

1.07.02 – Geofísica

## ANÁLISE DA HOMOGENEIDADE DA MAGNETIZAÇÃO DE ESTRUTURAS 2D ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO QUANTITATIVA DE ANOMALIAS MAGNÉTICAS MARINHAS NAS RIAS MAMANGUÁ E PARATY-MIRIM, RIO DE JANEIRO, BRASIL

Janaína Anjos Melo<sup>1\*</sup>, Carlos Alberto Mendonça<sup>2</sup>, Yara Regina Marangoni<sup>3</sup>, William Pareschi Soares<sup>4</sup>

1. Estudante de Mestrado do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP)
2. Professor Doutor do IAG-USP – Departamento de Geofísica
3. Professora Doutora do IAG-USP – Departamento de Geofísica / Orientadora
4. Professor do Instituto Federal de São Paulo (IFSP)

### Resumo

As rias Mamanguá e Paraty-Mirim, situadas na região costeira do Rio de Janeiro, estão inseridas no Cinturão Araçuaí caracterizado pela presença de granitoides brasileiros pré a pós-tectônicos. Essas rias são marcadas por lineamentos magnéticos NE – SW com polaridades magnéticas distintas, cujas fontes causadoras podem ser zonas de falhas, contatos geológicos ou corpos intrusivos. Com base neste cenário, o trabalho visa investigar a natureza da magnetização dessas fontes subflorantes. Os corpos com magnetização uniforme indicam possíveis diques, pois em determinadas condições de cristalização, os diques tendem a ser homogêneos. Desta forma, o teste de homogeneidade da magnetização para os dados magnéticos marinhos foi realizado através do método da Transformada Aniquiladora de Campos 2D. Os resultados revelaram fontes 2D homogêneas possivelmente associadas aos dois enxames de diques toleíticos, Resende – Ilha Grande e Serra do Mar, que possuem diferentes idades de intrusão.

**Palavras-chave:** lineamentos magnéticos; magnetização uniforme; diques

**Apoio financeiro:** Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

**Trabalho selecionado para a JNIC:** IAG – USP

### Introdução

As rias Mamanguá e Paraty-Mirim são ambientes deposicionais situados na região costeira do estado do Rio de Janeiro, no extremo sudoeste da Baía de Ilha Grande (Figura 1A). Os terrenos emersos que circundam essas rias são formados por granitos, migmatitos e gnaisses Pré-Cambrianos (Benites et al., 2015; Maly, 2017). O arcabouço geológico desses terrenos compreende as unidades litoestratigráficas datadas entre o Cenozoico e o Brasileiro II: 1) Depósitos flúvio-lagunares; 2) Granito Parati e Suíte Getulândia; 3) Granito Parati-Mirim e Suíte Serra das Araras e 4) Rio Negro (Figura 1B). A área de estudo, inserida no domínio tectono-magmático Serra do Mar, é caracterizada por um sistema de fraturas e falhas ortogonais nas direções NW – SE e NE – SW (Rodelli et al., 2019).

O primeiro estudo das anomalias magnéticas presentes na área de interesse foi realizado por Melo et al. (2019). Os autores identificaram lineamentos magnéticos NE – SW que podem ser indicativos de zonas de falhas, variações nos contatos geológicos ou associados a corpos intrusivos. Caso estas feições anômalas sejam representativas de diques cristalizados em condições favoráveis, em pequenas e médias profundidades da crosta terrestre, espera-se que os corpos estudados possuam uma magnetização uniforme. Esses possíveis diques podem estar associados aos dois enxames de diques toleíticos, Resende – Ilha Grande (156 – 144; Guedes et al., 2016) e Serra do Mar (132 – 119 Ma; Marques & Ernesto, 2004), que apresentam orientações preferenciais N30°– 65°E na região costeira de Paraty e são decorrentes de episódios magmáticos anteriores à ruptura do *Gondwana* (130 – 120 Ma; Guedes et al., 2016) ou gerados durante e após a separação desse supercontinente.

Diante do contexto apresentado, o trabalho propõe estudar a natureza da magnetização das feições magnéticas observadas nos ambientes estuarinos e associá-las às possíveis estruturas geológicas. Para isso, a análise da homogeneidade da magnetização será realizada através do método da Transformada Aniquiladora de Campos 2D (Mendonça et al., 2019). O processamento será aplicado aos dados magnéticos marinhos de alta resolução das rias Mamanguá e Paraty-Mirim adquiridos pela equipe do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo em 2017 (Melo, 2020).

