

Mapa magnético parcial do Fanerozóico do estado do Paraná, sul do Brasil

José Augusto Simões Neto*, Bolsista PIBIC-CNPq, LPGA/UFPR, Brasil

Francisco José Fonseca Ferreira, LPGA/UFPR, Brasil e Alessandra de Barros e Silva, LPGA/UFPR, Brasil

Copyright 2007, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 10th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 19-22 November 2007.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society 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 improvement of old aeromagnetic data base using classic, recent and modern processing techniques is one of the objectives of this paper. The 80's aeromagnetics surveyings that covered partial area of Paraná State, southern Brazil, have been used to outline and to confirm the structural framework of the Parana Basin. Results obtained from processing methods like upward continuation, total horizontal gradient, analytic signal, analytic signal tilt and total horizontal gradient of analytic signal tilt will be discussed as best results for this present research.

Introdução

O principal objetivo da presente pesquisa de iniciação científica é a construção do Mapa magnético parcial do Fanerozóico do estado do Paraná, sul do Brasil (Fig. 1). Para tanto foram utilizadas técnicas consagradas e modernas de processamento, disponíveis na literatura internacional. Tais técnicas se mostraram adequadas no resgate de dados aeromagnéticos antigos, os quais podem ser utilizados pela comunidade para fins multiuso, com ênfase no delineamento do arcabouço estrutural do Fanerozóico paranaense.



Figura 1 – Mapa de localização do estado do Paraná.

Material

Para a confecção do mapa magnético parcial do Fanerozóico do estado do Paraná foram integrados dados de três levantamentos aeromagnetométricos (Fig. 2): Projeto Rio Iguaçu (Petrobras, 1981a), Projeto Rio Ivaí (Petrobras, 1981b) e Projeto Borda Oeste da Bacia do Paraná (Petrobras, 1989), cujas especificações estão indicadas na Tabela 1.



Figura 2 – Mapa índice dos levantamentos aeromagnetométricos da Bacia do Paraná no Brasil (Astolfi et al. 1991).

Projeto	Altura (m)	Direção	Esp. (m)	Ano	Área (km²)
Rio Ivaí	450	N-S	2000	1981	48000
Rio Iguaçu	500	N-S	2000	1981	55000
Borda Oeste	1000*	N-S	3000	1989	80000

Tabela 1 – Principais especificações dos levantamentos utilizados na pesquisa (* levantamento barométrico), modificado de Astolfi et al. (1991).

Métodos

Pré-processamento dos dados aeromagnéticos

Os dados originais (*.xyz*) do campo magnético residual dos levantamentos de interesse foram avaliados criticamente, transformados em malhas regulares de 500x500 metros pelo método da curvatura mínima (Briggs, 1974) e depois microniveladas, no sentido de eliminar artefatos ao longo das linhas de vôo. Em seguida, as malhas derivadas dos projetos Rio Ivaí e Rio Iguaçu foram continuadas para a altura de 1.000 metros, no sentido de se nivelar à malha do Projeto Borda Oeste da Bacia do Paraná. Posteriormente, tais malhas microniveladas foram integradas através da rotina Grid knitting do pacote Geosoft[™]. Finalmente, foi recortado da malha final os limites do território paranaense, do que resultou o mapa da Figura 3.



Figura 3 – Mapa magnético parcial do Fanerozóico do estado do Paraná.

Para verificar de forma genérica eventuais relações do sinal magnético derivado dos vários métodos de realce de anomalias utilizados, foi construída a Figura 4, a qual indica os principais falhamentos extraídos de Soares et al. (1982) e Zálan et al. (1987). A Figura 5 exibe o arcabouço estrutural (Fig. 4) sobreposto ao mapa magnético residual da Figura 3.



Figura 4 – Mapa do arcabouço estrutural do estado do Paraná (Soares et al., 1982 e Zálan et al., 1987).

Figura 5 – Mapa magnético parcial do Fanerozóico do estado do Paraná e o arcabouço estrutural.

Processamento dos dados aeromagnéticos

A partir dos dados representados na Figura 3, foram aplicados diversos métodos de realce de anomalias magnéticas, os quais serão discutidos e apresentados a seguir.

