

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e ao projeto *Evolução Geológica e Mineralizações-3* (Nº. 65.91.03.03.00) do convênio FINEP/PADCT-UFPR, pelo apoio financeiro. Ao Dr. Guilherme Lessa, pela revisão do *Abstract*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGULO, R.J. Ambientes de sedimentação da planície costeira com cordões litorâneos no Estado do Paraná. *Bol. Paranaense Geoc.*, v.40, p.115-135, 1992a.
- . *Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná*. São Paulo, 1992b. Tese de Doutorado (inéd.). Inst. Geoc. Univ. S. Paulo. 334 p.
- . Indicadores biológicos de paleoníveis marinhos quaternários na costa paranaense. *Bol. Paranaense Geoc.*, v.41, p.1-34, 1993.
- FIGUEIREDO J.C. *Contribuição à Geografia da Ilha do Mel (Litoral do Paraná)*. Curitiba, 1954. Tese apresentada ao concurso de cátedra em Geografia do Brasil (inéd.). Faculdade de Filosofia da Univ. do Paraná. 61p.
- GALEHOUSE, J.S. Point-counting. In: CARVER, R.E. ed. *Procedures in Sedimentary Petrology*. New York: Wiley-Interscience, p.385-407, 1971.
- GIANNINI, P.C.F. *Sedimentação Quaternária na Planície Costeira de Peruibe-Itanhaém (SP)*. São Paulo, 1987. Dissertação de Mestrado (inéd.). Inst. Geoc. Univ. S. Paulo. 2 v., 3 mapas, 234 p.
- . *Evolução quaternária da planície costeira de Peruibe-Itanhaém (SP) segundo resultados granulométricos: um confronto de métodos de tratamento estatístico*. *Bol. Paranaense Geoc.*, v.38, p.1-50, 1989.
- . *Sistemas Depositionais no Quaternário Costeiro entre Jaquarana e Imbituba, SC*. São Paulo, 1983. Tese de Doutorado (inéd.). Inst. Geoc. Univ. S. Paulo. 2 v., 2 mapas, 439 p.
- . FERNANDES, H.G. Aplicação de análise de tendências por regressão múltipla a parâmetros sedimentológicos em duas áreas da costa sudoeste paulista. In: CONGR. BRAS. GEOL. (33: 1984: Rio de Janeiro). *Anais... SBG*, Rio de Janeiro, v.1, p. 145-158.
- . SUGUIO, K. Diferenciação entre gerações de depósitos eólicos quaternários da costa centro-sul de Santa Catarina. In: CONGR. BRAS. GEOL. (38: 1994: Balneário Camboriú). *Bol. Resumos Expandidos... SBG*, Florianópolis, v.1, p. 402-403.
- HUBERT, J.F. A zircon-tourmaline-rutile maturity index and interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstones. *J. Sediment. Petrol.*, v.32, n.3, p.440-450, 1962.
- MILLIKEN, K.L. Loss of provenance information through subsurface diagenesis in Plio-Pleistocene sandstones, northern Gulf of Mexico. *J. Sediment. Petrol.*, v.58, n.6, p.992-1002, 1988.
- . MACK, L.E. Subsurface dissolution of heavy minerals, Frio Formation sandstones of the ancestral Rio Grande Province, South Texas. *Sediment. Geol.*, v.68, n.3, p.187-199, 1990.
- MORTON, A.C. Stability of detrital heavy minerals in Tertiary sandstones from the North Sea basin. *Clays Clay Miner.*, v.19, p.287-308, 1984.
- PETTJOHN, F.J. 1941. Persistence of heavy minerals and geologic age. *J. Geol.*, v.49, n.2, p.612-625, 1941.
- . *Sedimentary Rocks*. New York: Harper International, 3ed., 1975. 628p, 1957.
- RITTENHOUSE, G. Transportation and deposition of heavy minerals. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v.54, p.1725-1780, 1943.
- SUGUIO, K.; COIMBRA, A.M.; GUARDADO, L.R. Correlação sedimentológica de arenitos da Bacia do Paraná. *Bol. IG-USP*, v.5, p.85-116, 1974.

Aplicação Combinada Dos Métodos Sinal Analítico E Deconvolução De Euler A Dados Aeromagnéticos Residuais Da Região De Fartura (SP-PR)*

*Combined application of Analytic Signal and Euler Deconvolution methods to residual aeromagnetics data of Fartura region (SP-PR)***

