



## Delimitação de estruturas internas ao arcabouço tectônico da Bacia do Cococi (SW do Ceará, Brasil) através do processamento de dados magnéticos e gravimétricos

Francisco Fernando B. dos S. Filho<sup>(1)</sup>, Raimundo Mariano Gomes Castelo Branco<sup>(1)</sup>, Nilton Cesar Vieira Silva<sup>(1)</sup>, Jonathan Castelo Branco<sup>(1)</sup>, <sup>(1)</sup>Laboratório de Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto – Universidade Federal do Ceará

Copyright 2015, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 14<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 3-6, 2015.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 14<sup>th</sup> 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 presents the gravimetric and aeromagnetic data processing using the analytic signal amplitude the inclination of analytic signal methods applied at the Cococi Basin, SW Ceará. In the processing of geophysical data were identified some important structural features relating to mineralization of barite, iron and copper in region. The study showed the geometry and depth of the geological units contacts allowing information's about the basin framework structures boundaries and then relating to the local geology.

### Introdução

Nas décadas de 70 houve um aumento nas pesquisas e no desenvolvimento de métodos automáticos e rápidos de interpretação de dados aeromagnéticos, por exemplo, o método de Naudy (Naudy, 1971). Esse método estima a profundidade das fontes causadoras como forma de placas e prismas verticais. O método CompuDepth (O'Brien, 1972): estima a profundidade de fontes baseando-se que as derivadas direcionais são transformadas de Hilbert; uma das outra, a deconvolução de Wenner (Hartman et al., 1971) opera com a separação de anomalias magnética através de reconhecimento de padrões. Já a deconvolução de Euler (Thompson, 1982): estima a profundidade de fontes magnéticas e gravimétricas. Estes últimos são mais empregados, para eliminação da ambiguidade clássica da interpretação magnética e envolvendo a estimativa simultânea da magnetização e do volume das fontes causadoras (Barbosa & Silva, 2005).

Tratando-se de métodos potenciais, uma das problemáticas mais complexa é a estimativa da profundidade da fonte do sinal. Inúmeras técnicas são encontradas na literatura, além das citadas anteriormente. Existe também a do processamento do sinal analítico, no qual há discussões sobre a sua utilização e estimativas através do meio comprimento de onda, outro problema está na heterogeneidade do meio geológico, que na maioria das vezes não é permitido ser

modelado com fidelidade causado também pela anisotropia.

O trabalho utiliza técnicas para obter respostas das feições geológicas através do método de interpretação automático. Foi utilizado a inclinação da amplitude do Sinal Analítico (ISA) para delimitação de diferenças geológicas laterais e dos lineamentos magnéticos onde existem ocorrências minerais na Bacia do Cococi, localizada na região sudoeste do Estado do Ceará no município de Parambu como mostra a figura 1.

### Contexto Geológico

Nos últimos anos os estudos geológicos na Bacia do Cococi (BC) vêm aumentando, pois a bacia é alvo de pesquisa exploratória por empresas de mineração. Classificada como uma bacia molássica transtensiva, de idade eo-paleozóica do tipo *rifte e pull-apart*. Originou-se através da reativação tardia das transcorrências relacionadas ao colapso orógeno brasileiro. Sua abertura ocorreu com o fim da convergência das zonas de cisalhamento Tauá e Senador Pompeu, passando para um sistema transtensivo extensional formando inúmeras sinéclises, dentre elas a bacia em questão. Alongada na direção E-W vergando-se, na porção leste, para a direção NE-SW (Figura 1), tal transição marca dois limites, um delineado por cisalhamentos (NE-SW) e outro delimitado pelo fraturamento (E-W). Nos limites observa-se um forte falhamento com ocorrências diversificada de cataclasitos e rochas vulcânicas bimodais (Parente et al. 2004).

Nas bordas da Bacia existem conglomerados com seixos angulosos com cimentação silicosa-argilosa. Os conglomerados possuem também cimentação por materiais vulcânicos, formando ortoconglomerados, há estratificação cruzada, paralela, gradação de níveis conglomeráticos para areníticos em estratos internos na rocha. O tipo de ocorrência dos conglomerados, apenas nas bordas da bacia, leva a interpretar como sendo paleo leques aluviais intercalados com atividade vulcanoclástica em zona de falhamento/fraturamento. O fraturamento apresenta fraturas ortogonais (120°/60°) gerando cataclasitos em todo o limite da bacia.

As rochas sedimentares encontram-se basculadas em torno de 25°, este basculamento deve-se a movimentos tectônicos mais recentes que a sedimentação, formando planos de fraturas nos sedimentos. Alguns planos de fratura apresentam injeções de basalto, veios de quartzo e hidrotermalismo, gerando ocorrência de barita, ferro e cobre.

Cavalcante (et al. 2003), denominaram a sequência sedimentar da bacia de grupo subdividindo-a da base para o topo nas formações: **Angico Torto** - corresponde à formação basal do Grupo Rio Jucá composta por conglomerados e brechas polimíticas, cujos clastos do arcabouço compreendem granitos, riolitos, gnaisses, milonitos, cristais de feldspatos e quartzo de dimensões que variam de seixo até matacão, sustentada por uma matriz arenítica mal selecionada de cor avermelhada; **Cococi** - composta de pelitos com estratificação plano-paralela e arenitos de espessura centimétrica e geométrica tabular, com ou sem estratificação plano-paralela; **Melancia** - Oliveira et al.(1974 in Parente et al., 2004) relatam que os ruditos da formação melancia têm sua superfície basal marcada por uma discordância erosiva, acima da qual se depositaram conglomerados e brechas sustentadas pelo arcabouço, com predominância de seixos de quartzo e das rochas sedimentares subjacentes, em meio a uma matriz arenosa; no topo podem ocorrer intercalações de arenitos finos, siltitos e até mesmo termos mais pelíticos (Vasconcelos et al. 1998, in Parente et al., 2004).

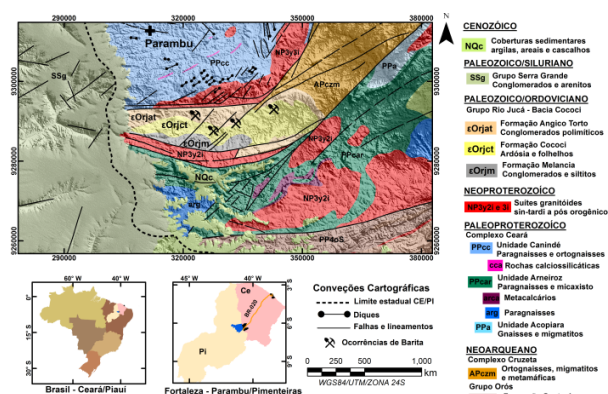


Figura 1. Mapa geológico simplificado mostrando a estrutura regional da Bacia do Cococi, com suas unidades litoestratigráficas. (modificado de Cavalcante et al. 2003).

## Metodologia

O trabalho utilizou dados aerogeofísicos disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil, a CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), e pertencentes ao Projeto Borda Leste da Bacia do Maranhão, realizado em 1979. O levantamento gravimétrico terrestre, contendo 190 estações, e o reconhecimento geológico da geometria das estruturas da bacia foram realizados nessa pesquisa.

Os dados aerogeofísicos comportam informações de magnetometria em um intervalo de 100 metros, com área total de 29.000 km<sup>2</sup>, abrangendo os Estados do Piauí, Ceará e Pernambuco. O espaçamento entre linhas de voo foi de 1km.

As estações gravimétricas estão no sentido norte-sul, ao longo das principais estradas e perpendicular ao rift Cococi, com o espaçamento variando entre 0,5 km, no interior da bacia e 2 km externamente, conforme mostra a figura 2.

A inclinação do sinal analítico é útil para localizar as bordas dos corpos de fonte magnética, em especial quando remanescente e/ou em baixa latitude magnética o que pode dificultar a interpretação da anomalia. O conceito de amplitude do sinal em apenas duas dimensões foi introduzido por, (Nabighian, 1972 e 1974), onde é assumido que todos os corpos causadores tenham magnetização uniforme no qual pode ser representado por um polígono finito ou de profundidade infinita.

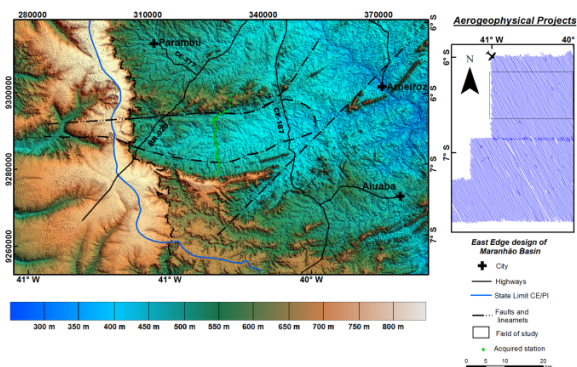


Figura 2. Mapa de localização do projeto aerogeofísico da borda leste da bacia do Maranhão, (CPRM, 1979), em conjunto com as estradas que dão acesso à bacia e as estações gravimétricas, ao longo da BR-020, e da CE-187. As estruturas geológicas contidas neste mapa são zonas de cisalhamento Tauá e Senador Pompeu e as limitantes da bacia, inferida através dos resultados geofísicos deste trabalho.

