

# Um critério para escolha da direção de linhas de vô em aeromagnetometria no Brasil

Renato Cordani, RECONSULT GEOFÍSICA, [rcordani@reconsult.com.br](mailto:rcordani@reconsult.com.br).

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

O presente trabalho visa estabelecer um critério para a escolha da direção de linhas de vô em baixas latitudes magnéticas (como as do Brasil). Parte-se do princípio que, considerando apenas a componente induzida do campo, as anomalias alinham-se paralelamente à declinação magnética. Desta forma, aplicamos o critério em simulações com linhas paralelas e perpendiculares à direção da declinação magnética, respectivamente as supostas melhores e piores direções de vô possíveis, e comparamos os resultados.

Conclui-se que para o método magnetométrico, segundo os critérios adotados, a escolha pela direção de linhas de vô paralelas à declinação magnética é significativamente melhor do que a escolha de linhas de vô com direção perpendicular à declinação magnética.

## 1) INTRODUÇÃO:

Em um levantamento aeromagnetométrico, deve-se ter idealmente medidas suficientemente próximas para que o campo magnético em toda a área do levantamento seja adequadamente amostrado. Se houver medidas suficientemente próximas entre si, a análise da direção das linhas se torna irrelevante. Como os custos dos levantamentos são altos, é preciso escolher a melhor maneira de otimizar a aquisição dos dados.

Em aerolevantamentos, tipicamente têm-se muitas medidas ao longo da linha de vô e poucas medidas na direção perpendicular a ela. Ao longo da linha, os dados são em geral coletados com 10Hz, o que, em uma velocidade da aeronave de 250km/h, corresponde a uma medida a cada 7m. A amostragem na direção perpendicular às linhas de vô é dada pelo espaçamento entre linhas, que é inversamente proporcional ao custo do aerolevantamento, e, portanto, o ponto crítico da amostragem.

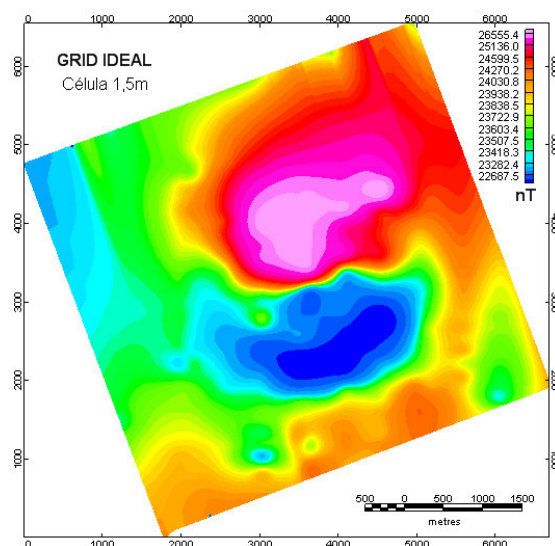
Nesse contexto, é muito importante que se escolha a direção das linhas de vô de forma a amostrar corretamente a anomalia com o menor número de linhas possível. É intuitivo que o melhor modo de amostrar uma

anomalia é com linhas paralelas à declinação magnética, pois todas as anomalias predominantemente induzidas estarão alinhadas nessa direção. No presente trabalho, foi criado um critério para comparar resultados obtidos com linhas de vô paralelas à declinação magnética e linhas com direção perpendiculares à declinação, com o intuito de provar empírica e quantitativamente que a direção paralela é mais adequada.

## 2) CRITÉRIOS DE COMPARAÇÃO:

O presente estudo se baseia em comparações entre uma grade sintética ideal de dados e a grade que seria obtida com amostragens parciais com linhas paralelas e perpendiculares à declinação magnética local.

A malha sintética ideal tem a mesma amostragem nas duas direções, ou seja, dados espaçados cada 7m ao longo das linhas de vô e com espaçamento entre linhas também de 7m. A extensão do levantamento ideal é 4.109,28 km lineares de medidas. A figura abaixo mostra a imagem da grade ideal com célula de 1,5 m.

