

MODELAGEM GRAVIMÉTRICA DA BACIA DE TAUBATÉ - VALE DO RIO PARAÍBA DO SUL, LESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO.

Flávio L. Fernandes & Hung K. Chang

Received April 12, 1997 / Accepted September 25, 2002

Este trabalho apresenta o refinamento da malha gravimétrica da região do Vale do Paraíba do Sul, leste do estado de São Paulo, através da implantação de 646 novas estações. Além das tradicionais correções Free-Air e Bouguer, foi necessário utilizar a Correção de Terreno devido à proximidade das serras da Mantiqueira e do Mar. Foi gerado, além do Mapa Bouguer para a região leste do estado, um Mapa Bouguer de Anomalia Residual, aplicando-se os filtros Continuação para Cima e Passa-Alta. Modelagens gravimétricas 2D foram realizadas em 4 perfis, utilizando modelos bi-dimensionais para os corpos causadores das anomalias, objetivando o melhor entendimento do arcabouço tectônico da Bacia de Taubaté. A partir da integração com dados de sísmica de reflexão, foi interpretada uma espessura sedimentar máxima de 800 metros. Também foi interpretado um corpo alcalino ultramáfico, situado em sub-superfície na região da cidade de Caçapava.

Palavras-chave: Bacia de Taubaté; Gravimetria; Modelagem; Mapa Gravimétrico.

GRAVITY MODELING OF TAUBATÉ BASIN - PARAÍBA DO SUL RIVER VALLEY, EAST OF SÃO PAULO STATE - *This paper presents the gravity survey refinement of the Paraíba do Sul river valley, east region of São Paulo state, by acquisition of 646 gravity stations. Further than the traditional Free-Air and Bouguer corrections, it was necessary to apply the Terrain Correction due the proximity of the Mantiqueira and Mar mountain ranges. An enhanced understanding of Taubaté Basin structural framework was the main objective of this work. As result, we present the Bouguer Gravity Map of the east region of São Paulo State and the Residual Bouguer Gravity Map generated by Upward Continuation and High-pass filtering. The 2D Gravity Modeling was applied in 4 sections, using bi-dimensional models for the bodies that produced the anomalies (Talwani Method). After integrating the gravity data with the interpretation of 11 seismic sections, it was possible to delineate the Taubate Basin structural framework, which shows an utmost sedimentary thickness of 800 m in the depocenters. It was also interpreted an ultramaphic alkaline plug in the subsurface of Caçapava city.*

Key words: Taubaté Basin; Gravity; Modeling; Bouguer Gravity Map.

¹UNESP – Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, LEBac
Laboratório de Estudo de Bacias
Rua 24-A, nº, Rio Claro – SP; e-mail: flaviolf @ rc.unesp.br

²Universidade Estadual Paulista - Campus de Rio Claro
Departamento. de Geologia Aplicada
Rua 24-A, s/n, Rio Claro - SP; e-mail: chang @ rc.unesp.br

INTRODUÇÃO

O trabalho aqui apresentado trata do levantamento gravimétrico realizado na Bacia de Taubaté e áreas circunvizinhas, para a caracterização do seu arcabouço estrutural (topo do embasamento cristalino). O conhecimento do arcabouço estrutural de uma bacia é fundamental para o entendimento de sua origem e evolução, podendo subsidiar as atividades de exploração econômica de seus recursos naturais. Esta bacia, localizada na região leste do estado de São Paulo (Fig. 1), coincide geograficamente com o vale do rio Paraíba do Sul. Apresenta comprimento da ordem de 170 km e largura média de 20 km e espessura sedimentar média de 500 m, com máximos em 800 m (Fernandes, 1993).

Os dados gravimétricos foram adquiridos tanto na área de afloramento dos sedimentos terciários da bacia como nas serranias circunvizinhas. Estes dados foram posteriormente integrados à interpretação sísmica do levantamento realizado pela PETROBRÁS, sendo modelados 4 perfis gravimétricos utilizando modelos bi-dimensionais para os corpos causadores das anomalias (Talwani *et al.*, 1959). Desta forma, foi possível definir a forma do embasamento cristalino da Bacia de Taubaté.

A Bacia de Taubaté, junto com as bacias de São Paulo, Resende, Volta Redonda, Curitiba e Depressão da Guanabara, forma o *Sistema de Rifts da Serra do Mar (SRSM)* (Almeida, 1976), expressão da evolução terciária da região sul-sudeste do Brasil. O embasamento do *SRSM* é representado por rochas metamórficas e ígneas do Cinturão de Dobramentos Ribeira (Hasui *et al.*, 1975), possuindo evolução complexa e idades que vão desde o Arqueano até o Proterozóico Superior. Zonas de cisalhamento pré-cambrianas com direção NE são marcantes na estruturação desta região, delimitando blocos crustais de formas alongadas e/ou sigmóides (Fig. 1). Durante o Cenozóico, criaram-se condições para a implantação do *SRSM*, bacias que são caracterizadas pela sedimentação exclusivamente continentais ligados à ambientes fluvial e lacustre.