Francisco Valdyr da Silva**
Francisco José Fonseca Ferreira***

RESUMO

O presente trabalho mostra a aplicação combinada dos métodos Sinal Analítico e Deconvolução de Euler a dados aeromagnéticos residuais de uma área estruturalmente complexa, envolvendo soleiras e enxames de diques de diabásio, numerosas falhas segundo as direções principais NE-SW e NW-SE, além de estruturas dômicas, *horsts*, *grabens* e outras feições tectônicas. A área, selecionada em função destas características estruturais e da presença de grande quantidade de material magnético irregularmente distribuído no prisma sedimentar paleozóico da Bacia do Paraná, é limitada pelas seguintes coordenadas geográficas: 49°00' a 50°00' de longitude oeste e 23°00' a 24°00' de latitude sul. As linhas de vôo foram posicionadas na direção N-S, espaçadas de 2000m; os dados foram tomados aproximadamente a cada 100m e a uma altura média de 450m sobre o terreno. O objetivo principal do trabalho foi testar os referidos métodos nesta área visando o mapeamento e estimativas de profundidade dos corpos magnéticos. Para atingir tais objetivos, o primeiro passo foi obter a malha característica destas fontes. A partir desta, foi aplicado o método Sinal Analítico, através de suas variantes (precedido ou não de integração vertical), em toda a área de pesquisa. Tendo em vista a complexidade magnética, foram selecionadas três subáreas para aplicação do método de Deconvolução de Euler, nas quais determinaram-se as posições e as profundidades dos corpos considerando os seguintes modelos: soleira/dique, degrau e contato. As principais conclusões podem ser assim sumarizadas: (1) a aplicação do método Sinal Analítico permitiu mapear as soleiras de diabásio tanto em superfície (através da comparação com mapas geológicos) quanto em subsuperfície (balizada por poços de exploração de petróleo); (2) possibilitou também identificar novas estruturas dômicas, em subsuperfície, inferidas através da relação entre as respostas magnéticas e a geologia de domos aflorantes como o de Quatiguá; (3) o método Deconvolução de Euler permitiu confirmar o posicionamento dos corpos no contexto das maiores amplitudes do sinal analítico, assim como ensejou estabelecer uma estatística acurada das profundidades dos mesmos; (4) como resultados marcantes da pesquisa, constatou-se que os modelos considerados se encontram percentualmente nas mesmas faixas de profundidade para as três subáreas selecionadas (Tabela 1), confirmando ensaios teóricos da literatura internacional.

* Contribuição ao Projeto Funpar/Finep/PADCT Nº 006591030300

** Mestrando do Curso de Pós Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná. Físico da Fundação da Universidade Federal do Paraná - FUNPAR.

*** Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.

ABSTRACT

This paper shows the combined applications of Analytic Signal and Euler Deconvolution methods as important tools on the mapping of diabase dikes, sills, magnetic contacts and step models, in an area with the following geographical coordinates: 49°00' to 50°00' of west longitude and 23°00' to 24°00' of south latitude at the region of Fartura, States of S.Paulo and Paraná (figure 1). According to the observed magnetical features (figure 2), three windows named A1, A2 and A3 were selected for applications of the combined methods. The first step on the methodology was the delimitation of magnetic bodies by means of an Analytic Signal method (figure 3). Afterwards both methods were applied to the selected windows. The first window A1 is characterized by NW-SE bidimensional anomalies, where Euler Deconvolution method was applied considering a dike (figure 4), a step (figure 5) and a contact (figure 6) model together with the Analytic Signal method. An important feature is the concentration of bodies at higher amplitude regions of the Analytic Signal, and also showing a trend NE-SW located on source due to diabase dikes parallelism. The A2 window has a domic structure (this aspect is shown in figures 7, 8 and 9). This feature is enhanced by the Analytic Signal contour and by high concentration of bodies inside this contour on regions of high signal amplitudes. The last window A3 has a similar pattern source distribution for the three models considered (figures 10, 11, 12), owing to a great magnetic complexity observed by the distribution of magnetic sources. Once again, a high concentration of bodies was observed at higher Analytic Signal amplitudes.

In this paper a statistical analysis (Table 1) of depth distribution in each selected window is also shown.

The obtained results integrated with geological information, led not only to the discovery of other probable structures, but also to the estimation of the depth and position of these sources.

INTRODUÇÃO

O Arco de Ponta Grossa (figura 1) é uma das mais expressivas e importantes feições tectônicas do oriente da América do Sul. Definido, na sua configuração atual, com base em dados aeromagnéticos, geológicos e de sensoriamento remoto, é caracterizado por enxames de diques de diabásio do Mesozóico, com direção preferencial NW, mas também EW e NE-SW. Com mergulhos subverticais e comprimentos de até 100km, tais enxames ocorrem continuamente desde a margem continental até pelo menos o rio Paraná, com extensões mínimas de 600km e larguras variáveis entre 20 e 100km (FERREIRA, 1982). As espessuras dos diques variam de 5 a 50m, mas podem atingir até 600m, enquanto a frequência média é de 1,5 diques/km e, às vezes, de até 4 diques/km (MARINI *et al.*, 1967).

O presente trabalho pretende apresentar os resultados obtidos pela aplicação combinada dos métodos Sinal Analítico (NABIGHIAN, 1972; MACLEOD *et al.*, 1993) e Deconvolução de Euler (THOMPSON, 1982; REID *et al.*, 1990) a dados aeromagnéticos residuais de uma área do Arco de Ponta Grossa (Lineamento de Guapiara). Sobrevoada pelo Projeto Aerogeofísico Botucatu (PAULIPETRO-ENCAL, 1982), a área é limitada pelas seguintes coordenadas geográficas: 49 00' a 50 00' de longitude oeste e 23 00' a 24 00' de latitude sul (figura 1). O principal objetivo desta nota é contribuir para o mapeamento e estimativas de profundidade das fontes magnéticas da região de Fartura (SP-PR).

