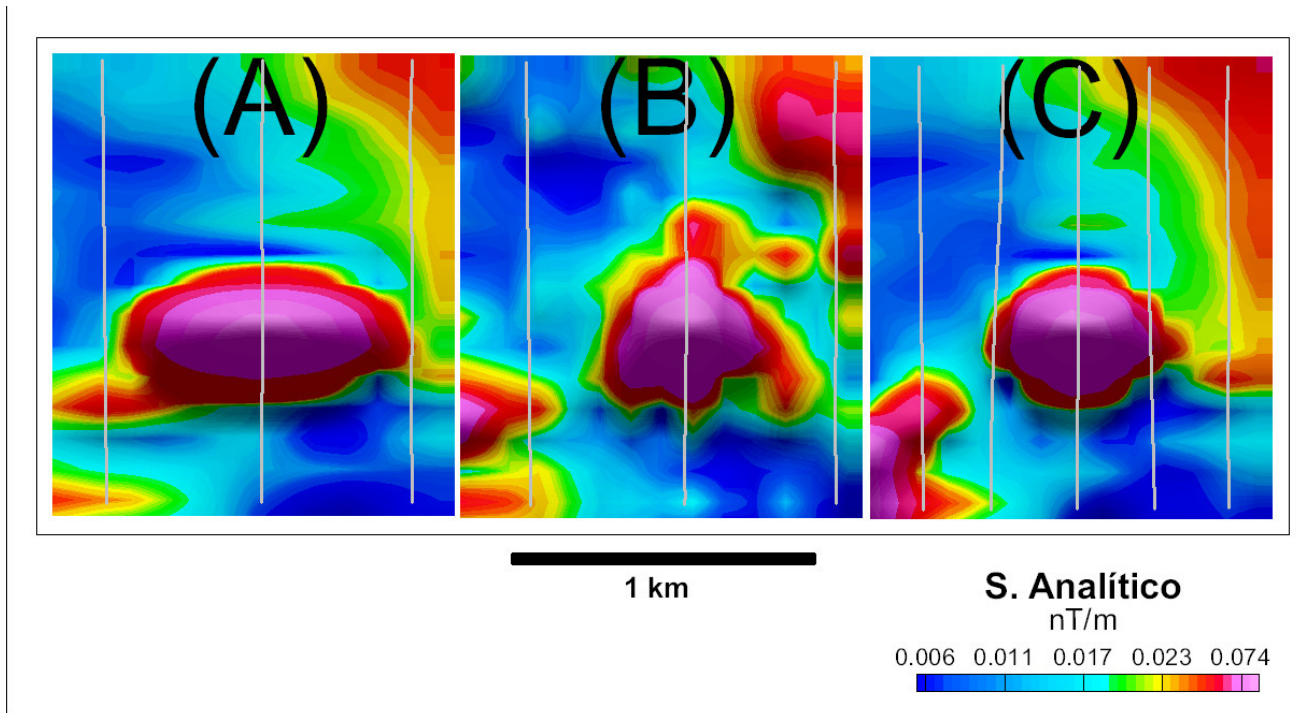


**Figura 4:** mesmos detalhes mostrados que na figura 3, mas para a transformada sinal analítico. **(A)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(B)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros com a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(C)** malha com espaçamento entre linhas de 250 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. Observe nos destaques em branco como o ganho de resolução na imagem (B) é real, pois as anomalias destacadas aparecem na imagem (C).



