



Tensor Gradiente Gravimétrico da Bacia do Paraná: Prevendo Observações da Missão GOCE-ESA.

Henrique Bueno dos Santos^{*1} & Naomi Ussami¹, ¹Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – USP.

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.

Abstract

The gravity gradient tensor (GGT) of both free-air and Bouguer anomalies was calculated for different heights up to 250 km. The GGT maps will be used to validate the data collected by GOCE-ESA satellite mission at 250 km altitude. The aim of the Brazilian GOCE project is to study the deeper parts of intracratonic basins (Paraná, Parnaíba and Amazon) lithosphere. Free-air and Bouguer anomaly maps for Paraná basin were constructed using updated gravity data (more than 30,000 stations) and gridded data from surrounding areas (Atlantic Ocean and Argentina). Vertical component of gravity anomalies were used to estimate, through Laplace's equation, the horizontal components and their derivatives. The results for GGT components show anomalies ranging from -2 to 2 Eötvös. Although weak, the anomalies at 250 km are consistent with important lithospheric transition such as continent-oceanic boundary.

Introdução

A missão GOCE (**G**avity **F**ield and **S**tady **S**tate **O**cean **C**irculation **E**xplorer), concebida pela ESA (European Space Agency), fornecerá dados do tensor do gradiente gravimétrico (TGG) com resolução espacial e precisão sem precedentes em outras missões de gravimetria por satélite. Os dados adquiridos com o satélite permitirão um estudo detalhado de grandes áreas como, por exemplo, a Bacia do Paraná. Esta região apresenta uma boa cobertura de dados de gravimetria terrestre.

Uma fase importante e necessária antes da plena utilização dos dados derivados de gravimetria por satélite é a sua validação. Os dados da bacia do Paraná foram processados com objetivo de simular as observações da gradiometria gravimétrica da missão GOCE. As anomalias ar-livre e Bouguer foram calculadas para a altura da órbita do satélite GOCE (250 km) e os demais componentes do tensor gravimétrico foram estimados utilizando a solução proposta por Mickus & Hinoja (2001).

Foram confeccionados mapas gravimétricos de anomalia ar-livre e Bouguer da bacia do Paraná e áreas adjacentes em escala regional integrando 30.241 estações gravimétricas obtidas pelo IAG-USP, IBGE, Paraguai e Uruguai. Além disso, utilizaram-se extensas grades de dados regulares tanto do território nacional (Sá, 2004) e

na Argentina (Corchete & Pacino, 2007). Conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Conjunto de dados gravimétricos utilizados.

Conjunto	Coordenadas (graus)				Nº de pontos
	Lon min	Lon max	Lat min	Lat max	
IAG	-60	-6	-31	-15	18741
Sá, 2004	-60	-40	-33	-13	58081
IBGE (SAD69)	-59	-44	-32	-14	10504
Argentina	-75	-53	-56	-21	1234281
Paraguai	-59	-55	-27	-21	127
Uruguai	-60	-53	-34	-30	869

Cálculo do Tensor Gradiente Gravimétrico (TGG)

Os dados disponíveis para esse processamento são as anomalias ar-livre e Bouguer. As derivadas do componente vertical (g_{zx}, g_{zy}, g_{zz}) da aceleração da gravidade são os componentes do TGG facilmente obtidos através da solução da equação de Laplace em coordenadas cartesianas.

Mickus & Hinoja (2001) mostraram como calcular os componentes do TGG (Figura 1) partindo dos dados pré-existentes do componente vertical da aceleração de gravidade.

O tensor é uma matriz 3x3 (equação 1), onde cada elemento é a taxa de variação de um dos componentes do vetor aceleração nas outras três direções. De acordo com a equação de Laplace, para um campo externo à distribuição de massas, a soma dos componentes diagonais é zero, $g_{xx} + g_{yy} + g_{zz} = 0$. Além disso, a matriz é simétrica em relação à diagonal, ou seja, $g_{xy} = g_{yx}$, $g_{xz} = g_{zx}$ e $g_{yz} = g_{zy}$. Esses dois fatos implicam que somente cinco componentes do TGG são independentes. Por exemplo, conhecendo os componentes g_{xx} , g_{yy} , g_{zz} , g_{xz} e g_{yz} , podem ser determinados os quatro componentes restantes, da seguinte forma:

$$\vec{g} = \begin{bmatrix} \\ \\ \end{bmatrix} \quad (1)$$

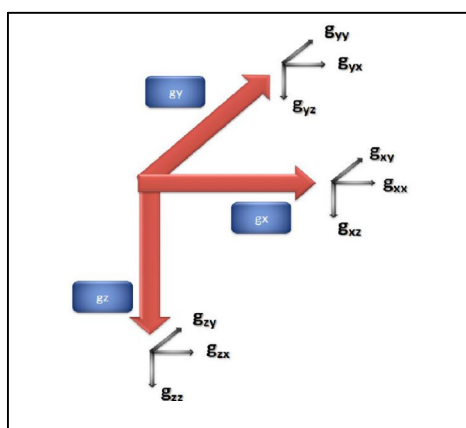


Figura 1 - Tensor gradiente gravimétrico. Em vermelho os componentes da gravidade e, em preto os componentes do tensor.

