



## Interpretação integrada de dados magnéticos e gravimétricos na porção continental da Bacia de Campos

Georges François S. Pavie & Antônio Abel G. Carrasquilla, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, Brasil  
georges@lenep.uenf.br & abel@lenep.uenf.br

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8<sup>th</sup> International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8<sup>th</sup> International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents 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 work consists in the interpretation of geophysical data of the continental portion of Campos Basin, referring to gravity and magnetic methods. The gravity data were obtained by ANP, and the magnetic ones come from airborne surveys performed by CPRM in 1978, which covered almost all Rio de Janeiro State. After an adequate processing, a two-dimensional direct interpretation (2D) of each data set was made through the commercial softwares. These interpretations show a good agreement in the determination of the regional basement depth and the thickness of the package sedimentary. In the meantime, only the magnetic interpretation was able to show clearly the rift process of the basin.

### Introdução

A Bacia de Campos é limitada pelos arcos de Vitória (N) e Cabo Frio (S), por um sistema de falhas que põe os sedimentos em contato com o embasamento (W), e pela crosta oceânica no talude da plataforma continental (E). A sua área sedimentar engloba uma superfície de 30.000 km<sup>2</sup>, com apenas 600 km<sup>2</sup> na parte terrestre (Figura 1A). A geologia regional é composta predominantemente de rochas pré-cambrianas, constituídas por uma associação de gnaíse, granitos, migmatitos, etc. Quanto à estratigrafia, na parte terrestre as formações sedimentares gradam para uma delgada seção de aluviões continentais vermelhos, designados como Fácies São Tomé. Estes clásticos apresentam uma idade quaternária e pertencem à fase drift, formados basicamente por depósitos progradacionais do sistema deltaico do rio Paraíba do Sul. Suas relações estratigráficas com a Formação Barreiras do terciário são ainda pouco conhecidas, a qual apresenta uma litologia constituída de arenitos (argilosos finos, grossos e conglomeráticos, quartzosos ou feldspáticos e com cimento limonítico), siltitos e camadas argilosas. O esboço estrutural da bacia mostra um sistema binário de lineamentos estruturais regionais que afetam embasamento e sedimentos, com os mais proeminentes na direção SW-NE e os mais suaves na direção NW-SE (Schaller, 1973). Por outro lado, em 1958, a PETROBRAS começou a usar métodos geofísicos na área, com levantamentos de sísmica marinha e gravimetria terrestre. Em 1959 foi perfurado o poço estratigráfico 2-CST-1-RJ no Farol de São Tomé, que mostrou 1963 m de sedimentos (intercalações de

arenitos, folhelhos, argilas e conglomerados) sobre 625 m de basaltos, assentados diretamente sobre o embasamento gnáissico, sem a presença de óleo ou gás (Munis, 1993 in Pavie *et al*, 2001a e b).

### Contexto geológico-estrutural

A gênese da planície costeira de Campos, considerado por outros autores como planície costeira do Rio Paraíba do Sul tem início, possivelmente, durante a morfotectônica ocorrida no planalto Atlântico no Paleógeno-Mioceno associado a origem e evolução da Serra do Mar. Segundo Almeida e Carneiro (1998) a feição orográfica da borda atlântica mais destacada do continente sul-americano alcançava limites mais longínquos que os atuais. O embasamento pré-Cambriano, cortado por diversos lineamentos orientados para NNE oriundos da sucessivas colagens e interações de placas que formaram as faixas móveis do Estado do Rio de Janeiro, sofreu soerguimento térmico com posterior rifteamento que originaram as bacias de Campos e de Santos durante a tectogênese Neojurássica-Eocretácia. O entulhamento da proto-bacia por sedimentos inicialmente continentais e posteriormente marinhos, acarretaram o soerguimento do embasamento emerso, intrudido por diversas rochas alcalinas Eopaleozóicas. Entretanto foi verificada por Almeida (1958 in Almeida *et al* 1996), uma grande superfície de aplainamento denominada Japi que se instalou na região no final do Senoniano, nivelando as cumeadas das serras ou localmente restos de planaltos elevados. A deformação da superfície de aplainamento Japi no Paleoceno faz surgir a Serra do Mar de um modo geral. Um sistema de *grabens* continentais é implantado na proto-serra e dentre eles o *graben* da Guanabara que inicialmente formou-se no interior do planalto Atlântico durante o Paleoceno. O recuo erosivo das escarpas da Serra do Mar durante meia centena de milhões de anos (Eoceno), fez com que a serra se aproximasse da borda sul do *graben* da Guanabara e se desfazendo em morros e serras constituindo dentre eles os maciços litorâneos.