BASES TEÓRICAS

O tratamento/interpretação de dados magnéticos tem por objetivo a caracterização de feições geológicas através do estudo de suas respostas magnéticas. Muitos esforços foram realizados no desenvolvimento de métodos e técnicas que objetivam avaliar de forma acurada o posicionamento e a profundidade dos corpos magnéticos. Dentre eles, destacam-se os métodos Sinal Analítico e Deconvolução de Euler, cujas abordagens teóricas são sucintamente descritas a seguir:

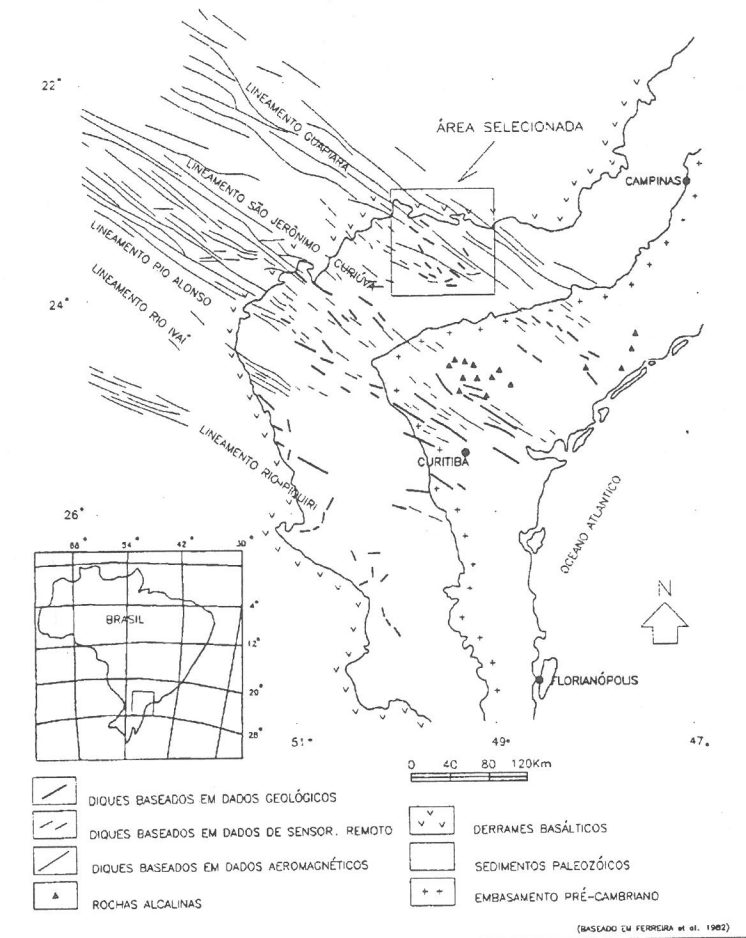


Fig. 1
Configuração do Arco de Ponta Grossa. Ponta Grossa Arch configuration.

SINAL ANALÍTICO (ANALYTIC SIGNAL)

NABIGHIAN (1972) desenvolveu a noção de Sinal Analítico de anomalias magnéticas, cuja característica principal reside na independência da direção de magnetização da fonte e na relação com sua amplitude. A amplitude do sinal analítico (A) de uma anomalia magnética pode ser escrita da seguinte forma:

$$|A(x,y)| = [(\delta_x T)^2 + (\delta_y T)^2 + (\delta_z T)^2] \quad (1)$$

onde $\delta_x T$, $\delta_y T$ e $\delta_z T$ são as derivadas do campo magnético residual nas direções horizontais ortogonais x , y e na direção vertical z .

Assim, a amplitude do sinal analítico pode ser obtida a partir dos gradientes ortogonais do campo magnético. NABIGHIAN (1972) utilizando modelos sintéticos calculou também a forma deste sinal, mostrando que a anomalia do sinal analítico sobre um contato magnético 2-D, localizado no ponto $x = 0$ e a uma profundidade h é descrita por:

$$|A(x)| = \alpha [x^2 + h^2]^{-1} \quad (2)$$

onde α é o fator de amplitude $\alpha = 2M \sin D [1 - \cos^2(I) \sin^2(V)]$, h é a profundidade ao topo do contato, M é a intensidade de magnetização, D é o mergulho do contato, I é a inclinação do campo magnético e V é a direção do vetor de magnetização. Nota-se que todos os termos direcionais estão contidos no fator de amplitude α , o qual é uma constante.

O sinal analítico descrito pela equação (2) é uma função em forma de sino, cuja meia largura da anomalia fornece uma indicação da profundidade da fonte. Em termos práticos, o sinal analítico aplicado a dados magnéticos na forma de malha regular pode fornecer informações sobre as características das fontes, tais como limite ou entorno e profundidade.