Os componentes do TGG são de grande importância para os estudos crustais e litosféricos. Com eles é possível determinar, por exemplo, o centro de massa dos corpos (g_{xz} e g_{yz}), suas bordas (g_{xx} e g_{yy}) e locais de mudança de direção (g_{xy}). Já o componente vertical (g_{zz}) fornece a posição espacial correta e é correlacionada mais facilmente com a geologia de subsuperfície (Braga, 2006).

Desenvolveu-se um programa para o cálculo dos componentes do TGG. Para conferir se a resposta obtida pelo programa era a esperada, utilizaram-se dados gravimétricos sintéticos gerados por um corpo prismático. Em seguida, calculou-se o TGG para as anomalias ar-livre e Bouguer da bacia do Paraná. Calcularam-se a continuação para cima e o TGG para diversas alturas, por exemplo, 10, 50, 100 e 250 km. Isso possibilitará estudar a interferência dos curtos comprimentos de onda e o comportamento as anomalias com a altitude. Os resultados obtidos para grandes alturas (250 km) servirão para comparar com os dados medidos pelo satélite GOCE.

Resultados

Os dados gravimétricos do IBGE e parte dos dados do IAG eram irregulares, além disso, as demais grades utilizadas tinham espaçamentos diferentes. Assim, os dados foram interpolados utilizando o método da mínima curvatura gerando-se uma grade de 80 por 80 pontos com espaçamento de aproximadamente 28 km. A Figura 2 mostra o mapa de anomalia Bouguer obtido.

De posse da grade já interpolada calcularam-se a continuação para cima para 10, 50, 100 e 250 km.

Em seguida foram calculadas a derivada vertical da anomalia Bouguer e a continuação para cima para diferentes alturas.

O mesmo foi feito para as derivadas horizontais. Obteve-se o TGG para a anomalia Bouguer variando-se a altitude, até a 250 km (Figura 3). Após uma análise dos

mapas obtidos repetiu-se todo o procedimento utilizando os dados de anomalia ar-livre.

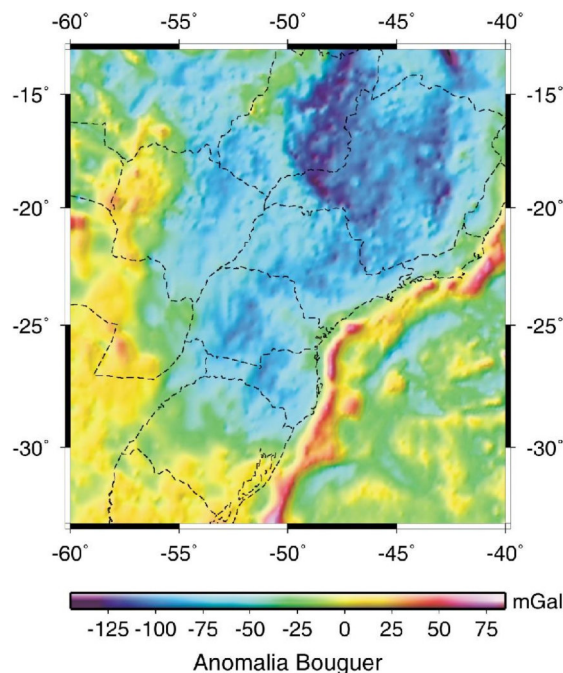


Figura 2 – Mapa de anomalia Bouguer.

Discussão e Conclusões

Na Figura 3 são apresentados somente os resultados do TGG da anomalia Bouguer. Nota-se que com a continuação para cima a 250 km é ainda possível mapear anomalias importantes. Observa-se também que as amplitudes obtidas são consideravelmente pequenas variando entre -2 e 2 Eötvos (E) aproximadamente, onde $1E = 10^{-4}$ mGal/m.

A continuação para cima de g_z (Figura 3.a), apesar de ser a uma altura elevada, ainda mantém coerência com o mapa de anomalia Bouguer (Figura 2), no limite continente – oceano. Além disso, há predominância de anomalias negativas em quase todo o continente, principalmente na região da bacia do Paraná, sendo que há um baixo gravimétrico de grande amplitude nas proximidades do centro do estado do Paraná.

O componente g_{zz} a 250 km além de eliminar o efeito dos curtos comprimentos de onda, mostra-se coerente com a continuação para 250 km da anomalia Bouguer g_z . Em função do comportamento suave da anomalia g_z a 250 km, sua derivada vertical se assemelha com o g_z continuado para cima.