As derivadas horizontais do perfil transformam os efeitos de magnetização desses corpos de seção transversal para o equivalente de folhas finas magnetizadas situadas ao longo do perímetro dos corpos causadores. Uma simples transformada nos campos no domínio da frequência como função analítica, informa que a parte real é a derivada horizontal do perfil do campo e a componente imaginária é reconhecida como a transformada de Hilbert da função analítica (Nabighian, 1972, 1974). Para o caso de uma única folha, a amplitude da função analítica pode ser representada por uma função simétrica maximizada, exatamente por cima da folha.

Posteriormente esta técnica foi estendida para terceira dimensão, (Roest et al., 1992), estimação da profundidade, entretanto, segundo (Li, 2006), esta aferição depende da inclinação magnética e, além disso, a sua atenuação deve-se à sua profundidade.

O mapa magnético da inclinação do sinal analítico, figura 3, apresenta assinaturas magnéticas, obedecendo ao *trend* regional com direção nordeste. Os lineamentos internos evidenciam uma separação da bacia em duas porções (A e B), onde a diferença está nos lineamentos magnéticos. Enquanto a porção A apresentam estruturas em formato sinclinal levemente basculado, enquanto na porção B os lineamentos comportam-se concordante, estes além de limitarem as duas porções e apresentam ocorrências de barita em forma de veios encaixados em folhelhos.

A presença de barita na porção A pode estar relacionada com processos hidrotermais e as falhas do embasamento que correspondem às assinaturas magnéticas encontradas dentro da bacia, pois de acordo com Gouveia (1995), Gunn (1977a, 1997b) e Netteleh (1976) em levantamentos regionais as influências dos sedimentos podem ser desprezadas.

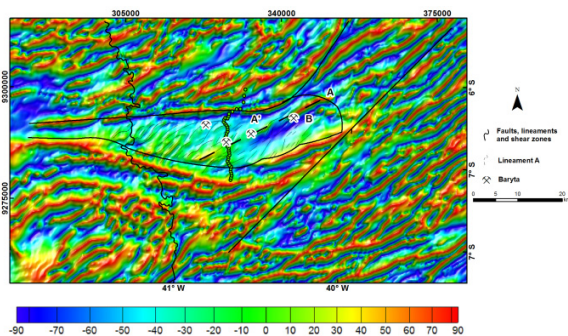


Figura 3. Mapa magnético da inclinação do sinal analítico (ISA) com assinaturas magnéticas e a separação da bacia em duas porções A' e B.

## Resultados

Os produtos gerados através da inclinação do sinal analítico (Mag) em conjunto com a amplitude do sinal analítico (Grav) identificaram contatos entre as unidades litológicas, entretanto as profundidades resultantes são discutíveis, pois de acordo com (Li, 2006), dependem da inclinação e sua atenuação deve-se à profundidade. As informações dos perfis gravimétricos inseridas no processamento foram extraídas da derivada horizontal, em razão deste produto ter como ênfase o realce de bordas dos corpos.

As respostas geradas através da inclinação do sinal analítico (ISA) nos dados aeromagnéticos e amplitude do sinal analítico (ASA) nos dados gravimétricos identificaram os principais contatos e falhas na bacia e, por conseguinte, contribuindo para a delimitação lateral de unidades geológicas, o Grupo Rio Jucá e as Suítes Graníticas.

O processamento através do método ASA dos dados gravimétricos e ISA nos dados aeromagnéticos forneceram estimativas de profundidades das fontes de aproximadamente 1 a 2 km nas bordas do Grupo Rio Jucá.

Os produtos do método ASA/ISA apresentaram nos dois índices utilizados (diques e contatos) em todos os resultados, indicam contatos nas unidades e seus limites geométricos. A figura 4a apresenta grandes variações, fator este que corrobora com heterogeneidade da bacia.

## Conclusão

No geral as interpretações indicam que a anomalia do lineamento A foi causada por falhas ou contatos entre unidades. As bordas da suíte granitóide Itaporanga, (NP3y2i), ao sul da bacia, são realçadas na figura 4b com

os contatos e na figura 4c com os diques e em ambas as figuras estão presentes outros corpos além do granito que podem estar relacionados a rochas do Complexo Arneiroz. Os valores gravimétricos dentro da bacia possuem variação não linear, ao contrário do magnético, que cresce linearmente, o que pode ter influenciado na pouca quantidade de soluções da ASA no interior da bacia, figura 4c.

Os limites do álcali-granito (NP3y3i), ao norte da bacia são evidenciados nas figura 4b e 4c o qual apresenta baixo valores gravimétrico e alto magnético, sendo este causado pela grande presença de hematita, comprovado com a geologia de campo e o decaimento desses valores está ligado a Unidade Canindé.