 Continuações ascendentes – o método de continuação ascendente (e.g. Milligan & Gunn, 1997) simula a aquisição dos dados do campo magnético à níveis superiores ao original. Pode ser considerado um filtro de "limpeza", sendo freqüentemente utilizado para remover ou minimizar sinais de fontes rasas e ruídos. As figuras 6 e 7 mostram os mapas do campo magnético continuados para 1500 e 5000 metros, respectivamente, em correspondência ao arcabouço estrutural.



Figura 6 – Mapa do campo magnético residual continuado a 1500 metros e o arcabouço estrutural.

Tenth International Congress of The Brazilian Geophysical Society



Figura 6 – Mapa do campo magnético residual continuado a 5000 metros e o arcabouço estrutural.

Em seguida, após avaliação, foram selecionadas às malhas continuadas à 1500 e 3000 metros, a partir das quais foram aplicadas as técnicas descritas abaixo:

• Gradiente horizontal total (GHT) - Cordell & Grauch (1985).

 $GHT = [(dT/dx)^{2} + (dT/dy)^{2}]^{1/2} - Unidade = nT/m$

onde dT/dx e dT/dy representam as derivadas horizontais segundo as direções x e y, respectivamente. Este filtro realça as altas freqüências, gerando picos de anomalias localizadas aproximadamente sobre as bordas de corpos extensos, pelo que é freqüentemente empregado no mapeamento magnético. Entretanto, o processo se torna extremamente ambíguo quando as anomalias são derivadas de corpos estreitos. As figuras 7 e 8 exibem os mapas do gradiente horizontal total calculados a partir do campo magnético continuado para 1500 e 3000 metros, respectivamente.



Figura 7 – Mapa do gradiente horizontal total calculado a partir do campo magnético continuado a 1500 metros e o arcabouço estrutural.



Figura 8 – Mapa do gradiente horizontal total calculado a partir do campo magnético continuado a 3000 metros e o arcabouço estrutural.

• Amplitude do sinal analítico simples (ASA) - Nabighian (1972, 1974, 1984) e Roest *et al.* (1992).

 $ASA = [(dT/dx)^2 + (dT/dy)^2 + (dT/dz)^2]^{1/2}$ - Unidade = nT/m;

A amplitude do sinal analítico (ASA) é uma função relacionada às derivadas nas direções x, y e z, onde dT/dz significa a primeira derivada vertical do campo magnético. Embora não seja um parâmetro medido, a ASA é extensivamente aplicada na interpretação magnética, pois foi até recentemente considerada como completamente independente da direcão de magnetização e da direção do campo da Terra (e.g. Milligan & Gunn, 1997). Isto significa que todos os corpos com a mesma geometria e idêntico contraste de susceptibilidade teriam a mesma amplitude do sinal analítico em qualquer latitude da Terra. De acordo com Milligan & Gunn (1997), os picos da ASA são simétricos e ocorrem diretamente sobre as bordas de corpos largos e refletem o posicionamento do centro de corpos estreitos. Ainda, as meia-larguras destes picos podem ser relacionadas à profundidade de contatos magnéticos verticais. Entretanto, Li (2006) mostrou que a ASA só é completamente independente da magnetização quando se assume que o campo magnético é medido ao longo do eixo x e a uma altura constante z de uma fonte 2D alinhada paralelamente ao eixo y. Li (2006), além de elencar alguns exemplos da literatura (MacLeod et al., 1993; Qin, 1994; Milligan & Gunn, 1997), relacionados aos equívocos baseados na premissa anterior, indica os procedimentos corretos de interpretação da ASA e mostra sua aplicação a partir de fontes 3D no delineamento das bordas de corpos magnéticos. Tal autor conclui que a ASA, ao contrário dos conceitos correntes até então, depende da profundidade, extensão e mergulho da fonte e das direções de magnetização e do campo magnético da Terra. As figuras 9 e 10 representam os mapas da amplitude do sinal calculados com base no campo magnético continuado para 1500 e 3000 metros, respectivamente.