DECONVOLUÇÃO DE EULER (EULER DECONVOLUTION)

Qualquer função $F(x,y,z)$ é dita homogênea de grau n se:

$$F(tx,ty,tz) = t^n F(x,y,z) \quad (3)$$

Se esta função é homogênea de grau n , ela também satisfaz a seguinte equação diferencial parcial:

$$x\partial_x F + y\partial_y F + z\partial_z F = nF \quad (4)$$

A expressão (4) é conhecida como Equação de Euler. No caso de dados magnéticos, considerando uma fonte localizada nas coordenadas (x_0, y_0, z_0) , THOMPSON (1982) mostrou que a equação de Euler pode ser escrita como:

$$(x-x_0)\partial_x T + (y-y_0)\partial_y T + (z-z_0)\partial_z T = N(B-T) \quad (5)$$

onde T é o campo magnético detectado no ponto (x,y,z) , e B o campo principal da terra.

A equação (5) mostra que o grau de homogeneidade está relacionado às derivadas do campo, ou seja, os valores de N estão vinculados aos gradientes e curvaturas, de modo que quanto menor for o valor de N , menores serão os gradientes e curvaturas e vice-versa.

O grau de homogeneidade N pode ser interpretado como um índice estrutural, representando a taxa de variação da distância entre a fonte e o detector. Portanto, o campo magnético de um dipolo varia com o inverso do cubo ($N = 3$; HOOD, 1965), enquanto que para o cilindro vertical estreito o campo varia com o inverso do quadrado ($N = 2$). Corpos extensos podem ser considerados como conjuntos de dipolos cujos índices variam de $N = 0$ a $N = 3$.

SLACK *et al.* (1967), ao avaliarem anomalias magnéticas causadas por diques, determinaram o valor de N entre 0 e 2 para anomalias correspondentes a estes corpos. REID *et al.* (1990) mostraram que, para um contato magnético, o índice estrutural é $N = 0$, contanto que um termo A (*offset*) fosse introduzido para incorporar parâmetros como profundidade, mergulho e direção do corpo. Portanto, a Equação de Euler pode ser escrita da seguinte forma:

$$(x-x_0)\partial_x T + (y-y_0)\partial_y T + (z-z_0)\partial_z T = A \quad (6)$$

Em termos práticos, considerando-se um conjunto de dados magnéticos, é possível determinar a localização da fonte (x_0, y_0, z_0) , resolvendo-se as Equações de Euler para um dado índice estrutural N . Desta forma, este processo inverso é denominado de Deconvolução de Euler.

A Deconvolução de Euler pode ser aplicada para vários índices estruturais, sobretudo em áreas magneticamente complexas onde coexistem vários modelos, produzindo soluções de posicionamento e profundidade variadas. Caberá ao intérprete selecionar aquelas mais coerentes com a realidade geológica da área estudada.

METODOLOGIA

A partir dos dados coletados no levantamento aerogeofísico, corrigidos da variação diurna e nivelados, foi removida a contribuição do campo principal da terra (IGRF). Em seguida, os dados magnéticos residuais foram interpolados segundo uma malha regular de 250x250m através de um programa de interpolação baseado no método da Curvatura Mínima (BRIGGS, 1974), gerando o mapa magnético residual da figura 2. Nessa ilustração, observa-se uma feição de direção principal NW-SE, constituída por anomalias correspondentes ao enxame de diques do Lineamento de Guapiara (FERREIRA *et al.*, 1981). É também notável a definição do Domo de Quatiguá (figura 2), assim como de outros com assinaturas magnéticas similares, interpretados como situados em subsuperfície, como já assinalados por FERREIRA *et al.* (1996).

Objetivando localizar, definir os limites e estimar a profundidade destes corpos magnéticos, FERREIRA *et al.* (1995) aplicaram os seguintes procedimentos: 1) Análise Espectral — Realizada com intuito de discriminar o sinal das fontes profundas, rasas, e ruidos. Nesta análise foi observado que as fontes rasas distribuem-se entre a superfície e 2 km de profundidade, enquanto as profundas situam-se entre 2 e 6 km; 2) — Aplicação de filtro passa-banda — Considerando o interesse na detecção de corpos magnéticos rasos, aplicou-se este filtro, entre 102 e 788 (1/km), gerando uma malha regular de 250x250m representativa destes corpos; 3) — Delimitação de corpos rasos — Para definir os limites destes corpos foi utilizado o método Sinal Analítico precedido de um filtro de integração vertical (MACLEOD *et al.*, 1993). Este procedimento proporcionou uma melhor delimitação dos corpos magnéticos presentes na área (figura 3).