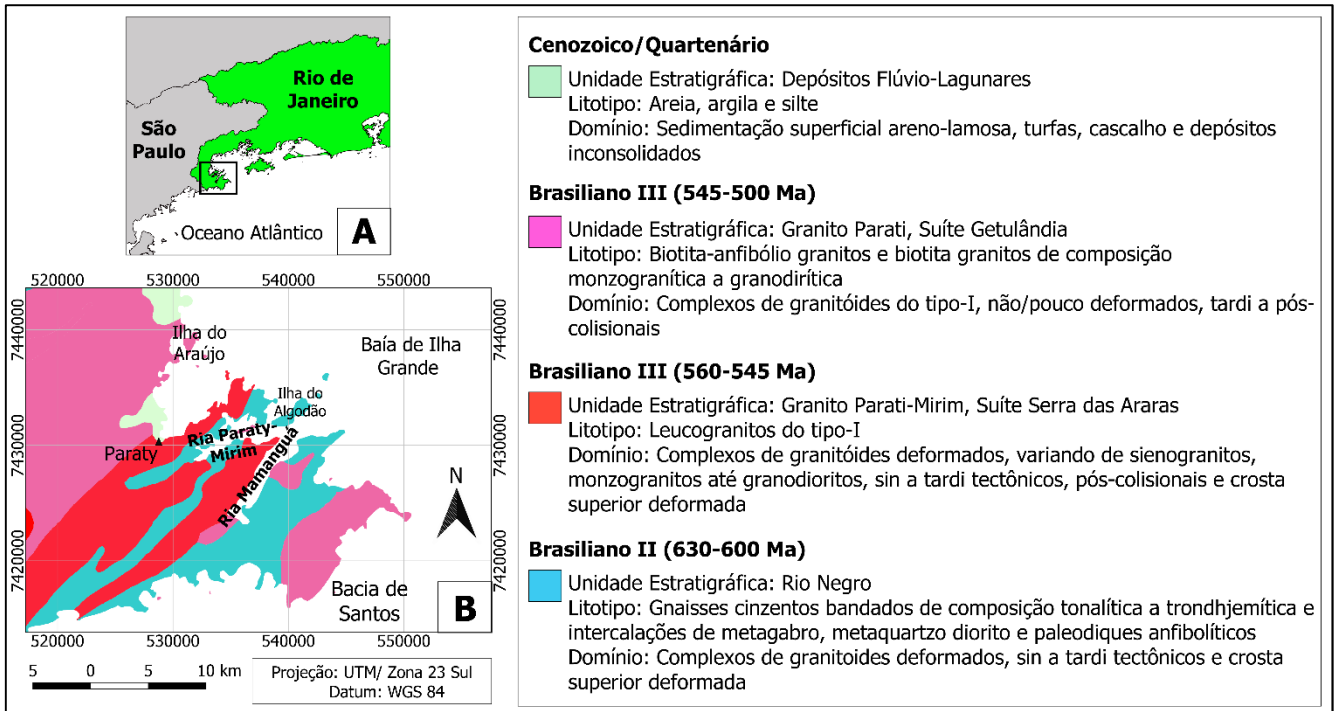


Figura 1: (A) Localização da área de estudo no litoral sul do estado do Rio de Janeiro e (B) mapa geológico da área de interesse. Figura extraída de Melo (2020).

## Metodologia

O teste de homogeneidade da magnetização de fontes 2D foi realizado através da aplicação do método da Transformada Aniquiladora de Campos 2D (2DFAT) desenvolvido por Mendonça et al. (2019). Esse método se baseia no cancelamento das componentes horizontais  $T_x$  e  $T_y$  da anomalia de campo total ao longo da direção do *strike*  $\alpha$  de corpos tabulares alongados. A execução deste procedimento está associada à propriedade intrínseca do potencial magnético de ser invariante ao longo da direção  $\alpha$  de fontes 2D homogêneas. A remoção de campos 2D independe da direção e da intensidade da magnetização total e não altera as características do sinal magnético dos campos 3D residuais, possibilitando investigar a contribuição das fontes 3D como possíveis câmaras magmáticas alimentadoras das fontes 2D.