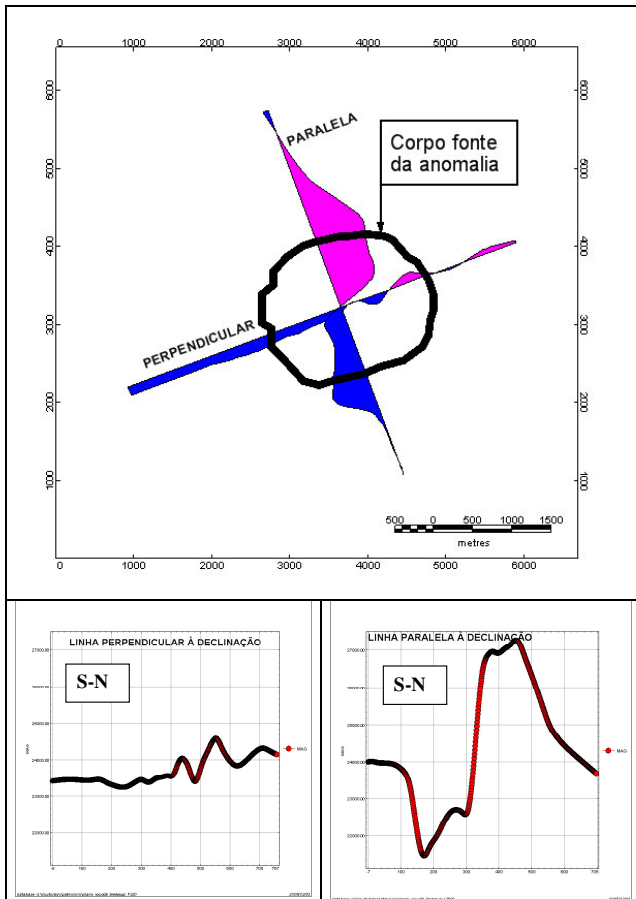


**Descrição da anomalia ideal:** amplitude  $\rightarrow 6.146nT$ ;  
formato  $\rightarrow$  típico de magnetização induzida; extensão  
pico a pico  $\rightarrow 2.000m$ .

## 3) RESULTADOS:

### 3.1 Primeira comparação: caso de uma linha apenas.

Digamos que a geometria espacial do corpo seja bem conhecida a priori, e se quer conhecer a anomalia magnética devida a ele com uma linha apenas. Conhecendo o centro do corpo, foram escolhidas uma linha paralela e outra perpendicular à declinação, conforme a figura abaixo:



Acima: localização dos perfis. Abaixo à esquerda: perfil da linha perpendicular; Abaixo à direita: perfil da linha paralela, ambos com a mesma escala vertical.

No caso de uma linha apenas, a preferência pela linha paralela é flagrante. Apenas com o perfil paralelo, pode-se concluir que a amplitude da anomalia é 5.800 (erro < 10%), o formato é típico de anomalias induzidas na região do levantamento, e é possível ter uma boa noção do corpo que causou a anomalia fazendo o modelamento 1D. Já o perfil obtido na linha perpendicular não permite tirar nenhuma dessas conclusões. Nessa linha, a amplitude da anomalia é de apenas 1.148nT (erro > 80%), o formato da anomalia é bastante irregular e o modelamento 1D não é capaz de recuperar nenhum dos parâmetros do corpo original. É importante ressaltar que **ambas as linhas passaram pelo centro do corpo**, e apenas a linha paralela à declinação revelou informações relevantes sobre ele.

### 3.2 Comparações entre a grade ideal e as grades obtidas com diversas configurações de linhas de vôo.

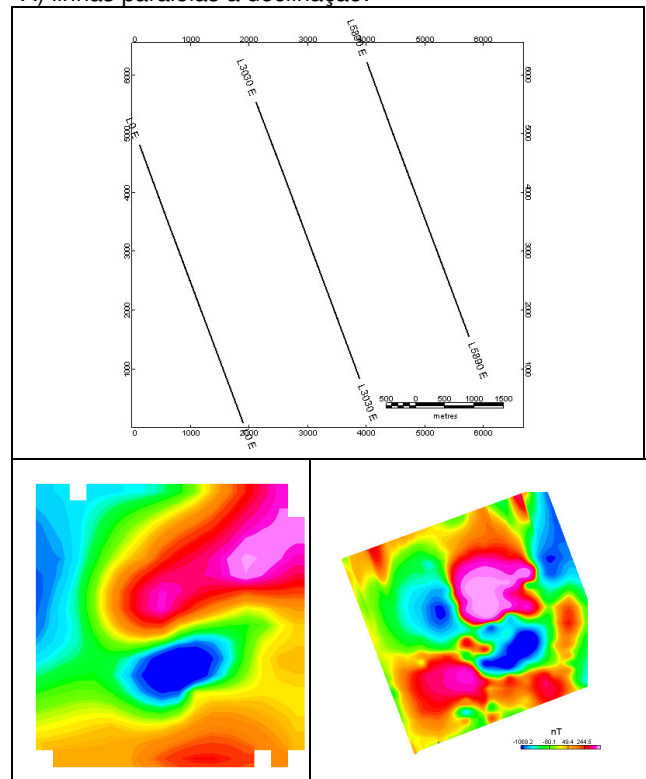
A anomalia tem cerca de 2.000m de extensão pico a pico. Os testes de reconstituição e comparação com a grade ideal serão efetuados com 1, 1/2 e 1/4 desta distância para o espaçamento entre linhas, ou seja, usaremos espaçamentos de 2.000m, 1.000m e 500m.

