



Topografia dinâmica do Cráton São Francisco: evidências de um possível fluxo sublitosférico?

Luiz Gabriel S. de Oliveira¹, Natália V. de Oliveira¹ & Issamu Endo², 1 – DECE/CEUNES/UFES, 2 – DEGEO/EM/UFOP

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III SimBGF, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Um modelo digital topográfico de alta resolução, combinado a valores de espessuras crustal e litosférica derivados de dados gravimétricos, foi utilizado para determinar a topografia dinâmica na região do Cráton São Francisco. A informação topográfica despida das componentes relacionadas a fluvariabilidade do segmento litosférico em questão forneceu dados que podem ser interpretados, numa primeira avaliação, como resultantes de fluxo astenosférico combinado a perturbações na densidade do manto superior.

Introdução

O Cráton São Francisco (Figura 1) é uma expressiva entidade geotectônica da plataforma Sul-Americana, sendo constituído por terrenos arqueanos e coberturas pré-cambrianas e fanerozóicas, e limitado por faixas de dobramentos brasileiras (Alkmim, 2004).

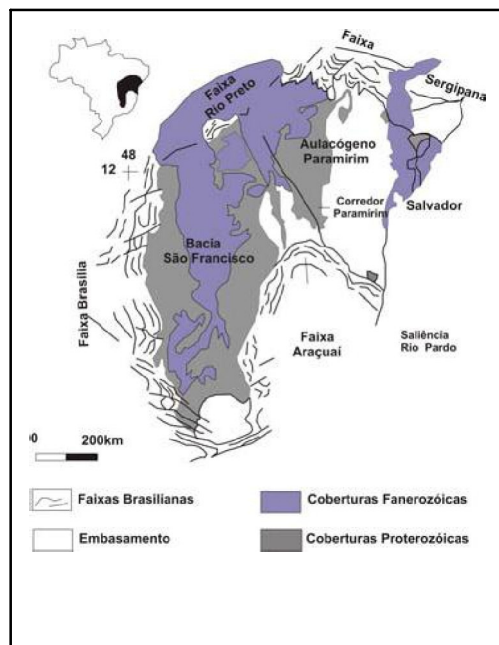


Figura 1 – mapa geológico do Cráton São Francisco (extraído e adaptado de Cruz & Alkmim, 2006).

Sua evolução tectônica é notoriamente complexa, sendo grande o número de trabalhos geológicos disponíveis na literatura que tentam elucidar os mecanismos e a cronologia dos processos vinculados.

O objetivo deste trabalho é apresentar e discutir os resultados preliminares da aplicação da topografia dinâmica (Artemieva 2007) no estudo da estruturação do manto superior na região do Cráton São Francisco. Os resultados alcançados, combinados a outros trabalhos envolvendo a aplicação de diversos métodos geofísicos, podem ser de grande utilidade no entendimento da história geológica da região em questão.

Metodologia

Lachenbruch & Morgan (1990) mostraram que as contribuições isostáticas da crosta e do manto litosférico, em relação a topografia, podem ser quantificadas, possibilitando tecer algumas considerações sobre a estruturação da litosfera terrestre.

Sendo assim, para a determinação da topografia dinâmica, são assumidas as seguintes condições: (i) o balanço isostático é alcançado na base da litosfera; (ii) a topografia observada na superfície resulta da soma das fluvariabilidades da crosta (B_c) e do manto litosférico (B_l), além da contribuição da topografia dinâmica; (iii) a astenosfera possui densidade uniforme e (iv) as variações de densidade dentro do manto litosférico dependem da pressão e temperatura.

