

Magmatismo Kimberlítico e suas Relações com o Lineamento Transbrasiliano: considerações geofísicas baseadas em dados aeromagnetométricos.

Raimundo Mariano Gomes Castelo Branco & Nilo Costa Pedrosa Junior (Laboratório de Geofísica, Universidade Federal do Ceará).

Copyright 2013, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica
 This paper was prepared for presentation during the 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.
 Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 13th 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

This paper deals with both the geophysical processing of aerogeophysical data (magnetics) and a 2D modeling of a transect in the south border of Parnaíba Sedimentary Basin (NE Brazil) and its relationships with the Transbrasiliano Lineament. Some regional geological explanation about the Redondão Kimberlite pipe is also used. The Redondão Pipe is a kimberlite located few kilometers in the SE direction of the Transbrasiliano (near Gilbués and Alto Parnaíba cities) and the results shown a relation of its genesis with a feeder dike situated inside a big (31 to -90nT) negative magnetic anomaly. The pipe reached the surface of Guaribas Plateau (Permian - Pedra do Fogo Formation) from depths around 2km. Some techniques were used to process the aerogeophysical data as directional cosine filter, analytic signal, derivative 1st order and Euler deconvolution. Based in some geological informations and with the results of deconvolution a model was presented for the generation of the Redondão pipe and others important geological aspects of Transbrasiliano Lineament in that region.

Introdução

A Província Estrutural do Parnaíba está situada no nordeste do Brasil e coincide praticamente em sua totalidade com a bacia sedimentar de mesmo nome. A Bacia Sedimentar do Parnaíba envolve uma superfície geográfica com cerca de 650.000 km² onde se situam os estados no Piauí e do Maranhão. Foi durante o Fanerozóico que a Bacia do Parnaíba sofreu um importante regime de subsidência marcado por uma tectônica essencialmente vertical. Isso se deu início no Siluriano, talvez um pouco antes, a após um longo período de erosão das rochas cristalinas mais antigas da plataforma. Muitos trabalhos tratam desta evolução e dos grandes ciclos sedimentares e tectônicos. Outro grande número de trabalhos trata das sequencias sedimentares.

A Figura 1 mostra a localização e o mapa geológico simplificado da área de estudo, situada na porção sul da Bacia do Parnaíba. As principais unidades litoestratigráficas que ocorrem na região da transecta de estudo correspondem ao Grupo Balsas, mais precisamente os arenitos e calcários da Formação Piauí (Carbonífero) e os arenitos, folhelhos e siltitos da

Formação Pedra de Fogo (Permiano). Este trabalho trata de uma importante estrutura linear com um caráter continental que atravessa em direção nordeste toda a bacia. É de interesse aqui as relações desta estrutura com o magmatismo kimberlítico que aconteceu na região da Serra das Guaribas, mais precisamente entre as localidades de Gilbués e Alto Parnaíba, borda sul da Bacia do Parnaíba. A Figura 2 mostra, também, a posição da área objeto deste trabalho e a seção geofísica (azul) motivo maior dos dados, resultados e interpretações aqui levantadas. A figura mostra também a posição do diatrema kimberlítico Redondão associada a sistema de fraturas ortogonal ao Lineamento Transbrasiliano.

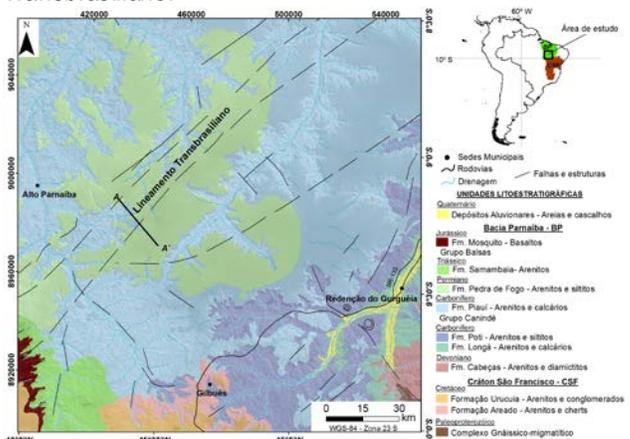


Figura 1: Mapa geológico simplificado da área de estudo e a posição da transecta geofísica A - A'.



Figura 2: Região investigada posicionando a "linha" principal do sistema Transbrasiliano, a posição do diatrema kimberlítico Redondão na borda sul da Bacia do Parnaíba. A figura mostra a posição da transecta geofísica usada. (figuras elaboradas a partir do google Earth 7.0.38542).

Lineamento Transbrasiliano – Considerações Gerais

Algumas definições importantes e históricas podem ser mencionadas acerca do Lineamento Transbrasiliano. A presença de falhas compondo uma estrutura linear no extremo nordeste e sudoeste da Bacia do Parnaíba foram mencionadas por Kegel (1958) e Aguiar (1971). O caráter continental deste lineamento foi comentados por Cunha & Carneiro em 1972. Já Schobbenhaus *et al.* (1975) foram quem designaram o nome de Lineamento Transbrasiliano ao agrupamento de falhas de direções nordeste que atravessam a Bacia do Parnaíba por uma distância de cerca de 1300 km. Este lineamento segue com estruturas do tipo *gráben* além dos limites geológicos da bacia sedimentar sendo inclusive responsável por depósitos molássicos como Monte do Carmo e de Água Suja no extremo sudoeste da bacia. Outros depósitos similares devem existir no centro da bacia. No lado sul o sistema se prolonga por numerosas falhas como aquela que controla a molassa de Piranhas. Para o setor nordeste, o lineamento se prolonga nos terrenos pré-cambrianos da Província Borborema onde exerce controle sobre a molassa de Jaibaras e a gênese de diversos corpos graníticos. Dai segue até a margem continental.

São grandes as relações tectônicas entre este lineamento e aqueles de Alibory e Bifur no lado oeste africano mostrando uma continuidade antes da deriva continental. Vários outros lineamentos do nordeste brasileiro tem correspondências com a costa africana. Diversos artigos da literatura dão conta desta temática. O sistema Transbrasiliano foi, assim, formado durante os eventos do Ciclo Brasileiro (450 – 1000Ma) com a ativação de falhas associadas à reativação mesozoica.

Diatrema Kimberlítico Redondão

O corpo kimberlítico Redondão (Figuras 2 e 3) está intrusivo nas rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba atravessando toda a sequência Paleozóica. As litologias presentes e aflorantes nas porções adjacentes correspondem àquelas das Formações Piauí e Formação Pedra do Fogo (Figura 1), ocorrem também lateritas, aluviões e eluviões nas porções mais internas da estrutura. Trata-se de uma estrutura grosseiramente circular aonde o diâmetro norte-sul chega a 1.230 m, entre as bordas. O desnível topográfico negativo pode ultrapassar os 70 metros em relação à Chapada das Guaribas. No interior, as rochas magmáticas estão representadas fundamentalmente por brechas kimberlíticas alteradas e podem ser encontrados, sobretudo em sua porção central, nódulos de Iherzolito com granadas. A geologia da estrutura e das porções adjacentes foi descrita detalhadamente por Castelo Branco (1994). Nas figuras 1 e 3 pode-se observar a geologia regional da área da estrutura que apresenta um contexto estrutural muito bem marcado por expressivos lineamentos que têm orientação, no geral, ortogonal ao Lineamento Transbrasiliano.

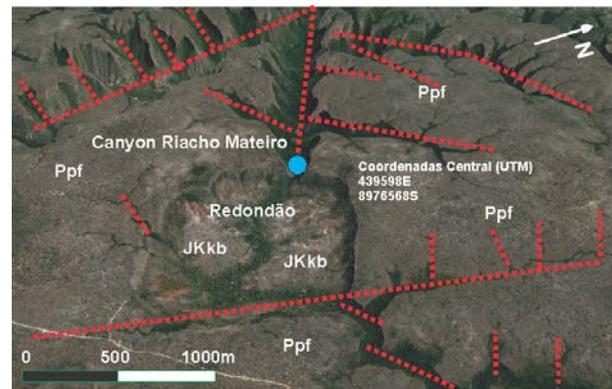


Figura 3: Acima, imagem inclinada mostrando o contexto geológico/estrutural da área do diatrema kimberlítico Redondão. Ppf - Formação Pedra do Fogo, JKkb - brechas kimberlíticas juro-cretáceas. A fotografia abaixo e à esquerda foi tomada em 1983 nas coordenadas indicadas mostrando o extenso canyon de direção NW, às bordas do diatrema Redondão e que se direciona ao Lineamento Transbrasiliano. A fotografia da direita mostra as brechas kimberlíticas alteradas no interior da rede de drenagem do diatrema.

Geofísica Aérea - Magnetometria

Uma grande síntese das formações sedimentares, sua evolução e seqüências e do contexto geológico regional e tectônico desta porção da bacia, dos dados geofísicos aéreos e de levantamentos terrestres, processamento e modelagens foi realizado por Castelo Branco (1994). Informações geológicas da área e petrologia das rochas kimberlíticas foram também levadas a efeito. Numa visão mais atualizada e com novos recursos de informática estão sendo apresentados neste trabalho os dados aerogeofísicos de magnetometria que foram levantados durante os anos de 1976 pela CPRM/PROSPEC através do contrato 284/DAD/76 - 06/05/76. A Figura 4 mostra a região onde foi realizado o levantamento aeromagnético e as linhas de voo da área de estudo. Os principais dados importantes no processamento são: altura de voo de 150 metros, direção das linhas de voo norte-sul e espaçamento de 2 km com linhas de controle leste-oeste com separação de 20 km. As coordenadas centrais da área que foi aqui utilizada para processamento são: longitude -45.53° e latitude -9.23° . O valor do campo magnético total à época era de 25.707 nT, a inclinação do campo era de -4.2° e a declinação magnética era de -18.1° . Os dados foram processados através do software Oasis.

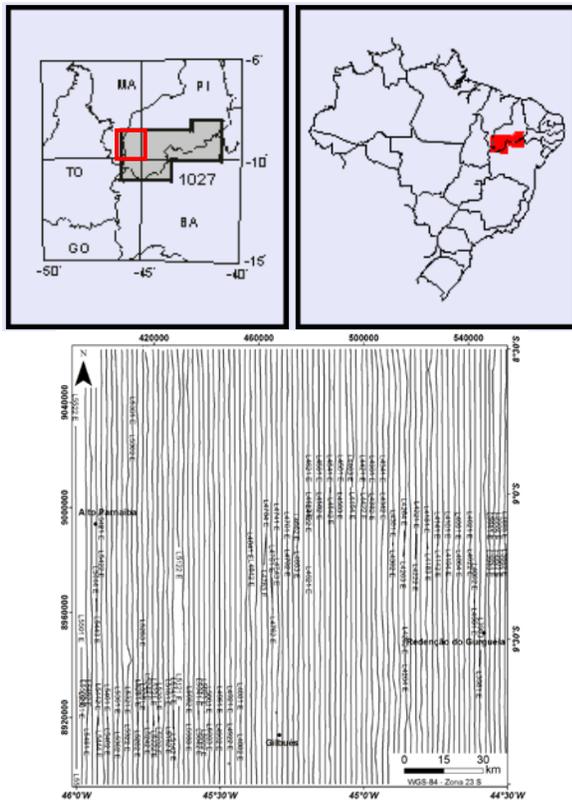


Figura 4: Localização do Levantamento Aerogeofísico Projeto Borda Sul da Bacia do Parnaíba com as linhas de voo selecionadas para a área de estudo (retângulo vermelho na parte superior esquerda).

Processamento e Resultados

Os dados aeromagnéticos foram corrigidos previamente da variação diurna e da variação da componente principal do campo geomagnético (*International Geomagnetic Reference Field – IGRF*). Tais dados foram interpolados em uma malha regular de 500 m, pelo método de gridagem bidirecional. Foi aplicado um processamento digital com o intuito de atenuar ruídos de alta frequência ao longo das linhas de voo (filtro cosseno direcional) e dados espúrios do levantamento, bem como identificar e delimitar as estruturas geológicas regionais a partir de técnicas de realce das propriedades magnéticas. A Figura 5 apresenta o mapa do Campo Magnético Anômalo – CMA sem o efeito do ruído direcional.

O mapa CMA apresenta relevo magnético caracterizado por anomalias de médio a longo comprimento de onda (10 a 30 km), variando de -300,6nT a 224,6nT. Tais anomalias são preferencialmente orientadas segundo um *trend* NE-SW e outras E-W. A faixa anômala NE-SW, onde se localiza um importante dipolo magnético e a seção geofísica A – A' utilizada neste trabalho está associada a região afetada pelo Lineamento Transbrasiliano e pela geração do corpo kimberlítico Redondão mencionado anteriormente.

O mapa de Amplitude do Sinal Analítico – ASA (Figura 6), que utiliza as derivadas horizontais e vertical do CMA (Nabighian, 1984), foi utilizado para realçar as bordas ou

contatos das feições geológicas e falhas e ainda centralizar as anomalias sobre suas devidas fontes. A seção A – A' cruza a anomalia de alta amplitude (0,075 nT/m) que esta relacionada à gênese do diatrema kimberlítico Redondão. Evidentemente que diversas outras anomalias geofísicas importantes e presentes na área apresentada serão objeto de investigações futuras.

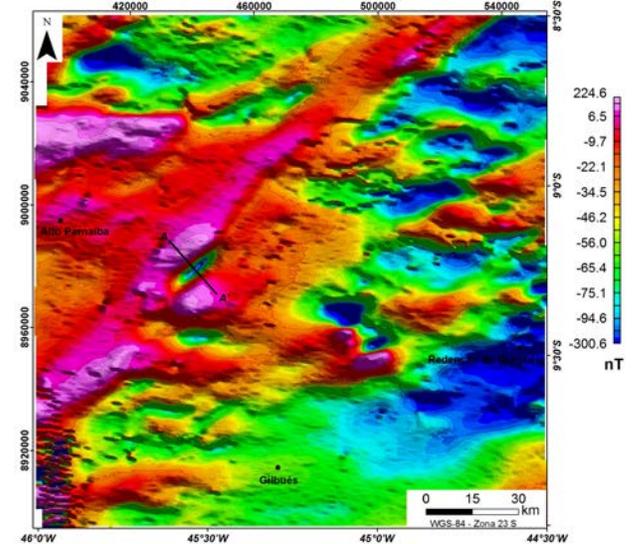


Figura 5: Campo Magnético Anômalo (CMA) após aplicação do filtro cosseno direcional. A – A' representa a seção geofísica 2D estudada.

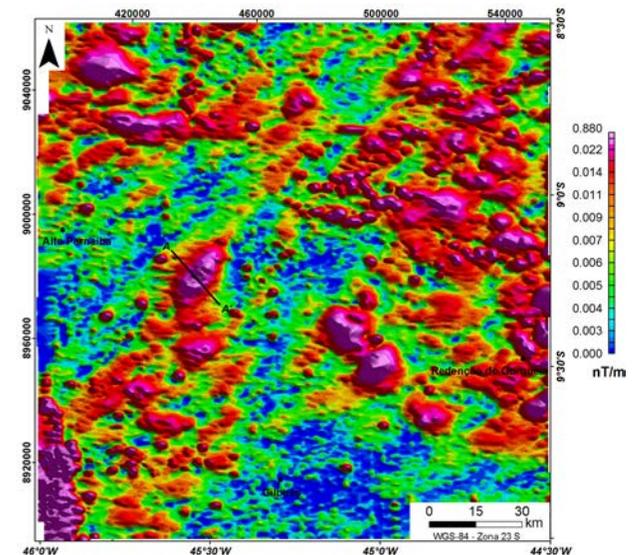


Figura 6: Amplitude do Sinal Analítico (ASA) com a localização da seção geofísica 2D A - A'.

A Primeira Derivada Vertical (Figura 7) foi utilizada a fim de realçar anomalias de maior frequência do sinal e a partir daí interpretar os principais alinhamentos magnéticos na área de estudo. A região da *transecta* mostra anomalias dispostas essencialmente segundo um *trend* NE-SW.

Foi realizado ainda uma interpretação quantitativa e estimativa das fontes magnéticas a partir da

deconvolução de Euler 3-D (Thompson, 1982; Reid *et al.*, 1990) (Figura 8 a,b).

Os resultados foram gerados utilizando os seguintes parâmetros: índice estrutural 1, para ressaltar estruturas lineares, como diques e falhas; janela espacial de 5.000m e tolerância máxima de profundidade de 10%. As soluções estão situadas no intervalo entre 100 e 6.500m de profundidade. A região da seção geofísica A – A' mostra soluções variando entre 2.000 e 4.000 m. Essas fontes estão relacionadas à geologia e gênese associada ao diatrema kimberlítico Redondão.

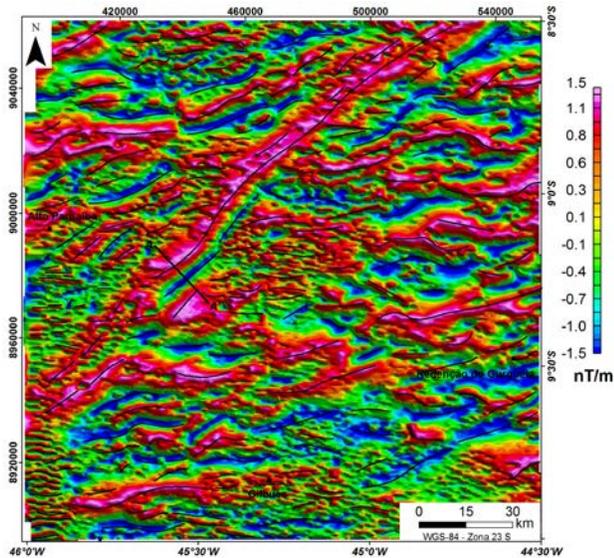


Figura 7: Primeira Derivada Vertical do CMA com a interpretação dos principais lineamentos magnéticos e a seção geofísica A - A'.

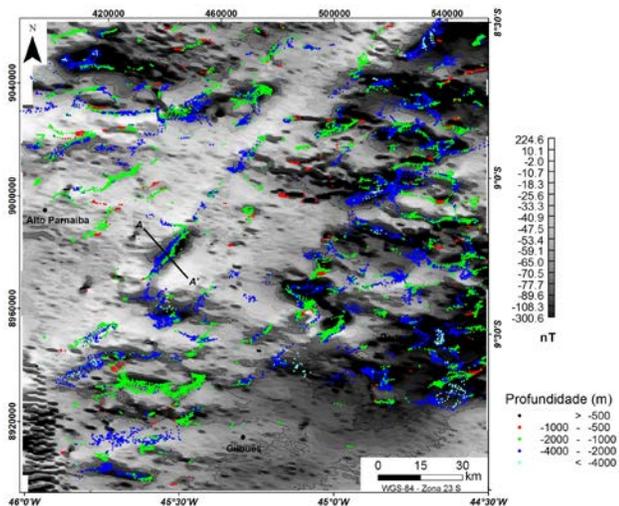


Figura 8a: Campo Magnético Anômalo e localização das soluções geradas na deconvolução de Euler. A – A' representa a seção geofísica estudada.

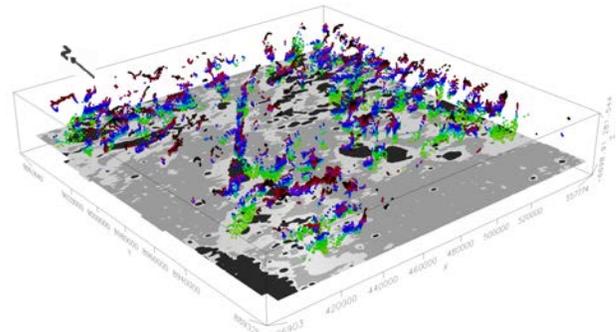


Figura 8b: Campo Magnético Anômalo e localização das soluções geradas na deconvolução de Euler.

Uma outra importante visualização para a mesma seção geofísica está apresentada na figura 9 mostrando a elevação, o CMA e as soluções de Euler. O baixo topográfico associado ao Kimberlito Redondão aparece bem centrado ao gradiente e às fontes (círculo).

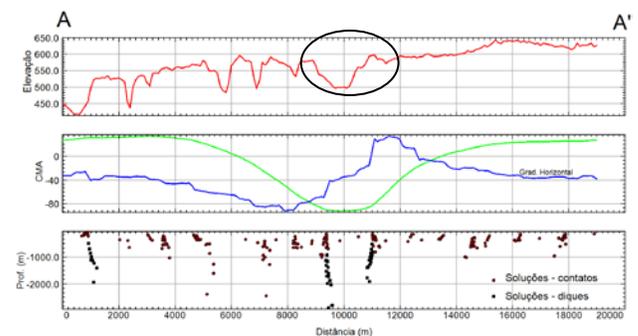


Figura 9: Elevação, CMA, Gradiente Horizontal e soluções de Euler geradas para a transecta magnetométrica A – A'.