A Bacia de Taubaté constitui-se numa bacia do tipo *rift*, apresentando uma sedimentação tipicamente continental. A sedimentação é sintectônica, com depósitos sedimentares de granulometria grossa nas bordas falhadas da bacia, além de depósitos arenosos e argilosos, na parte central da bacia, ligados a ambientes de sedimentação fluvio-lacustres (Appi *et al.*, 1986; Chang *et al.*, 1989; Riccomini, 1989). A estruturação interna da bacia é caracterizada por grabens assimétricos, limitados por falhas e que, ao

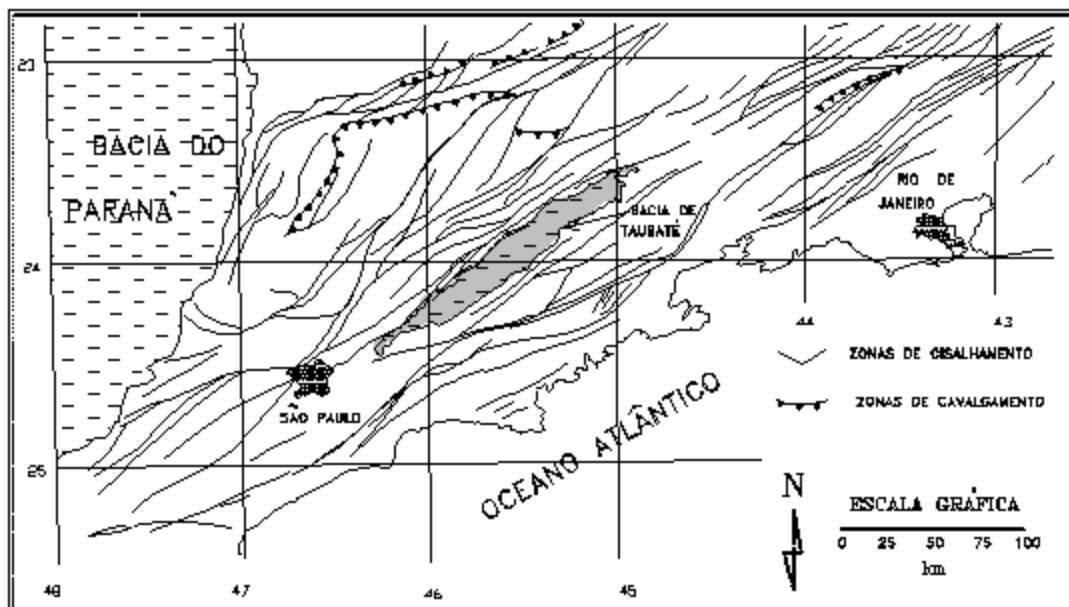


Figura 1 - Localização da Bacia de Taubaté e sua relação com as principais estruturas pré-Cambrianas do leste de São Paulo e sudoeste do Rio de Janeiro

Figure 1 - The Taubaté Basin and its relationship with the main pre-Cambrian structures of eastern São Paulo and southwestern Rio de Janeiro states.