O procedimento de comparação é o seguinte:

- 1) Seleção das linhas do banco de dados ideal perfazendo o espaçamento indicado na direção paralela.
- 2) Gridagem dos dados usando apenas as linhas selecionadas com tamanho de célula de 1/5 do espaçamento (grade paralela reconstituída).
- 3) Seleção das linhas do banco de dados ideal perfazendo o espaçamento indicado na direção perpendicular.
- 4) Gridagem dos dados usando apenas as linhas selecionadas com tamanho de célula de 1/5 do espaçamento (grade perpendicular reconstituída).
- 5) Subtração das grades: (grade ideal) – (grade paralela reconstituída) = grade de erro paralelo.
- 6) Subtração das grades: (grade ideal) – (grade perpendicular reconstituída) = grade de erro perpendicular.
- 7) Comparação entre as duas grades de erro.

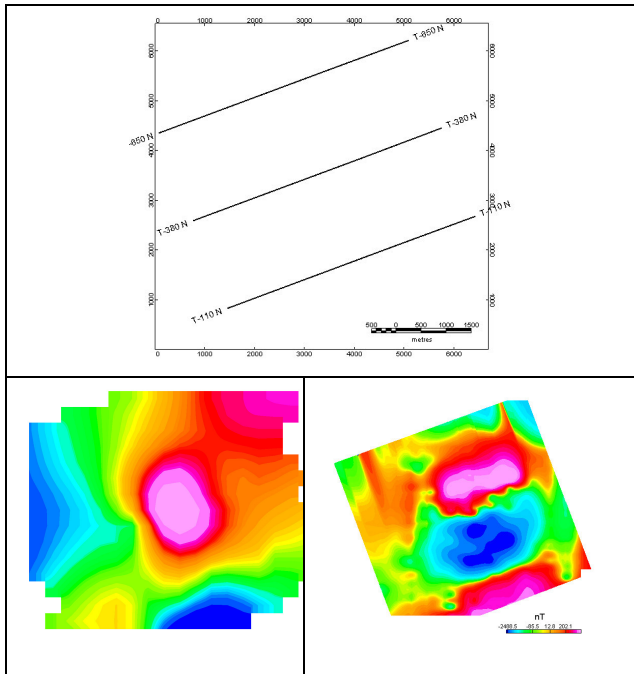
#### 3.2.1: Espaçamento de uma (1) vez o tamanho da anomalia, ou seja, 2000m:

A) linhas paralelas à declinação:



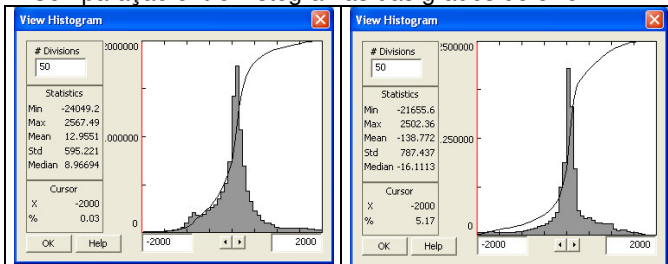
Acima: linhas de vôo escolhidas; abaixo, à esquerda: grade gerada usando apenas as linhas escolhidas; abaixo à direita: grade de erro gerada.

B) linhas perpendiculares à declinação.



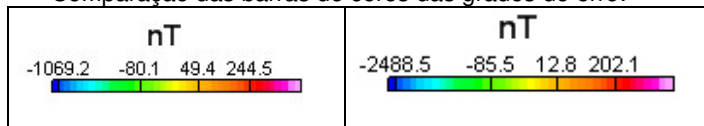
Acima: linhas de vô escolhidas; abaixo, à esquerda: grade gerada usando apenas as linhas escolhidas; abaixo à direita: grade de erro gerada.