Os componentes g_{xx} e g_{yy} apresentam praticamente as mesmas anomalias. Além disso, elas apresentam anomalias com sinal inverso às dos componentes g_z e g_{zz} . Já os componentes g_{xz} e g_{yz} podem indicar que o corpo causador da anomalia não é simétrico. Finalmente,

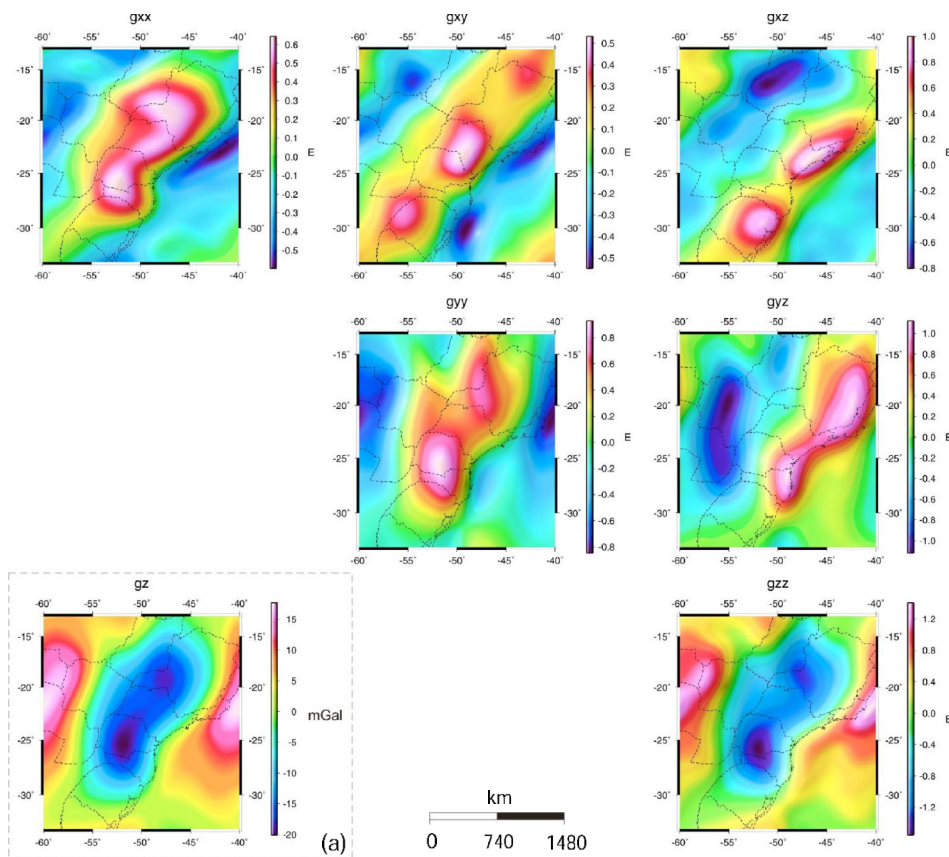


Figura 3 – Tensor gradiente gravimétrico (TGG) da anomalia Bouguer continuado para 250 km. A figura mostra seis componentes do TGG: g_{xx} , g_{xy} , g_{xz} , g_{yy} , g_{yz} e g_{zz} onde cinco deles são independentes, pois uma das componentes da z continuado para 250 km.

fazendo uma análise geral dos componentes do tensor observa-se que há alinhamento das anomalias na direção NE-SW em especial no componente g_{xy} .

Os dados obtidos neste projeto serão utilizados para inferir as propriedades físicas e geometria presentes na parte rasa da bacia do Paraná. Os resultados obtidos para alturas superiores a 100 km são importantes no estudo do manto superior sob a bacia. Na etapa de interpretação será necessário desenvolver algoritmos de inversão de dados dos componentes do TGG.

Agradecimentos

O projeto está sendo financiado pela Agência Nacional do Petróleo-PRH19, na forma de bolsa de iniciação científica a Henrique B. Santos e processo CNPq 300736/2005-2 a Naomi Ussami. Agradecemos ao professor Nelsi Côgo de Sá por fornecer parte dos dados utilizados.

Referências

Braga, A. B., 2006. Modelagem numérica e validação de dados tensoriais de aerogravimetria gravimétrica 3D –

FTG. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 17-18.

Corchete, V., Pacino, M. C., 2007. The first high-resolution gravimetric geoid for Argentina: GAR. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, vol. 16: 177-183.

Mickus, K. L., Hinoja, J. H., 2001. The complete gravity gradient tensor derived from the vertical component of gravity: a Fourier transform technique. *Journal of Applied Geophysics*, vol. 46: 159-174.

Sá, N. C. de, 2004. O campo de gravidade, o geóide e a estrutura crustal na América do Sul – novas estratégias de representação. Tese de Livre Docência, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo.