

Uso de dados potenciais de satélite (WGM2012 e EMAG2) para caracterização geotectônica do craton do São Francisco e regiões adjacentes

Use of satellite potential field data (WGM2012 and EMAG2) for geotectonic characterization of the São Francisco craton and neighboring regions

DOI:10.34117/bjdv6n10-712

Recebimento dos originais: 27/09/2020

Aceitação para publicação: 30/10/2020

Darby Pereira Dantas de Lima

Formação: Doutorando em Geofísica Aplicada (UnB)

Instituição: Universidade de Brasília

Endereço: Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília, Brazil. 70.910-99.

Email: darby.lima@outlook.com

Alice Louzada da Costa Carvalhêdo

Formação: Mestre em Geofísica Aplicada (UnB)

Instituição Universidade de Brasília

Endereço: Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília, Brazil. 70.910-99.

Email: alicelcc@hotmail.com

Arthur Chornobay

Formação: Graduando em geofísica (UnB)

Instituição: Universidade de Brasília

Endereço: Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília, Brazil. 70.910-99.

Email: arthur.chornobay@gmail.com

Adriana Chatack Carmelo

Formação: Doutora e Professora na Universidade de Brasília.

Instituição: Universidade de Brasília

Endereço Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília, Brazil. 70.910-99.

Email: chatack@unb.br

José Eduardo P. Soares

Formação: Doutor e Professor na Universidade de Brasília.

Instituição: Universidade de Brasília

Endereço: Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília, Brazil. 70.910-99.

Email: soares@unb.br

RESUMO

Dados potenciais oriundos de compilações de satélite têm sido usados na interpretação geofísica e geológica regional para a identificação, modelagem e dimensionamento de feições com assinaturas geofísicas regionais provenientes de fontes de baixa frequência que podem estar associadas a maiores profundidades. As informações desses dados são úteis para apresentar características da litosfera do

Cráton do São Francisco e regiões limítrofes. A utilização desses dados possibilita a avaliação do contexto geotectônico e contribui com o conhecimento crustal da região. O objetivo desta pesquisa é a interpretação geofísica com cunho geotectônico, de assinaturas gravimétricas e magnéticas presentes no Cráton do São Francisco e a obtenção de suas profundidades relativas na litosfera. Os dados foram compilados do *World Gravity Map 2012* (WGM2012) e *Earth Magnetic Anomaly Grid 2-arc min* (EMAG2), oriundas dos satélites GRACE e CHAMP, respectivamente. O produto gravimétrico Anomalia Bouguer indica a existência de fontes profundas com mais de 65 km de profundidade e o produto magnético Campo Magnético Anômalo apresenta fontes com profundidades maiores que 45 km, obtidas a partir da aplicação do *Matched Filter* sobre os dados base. A remoção do efeito gravimétrico dos sedimentos foi aplicada ao produto Anomalia Bouguer o que permitiu isolar a assinatura gravimétrica dos terrenos tectônicos da área de pesquisa. Essas diferenças são caracterizadas pelo alto gravimétrico (-10 a 20 mGal) na porção que corresponde ao Arco Magmático de Goiás e Maciço de Goiás em contraste com o baixo gravimétrico (-95 a -65 mGal) relacionado à Zona Externa da Faixa Brasília, localizada no limite ocidental do Cráton do São Francisco. O produto também indicou uma região de alto gravimétrico (-35 a 5 mGal) no Cráton, em sua porção mais setentrional, em direção à Província Borborema e ao extremo sul da Bacia do Paranaíba. Os dados potenciais mostram uma feição circular que bordeja as regiões da Zona Externa da Faixa Brasília, Bacia do Paraná, Bacia do Parnaíba e Província Borborema, e pode estar relacionada ao limite da paleo placa Sanfranciscana, mais antiga e fria que os terrenos adjacentes, consequentemente caracterizada com assinaturas de baixas amplitudes gravimétricas (-128 a -50 mGal). As informações gravimétricas e magnéticas são complementares para a descrição dos terrenos tectônicos da região. Assim, os dados potenciais de satélite possibilitam a obtenção de informações de fontes profundas, localizadas na base da litosfera, que trazem contribuições ao conhecimento geotectônico.