Comparação entre histogramas das grades de erro:



À esquerda, o histograma da grade de erro relativa à direção paralela à declinação magnética. À direita idem para a direção perpendicular.

Comparação das barras de cores das grades de erro:

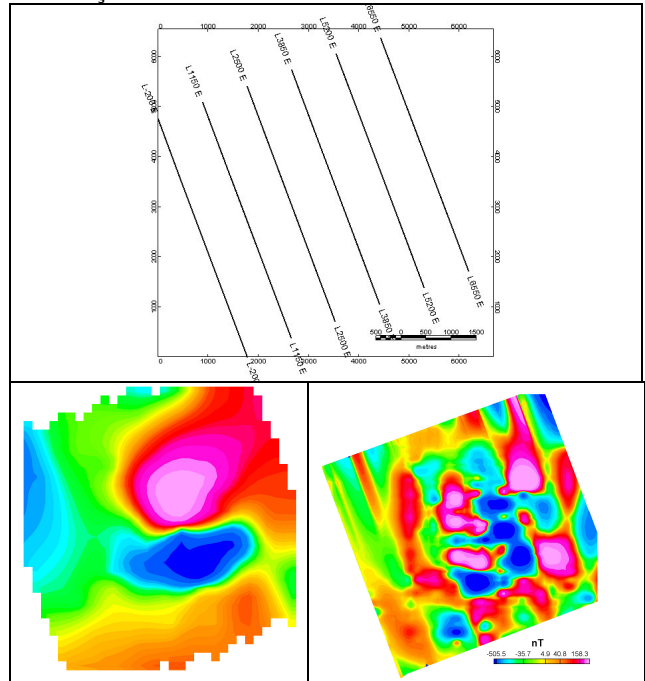


À esquerda, a barra de cores da grade de erro relativo à direção paralela à declinação magnética. À direita idem para a direção perpendicular.

A grade de erro da direção perpendicular é menor na média, mediana, desvio padrão (informações retiradas dos histogramas) e também na amplitude pico a pico. Particularmente, o desvio padrão é significativamente menor (595 contra 787). Portanto, se a grade de erro é menor, a direção paralela à declinação é melhor. Visualmente essa observação já seria possível: a grade reconstituída das linhas paralelas é muito mais fiel à grade ideal do que a outra.

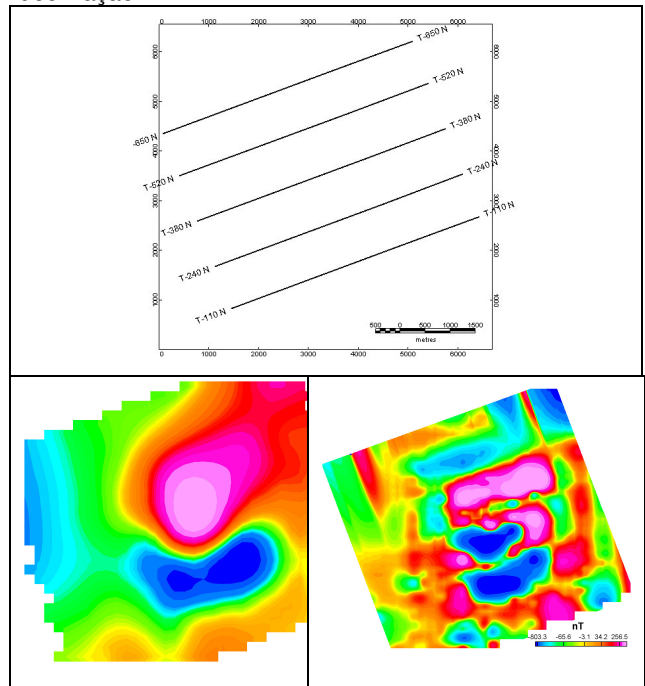
3.2.2: Espaçamento de meia (1/2) vezes o tamanho da anomalia, ou seja, 1000m:

A) Espaçamento de 1000m, linhas paralelas à declinação:



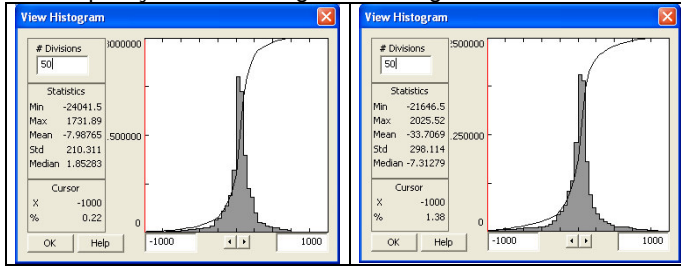
Acima: linhas de vô escolhidas; abaixo, à esquerda: grade gerada usando apenas as linhas escolhidas; abaixo à direita: grade de erro gerada.