O processamento 2DFAT realizado no *software Oasis Montaj* e no *Matlab* consiste em três etapas. Na primeira etapa, é determinada a direção  $\alpha$  do lineamento magnético através do cálculo do funcional mínimo (Mendonça et al., 2019). Na segunda etapa, o campo aniquilado  $T_\alpha$  é calculado em função de  $\alpha$ ,  $T_x$  e  $T_y$  através da equação:  $T_\alpha = \cos \alpha T_x + \sin \alpha T_y$ . A terceira etapa analisa e compara os mapas da amplitude do sinal analítico 3D ( $ASA$ ) (Roest et al., 1992) da anomalia de campo total ao longo da direção  $t$ ,  $ASA(T_t)$ , e do campo aniquilado  $ASA(T_\alpha)$ . O objetivo principal do processamento consiste em verificar se os lineamentos magnéticos presentes no mapa do  $ASA(T_t)$  foram suprimidos ou não no mapa do  $ASA(T_\alpha)$ .

## Resultados e Discussão

O mapa do  $T_t$  interpolado com tamanho de célula de 70 m através do método da mínima curvatura (Santos et al., 2016) é apresentado na Figura 2a. As principais feições observadas são lineamentos magnéticos NE – SW com polaridade reversa e normal nas rias Paraty-Mirim e Mamanguá, respectivamente (Figura 2a). A continuidade desses lineamentos e as bordas das fontes anômalas associadas são realçadas no mapa do  $ASA(T_t)$  (Figura 3a). O processamento 2DFAT resultou em  $\alpha = 50^\circ$  para a direção dos lineamentos a qual corresponde ao azimute de N50°E. Para o cálculo do campo aniquilado, o  $T_t$  foi continuado para cima a uma distância de 270 m, ou seja, três vezes a distância do tamanho de célula para a remoção dos ruídos de alta frequência. O campo aniquilado  $T_\alpha$  calculado mostra que os lineamentos L1 e L2 são parcialmente e totalmente removidos, respectivamente (Figura 2b). Isso pode ser melhor observado no mapa do  $ASA(T_\alpha)$  em que são destacados também campos residuais 3D expressivos ao longo da direção do lineamento L1 e nas extremidades do lineamento L2 (Figura 3b).

O teste de homogeneidade das fontes marinhas revelou que os lineamentos L1 e L2 são compatíveis com corpos tabulares alongados com intensidade e direção da magnetização uniforme, indicando o resfriamento relativamente rápido da câmara magmática com composição uniforme em termos de mineralogia ferromagnética. A presença de campos 3D nas extremidades do L2 indica um corpo tabular finito. Como foi observado um campo 3D no centro do L1, isso pode estar associado a uma heterogeneidade interna na fonte tabular devido à: 1) fonte

3D rasa localizada em uma profundidade diferente ou disposta ao longo do corpo 2D; 2) corte transversal variável da fonte 2D regular; 3) magnetização heterogênea nos sedimentos marinhos rasos e/ou 4) distância fonte-sensor. A remoção total das feições magnéticas sugere que a estrutura 3D alimentadora das fontes 2D é profunda e/ou pequena para ser detectada. Analisando a posição dos campos 3D em relação aos campos 2D, sugere-se que as câmaras magmáticas alimentadoras associadas aos campos 3D estejam relativamente próximas às fontes 2D. Portanto, essas fontes tabulares homogêneas são possíveis diques associados aos enxames de diques básicos de Resende – Ilha Grande e Serra do Mar que apresentam diferentes idades de formação. As diferentes polaridades magnéticas das anomalias (Figura 2a) podem estar associadas à reversão do campo geomagnético (Walker et al., 2013) que ocorreu no intervalo de tempo entre a formação desses enxames de diques.