Palavras-Chave: MÉTODOS POTENCIAIS DE SATÉLITE, EFEITO GRAVIMÉTRICO DOS SEDIMENTOS, MATCHED FILTER

ABSTRACT

Potential data from satellite compilations have been used in regional geophysical and geological interpretation for the identification, modeling and dimensioning of features with regional geophysical signatures from low frequency sources that may be associated with greater depths. The information from these data is useful to present characteristics of the lithosphere of the São Francisco Craton and neighboring regions. The use of these data allows the assessment of the geotectonic context and contributes to the region's crustal knowledge. The objective of this research is the geophysical interpretation with a geotectonic nature, of gravimetric and magnetic signatures present in the São Francisco Craton and obtaining their relative depths in the lithosphere. The data were compiled from the *World Gravity Map 2012* (WGM2012) and *Earth Magnetic Anomaly Grid 2-arc min* (EMAG2), from the GRACE and CHAMP satellites, respectively. The gravimetric product Anomalia Bouguer indicates the existence of deep sources with more than 65 km of depth and the magnetic product Anomalous Magnetic Field presents sources with depths greater than 45 km, obtained from the application of the *Matched Filter* on the base data. The removal of the gravimetric effect of the sediments was applied to the product Anomalia Bouguer, which allowed to isolate the gravimetric signature of the tectonic terrains of the research area. These differences are characterized by the high gravimetric (-10 to 20 mGal) in the portion that corresponds to the Goiás Magmatic Arc and the Goiás Massif in contrast to the low gravimetric (-95 to -65 mGal) related to the External Zone of the Brasília Belt, located on the western limit of the São Francisco Craton. The product also indicated a high gravimetric region (-35 to 5 mGal) in the Craton, in its northernmost portion, towards the Borborema Province and the southern tip of the Paranaíba Basin. The potential data show a circular feature

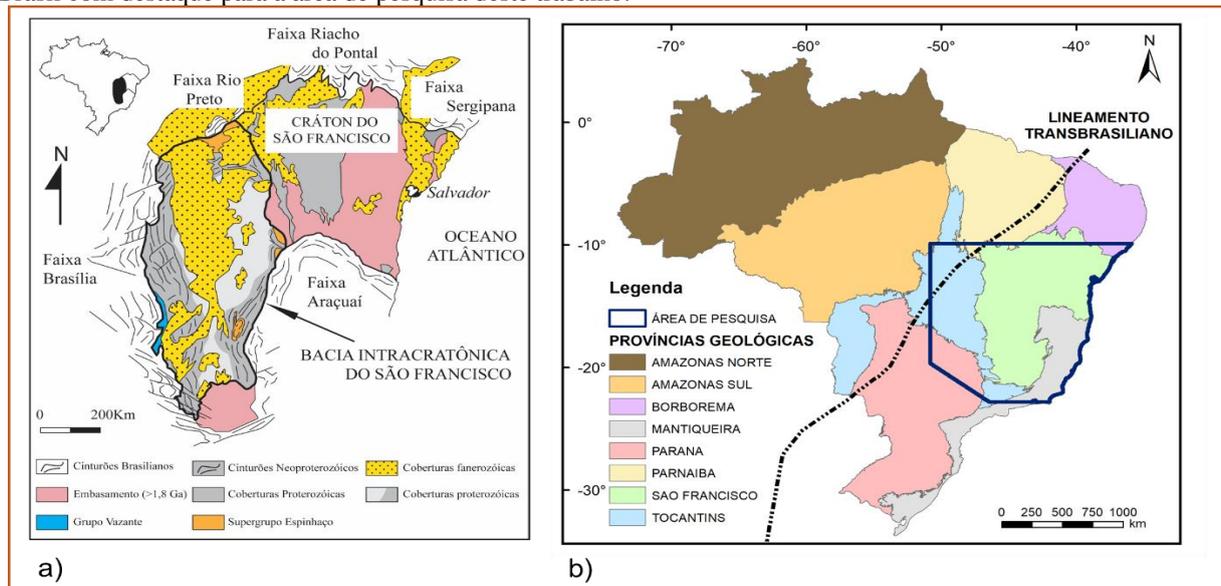
bordering the regions of the Outer Zone of the Brasília Belt, Paraná Basin, Parnaíba Basin and Borborema Province, and may be related to the limit of the Sanfranciscan paleo plate, older and colder than the adjacent lands, consequently characterized with signatures of low gravimetric amplitudes (-128 to -50 mGal). Gravimetric and magnetic information are complementary to the description of tectonic terrains in the region. Thus, potential satellite data makes it possible to obtain information from deep sources, located at the base of the lithosphere, which contribute to geotectonic knowledge.