Neste trabalho procurou-se caracterizar os modelos e avaliar os posicionamentos e as profundidades das fontes. A partir da delimitação das fontes foi utilizado o método Deconvolução de Euler com o objetivo de detalhar os resultados do Sinal Analítico, em termos de avaliação de alguns modelos geofísico-geológicos, assim como de estimativas, com erro controlado, dos posicionamentos e profundidades das fontes. Por se tratar de uma área magneticamente complexa, foram selecionadas três subáreas (figura 2), nas quais foram determinados parâmetros de

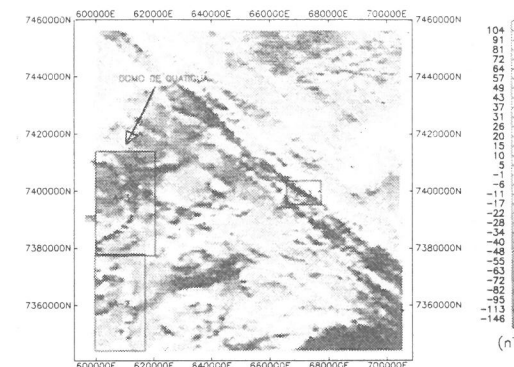


Fig. 2
Mapa magnético residual com áreas selecionadas. Modificado de FERREIRA *et al.*, 1995. Magnetic residual map with selected areas. Modified of FERREIRA *et al.*, 1995.

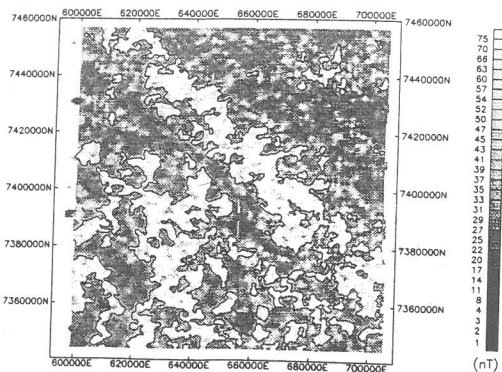


Fig. 3
Mapa de contorno do sinal analítico. Modificado de FERREIRA et al., 1995.
Analytic signal map contour. Modified of FERREIRA et al., 1995.

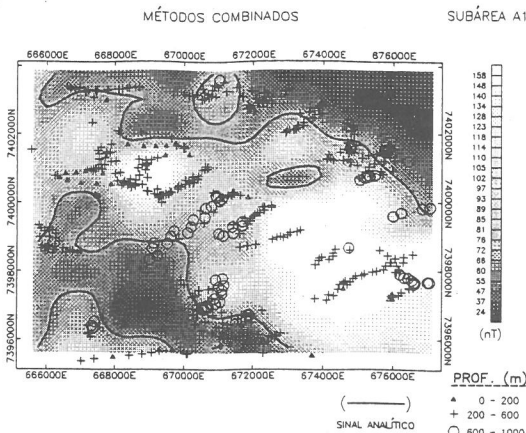


Fig. 4
Modelo de Dique. Dike model.

(figuras 4 e 5) são considerados válidos, pois existe compatibilidade com a geologia da área. Em relação ao Sinal Analítico, observa-se nas figuras 4, 5 e 6 que a maior concentração dos corpos está circunscrita às áreas de maior amplitude do sinal (áreas claras), cujos limites também são indicados. Observa-se, ainda, uma tendência para a localização dos corpos segundo NE-SW, o que deve refletir o paralelismo dos diques de diabásio.

Subárea A2 — Representativa de uma estrutura dômica, aqui interpretada pela semelhança de assinaturas magnéticas com a subárea A3 (Domo de Quatiguá), exibe padrão de distribuição espacial das fontes compatível com a complexidade magnética e extensão da área. É interessante notar, pelas razões expostas anteriormente, que no modelo de contato (figura 9), predominam corpos situados entre 0-200m. Vale ressaltar também a superposição de fontes nos vários intervalos de profundidade indicados nas figuras 7, 8 e 9. Nesta subárea observa-se uma perfeita compatibilidade entre a assinatura magnética desta estrutura no mapa residual (figura 2) e no do Sinal Analítico (figura 3). Este aspecto é muito bem ressaltado nas figuras 7, 8 e 9 onde existe correspondência entre as concentrações dos corpos e as elevadas

posicionamento e profundidade dos corpos, considerando os seguintes modelos: soleira/dique, degrau e contato.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir das principais feições geológico-geofísicas observadas no mapa magnético residual da figura 2 (diques e domos) e no mapa do Sinal Analítico (figura 3), no qual são indicados os limites dos corpos magnéticos, foram selecionadas três subáreas (A1, A2, A3) para aplicação do método Deconvolução de Euler. Na aplicação desta metodologia, em todos os casos, foram consideradas tolerâncias de 20% nas determinações da profundidade e localização dos corpos.

Subárea A1 — Caracterizada pela predominância de anomalias bidimensionais, alongadas segundo NW-SE. O método foi aplicado considerando os modelos dique (figura 4), degrau (figura 5) e contato (figura 6). Observa-se nas referidas ilustrações que a distribuição do posicionamento das fontes é similar, em função da profusão de corpos magnéticos da área. Segundo THOMPSON (1982), baixos índices estruturais são melhores estimadores de profundidade, o que torna o modelo de contato (SI = 0; figura 6) mais representativo, ou seja, a maioria das fontes está situada entre 0 e 200m. Entretanto, considerando que a distribuição de fontes rasas situa-se entre a superfície do terreno e o embasamento cristalino (0-2km), os resultados para os modelos de dique e degrau

amplitudes do Sinal Analítico, representadas por tonalidades mais claras nas mencionadas figuras. A perfeita caracterização da estrutura pelo contorno do Sinal Analítico implica que suas bordas devem ser permeadas por soleiras e/ou diques de diabásio.

Subárea A3 — Representativa da porção oriental do Domo de Quatiguá. A distribuição das fontes magnéticas pode ser observada nas figuras 10, 11 e 12. O padrão espacial é similar para os três modelos processados. Deve-se notar que a perfeita definição aeromagnética do citado domo (figura 2) não se reflete perfeitamente no mapa do Sinal Analítico da figura 3. Em maior detalhe, o contorno do Sinal Analítico das figuras 10, 11 e 12 não reflete com clareza a estrutura circular do domo, exceção feita ao trato sul, onde é bem delineado. Mais uma vez nota-se, como nos casos anteriores, a correspondência entre as elevadas amplitudes do Sinal Analítico (tonalidades claras) e a concentração dos corpos. Do ponto de vista do Sinal Analítico, a estrutura da subárea A2 é melhor definida do que a do Domo de Quatiguá.

Finalmente, a tabela a seguir mostra as estatísticas de profundidade das três subáreas para os modelos considera-

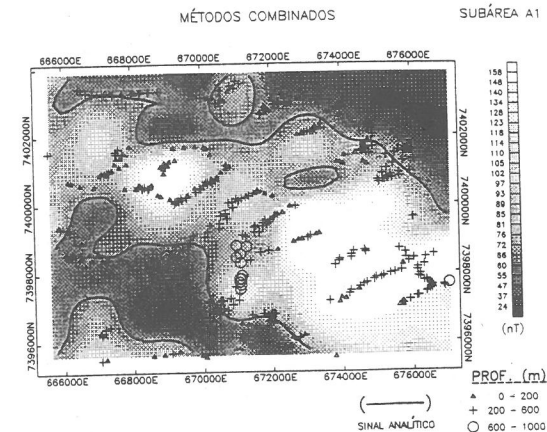


Fig. 5
Modelo degrau. Step model.

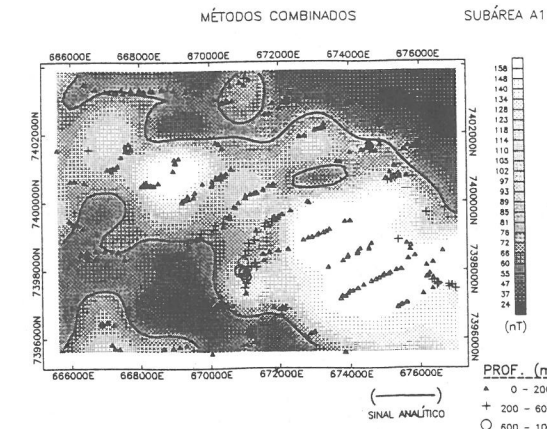


Fig. 6
Modelo de contato. Contact model.

Tabela 1 - Estatística da distribuição de profundidades das fontes.
Table 1 - Depth statistical distribution of magnetic sources

MODELO/ÁREA	A1	A2	A3	PROF (m)
	7,8%	7,0%	7,7%	0 - 200
soleira/dique	78,1%	77,0%	81,1%	200 - 600
	14,1%	18,0%	11,2%	600 - 1000
	35,6%	35,6%	34,0%	0 - 200
degrau	60,5%	60,7%	62,8%	200 - 600
	3,9%	3,7%	3,2%	600 - 1000
	76,0%	74,2%	78,2%	0 - 200
contato	22,9%	24,9%	21,7%	200 - 600
	1,1%	0,9%	0,1%	600 - 1000