B) Espaçamento de 1000m, linhas perpendiculares à declinação:



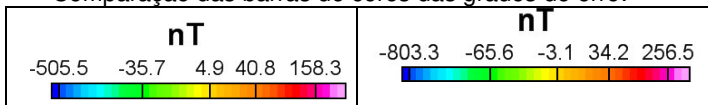
Acima: linhas de vô escolhidas; abaixo, à esquerda: grade gerada usando apenas as linhas escolhidas; abaixo à direita: grade de erro gerada.

Comparação entre histogramas das grades de erro:



À esquerda, o histograma da grade de erro relativa à direção paralela à declinação magnética. À direita idem para a direção perpendicular.

Comparação das barras de cores das grades de erro:

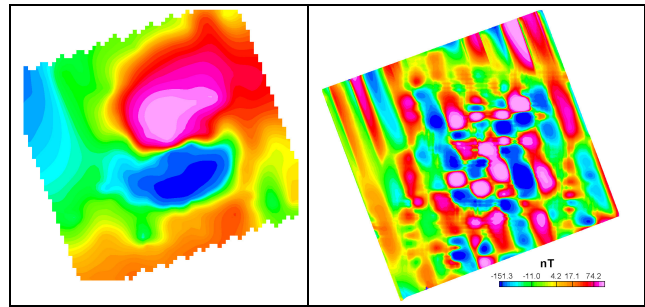
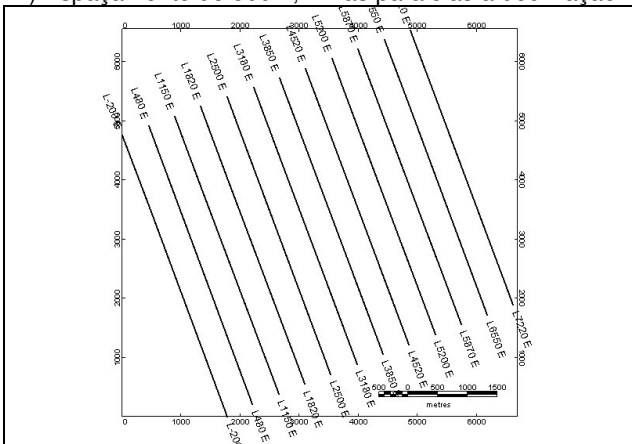


À esquerda, a barra de cores da grade de erro relativa à direção paralela à declinação magnética. À direita idem para a direção perpendicular.

Novamente, a grade de erro da direção perpendicular é menor na média, mediana, desvio padrão (informações retiradas dos histogramas) e também na amplitude pico a pico. Novamente, o desvio padrão é significativamente menor (210 contra 298). Adicionalmente, os desvios padrão de ambos são menores do que os do caso do espaçamento de 2000, como era de se esperar. Visualmente, a grade reconstituída pelo caso paralelo com espaçamento de 1000 já é bastante semelhante ao real.

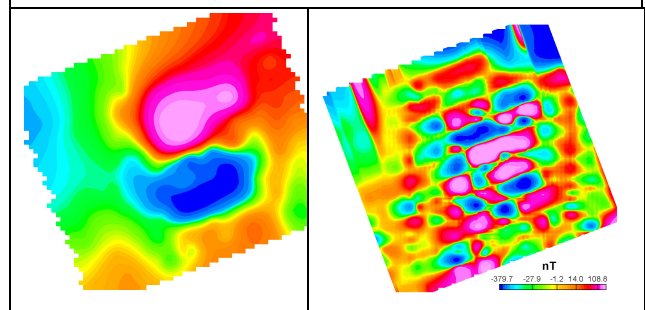
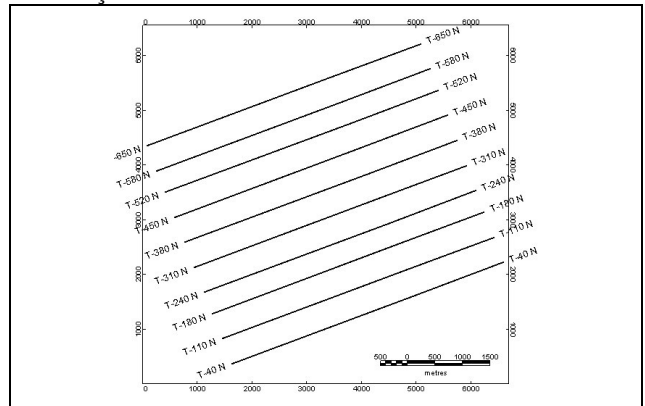
**3.2.3: Espaçamento de um quarto (1/4) do tamanho da anomalia, ou seja, 500m:**