Com base nestas condições, podemos calcular a topografia dinâmica (D) por meio da seguinte equação:

$$D = H_0 - B_c - B_l + \Delta \quad (1)$$

sendo H_0 a topografia medida e Δ uma constante relacionada ao nível do mar acima da astenosfera. As contribuições B_c e B_l são determinadas a partir dos valores de espessuras crustal (L_c) e litosférica (L_l), além dos valores de densidades da crosta (ρ_c), do manto litosférico (ρ_l) e da astenosfera (ρ_a), por meio de

$$B_c = \frac{\rho_a - \rho_c}{\rho_a} L_c \quad (2)$$

$$B_l = \frac{\rho_a - \rho_l}{\rho_a} L_l \quad (3)$$

Tendo em vista a influência da temperatura e da pressão na densidade do manto litosférico, é plausível calcular um valor médio ρ_l em função das temperaturas da base da

crosta (T_M) e da base da litosfera (T_0) utilizando a equação (Artemieva, 2007)

$$\rho_l = \rho_0 \left[1 - \alpha \frac{T_M + T_0}{2} \right] \quad (4)$$

onde α é o coeficiente de expansão termal e ρ_0 a densidade do manto litosférico nas condições de pressão e temperatura padrões ($P=1\text{atm}$ e $T=25^\circ\text{C}$).

Resultados

Os valores de espessura crustal e de espessura do manto litosférico foram compilados de Oliveira (2008), que utilizou informações gravimétricas do modelo geopotencial GGM02 (Tapley et al., 2005) para estudar a estrutura da litosfera na área em questão, por meio da inversão não-linear integrada de anomalias Bouguer e ondulações do geóide. Outros parâmetros utilizados estão disponíveis na Tabela 1.

A informação topográfica utilizada neste trabalho é proveniente do modelo digital ETOPO2, com resolução de dois minutos (Figura 2).

Os valores da topografia dinâmica, calculados a partir das flutuabilidades da crosta e do manto litosférico são apresentados na Figura 3. A subtração da mesma dos valores de topografia fornecidos pelo modelo digital ETOPO2 constituem a topografia residual (Figura 4).

Tabela 1 – parâmetros utilizados na determinação da topografia dinâmica. Extraídos de Molina & Ussami (1999), Gvirtzman & Nur (2001) e Artemieva (2007).

ρ_c	2700 kg/m ³
ρ_o	3300 kg/m ³
ρ_a	3240 kg/m ³
T_M	460°C
T_0	1300°C
α	$3.5 \times 10^{-5} \text{C}^{-1}$
Δ	3.35km

Uma análise inicial do mapa de topografia residual do Cráton São Francisco apresenta os seguintes resultados: (i) valores acima de 0.5km na porção meridional; (ii) presença de valores de amplitude positiva (0.3-0.7km) na região dos orógenos paleoproterozóicos; (iii) valores de amplitude negativa, entre -0.1 e -0.6km na região de interação entre o cráton e a Faixa de Dobramentos Brasília; valores positivos (0-0.4km) nos domínios da Bacia do São Francisco e (v) um alinhamento SW-NE de valores positivos envolvendo o cráton e os terrenos da Faixa de Dobramentos Araçuaí.

As observações supracitadas permitem tecer algumas suposições sobre o estado térmico do manto superior na região de interesse, além de possíveis mecanismos geodinâmicos associados (Artemieva, 2007).

A presença de topografia residual positiva na porção meridional do Cráton São Francisco pode indicar atividade de fluxo em *upwelling* do manto sublitosférico na região. Por outro lado, os valores negativos podem ser vinculados a processos de *downwelling* de fluxo mantélico. Portanto, estes resultados podem ser indicativos de processos geodinâmicos ocorrentes na astenosfera na região do Cráton São Francisco e adjacências. Esta especulação é compatível com os resultados associados a estudos de anisotropia sísmica apresentados por Assumpção et al. (2006).

Contudo, trabalhos envolvendo outros métodos geofísicos (Pacheco, 2003; Pádua, 2004; Leite, 2005; Alexandrino e Hamza, 2008; Oliveira 2008) levam a considerar a possibilidade de variações de densidades no manto que podem estar relacionadas a distúrbios de temperatura ou alterações composicionais (empobrecimento em Fe), uma vez que a área foi palco de intensos processos de evolução tectônica, envolvendo múltiplos episódios de acreção crustal (Teixeira et al., 2001) e uma possível interferência de uma pluma mantélica associada ao processo de ruptura do Gondwana (Thompson et al., 1998).