Figura 9 – Mapa do sinal analítico calculado a partir do campo magnético continuado a 1500 metros e o arcabouço estrutural.



Figura 10 – Mapa do sinal analítico calculado a partir do campo magnético continuado a 3000 metros e o arcabouço estrutural.

• Inclinação do sinal analítico (ISA) – Miller & Singh (1994 a,b).

 $ISA = (dT/dz)/[(dT/dx)^{2} + (dT/dy)^{2}]^{1/2} - Unidade = radiano;$

Este filtro é resultante do quociente da primeira derivada vertical pelo gradiente horizontal e pode ser utilizado para detectar fontes de anomalias de campos potenciais e para prover informações sobre suas extensões horizontais. De acordo com Miller & Singh (1994 a,b), tem a propriedade de ser positivo acima da fonte, cruzar o zero próximo das bordas e ser negativo fora da corpo. A inclinação do sinal analítico encerra um atributo adicional, único dentre os vários métodos de campos potenciais detectores de bordas, ou seja, é capaz de responder igualmente bem tanto para fontes rasas quanto profundas, ressaltando os sinais sutis de fontes profundas, as quais são freqüentemente dissimuladas pela profusão de respostas de fontes rasas. A Figura 11 mostra a inclinação do sinal analítico calculada com base no campo magnético continuado para 3000 metros e o arcabouço estrutural.



Figura 11 – Mapa da inclinação do sinal analítico calculado a partir do campo magnético continuado a 3000 metros e o arcabouço estrutural.

• Gradiente horizontal total da inclinação do sinal analítico (GHT-ISA) – Verduzco et al. (2004).

GHT-ISA = $[(dISA/dx)^2 + (dISA/dy)^2]^{1/2}$ - Unidade = nT/m;

A aplicação do gradiente horizontal total aos dados da inclinação do sinal analítico (Fig. 12) foi recomendada por Verduzco et al. (2004) para mapear estruturas rasas do embasamento, realçando feições não claramente identificadas pelos métodos anteriores. Uma das vantagens do método, segundo os autores, é que o gradiente horizontal total da inclinação do sinal analítico é independente da direção de magnetização e que os resultados denotam uma melhor resolução da função no centro e sobre os limites dos corpos. Outra vantagem desse processo é ser independente da amplitude das anomalias. Entretanto, tais conclusões precisam ser revistas tendo em vista as considerações de Li (2006).



Figura 12 – Mapa do gradiente horizontal total da inclinação do sinal analítico calculado a partir do campo magnético continuado a 1500 metros e o arcabouço estrutural.

Tenth International Congress of The Brazilian Geophysical Society

Conclusões

O mapa magnético parcial do Fanerozóico do estado do Paraná e os demais produtos dele derivado, mostrou a importância da aeromagnetometria no delineamento das principais estruturas geológicas. De fato, como se pode observar sobretudo nas figuras 7, 8, 9 e 10, destaca-se com clareza anomalias de direção NW, reflexo das estruturas do Arco de Ponta Grossa (APG), de acordo com Ferreira (1982a.b), como aquelas confinadas pela sua região central, limitadas pelos alinhamentos São Jerônimo - Curiúva e do Rio Alonzo. Também nesta direção são identificados o Alinhamento do Rio Piquiri (limite meridional do APG) e a zona de falha Cândido de Abreu - Campo Mourão (Zálan et al. 1987). Por outro lado, na direção NE, são caracterizadas as zonas de falhas de Taxaquara, Jacutinga e Guaxupé (Zálan et al. 1987) e a direção PT-4 de Soares et al. (1982). As direções submeridianas Paraná (PR-1 e PR-2 de Soares et al. 1982), paralelas ao rio homônimo, são igualmente identicadas, chamando-se a atenção para uma forte anomalia situada no extremo sudoeste do estado, limitada pelas direções PR-1 e PT-4. Finalmente, a pesquisa procurou demonstrar a viabilidade do reprocessamento de dados aeromagnéticos antigos e seu potencial de aplicação na cartografia geofísicoestrutural de tratos altamente magnetizados.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Petrobras e a CPRM a disponibilização dos dados aerogeofísicos e ao CNPq pela concessão de bolsa de iniciação científica (PIBIC, Edital IC 2006-2007). Francisco J. F. Ferreira também agradece ao CNPq pelo auxílio concedido (processo n° 470689/2004-8).