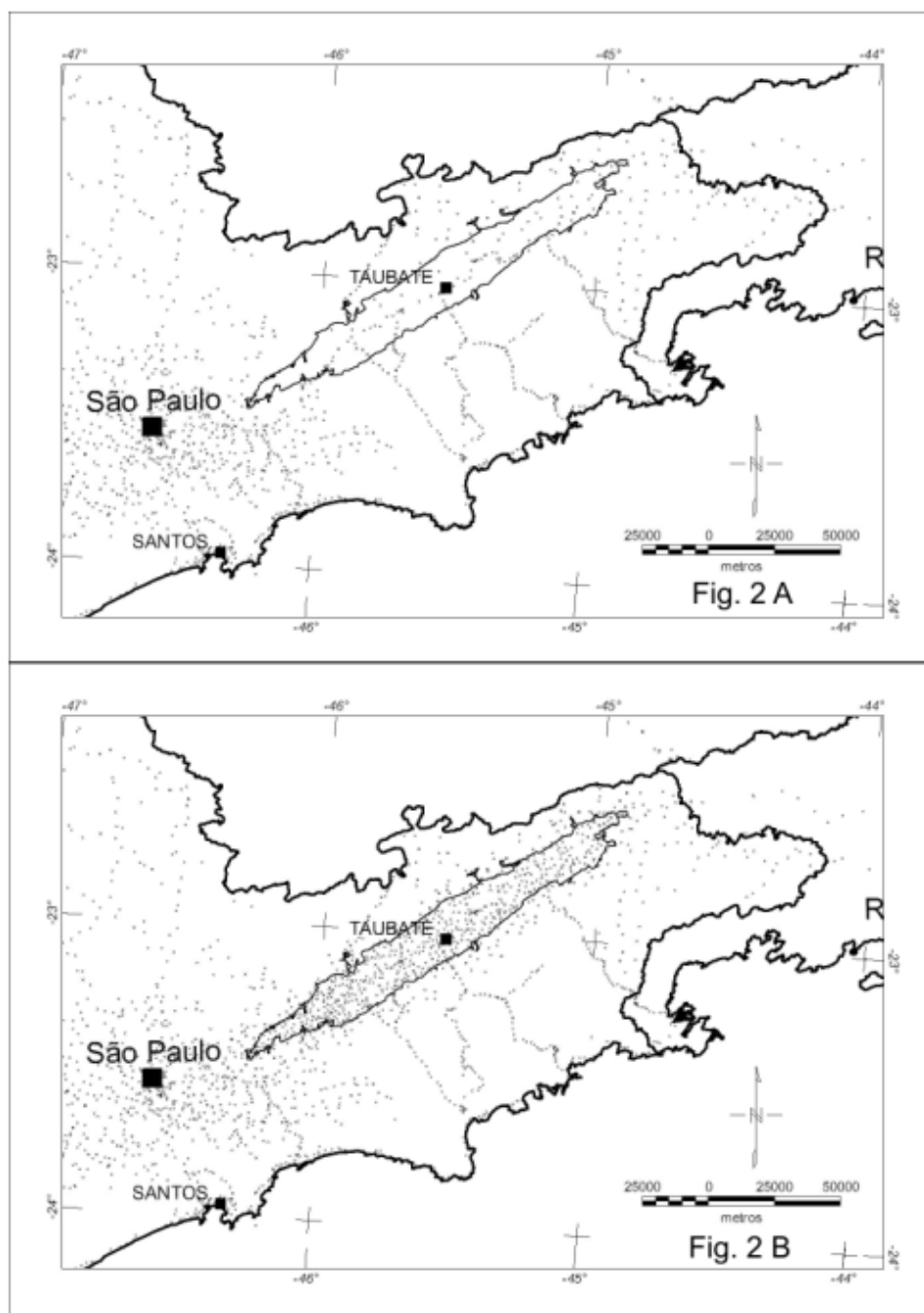


Figura 2 - Situações anterior (A) e atual (B) da cobertura gravimétrica do leste do estado de São Paulo. A cobertura inicial corresponde à Carta Gravimétrica do Estado de São Paulo (Galli *et al.*, 1987).

Figure 2 – Previous (A) and Present (B) of the gravity stations distribution in the eastern region of São Paulo State. The initial coverage corresponds to the Gravity Map of São Paulo State (Galli *et al.*, 1987).

longo da bacia, mudam de vergência formando um padrão alternado (Fernandes, 1993).

A maioria dos trabalhos de cunho geofísico anteriormente realizados na Bacia de Taubaté trouxeram importantes conhecimentos sobre as porções mais profundas da crosta, mas pouco acerca do arcabouço estrutural das bacias cenozóicas do

SRSM. Davino & Haralyi (1973) interpretando dados gravimétricos e magnetométricos em conjunto com sondagens elétricas (D.C.) relatam que as maiores espessuras de sedimentos localizam-se na porção central da Bacia de Taubaté, entre as cidades de Pindamonhangaba e Roseira.