A) Espaçamento de 500m, linhas paralelas à declinação:



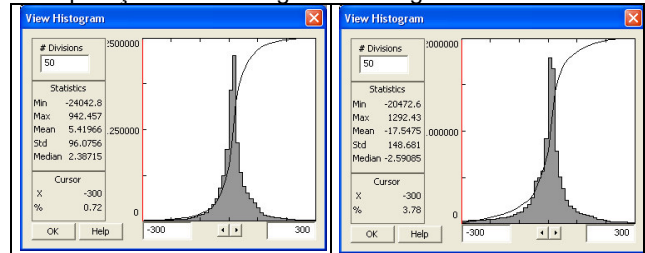
Na coluna anterior: linhas de vôo escolhidas; acima, à esquerda: grade gerada usando apenas as linhas escolhidas; acima à direita: grade de erro gerada.

B) Espaçamento de 500m, linhas perpendiculares à declinação.



Acima: linhas de vôo escolhidas; abaixo, à esquerda: grade gerada usando apenas as linhas escolhidas; abaixo à direita: grade de erro gerada.

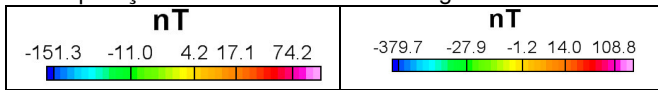
Comparação entre histogramas das grades de erro:



À esquerda, o histograma da grade de erro relativa à direção paralela à declinação magnética. À direita idem para a direção perpendicular.



Comparação das barras de cores das grades de erro:



À esquerda, a barra de cores da grade de erro relativa à direção paralela à declinação magnética. À direita idem para a direção perpendicular.

Novamente, a grade de erro da direção perpendicular é menor na média, mediana, desvio padrão (informações retiradas dos histogramas) e também na amplitude pico a pico. Novamente, o desvio padrão é significativamente menor (96 contra 148). Adicionalmente, os desvios padrão de ambos são menores do que os do caso do espaçamento de 1000, como era de se esperar. Visualmente, ambas as grades geradas são bastante semelhantes à grade ideal.

#### 4) CONCLUSÕES:

Os resultados obtidos nos permitem concluir **quantitativamente** o que já era esperado, ou seja:

- Voar com linhas paralelas à declinação magnética local em baixas latitudes é significativamente melhor do que voar com linhas perpendiculares à declinação.
- Voar com linhas mais próximas entre si aumenta a resolução da anomalia.

Algumas conclusões empíricas e qualitativas também são sugeridas por esse estudo, quais sejam:

- Se houver a possibilidade de levantar apenas uma linha com magnetometria passando pelo centro de um corpo conhecido, a direção paralela ao campo magnético terrestre deve ser escolhida.
- O resultado final obtido é qualitativamente adequado para espaçamento entre linhas de  $\frac{1}{4}$  do tamanho da anomalia.
- Direções de vôo intermediárias entre as direções paralela e perpendicular provavelmente determinarão desvios padrão intermediários entre o melhor caso (paralelo) e o pior caso (perpendicular).

A sugestão final do autor é que, para vôos que incluam magnetometria, a direção final das linhas de vôo seja a própria direção da declinação magnética local ou, pelo menos, levando em consideração adicional todos os outros critérios (gamaespectrométricos, logísticos, direção das estruturas geológicas, etc), o mais próximo possível desta direção.

A direção N-S geográfico, frequentemente usada no Brasil, é considerada adequada por aproximar-se da direção da declinação. Já a direção E-W não atende a esses critérios, devendo ser evitada.

#### 5) REFERÊNCIAS:

- Blakely, R.J. 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. New York: Cambridge University Press, 441p.
- Merrill, R.T. and McElhinny, M. W., 1983. *The Earth's Magnetic Field, Its History, Origin and Planetary Perspective*, Academic Press, London.
- Butler, R.F. *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes*. Blackwell Scientific Publications, 1992.