Keywords: POTENTIAL SATELLITE METHODS, GRAVIMETRIC EFFECT OF SEDIMENTS, MATCHED FILTER

1 INTRODUÇÃO

Dados potenciais de satélite têm sido usados na interpretação geofísica e geológica regional com objetivos de identificar, modelar e relacionar assinaturas geofísicas regionais oriundas de fontes de baixa frequência, que podem estar associadas a maiores profundidades, com feições tectônicas. Esses dados geofísicos são indicados para estudos da litosfera do Cráton do São Francisco e regiões limítrofes. A análise dos dados possibilita avaliar o contexto geotectônico e contribuir com o conhecimento da litosfera na região. Esta pesquisa propõe interpretações geofísicas de dados de satélite com cunho geotectônico, a partir das assinaturas gravimétricas e magnéticas presentes sob o Cráton do São Francisco, com profundidades litosféricas relativas. O Cráton é descrito como a unidade tectônica mais bem exposta do embasamento da plataforma sul-americana, e delimitado pelas faixas Brasília, a oeste e a sul, Araçuaí a sudeste, Rio Preto a noroeste e Riacho do Pontal e Sergipana, a norte (Figura 1) (Almeida et al., 1977; 1981).

Figura 1: a) Mapa geológico do Cráton do São Francisco (modificado de Delgado et al. 2003) e b) Províncias geotectônicas do Brasil com destaque para a área de pesquisa deste trabalho.



A maior parte do Cráton é coberta por unidades pré-cambrianas e fanerozóicas onde é possível observar a exposição do embasamento em apenas duas áreas. Ao norte e nordeste do Estado da Bahia, aflora a maior área do embasamento e ao sul, na região do Quadrilátero Ferrífero, a menor (Teixeira, 2000; Delgado et al., 2003).

O embasamento do Cráton São Francisco é composto por um arranjo complexo de terrenos metamórficos arqueanos de alto grau, associações do tipo granito *greenstone* e cinturões de rochas supracrustais, com idades paleoproterozóicas. Rochas plutônicas, com grande variedade composicional, são expostas no extremo sul do Cráton (Cinturão Mineiro) e na porção nordeste, no Estado da Bahia (Teixeira, 2000; Delgado et al., 2003).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho, são utilizados dados das compilações World Gravity Map 2012 (WGM2012) (Bonvalot et al., 2012) e *Earth Magnetic Anomaly Grid 2-arc min* (EMAG2) (Maus et al., 2009), oriundas dos satélites GRACE e CHAMP, respectivamente, ambos com resolução espacial de 2 minutos de arco (3,66 km aproximadamente). O dado gravimétrico (WGM2012) foi previamente processado no software Geosoft™ Oasis Montaj 8.5, onde o produto inicial para a obtenção do produto Anomalia Bouguer é a Anomalia Ar-livre em conjunto com a correção topográfica do dado ETOPO1. Os dados de espessura sedimentar (Laske et al., 2013) foram utilizados para calcular o efeito gravimétrico dos sedimentos (Chappell and Kusznir, 2008 a; b) e sua posterior subtração do produto de Anomalia Bouguer.