Por fim, os dados magnetométricos 2D observados para a transecta A – A' foram modelados na ferramenta GMSYS do software Oasis (entre outros programas de modelagens). Neste modelo (figura 10) se observa um excelente ajuste para um “dique” encaixado a profundidades da ordem de 2km aonde se estabeleceu estarem as rochas de embasamento da bacia sedimentar do Parnaíba. As informações de poços antigos da Petrobrás permitem esta estimativa. As idéias de origem do magmatismo kimberlítico também suportam este modelo (Castelo Branco, 1994).

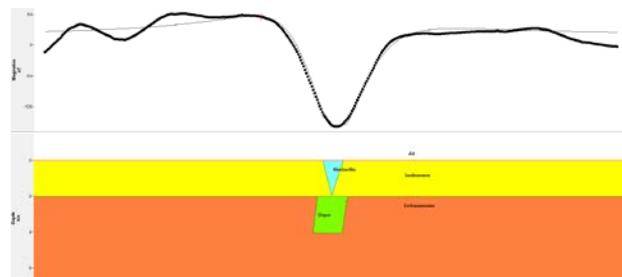


Figura 10: Modelo geológico idealizado que mostra a excelente aproximação entre os dados de campo (curva

preta cheia) e a curva calculada para o modelo (curva preta fina).

Conclusões

Os dados magnéticos aqui utilizados e processados foram de grande importância para elucidar, inicialmente, uma forte anomalia magnética negativa alinhada para NE e se estendendo por dezenas de quilômetros em uma área selecionada na borda sul da Bacia do Parnaíba. Diversas outras anomalias podem ser individualizadas. Esta zona magneticamente anômala é coincidente com a feição geológica do Lineamento Transbrasiliano. É muito provável que *trends* estruturais associados ao Lineamento Transbrasiliano possam ter sido o meio de acesso para a concentração de diatremas kimberlíticos como é o caso da extraordinária estrutura do Redondão nesta porção da Bacia. Os trabalhos por nós desenvolvidos há alguns anos demonstram esta realidade. O processamento dos dados magnéticos através de uma seção ortogonal a anomalia acima mencionada permitiram a geração de um modelo preliminar associando esta anomalia a uma espécie de dique em profundidades da ordem de 2km, com forte susceptibilidade magnética (feeder dyke e pipe), contrastando com o embasamento da bacia bem como com a porção sedimentar. O baixo topográfico associado ao conjunto Dique/Kimberlito Redondão, no modelo, aparece bem centrado ao gradiente e às fontes dos alvos em profundidades obtidas através do campo magnético anômalo e deconvolução de Euler. Serão necessários investimentos maiores para melhor discriminação/fixação dos parâmetros geométricos e de susceptibilidade.

Agradecimentos

Agradecemos à CPRM pela utilização dos dados geofísicos aéreos, a CAPES pela realização de Doutorado, ao CNPq e a Universidade Federal do Ceará. Os autores agradecem a todos que compõem o Laboratório de Geofísica da Universidade Federal do Ceará.

Referências

Aguiar, G.A. 1971. Revisão geológica da Bacia do Maranhão. 25 Congresso Brasileiro de Geologia, Vol1:113-122.

Castelo Branco, R.M.G. 1994. Etude géologique et géophysique de quelques structures circulaires (kimberlites, astroblemes) du nord et du nord-est du Brésil. Thèse de Doctorat. Université de Nantes – França, 300p.

Cunha, F.M.B & Carneiro, R.G. 1972. Interpretação fotogeológica da região centro e oeste da Bacia do Maranhão. Anais do 26 Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, Volo.3:65-79.

Kegel, W. 1958. Estudo do Nordeste do Estado do Ceará. DNPM/DGM, Bull. 184.

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

Reid, A. B., Allsop J. M., Granser H., Millett A. J., Somerton I. W., 1990. Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution. *Geophysics*, 55: 80-91.

Schobbenhaus et al. 1975. Carta geológica do Brasil 1:1000.000. São Francisco. MME/DNPM, 57p.

Thompson, D. T., 1982. EULDPH: A new technique for making computer assisted depth estimates from magnetic data. *Geophysics*, 47: 31-37.