Discussão e Conclusões

O presente trabalho apresentou resultados preliminares do uso da topografia residual na região do Cráton São Francisco, baseada na retirada dos efeitos de flutuabilidades da crosta e do manto litosférico da informação topográfica fornecida pelo modelo digital ETOPO2.

A presença de supostos padrões de fluxo astensférico podem estar por trás dos valores positivos e negativos de topografia residual. Somando-se a este fato, perturbações de densidades no manto superior da área também podem contribuir para os valores positivos de topografia residual, uma vez que o empobrecimento químico induz a flutuabilidade do manto litosférico/sublitosférico.

Estes resultados podem contribuir para o entendimento da complexa evolução tectônica da área, que já foi palco de diversos episódios de acreção crustal, além da possibilidade de ter sofrido os efeitos de uma pluma mantélica relacionada a ruptura do Gondwana.

Referências

ALEXANDRINO CH & HAMZA VM. 2008. Estimates of heat flow and heat production and a thermal model of the São Francisco craton. *International Journal of Earth Science*, 97: 289-306.

ALKMIM FF. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. IN: MANTESO-NETO V, BARTORELLI A, CARNEIRO CDR & NEVES BBB (Org.). Geologia do continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Marques de Almeida, Beca/SP, 17-35.

ARTEMIEVA IM. 2007. Dynamic topography of the East European craton: Shedding light upon lithospheric structure, composition and mantle dynamics. *Global and Planetary Change*, 416, doi: 10.1016/gloplacha.2007.02.013.

ASSUMPÇÃO M, HEINTZ M, VAUCHEZ A & SILVA ME. 2006. Upper mantle anisotropy in SE and Central Brazil from SKS splitting: Evidence of asthenospheric flow around cratonic keel. *Earth and Planetary Science Letters*, 250: 224-240.

CRUZ SCP & ALKMIM FF. 2006. The tectonic interaction between the Paramirim Aulacogen and Araçuaí Belt, São Francisco craton region, Eastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78: 151-173.

GVIRTZMAN Z & NUR A. 2001. Residual topography, lithosphere structure and sunken slabs in the central Mediterranean. *Earth and Planetary Science Letters*, 187: 117-130.

LACHENBRUCH AH & MORGAN P. 1990. Continental extension, magmatism and elevation: Formal relations and rules of thumb. *Tectonophysics*, 174: 39-62.

LEITE EP. 2005. Inversão 3-D de anomalias do geóide com aplicação no estudo da evolução térmica da margem continental leste do Brasil. Tese de doutorado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas/USP. 185pp.

OLIVEIRA LGS. 2008. A missão GRACE e a estrutura da litosfera na região do Cráton São Francisco. Tese de doutorado, Universidade Federal de Ouro Preto. (em preparação)

PACHECO RP. 2003. Imageamento tridimensional da onda S na litosfera do sudeste brasileiro e adjacências. Tese de doutorado, Observatório Nacional/RJ, 482pp.

PÁDUA MB, 2004. Estudo da indução eletromagnética na caracterização de estruturas profundas sob a borda sul do cráton de São Francisco. Tese de doutorado, Instituto de Pesquisas Espaciais/SP, 162 pp.

TAPLEY B, RIES J, BETTADPUR S, CHAMBERS D, CHENG M, CONDI F, GUNTER B, KANG Z, NAGEL P, PASTOR R, PEKKER T, POOLE S & WANG F. 2005. GGM02 – An improved Earth gravity field model from GRACE. *Journal of Geodesy*, 79: 467-478.

TEIXEIRA W, SABATÉ P, BARBOSA JSF, NOCE C M & CARNEIRO MA. 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton. IN:

CORDANI UG, MILANI EJ, THOMAZ FILHO A & CAMPOS DA (Eds.). *Tectonic Evolution of South America*, 31º IGC, 101-137.

THOMPSON RN, GIBSON SA, MITCHELL JG, DICKIN AP, LEONARDOS OH, BRAD JA & GREENWOOD JC. 1998. Migrating Cretaceous-Eocene magmatism in the Serra do Mar alkaline province, SE Brazil: melts from the deflected Trindade mantle plume? *J. Petrol.* 39: 1493:1526.

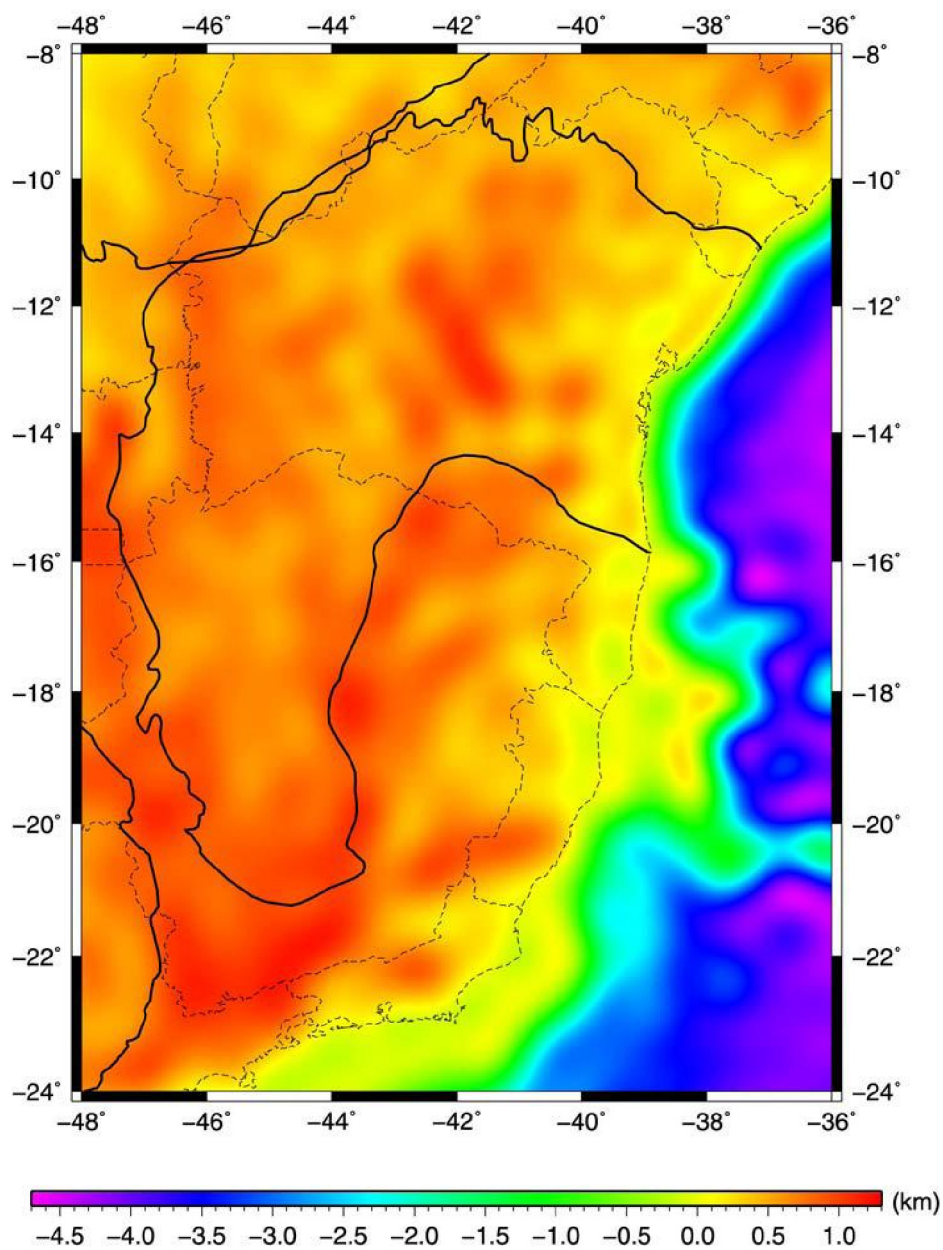


Figura 2 – topografia derivada do ETOPO2,

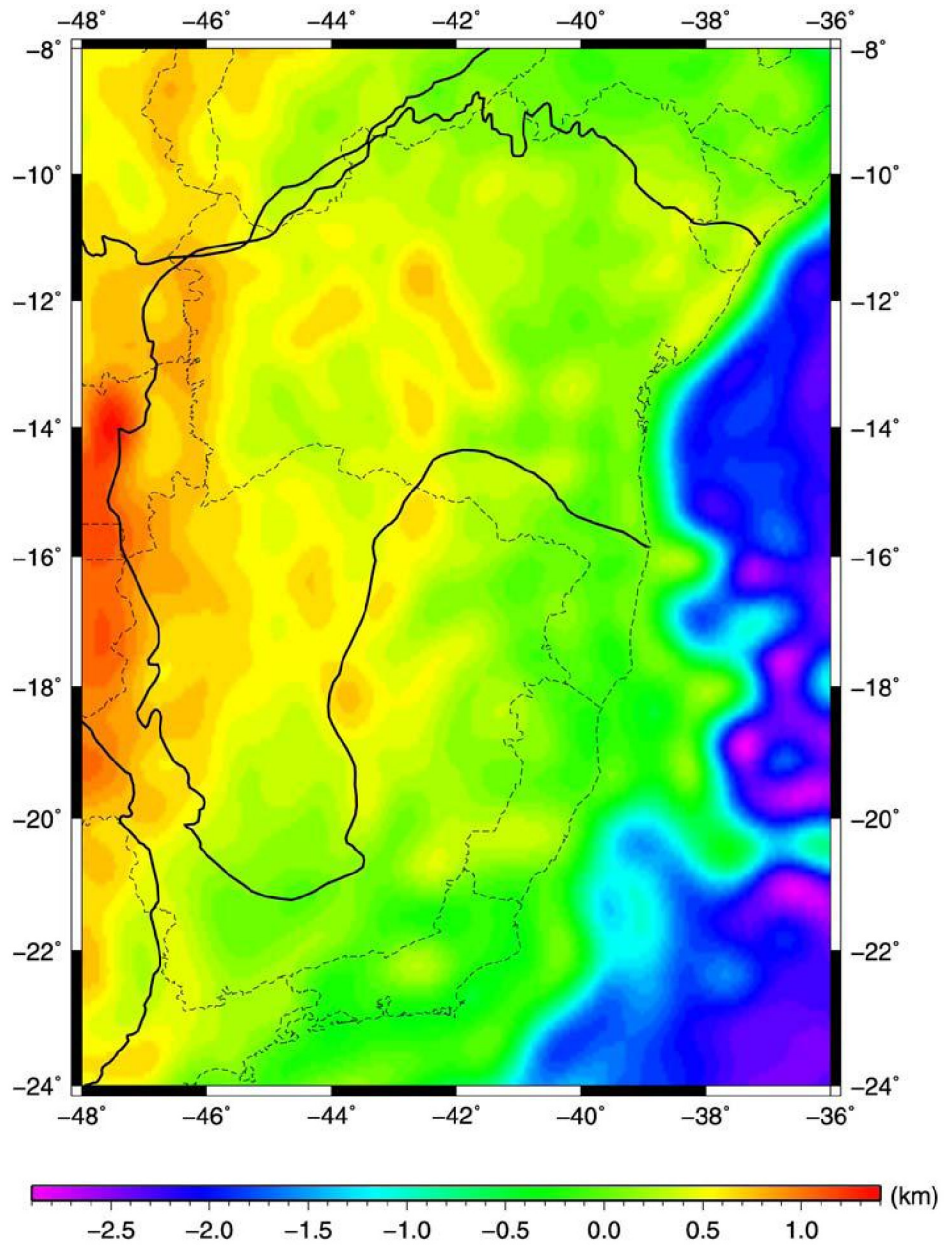


Figura 3 – topografia dinâmica.