### Metodologia

Na região estudada, a CPRM realizou em 1978 levantamentos aéreos (magnéticos e gamaespectrométricos), cobrindo quase a totalidade do Estado do Rio de Janeiro na direção N-S. Os dados magnéticos corrigidos do IGRF desse levantamento foram utilizados neste estudo. Por outro lado, os dados gravimétricos de anomalia Bouguer da área foram obtidos junto a Agência Nacional de Petróleo (ANP) e caracterizam-se por serem oriundos de diversos levantamentos terrestres realizados em todo o Brasil.

No processamento, os dados gravimétricos foram gridados (interpolados) com base no método de mínima curvatura, polinômio interpolador de 3<sup>o</sup> ordem (spline

cúbica) e tamanho de célula de 1500 m. Para os dados magnéticos foi utilizado o *grid* micronivelado do trabalho de Pavie *et al* (2001a e b), no qual os dados foram interpolados utilizando algoritmo de gridagem bidirecional com base no método de mínima curvatura e spline linear na direção da linha de vôo (LV) e spline cúbica perpendicular a LV. O tamanho de célula utilizado foi de 250 m.

O mapa de contorno de anomalias magnéticas do trabalho de Pavie *et al* (2001a e b), apresentava ainda problemas originados no próprio levantamento aéreo (problemas de nivelamento), caracterizados pelo alinhamento de anomalias na direção da LV. O erro foi diminuído através de novo micro - nivelamento dos dados, com o uso da técnica com base em decorrugação (Geosoft, 2003), que consiste de filtragens passa alta com filtro de Butterworth e Coseno Direcional. Os parâmetros utilizados foram: frequência de corte de 0,00005 m<sup>-1</sup> e ordem 8 para filtro de Butterworth e grau 0,5 com direção de 90° com a LV para o filtro de Coseno Direcional. Por outro lado, aos dados gravimétricos nenhuma correção foi efetuada, visto que os dados de anomalia Bouguer já contém todas as correções gravimétricas necessárias. Em ambos os *grids* (magnético e gravimétrico) foi feito um controle de qualidade dos parâmetros de gridagem e filtragem com base em espectros de potência (*grid* e radial médio) (Spector e Grant, 1970).

Para melhor analisar as anomalias associadas a área na proximidade do perfil, o *grid* magnético e o *grid* gravimétrico foram restringidos à área coberta pelo perfil, mudando os limites da escala de cores e facilitando a interpretação.

No pós-processamento, foram aplicados aos *grids* magnético e gravimétrico, filtros de anomalias de sinal analítico e primeira derivada, respectivamente.

Os *grids* foram representados na forma de mapas de contorno através do *software* GEOSOFT Oasis Montaj™ (GEOSOFT, 2001), integrados em um mapa base em sistema de projeção UTM zona 24 sul e datum SAD69 com diversos *overlays* de arquivos vetorial e raster. A contribuição de cada *overlay* para interpretação está associado à variação de aspectos geofísicos e geológicos em uma determinada área de estudo. As imagens raster são arquivos .alg (algoritmo do ER Mapper) (ER Mapper, 1998) do Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro (Silva *et al*, 2000) georeferenciadas e retificadas com base em GCPs (*Ground Control Points*) e de imagens do sensor +ETM (*Plus Enhanced Thematic Mapper*) do satélite LANDSAT 7 na composição de bandas 7, 4 e 2 em RGB (falsa cor: Red, Green e Blue) e processamento de realce de contraste. A integração de imagens 2D visa fornecer informações para modelagem direta de anomalias do perfil que passa próximo a cidade de Campos dos Goytacazes e termina na praia de Grussaí (Figura 1B).

A modelagem do perfil geofísico (Figura 1B, 1G e 1H) foi feita utilizando o *software* Winglink™ (Geosystem, 2000). A topografia do embasamento foi obtida inicialmente com base nos dados magnéticos e com estruturas geológicas estimadas com base na análise de correlação de mapas e inferência a partir da curva

original. Com base no modelo magnético, foi feita a modelagem do perfil gravimétrico. Desta forma pode-se reduzir a ambigüidade inerente de cada método.