O efeito gravimétrico dos sedimentos, segundo Chappell and Kusznir (2008 a; b) (Δg_s ou $F[g]$) é calculado a partir do método da relação exponencial de densidade-profundidade (eq. 01)

$$F[g] = \frac{2\pi G \rho_s}{|k| + \lambda} \left(F[1 - e^{-\lambda(b-s)}] + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-|k|^n)}{n!} F[s^n - e^{-\lambda(b-s)} b^n] \right)$$

Onde ($F[g]$) é a transformada de Fourier, (G) é a constante de gravitação universal (6.672×10^{-11}), (λ) é a constante de decomposição exponencial, (ρ_s) representa a densidade da camada de sedimentos, os termos (s) e (b) são a profundidade do topo e da base dos sedimentos e (k) é o número de onda em módulo.

A densidade média de sedimentos, usada para calcular o efeito gravitacional dos sedimentos, é de 2700 kg.m^{-3} . No entanto, para regiões particulares, como a Formação Serra Geral na Bacia do

Paraná, além dessa densidade média serão consideradas também as densidades do intervalo (2900 – 3000 kg.m⁻³) para os basaltos existentes naquela região.

Portanto, a influência dos pacotes sedimentares de cobertura que recobrem o Cráton são removidos dos dados gravimétricos, realçando as rochas do seu embasamento e na porção sudoeste a remoção considera o efeito gravimétrico dos sedimentos e dos derrames basálticos.

Embora pouco explorado, o dado magnético de satélite oferece suporte na discriminação das assinaturas geofísicas da área, inclusive em profundidade. Esse dado apresenta grandes dipolos regionais ao longo da área delimitada em superfície pelo Cráton São Francisco, em contraste com a região demarcada pelo *trend* NE-SW que corresponde à Faixa Brasília.

Com o procedimento de análise espectral é possível estimar filtros para realçar as fontes desejadas em diferentes profundidades. Spector and Parker (1979) apresentam essa técnica com a denominação de “*Matched Filtering*”, utilizada para a separação espectral de camadas a partir da aplicação de um filtro conjugado. A interpretação geofísica está relacionada à análise da profundidade das fontes geofísicas, da esquerda para a direita, com o traçado de retas cujas inclinações representam as profundidades das fontes. A reta de maior inclinação apresenta as fontes mais profundas da área de estudo. Na etapa de análise e interpretação, as fontes intracrustais são associadas as anomalias de maior comprimento de onda, e as fontes de menor profundidade ou superficiais apresentam anomalias com menor comprimento de onda.

3 RESULTADOS

A Anomalia Bouguer (Figura 2a) apresenta, na região do Cráton do São Francisco, valores medianos (-101 a -83 mGal), em contraste com as regiões de exposição do embasamento na porção centro-norte da área de pesquisa (-78 a -31 mGal). Também, adentrando-se em direção à Zona Externa da Faixa Brasília, as anomalias gravimétricas formam feição aproximadamente circular com valores (-156 a -83 mGal) e é associada com a assinatura da paleo placa Sanfranciscana.

Na porção nordeste da região de pesquisa, essa feição circular é contrastada pelo alto gravimétrico da Faixa Brasília em um *trend* NE-SW de valores (-61 a 89 mGal) (Figura 2a). Na porção leste, os valores das anomalias gravimétricas apresentam gradiente positivo em direção ao litoral (-78 a 89 mGal). Nessa região, em direção a nordeste há uma feição em forma oval, de direção N-S, com valores (-156 a -88 mGal) que é interpretada como a Bacia do Tucano.

A remoção do efeito gravimétrico dos sedimentos aplicado à Anomalia Bouguer (Figura 2b), possibilitou isolar a assinatura gravimétrica dos terrenos cristalinos do embasamento da área de