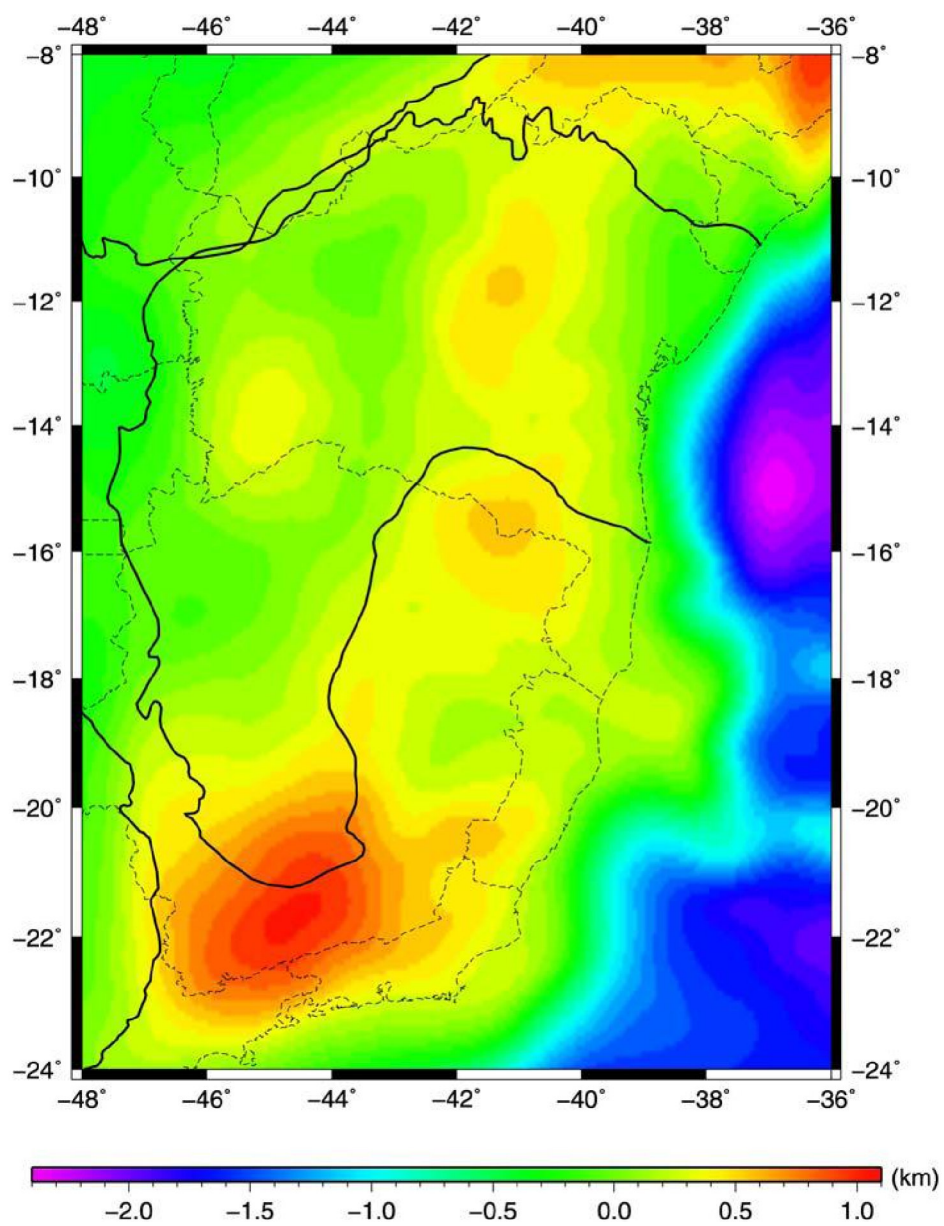


Figura 4 – topografia residual.