## Resultados

A interpretação dados foi feita com base em mapas e na modelagem direta de anomalias magnética e gravimétrica do perfil geofísico mostrado na Figura 1B e 1C. Imagem do satélite LANDSAT 7 na composição em falsa cor das bandas 7, 4 e 2 em RGB assim como, imagem do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro georeferenciada forneceram informações da distribuição dos aspectos geológicos de superfície. Mapas de contorno de sinal analítico de anomalias magnéticas e primeira derivada de dados gravimétrico, juntamente com dados do poço 2-CST-1-RJ (Pavie *et al*, 2001a e b) e de modelos feitos por Pavie *et al* (2001a e b), foram utilizados para correlação de aspectos geológicos de superfície com de subsuperfície, de forma a definir melhor o modelo geológico inicial para o perfil geofísico.

Pelo fato que a grande parte da contribuição para o campo anômalo magnético estático vem das rochas, cuja composição possuem minerais magnéticos (magnetita, ilmenita, etc.) que desagregados da primitiva são facilmente intemperizados, associa-se de modo geral, em uma bacia sedimentar, a principal parte nas variações do campo magnético anômalo às rochas do embasamento. Contudo, o mesmo não se dá ao campo gravitacional anômalo que, pela variação de densidade das camadas de rochas sedimentares, podem provocar variações no campo gravitacional terrestre.

Diversos fatores influenciam na modelagem. As propriedades petrofísicas e a geometria dos corpos em subsuperfície são uns dos principais fatores. As filtragens que atuam nas altas frequências amostrais, como sinal analítico e a primeira derivada, favorecem a visualização da geometria em mapa das fontes geradoras rasas do campo. Os mapas de sinal analítico das anomalias magnéticas e primeira derivada das anomalias gravimétricas são mostrados na Figura 1D e 1E. Sob o perfil geofísico a oeste de Campos nota-se uma anomalia de forma circular no mapa de primeira derivada do campo gravitacional (PDCG), associada a valores baixos de campo. Esta feição está associada a uma anomalia em forma de anzol (ASA1, Figura 1E) no mapa de sinal analítico do campo magnético (SACM). A seqüência de anomalias no mapa SACM que caracterizam a estrutura em anzol (ASA1 Figura 1D) aparecem de forma isolada e formando anomalias circulares em outras regiões do mapa SACM (ASA2, ASA3 E ASA4 na Figura 1D). Pela imagem de satélite (Figura 1F) a anomalia ASA2 no mapa SACM (Figura 1D) está associada a mancha urbana da cidade de Campos. Contudo, a continuação das mesmas feições para leste na direção do curso do rio Paraíba do Sul no mapa SACM indicam ser de natureza geológica (Figura 1D) embora, sem correlações com o mapa PDCG (Figura 1E), imagem de satélite e do mapa geológico (Figuras 1F, 1G e 1H).

Ambos os mapas de contorno de anomalias gravimétricas e magnéticas, indicam aumento nos valores de campo no perfil em questão de oeste para leste (Figuras 1B e 1C), o qual corta feições alinhadas na direção SW-NE (Figuras 1D e 1E). Associada a isso, existe uma possível subida do embasamento na direção

leste, assumindo que somente a distância fonte-receptor esteja influenciando, dado pela continuidade litológica do embasamento (gnáisse) e conseqüentemente pouca variações nas propriedades petrofísicas. Na modelagem, foram consideradas as feições das Figuras 1D e 1E e ainda, inferiu-se algumas a partir das quebras na curva de campo magnético do perfil geofísico. O modelo com a topografia do embasamento inferida da modelagem magnética foi utilizado para a modelagem da curva de campo gravimétrico de anomalia Bouguer, aderindo o modelo de camadas sedimentares ao modelo magnético. O modelo com os respectivos valores de densidade e susceptibilidade é mostrado na Figura 2. O modelo complexo que ajusta a curva dos dados, considera a geologia aflorante e ainda as anomalias ASA1 e ASA3 da Figura 1D, mas acreditamos que não é a última palavra com respeito a seção geológica daquela área, necessitando da incorporação dos dados magnetotélúricos que com este método se encontram em fase de processamento. As estações são mostradas nas Figuras 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G e 1H.