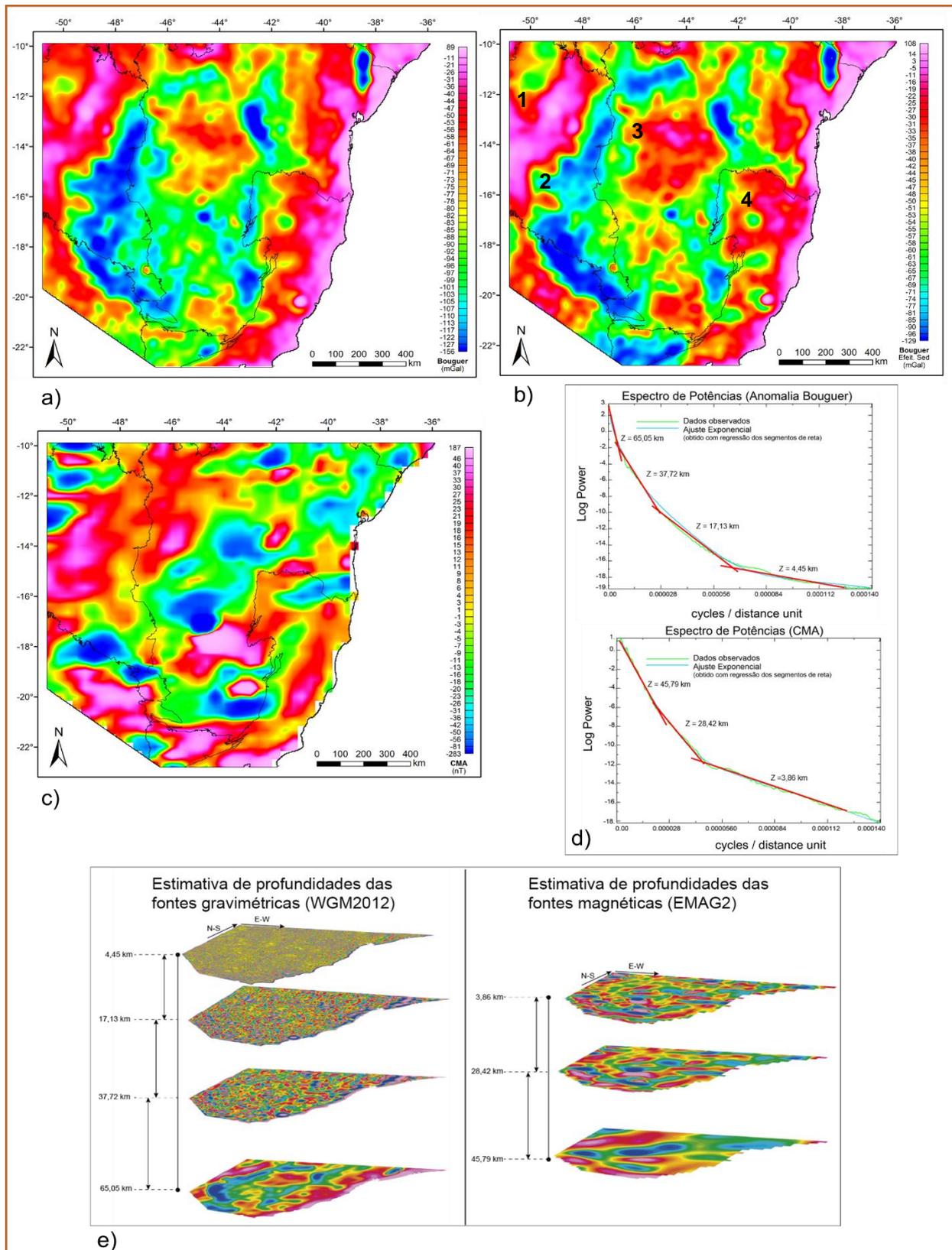
pesquisa, bem como os limites entre eles em subsuperfície. Essas diferenças são caracterizadas por assinaturas de alto gravimétrico da Faixa Brasília (-10 a 20 mGal), na porção que corresponde ao Arco Magmático de Goiás e Maciço de Goiás (1), e assinaturas de baixo gravimétrico (-95 a -65 mGal), relacionado à Zona Externa da Faixa Brasília (2). O produto também mostra regiões de alto gravimétrico (-35 a 5 mGal) na porção central do Cráton (3), em sua porção mais setentrional, em direção à Província Borborema, ao litoral e ao extremo sul da Bacia do Paranaíba (4) (-33 a 108 mGal). Na porção sudoeste, a assinatura gravimétrica é associada ao Bloco Paranapanema com valores no intervalo (-37 a 14 mGal), que mostra aumento dos valores de Anomalia Bouguer Corrigida, em relação ao produto sem correção pelo efeito gravimétrico dos sedimentos e derrames basálticos na região (-71 a -44 mGal).