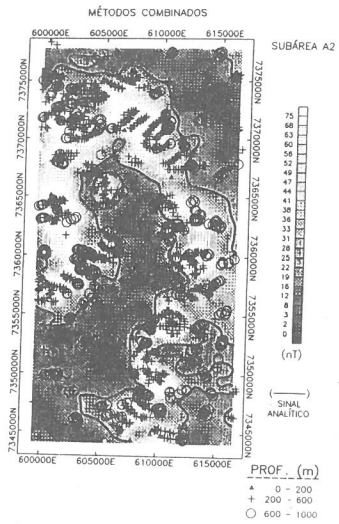


Fig. 7
Modelo de Dique. *Dike model.*

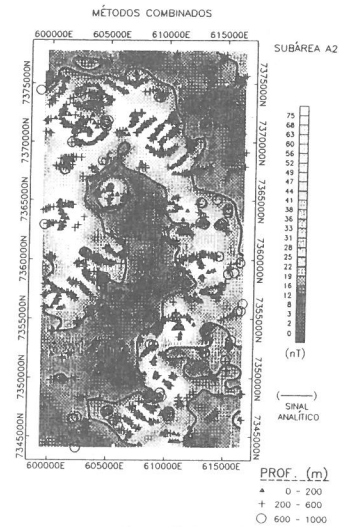


Fig. 8
Modelo degrau. *Step model.*

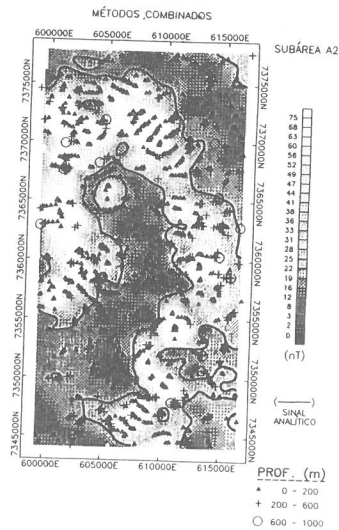


Fig. 9
Modelo de contato. *Contact model.*

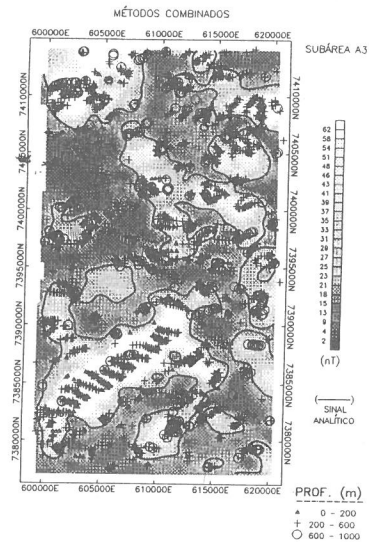


Fig. 10
Modelo de Dique. *Dike model.*

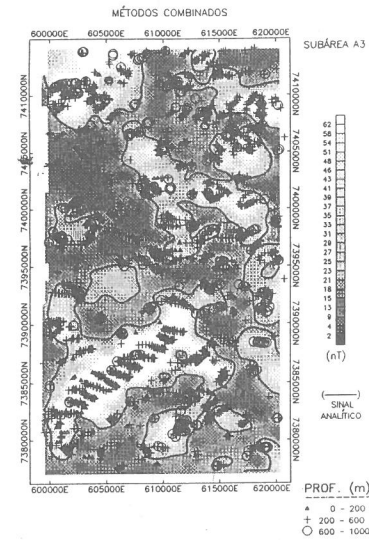


Fig. 11
Modelo degrau. *Step model.*

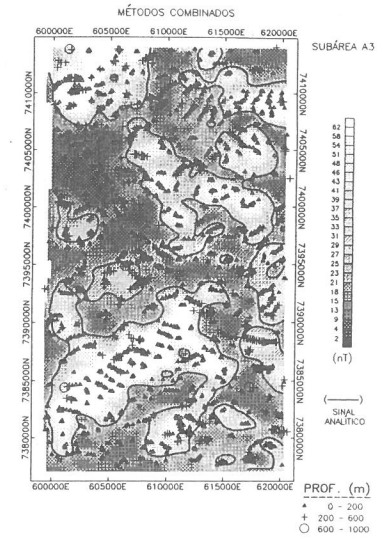


Fig. 12
Modelo de contato. *Contact model.*

Estas observações confirmam os estudos realizados por THOMPSON (1982), relacionando as profundidades aos índices estruturais.

CONCLUSÕES

A aplicação do método Sinal Analítico permitiu mapear as maiores concentrações de corpos magnéticos nas áreas selecionadas, assim como possibilitou identificar novas estruturas dômicas em subsuperfície.

A aplicação do método Deconvolução de Euler permitiu confirmar o posicionamento dos corpos no contexto das maiores amplitudes do Sinal Analítico, assim como ensejou estabelecer uma estatística acurada das profundidades dos mesmos.

Como resultados marcantes da pesquisa, constatou-se que para os modelos considerados as estimativas de profundidades se encontram percentualmente nas mesmas faixas para as três subáreas selecionadas, em conformidade com a teoria do método de Deconvolução de Euler.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à PETROBRÁS pela cessão dos dados digitais do Projeto Aerogeofísico Botucatu, e ao Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini pela revisão crítica do texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRIGGS, I.C. Machine Contouring Using Minimum-Curvature. *Geophysics*. v.39, n.1, p.39-48, 1974.
 FERREIRA, F.J.F. *Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: Configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa*. São Paulo, 1982. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IG-USP), 170p. (inédito).