### Conclusões

As interpretações gravimétricas e magnéticas apresentaram sua usual boa resolução lateral, ao mostrar claramente o relevo do embasamento, com a estrutura na forma de *graben* ao longo do perfil, e a espessura dos sedimentos. O mapa de sinal analítico do campo magnético, por outro lado, parece confirmar a existência de elementos estruturais em subsuperfície, juntamente com o mapa de primeira derivada do campo gravitacional. O processo de rifteamento, presente desde a abertura da bacia, é evidente somente na interpretação magnética.

Assim como mostrou Pavie *et al* (2001a e b) na porção próxima de Campos o embasamento é mais profundo, este setor se torna interessante nas futuras prospecções de recursos minerais na área. Os resultados também mostram que são necessários estudos mais aprofundados desta porção da bacia, principalmente com o objetivo de servir de subsídio no desenvolvimento das atividades civis (agropecuárias, construções, etc.). Além disso, já se realizou campanha com o método magnetotélúrico no perfil Campos-Grussaí, cujos dados sob processamento, permitirão uma visão geoeétrica do perfil e uma melhor definição das estruturas em profundidade que os métodos potenciais.

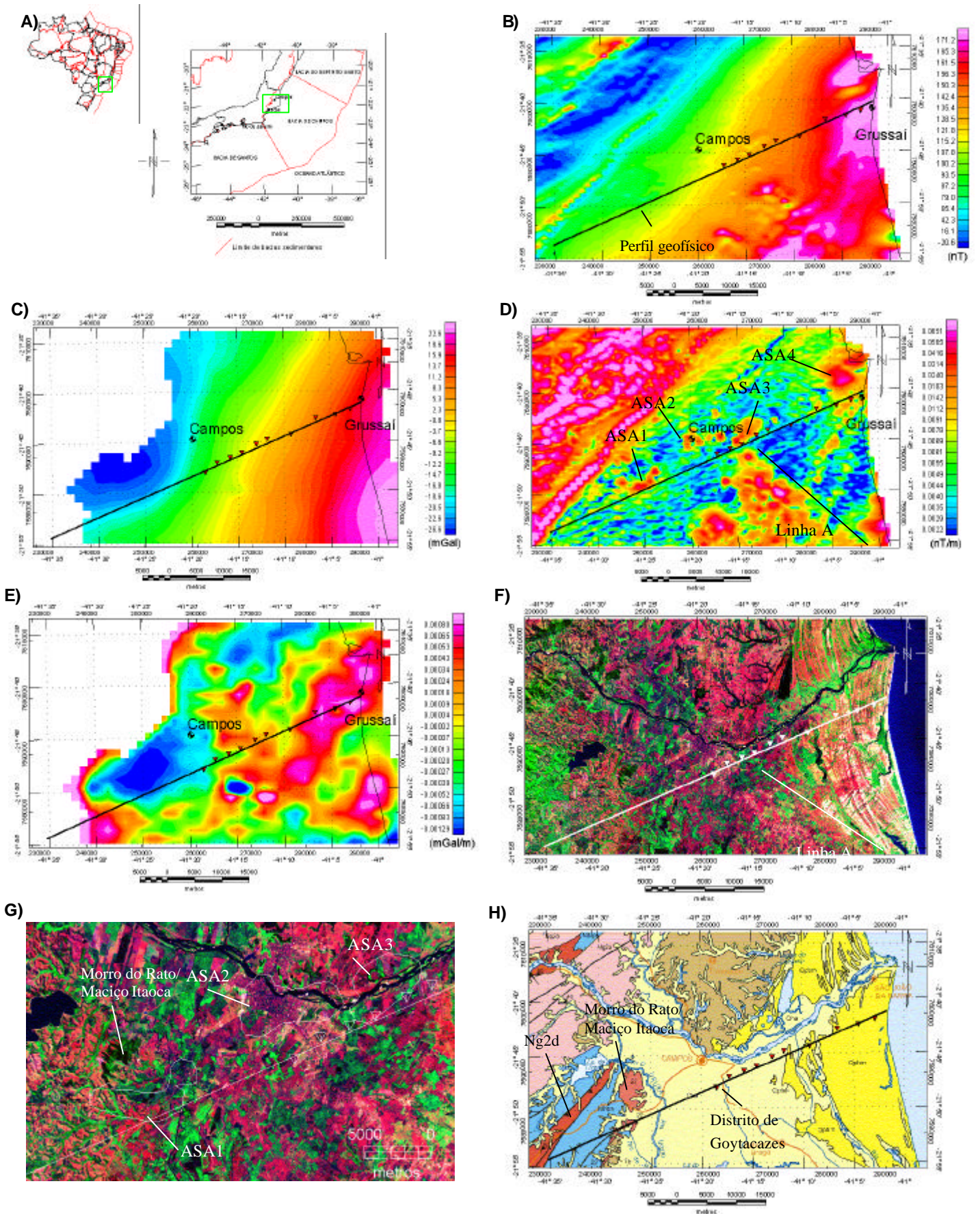
### Referências

- Almeida, F. F.; Carneiro C.; Mizusaki A. M. 1996. Correlação do magmatismo das bacias da margem continental brasileira com as das áreas emersas adjacentes. *Revista Brasileira de Geociências*, vol 26 págs 125-138.
- Almeida, F. F.; Carneiro C. 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, vol 28 págs 135-150.
- Earth Resource Mapping. 1998. *Geophysical Interpretation Software for Windows 95/98/NT, ER Mapper™ version 6.2, user's guide*. 922pp.
- Geosoft. 2001. *Geophysical Interpretation Software for Windows 95/98/NT, OASIS montaj™ version 5.0. User's Guide*. 200 pp.
- Geosoft. 2003. *Microleveling using FFT Decorrugation. Geosoft Technical Note*. [www.geosoft.com/support/technote/pdf/microleveling%20tech%20note](http://www.geosoft.com/support/technote/pdf/microleveling%20tech%20note).
- Geosystem. 2000. *Integrated Geophysical Interpretation Software for Windows 95/98/NT, WINGLINK™ version 1.44. User's Guide*. Milan, Italy, 182 pp.