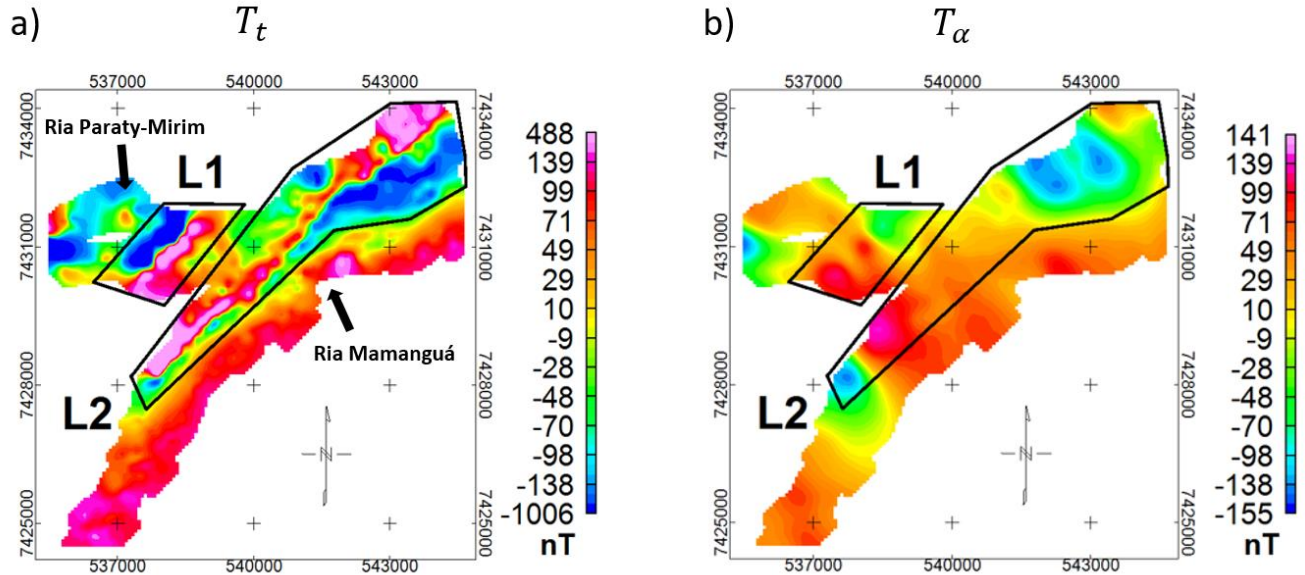


Figura 2: Mapas do (a)  $T_t$  e do (b)  $T_\alpha$ . O  $T_t$  destaca o lineamento L1 com polaridade magnética reversa na Ria Paraty-Mirim e o lineamento L2 com polaridade magnética normal na Ria Mamanguá. O mapa do  $T_\alpha$  mostra que o L1 é parcialmente removido e o L2 é totalmente aniquilado.

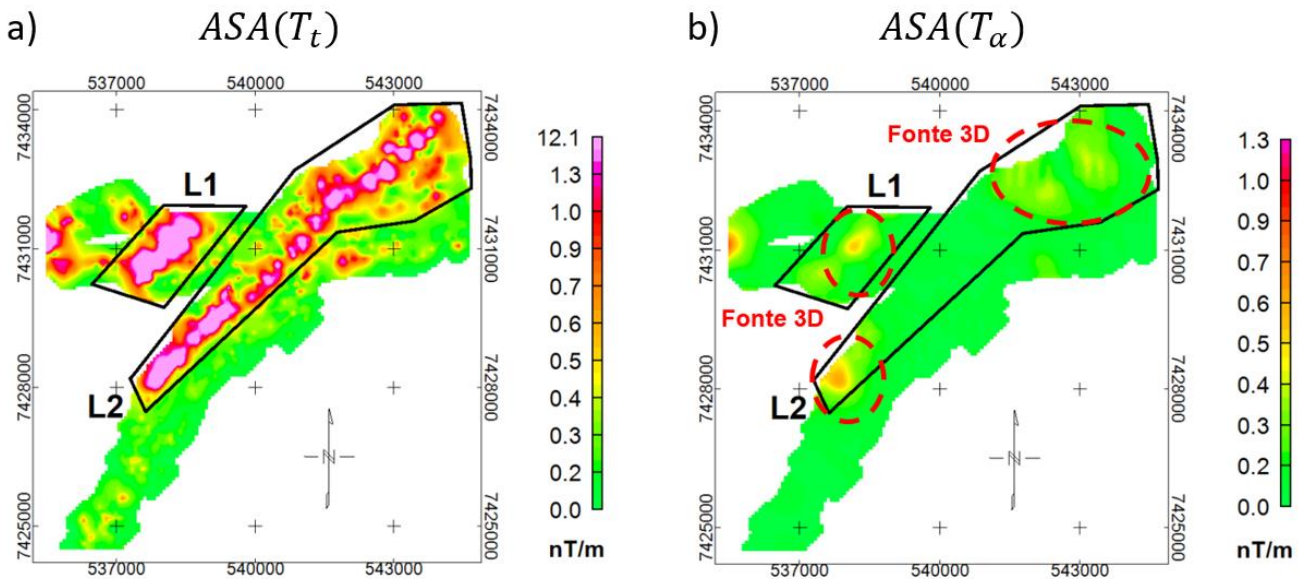


Figura 3: Mapas do (a)  $ASA(T_t)$  e do (b)  $ASA(T_\alpha)$ . O  $ASA(T_t)$  marca a localização horizontal das fontes anômalas e delinea a orientação das anomalias. O L1 é parcialmente removido, o L2 é totalmente suprimido e os campos residuais 3D (polígonos com tracejado vermelho) são realçados no  $ASA(T_\alpha)$ .