- _____; MORAES, R.A.V.; FERRARI, M.P.; VIANNA, R.B. Contribuição ao Estudo do Alinhamento Estrutural de Guapiara. In: SIMP. REG. GEOL. (3.: 1981: Curitiba). *Atas...*, Curitiba, Núcleo-SP, SBG, v 1, p.226-240, 1981.
- _____; SILVA, F.V.; MORO, R.P.X.; FORLIN, M.; STEVANATO, R.; FORNAZZARI NETO, L.; ARTUR, P.C.; SOARES, P.C. Aplicação do método "Analytic Signal" no mapeamento das soleiras de diabásio da região de Fartura (SP-PR). In: CONGR. INT. SOC. BRAS. GEOFÍS. (4.: 1995: Rio de Janeiro). *Resumos Expandidos...*, Rio de Janeiro, SBGF-ULAG., v. I, p. 226-229, 1995.
- _____; FORLIN, M.; DONATTI, L.M.; ROSTIROLLA, S.P.; STEVANATO, R.; SOARES, P.C. Assinatura Magnética de Estruturas Dômicas da Região de Fartura. In: CONGR. BRAS. GEOL. (39.: 1996: Salvador). *Anais...*, Salvador, SBG (no prelo).
- HOOD, P. Gradient Measurements in Areomagnetic Surveying. *Geophysics*, v.30, n.1, p.891-902, 1965.
- MACLEOD, I.N.; VIEIRA, S.B.; CHAVES, A.N. Analytic Signal and Reduction-to-the-Pole in the Interpretation of Total Magnetic Field Data at Low Latitudes. In: CONGR. INT. SOC. BRAS. GEOFÍS. (3.: 1993: Rio de Janeiro). *Resumos Expandidos*, Rio de Janeiro, SBGF, v 2, p. 830-835, 1993.
- MARINI, O.J.; FUCK, R.A.; TREIN, E. Intrusivas básicas Jurássico-Cretáceas do primeiro planalto do Paraná. In: *Geologia do Pré-Devoniano e intrusivas subsequentes da porção oriental do Estado do Paraná*. J.J. BIGARELLA; R.SALAMUNI; V.M.PINTO (Eds.). *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 23-25, Curitiba-PR, 1967.
- NABIGHIAN, N.M. The Analytic Signal of Two-Dimensional Magnetic Bodies with Polygonal Cross-Section: Its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics*, v.37, n.3, p.507-517, 1972.
- PAULIPETRO-ENCAL. Projeto Aerogeofísico Botucatu. Paulipetro. São Paulo - SP. (inédito). 1982.
- REID, A.B.; ALLSOP, J.M.; GRANSER, H.; MILLETT, A.J.; SOMERTON, I.W. Magnetic Interpretation in Three Dimensions Using Euler Deconvolution. *Geophysics*, v.55, n.1, p.80-91, 1990.
- SLACK, H.A.; LYNCH, V.M.; LANGAN, L. The Geomagnetic Gradiometer. *Geophysics*, v.32, n.1, p.877-892, 1967.
- THOMPSON, D.T. EULDPH: A New Technique for Making Computer-Assisted Depth Estimates from Magnetic Data. *Geophysics*, v.47, n.1, p.31-37, 1982.

Erosão Marginal Em Canais Associados Ao Rio Paraná Na Região De Porto Rico-PR

Bank erosion in associated channel of upper Parana river in the Porto Rico area, PR

Paulo Cesar Rocha*
Edvard Elias Souza Filho**

RESUMO

Neste trabalho foram estudados a quantificação da erosão marginal, os processos erosivos e suas relações com variáveis hidrodinâmicas e mecânicas em 17 margens de 4 diferentes segmentos da planície do rio Paraná, na região de Porto Rico-PR: dois segmentos de padrão entrelaçado (rio Paraná e canal Cortado), um segmento meandrante (rio Ivinheima) e um anastomosado (rio Baía/canal Corutuba). No estudo foram utilizados conjuntamente 3 métodos: método dos pinos, das estacas e perfilagens. As 17 margens escolhidas se encontram em 4 subsistemas: rio Paraná (1), canal Cortado (6), rio Ivinheima (4) e rio Baía/canal Corutuba (6). A velocidade de fluxo foi determinante na quantificação da erosão; o principal processo erosivo foi a corrasão. A dinâmica das variáveis determinou a intensidade, os processos erosivos e a distribuição temporal da erosão em cada subsistema. O segmento de maior instabilidade das margens foi o rio Paraná. Os outros segmentos apresentaram alta estabilidade de margens.

ABSTRACT

This paper is a study of bank erosion rate, and its relations to with flow velocity, water level variation and bank sedimentological conditions. The study area is in the upper part of Paraná river, near Porto Rico -PR, where there are three channel patterns in the Paraná floodplain: a braided reach (Paraná river/ Cortado channel), a meandering reach (Ivinheima river), and an anastomosing reach (Baía river/Corutuba channel) (figure 1-A).

Seventeen banks were selected for study. The banks were distributed into four sub-systems: P-1, was in the Paraná river; P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-7, were in the Cortado channel; I-1, I-2, I-3, I-4, were in the Ivinheima river; B-1, B-2, C-1, C-2, BC-1, BC-2, were in the Baía river/Corutuba channel. Local measurements were made by means of erosion pins, the pegs method and the profile measurements.

The banks were classified into three groups: Type 1, muddy banks with intermediate height and with steep; type 2, muddy banks with low height and a gentle slope; type 3, sandy and high banks with steps (figure 6). Banks of the type 1 are present in the Paraná river and in the Baía river/Corutuba channel; type 2 are present in the Cortado channel (except I-4) and banks of the type 3 are present in the Ivinheima river (except P-4).

The Paraná river showed great bank erosion rate and the dominant process was corrasion, but we also have collapse. The other subsystems showed small rates of bank erosion; the dominant process was also corrasion, but there was occurred small slope failure in the Ivinheima river and in the Baía river there was local piping.

*Mestrando em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá-PR.

**Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá-PR.