- Pavie, G. F. S.; Carrasquilla, A. A. G. & Ceia, M. A. R. 2001a. Integração de Dados Geofísicos da Porção Continental da Bacia de Campos. 7º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica.
- Pavie, G. F. S.; Carrasquilla, A. A. G. & Ceia, M. A. R. 2001b. Integração de Dados Geofísicos da Porção Continental da Bacia de Campos. Projeto de Graduação do Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo da Universidade Estadual do Norte Fluminense. 69 pp.
- Schaller, H. 1973. Estratigrafia da Bacia de Campos. *Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro, p. 247-258.
- Silva, L. C.; Santos, R. A.; Delgado, C. M. & Cunha, H. C. S. 2000. Mapa Geológico Digital do Estado do Rio de Janeiro. CPRM e DRM-RJ.
- Spector, A. and Grant, F.S., 1970. Statistical Models for Interpreting Aeromagnetic Data. *Geophysics*, 35, n°2, 292-302.

### Agradecimentos

Os autores agradecem as bolsas de mestrado da ANP e produtividade em pesquisa da CNPq. Da mesma forma, agradecem *GEOSYSTEM* por ceder gratuitamente uma licença do *WINGLINK™*.





Eighth International Congress of The Brazilian Geophysical Society

Figura 1: A) Mapa de localização. B) Mapas de contorno de anomalias magnéticas corrigidas do IGRF e C) gravimétricas Bouguer. D) Mapas de contorno de anomalia de sinal analítico do campo magnético e E) de primeira derivada da anomalia Bouguer do campo gravitacional. F) Imagem de satélite na composição das bandas 7-4-2 em RGB (falsa cor), com realce de estiramento de contraste. G) Detalhe da Figura 1C: correlação de anomalias de sinal analítico e com Maciço Itaoca (Morro do Rato). H) Imagem georeferenciada do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro. B) Perfil geofísico: perfil de correlação e de modelagem. D) e G) ASA1, 2, 3 e 4 (anomalias de sinal analítico): possíveis altos do embasamento. E) Estações magnetotélúricas: em fase de processamento para futuras correlações. D), E) e F) Linha A: aspecto estrutural de correlação. G) e H) Maciço Itaoca com elevação conhecida como Morro do Rato: granitóide Cambriana do Brasileiro III. H) Ng2d: granitóide do Neoproterozóico do Brasileiro II.