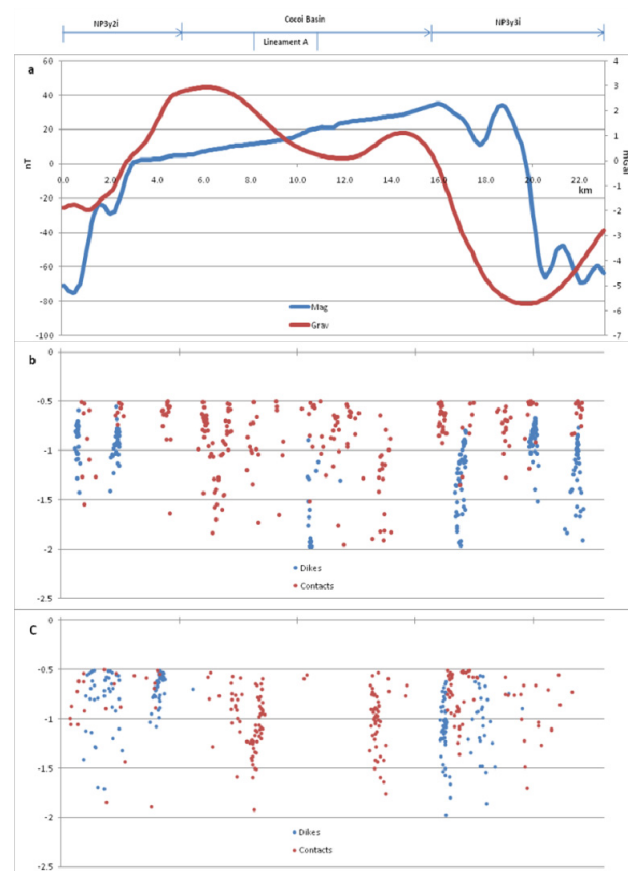


Figura 4: Resultados do processamento realizado: a) Perfis gravimétrico e Magnético; b) Resultados da aplicação do ASA no dados gravimétrico e ISA nos dados aeromagnéticos) c) Resultados da aplicação do ASA no dados magnético.

O lineamento A localizado no centro da bacia com sentido SW-NE, exibe profundidades semelhante à borda norte da bacia figura 4b, e a figura 4c mostra contatos na margem sul da bacia, esse lineamento é realçado na figura 5.

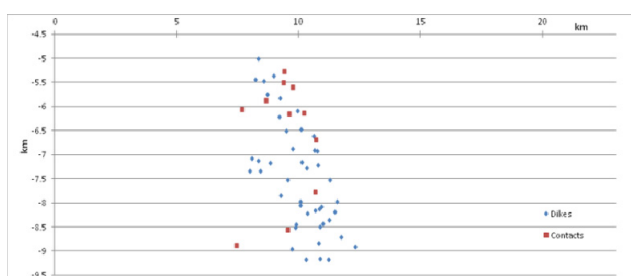


Figura 5. Resultados do ASA nos dados gravimétricos com uma janela de investigação correspondendo à anomalia do lineamento A.

Roest W.R., Verhoef, J., Pilkington, M. 1992. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. *Geophysics*, 57(1): 116–125.

## Referências

Billings S. D. & Richards, D. 2000. Quality control of gridded aeromagnetic data. Geosoft, <http://www.geosoft.com>, 68 p.

Cavalcante J.C., Vasconcelos A.M., Medeiros M.F., Paiva I.P., Gomes F.E.M., Cavalcante, S.N., Cavalcante J.E., Melo A.C.R., Duarte Neto V.C., Benevides H.C. 2003. Mapa geológico do Estado do Ceará, escala 1:500.000. Fortaleza, Ministério das Minas e Energia, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

Gouveia J.L. & Costa E Silva, L. M. De. Geofísica de Prospecção. 1995, Editora Universitária UFPA, 311 p.

Gunn P.J., 1997a., Regional gravity and magnetics responses of extensional sedimentary basins, *AGSO Journal of Australian Geology & geophysics*, 17(2): 115-131.

Gunn P. J., 1997b, Application of aeromagnetic surveys to sedimentary studies, *AGSO Journal of Australian Geology & geophysics* 17(2): 133-144.

Li, X. 2008. Magnetic reduction-to-the-pole at low latitudes: Observations and considerations. *The Leading Edge*, 27(8): 990-1002.

Nabighian M.N. 1972. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal crosssection: Its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics*, 37(3): 507-517.

Nabighian M.N., 1974. Additional comments on the analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section. *Geophysics*, 39(1): 85-92.

Parente C. V., Filho W.F.S., Almeida A. R. 2004. Bacias do Estágio de Transição do Domínio Setentrional da Província Borborema (Parte Integrante do Texto Bacias Do Estágio Da Transição Da Plataforma Sul-Americana. In: Virgínio Mantoso Neto; Andrea Bartorelli; Celso Dal Ré Carneiro; Benjamin Bley de Brito Neves. (Org.). *O Desvendar de um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. v. 1, 525 – 536.