A análise espectral, a partir do *Matched Filter*, indica a existência de fontes gravimétricas com profundidades máximas com cerca de 65 km, com base no produto Anomalia Bouguer (Figura 2d). O grid que representa a profundidade de 65 km tem forte correspondência com o produto de Anomalia Bouguer antes da separação espectral. Isso sugere que as discontinuidades gravimétricas são compensadas principalmente por diferenças na distribuição de massa dentro do manto litosférico (Soares et al., 2006). Essas discontinuidades ficam ainda mais evidentes no produto de Anomalia Bouguer corrigida pelo efeito gravimétrico dos sedimentos.

O Campo Magnético Anômalo (CMA) (Figura 2c) mostra assinaturas magnéticas relacionadas a crosta superior, como é visto no produto de espectro de potências (Figuras 2d; 2e), que possibilitam delimitar domínios magnéticos coincidentes com os limites em superfície entre Cráton Amazônico – Província Tocantins, Província Tocantins - Cráton São Francisco e Cráton São Francisco - Província Borborema. Segundo Rosa et al. (2012) limites entre terrenos mais antigos como os crátons são indicados pelos dipolos magnéticos de grande comprimento de onda (≥ 200 km). Além disso, assim como na Anomalia Bouguer (domínio 3) (Figura 2b), o produto CMA mostra assinaturas magnéticas com diferentes dipolos em intensidade e os comprimentos de onda apresentam a compartimentação da porção centro sul e centro norte do Cráton São Francisco. A direção preferencial das feições anômalas observadas no produto CMA é NE-SW e podem estar associadas aos *trends* das feições estruturais em superfície.

A Figura 2e mostra assinaturas magnéticas (CMA-EMAG2), de maior comprimento de onda e maior profundidade, localizadas sob a Província Tocantins e porção centro sul do Cráton São Francisco. O Campo Magnético Anômalo (Figura 2c) apresenta fontes com profundidades aproximadas de 45 km, obtidas a partir da aplicação do *Matched Filter* (Figura 2e).

Figura 2: a) Anomalia Bouguer, b) Anomalia Bouguer com remoção do efeito gravimétricos dos sedimentos e os números que indicam os principais domínios gravimétricos interpretados., c) Campo Magnético Anômalo, d) Espectro de Potências para os dados potenciais e e) estimativas de profundidades para os dados potenciais.



4 CONCLUSÕES

As informações gravimétricas e magnéticas são complementares para descrever terrenos tectônicos e trazem contribuições ao conhecimento geotectônico da região, pois os dados potenciais de satélite apresentam informações de fontes mais profundas que aquelas oriundas de dados aéreos e terrestres, com indicação de fontes localizadas até na base da litosfera. Também, a interpretação geotectônica dos dados convergiu com aquela apresentada por Soares et al. (2006), para a região central do Brasil onde sugerem que as principais descontinuidades gravimétricas são compensadas dentro do manto litosférico e não somente na crosta. As assinaturas gravimétricas e magnéticas interpretadas, e suas respectivas profundidades, indicam que deve haver continuidade nas investigações geofísicas, principalmente, nas porções centro sul e norte do Cráton São Francisco.

O produto de Anomalia Bouguer Corrigida do efeito gravimétrico dos sedimentos em toda a área de pesquisa e pelos basaltos da Bacia do Paraná, na região sudoeste da área, realçou feições onde ocorre exposição do embasamento do Cráton São Francisco e de áreas adjacentes constituídas por blocos e terrenos antigos de composição básica, como arcos de ilha, relacionados ao arco magnético de Goiás na Faixa Brasília. A feição circular que corresponde ao limite da placa Sanfranciscana, é segmentado apresenta elevado gradiente gravimétrico, contraste entre alto e baixo valores de anomalias em duas regiões: Zona Externa da Faixa Brasília e o Alto Gravimétrico da Faixa Brasília e, Bacia do Paraná e seu possível embasamento, o Bloco Paranapanema.