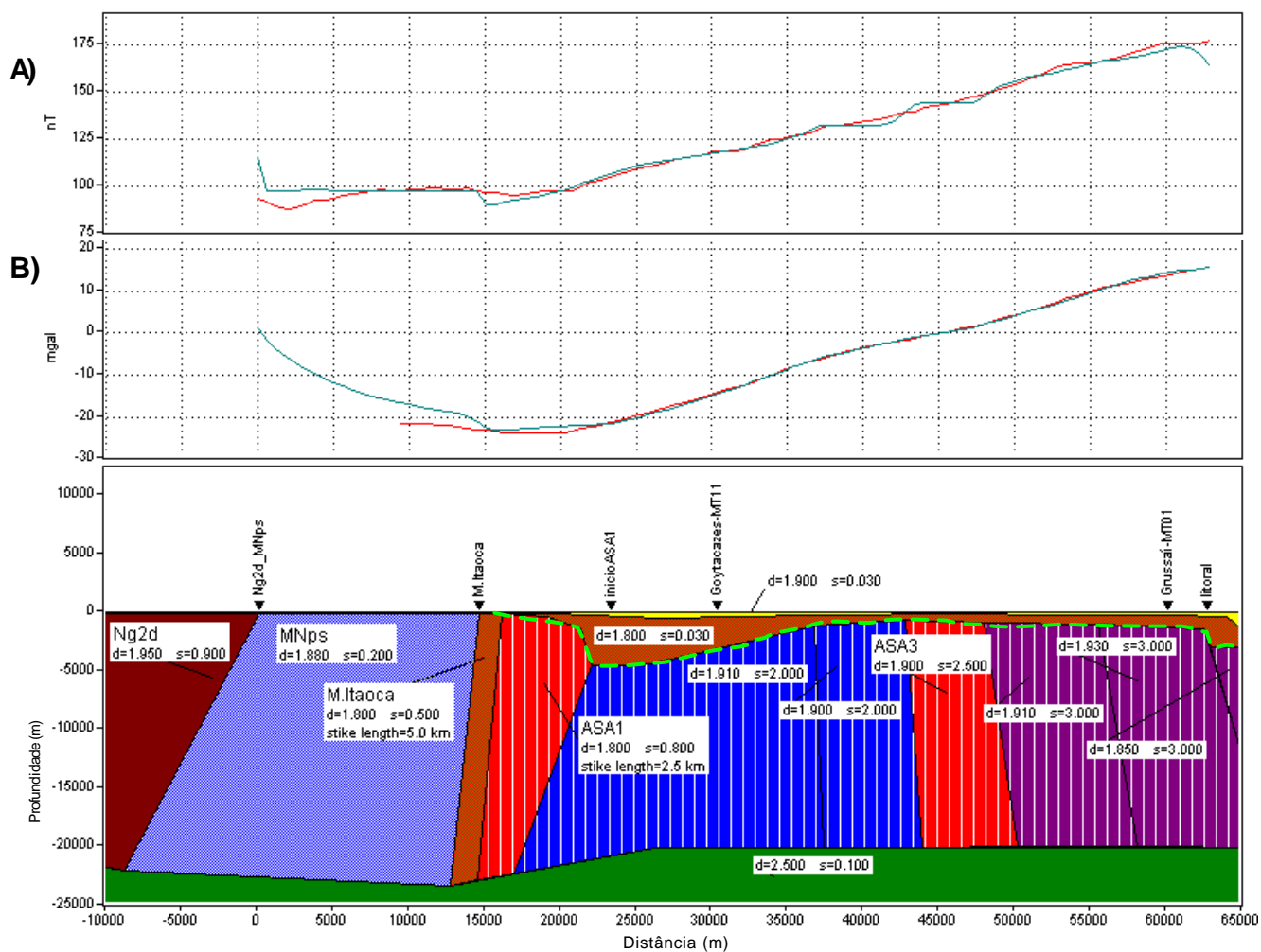


Figura 2: Modelagem direta do perfil Campos-Grussaí. A) perfil magnético interpolado do mapa da figura 1B: vermelha curva original e verde curva calculada. B) perfil gravimétrico interpolado da figura 1C: vermelha: curva original e em verde curva calculada. C) modelo geofísico-geológico do perfil da Figura 1B, obtido da modelagem conjunta dos dados gravimétricos e magnéticos. Linha pontilhada: topografia do embasamento. M. Itaoca: Maciço Itaoca: granitóide Cambriana do Brasileiro III. Ng2d: granitóide do Neoproterozóico do Brasileiro II. MNps: gnaíse (metagrauvaca), meso/neoproterozóico da Unidade São Fidélis. Blocos com listras verticais: inferidos.