

INVERSÃO MAGNÉTICA EM DIFERENTES ESCALAS

André Luis Albuquerque dos Reis

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geofísica do Observatório Nacional, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Geofísica.

Orientador(a): Dr. Vanderlei Coelho de
Oliveira Junior

Co-orientador(a): Dra. Valéria Cristina
Ferreira Barbosa

Rio de Janeiro
Setembro de 2019

Sumário

Lista de Figuras	ii
I Generalização do vínculo de positividade em camadas equivalentes magnéticas	1
II Cálculo do vetor magnético a partir de dados de microscopia magnética no domínio do espaço	2
1 Metodologia	3
1.1 Fundamentação teórica	3
1.2 Problema direto para a camada equivalente da componente vertical do campo	4
1.3 Problema inverso e o cálculo das componentes do vetor magnético . .	4

Lista de Figuras

Parte I

Generalização do vínculo de positividade em camadas equivalentes magnéticas

Parte II

Cálculo do vetor magnético a
partir de dados de microscopia
magnética no domínio do espaço

Capítulo 1

Metodologia

1.1 Fundamentação teórica

Com o intuito de investigarmos mais profundamente que o cálculo das componentes do vetor magnético não depende da direção de magnetização, iremos explicar teoricamente como este processo é possível no contexto da camada equivalente. Em situações práticas, somente uma das componentes é medida no laboratório a uma distância fixa da superfície da amostra. Considerando que as medições são realizadas em regiões livres de fontes e, portanto, externas as amostras de rocha. Além disso, consideramos que o cálculo das componentes do vetor magnético não depende do tipo de fonte, bem como de sua configuração espacial. Assumimos também que o campo magnético não varia com o tempo ou que esta variação seja tão pequena que pode ser desprezada ao longo das medições. Consequentemente, o campo de indução magnética $\mathbf{B}(x, y, z)$ é governado pela lei de Gauss

$$\nabla \cdot \mathbf{B}(x, y, z) = 0 \quad (1.1)$$

e pela lei de Ampère

$$\nabla \times \mathbf{B}(x, y, z) = 0. \quad (1.2)$$

Portanto, em coordenadas Cartesianas, a equação 1.2 corresponde a

$$\begin{aligned} \partial_y B_z - \partial_z B_y &= 0 \\ \partial_z B_x - \partial_x B_z &= 0 \\ \partial_x B_y - \partial_y B_x &= 0, \end{aligned} \quad (1.3)$$

em que $\partial_\alpha \equiv \frac{\partial}{\partial \alpha}$ é denotado como a derivada parcial em relação a coordenada α , $\alpha = x, y, z$.

Considere que $\tilde{\mathbf{B}}(x, y, z)$ é o campo de indução magnética produzido por uma camada contínua de dipolos que tem direção de magnetização constante $\hat{\mathbf{m}}(\mathbf{q})$, analogamente a equação ??, posicionada a uma profundidade $z = z_c$ abaixo do plano de observação. O campo de indução magnética produzido por esta camada é dado por

$$\tilde{\mathbf{B}}(x, y, z) = \gamma_m \tilde{\mathbf{M}}(x, y, z) \hat{\mathbf{m}}(\mathbf{q}), \quad (1.4)$$

em que $\tilde{\mathbf{M}}(x, y, z)$ é uma matriz dada por

$$\tilde{\mathbf{M}}(x, y, z) = \begin{bmatrix} \partial_{xx}\Phi(x, y, z) & \partial_{xy}\Phi(x, y, z) & \partial_{xz}\Phi(x, y, z) \\ \partial_{xy}\Phi(x, y, z) & \partial_{yy}\Phi(x, y, z) & \partial_{yz}\Phi(x, y, z) \\ \partial_{xz}\Phi(x, y, z) & \partial_{yz}\Phi(x, y, z) & \partial_{zz}\Phi(x, y, z) \end{bmatrix}, \quad (1.5)$$

com elementos $\partial_{\alpha\beta}\Phi(x, y, z) \equiv \frac{\partial^2 \Phi(x, y, z)}{\partial \alpha \partial \beta}$, $\alpha, \beta = x, y, z$, representando as derivadas da função hamônica

$$\Phi(x, y, z) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{p(x'', y'', z_c) dS''}{[(x - x'')^2 + (y - y'')^2 + (z - z_c)^2]^{\frac{1}{2}}}, \quad z_c > z. \quad (1.6)$$

Nesta equação x'' , y'' and z_c são as coordenadas do elemento de área dS'' , que tem momento magnético por unidade de área definido pela função $p(x'', y'', z_c)$. De maneira simplificada, as componentes do vetor magnético podem ser reescritas como

$$\tilde{B}_\alpha(x, y, z) = \gamma_m \partial_{\alpha\beta}\Phi(x, y, z) m_\beta, \quad (1.7)$$

em que $\tilde{B}_\alpha(x, y, z)$ é a componente α , $\alpha = x, y, z$, do campo de indução magnética e m_β é a componente cartesiana β , $\beta = x, y, z$, da magnetização da camada. A componente vertical do campo de indução magnética é dada, por exemplo, por

$$\tilde{B}_z(x, y, z) = \gamma_m \partial_{xz}\Phi^\dagger(x, y, z) m_x^\dagger + \partial_{yz}\Phi^\dagger(x, y, z) m_y^\dagger + \partial_{zz}\Phi^\dagger(x, y, z) m_z^\dagger, \quad (1.8)$$

1.2 Problema direto para a camada equivalente da componente vertical do campo

1.3 Problema inverso e o cálculo das componentes do vetor magnético