Referências

Astolfi, A. M., Paula, O. B., Gonzaga, P. M. 1991. Integração aeromagnética da Bacia do Paraná. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Geofísica, 2, Salvador. Resumos Expandidos. Salvador. 408-412 p.

Briggs, I.C. 1974. Machine contouring using minimum curvature. Geophysics, 39(1), p. 39-48.

Cordell, L. & Grauch, V. 1985. Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New México. In: W. Hinze, ed., Utility of regional gravity and magnetic maps. SEG, 181-197.

Ferreira, F.J.F. 1982a. Alinhamentos estruturaismagnéticos da região centro-oriental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico. In: Bacia do Paraná -Reavaliação da Potencialidade e Prospectividade em Hidrocarbonetos. Consórcio CESP-IPT (Paulipetro), São Paulo, p. 143-166.

Ferreira, F.J.F. 1982b. Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 170 p.

Hsu, S. -K., Coppens, D., Shyu, C. T. 1996. Depht to magnetic source using the generalized analytical signal. Geophysics, 63, 1947-1957.

Li, X. 2006. Understanding 3D analytic signal amplitude. Geophysics, 71, L13-L16.

Macleod, I.N.; Jones, K.; Dai, T.F. 1993. 3-D Analytical Signal in the interpretation of total magnetic field data at low magnetic latitudes. Exploration Geophysics, 24, 679-687.

Miller, H. G. & Sing, V. 1994a. Semiquantitative techniques for the removal of diretional trends from potencial field data. Journal of Applied Geophysics, 32, 199-211.

Miller, H. G. & Sing, V. 1994b. Potential field tilt – a new concept for location of potencial field souces. Journal of Applied Geophysics, 32, 213-217.

Milligan, P.R. & Gunn, P.J. 1997. Enhancement and presentation of airborne gephysical data. AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics, n. 17(2), p. 63-75.

Nabighian, M. N., 1972. The analytic signal of twodimensional magnetic bodies with poligonal cross-section: its properties and use for autamated anomaly interpretation. Geophysics, 37, 507-517.

Nabighian, M. N. 1974. Additional comments on the analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section. Geophysics, 39, 85-92.

Nabighian, M. N. 1984. Toward a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transform: Fundamental relations. Geophysics, 49, 780-786.

Petrobras, 1981a. Projeto Aerogeofísico Rio Iguaçu. Consórcio CESP-IPT, Paulipetro (dados digitais).

Petrobras, 1981b. Projeto Aerogeofísico Rio Ivaí. Consórcio CESP-IPT, Paulipetro (dados digitais).

Petrobras, 1989. Projeto Aerogeofísico Borda Oeste da Bacia do Paraná (dados digitais).

Qin, S. 1994. An analitical signal approach to the interpretation of total field magnetic anomalies. Geophysical Prospecting 42, 665-675.

Roest, W. R., Verhoef, V., Pilkington, M. 1992. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. Geophysics, 57, 116-125.

Soares, P. C., Barcellos, P. E., Csordas, S. M., Mattos, J. T., Balieiro, M. G.; Meneses, P.R., 1982. Lineamentos em imagens Landsat e Radar e suas implicações no conhecimento tectônico da Bacia do Paraná. Il Simpósio de Sensoriamento Remoto, CNPq-INPE, Brasília.

Verduzco, B., Fairhead, C.; Green, C., Mackenzie, C. 2004. New insights into magnetic derivatives for structural mapping. The Leading Edge, 23, 116-119.

Zalán, P. V., Wolf, S., Conceição, J. C. J., Astolfi, M. A. M., Vieira, I. S., Appi, V. T., Zanotto, O. A. 1987. Tectônica e Sedimentação da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, III, Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p. 441-473.

Tenth International Congress of The Brazilian Geophysical Society