## Conclusões

As feições lineares marinhas N50°E da região de estudo estão associadas a fontes tabulares com composição uniforme em termos de mineralogia ferromagnética que se cristalizaram de forma relativamente rápida. Essas fontes 2D homogêneas indicam possíveis diques que podem ser correlacionados com os dois enxames de diques básicos de natureza toleítica, Resende – Ilha Grande e Serra do Mar, que intrudiram a região em períodos diferentes. A idade de formação desses enxames pode ser posicionada em intervalos de tempo em que o campo geomagnético inverteu sua polaridade e há presença de remanência. Na Ria Mamanguá, a estrutura 2D homogênea é finita e possui polaridade normal. Na Ria Paraty-Mirim, a fonte tabular de polaridade reversa possui uma heterogeneidade interna indicativa da presença de fonte 3D rasa, magnetização heterogênea dos sedimentos marinhos rasos e/ou associada ao corte transversal variável da fonte 2D regular.

## Referências bibliográficas

- Benites, M., Alves, D. P., Maly, M. d. I. S., & Jovane, L., 2015. Shallow gas occurrence in a Brazilian ría (Saco do Mamanguá, Rio de Janeiro) inferred from high-resolution seismic data, *Continental Shelf Research*, **108**, 89–96.
- Guedes, E., Heilbron, M., Valeriano, C. d. M., Almeida, J. C. H. d., & Szatmari, P., 2016. Evidence of Gondwana early rifting process recorded by Resende-Ilha Grande Dike Swarm, southern Rio de Janeiro, Brazil, *Journal of South American Earth Sciences*, **67**, 11–24.
- Maly, M. d. L. S., 2017. *Avaliação da técnica de eletrorresistividade no mapeamento de sedimentos rasos associados a ocorrência de gás no Saco do Mamanguá e na Enseada de Paraty-Mirim*, Dissertação de Mestrado em Oceanografia Geológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 94.
- Marques, L. S. & Ernesto, M., 2004. O magmatismo toleítico da Bacia do Paraná, *Mantesso Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, CR*, pp. 245–263.
- Melo, J. A., 2020. *Investigação magnética das anomalias marinhas nas Rias Mamanguá e Paraty-Mirim, Rio de Janeiro, Brasil*, Trabalho de Graduação de Geofísica, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 46.
- Melo, J.A., Marangoni, Y. R., & Jovane, L., 2019. Análise preliminar dos dados magnéticos do Saco do Mamanguá e da Enseada de Paraty-Mirim, Rio de Janeiro Brasil. In: International Congress of the Brazilian Geophysical Society, 16, 2019, Rio de Janeiro. Proceedings... Rio de Janeiro, Brazil: SBGf, 2019. CD-ROM.
- Mendonça, C. A., Soares, W. P., & Cavalcante, F. L., 2019. Annihilator transform for magnetic lineaments removal in dike swarms. *Geophysics*, **84** (4), J31–J41.
- Rodelli, D., Jovane, L., Giorgioni, M., Rego, E. S., Cornaggia, F., Benites, M., Cedraz, P., Berbel, G. B. B., Braga, E. S., Ustra, A., Abreu, F., & Roberts, A. P., 2019. Diagenetic fate of biogenic soft and hard magnetite in chemically stratified sedimentary environments of Mamanguá Ría, Brazil, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **124**(3), 2313–2330.
- Roest, W. R., Verhoef, J., & Pilkington, M., 1992. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal, *Geophysics*, **57**(1), 116–125.
- Santos, H. S., Cunha, G. N., & Castro, J. R., 2016. Avaliação qualitativa das técnicas de interpolação de mínima curvatura, krigagem e bidirecional na formação de imagens, *Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana*, (4), 2–16.
- Walker, J. D., Geissman, J. W., Bowring, S. A., & Babcock, L. E., 2013. The geological society of America geologic time scale, *GSA Bulletin*, **125**(3-4), 259–272.