REFERÊNCIAS

- Almeida F.F.M., Neves B.B.B., Fuck R.A. (1977). Províncias Estruturais Brasileiras. In: SBG, VIII Simp. Geol. Nordeste, Campina Grande, Atas p. 363-391.
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito-Neves, B.B., Fuck, R.A. (1981). Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Rev.* 17, 1e29.
- Bonvalot, S., Balmino, G., Briais, A., M. Kuhn, Peyrefitte, A., Vales N., Biancale, R., Gabalda, G., Reinquin, F., Sarrailh, M., (2012). World Gravity Map. Commission for the Geological Map of the World. Eds. BGI-CGMW-CNES-IRD, Paris.
- Chappell, A. R., and N. J. Kusznir (2008a). Three-dimensional gravity inversion for Moho depth at rifted continental margins incorporating a lithosphere thermal gravity anomaly correction, *Geophys. J. Int.*, 174, 1–13, doi:10.1111/j.1365-246X.2008.03803.x
- Chappell, A. R., and N. J. Kusznir (2008b). Three-dimensional gravity inversion for Moho depth at rifted continental margins incorporating a lithosphere thermal gravity anomaly correction, *Geophys. J. Int.*, 174, 1–13
- Delgado I.deM., Souza J.D.de, Silva L.C.da, Silveira Filho N.C.da, Santos R.A.dos, Pedreira A.J., Guimarães J.T., Angelim L.A.deA., Vasconcelos A.M., Gomes I.P., Lacerda Filho J.V.de, Valente C.R., Perrotta M.M., Heineck C.A. (2003). Geotectônica do Escudo Atlântico. In: L.A. Bizzi, C. Shobbenhaus, R.M. Vidotti, J.H. Gonçalves (Edits.) *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*. CPRM, Brasília, 674 pp.
- Laske, G., Masters, G., Ma, Z. and Pasyanos, M. (2013). Update on CRUST1. 0 – A 1-degree global model of Earth's crust. In *Geophys. Res. Abstracts (Vol. 15, p. 20132658abstrEGU)*.
- Maus, S., Barckhausen, U., Berkenbosch, H., Bournas, N., Brozena, J., Childers, V., Dostaler, F., Fairhead, J.D., Finn, C., von Frese, R.R.B., Gaina, C., Golynsky, S., Kucks, R., Lühr, H., Milligan, P., Mogren, S., Müller, R.D., Olesen, O., Pilkington, M., Saltus, R., Schreckenberger, B., Thébault, E., Caratori Tontini, F., (2009). EMAG2: A 2-arc min resolution Earth Magnetic Anomaly Grid compiled from satellite, airborne, and marine magnetic measurements. *Geochemistry, Geophys. Geosystems* 10, n/a-n/a. doi:10.1029/2009GC002471
- Rosa JWC, Rosa JWC, Fuck RA. (2012). Crust and upper mantle structure in central Brazil derived by receiver functions and SKS splitting analysis. *Journal of South American Earth Sciences*, p. 33-46.
- Soares, J.E.P., Berrocal, J., Fuck, R.A., Mooney, W.D., Ventura, D.B.R. (2006). Seismic characteristics of central Brazil crust and upper mantle: A deep seismic refraction study. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 111. doi:10.1029/2005JB003769
- Spector, A., & Parker, W. (1979). Computer compilation and interpretation of geophysical data. *Geophysics and Geochemistry in the search for metallic ores*. Geological survey Canada, Economic Geology Report, v. 31, p. 527-544.

Teixeira W., Sabaté P., Barbosa J.S.F., Noce C.M., Carneiro M.A. (2000). Archean and Paleoproterozoic Tectonic evolution of the São Francisco Craton, Brazil. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomas Filho, D.A. Campos. (eds.), Tectonic Evolution of the South America. In: Int. Geol. Congr. 31, Rio de Janeiro, Brazil, 101-137.