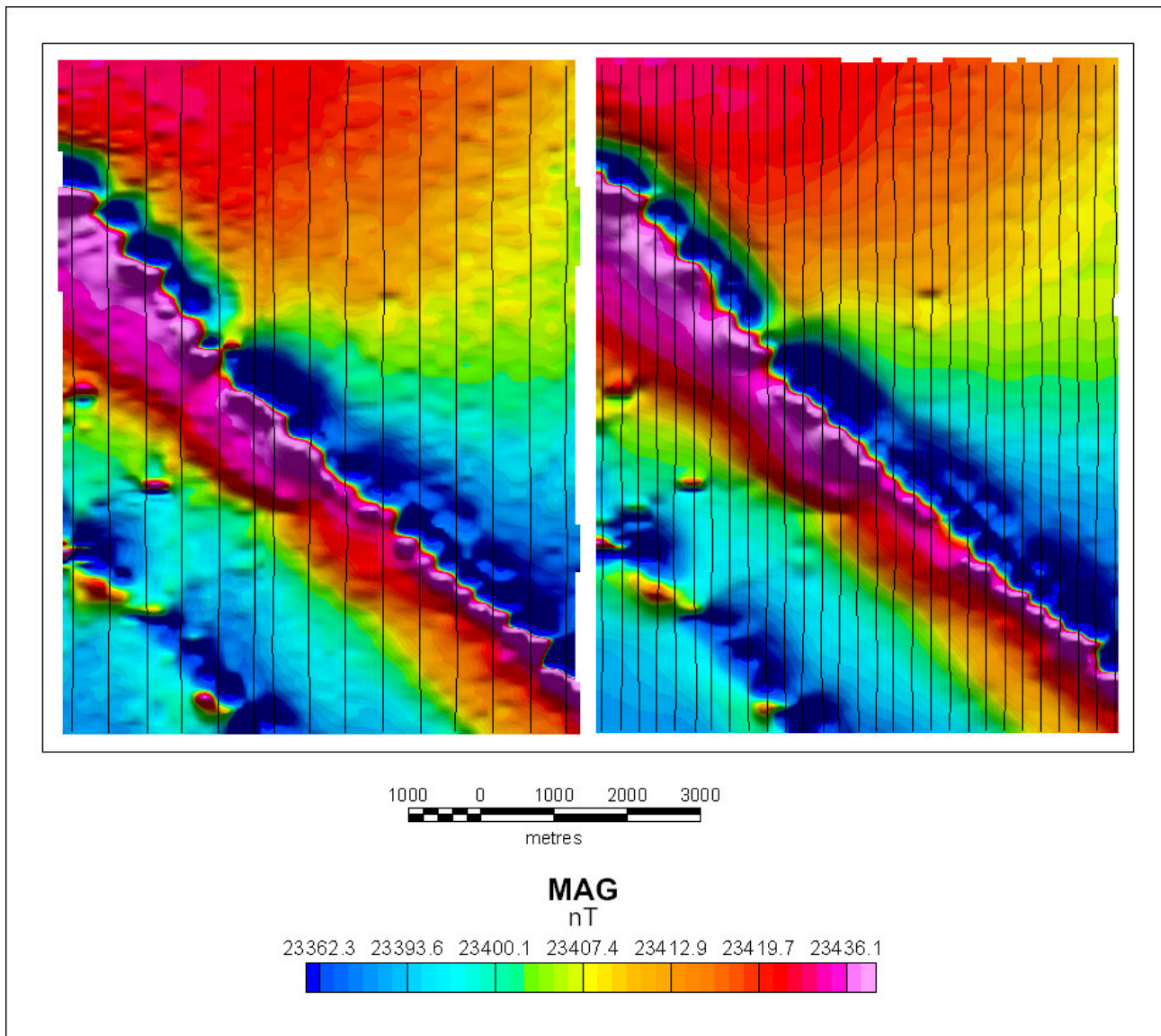


**Figura 5:** outros detalhes das imagens mostradas na figura 2. **(A)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(B)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros com a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(C)** malha com espaçamento entre linhas de 250 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. Observe como um trend NW pode ser facilmente interpretável nas imagens (B) e (C). Este mesmo trend não seria visível na imagem (A).



**Figura 6:** outros detalhes das imagens mostradas na figura 2 (transformada sinal analítico). **(A)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(B)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros com a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(C)** malha com espaçamento entre linhas de 250 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. Observe como uma anomalia típica de exploração de diamantes primários ficou com uma definição muito maior após o processo de melhoramento aplicado.

Um exemplo da utilização de gradiente transversal medido no aumento da resolução de imagens aeromagnéticas em baixas latitudes magnéticas.



**Figura 7:** imagens do campo magnético total com célula de interpolação de 60 metros, portanto respeitando o tamanho de célula de interpolação para um levantamento com 250 metros de espaçamento. **(A)** malha com espaçamento entre linhas de 500 metros com a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. **(B)** malha com espaçamento entre linhas de 250 metros sem a utilização do gradiente transversal medido no processo de interpolação. Observe como apesar do dobro de linhas de dado na imagem (B) ainda sim é possível comparar a resolução da imagem (A) com a imagem (B).