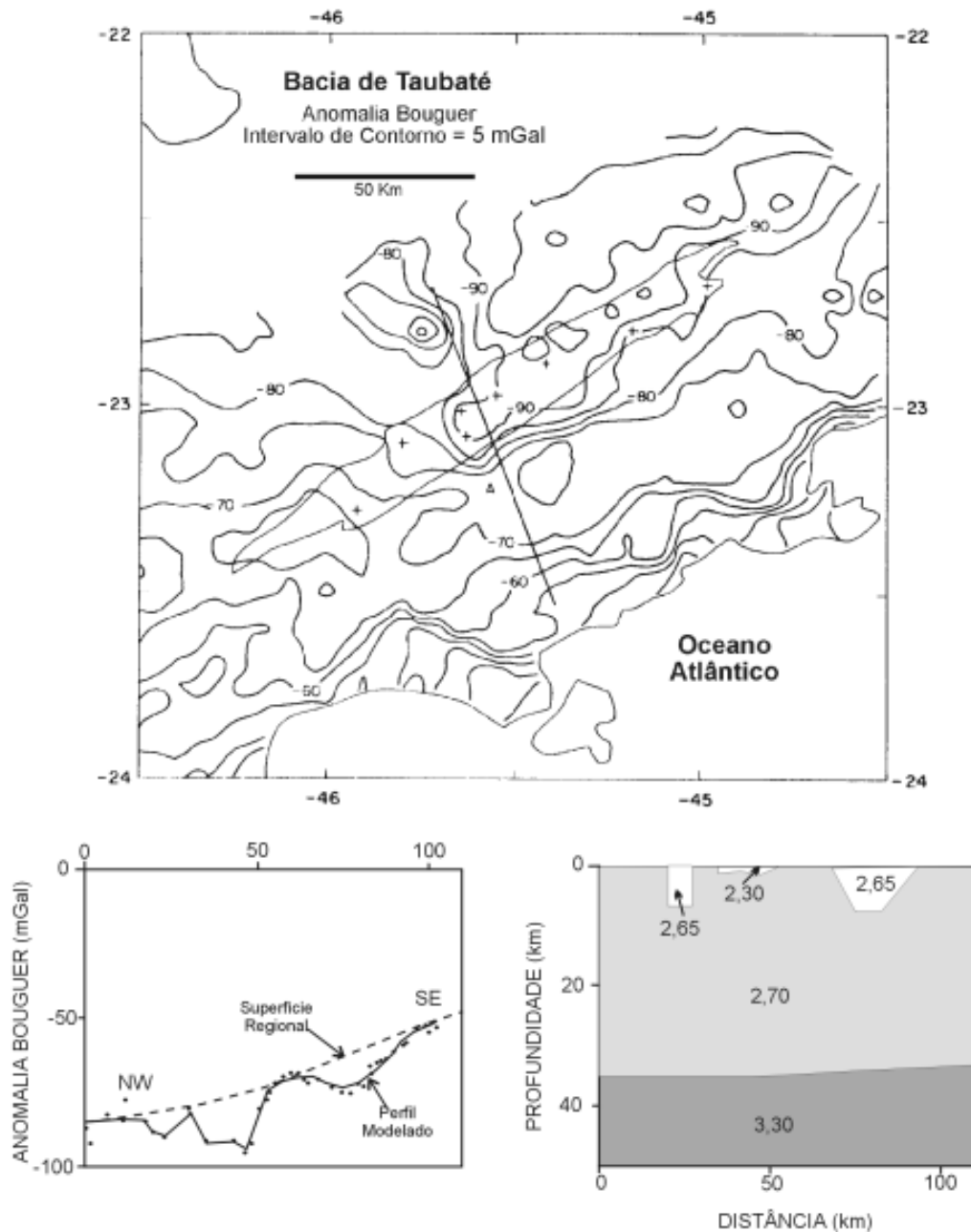


Figura 3 - Mapa de Anomalia Bouguer da região leste do estado de São Paulo, com a localização da Bacia de Taubaté. O perfil indicado no mapa foi modelado utilizando-se a técnica de Talwani. (Padilha *et al.*, 1991).

Figure 3 - Bouguer Gravity Map of eastern São Paulo State region. The profile shown in the map was modeled using the Talwani method (modified from Padilha *et al.*, 1991).

Galli *et al.* (1988) compilaram os dados gravimétricos existentes até aquele momento (Fig. 2-A), os quais foram utilizados por Padilha *et al.* (1991) para a modelagem gravimétrica de um perfil NNW passando pela cidade de Taubaté (Fig. 3). Através desta análise, estes autores inferem uma profundidade média de 35 km para a interface Crosta-Manto e uma espessura máxima de 1200 m de sedimentos para a Bacia de Taubaté, utilizando um contraste de

densidade de 0,6 g/cm entre os sedimentos e o embasamento cristalino. Padilha *et al.* (1991) também realizaram 8 medidas MT na bacia, caracterizando duas camadas elétricas: uma superior sendo altamente condutiva, representada pelos sedimentos da bacia; e uma inferior muito espessa e resistiva representada pelo embasamento cristalino pré-Cambriano.

Mais recentemente, Marques (1990) interpretou o levantamento sísmico realizado pela Petrobrás na

Bacia de Taubaté, reportando espessuras máximas de sedimentos ao redor de 850 m.

AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS GRAVIMÉTRICOS

O levantamento gravimétrico realizado teve um caráter semi-regional, possuindo a área de estudo um comprimento de 173 km por uma largura média de 20 km, sendo coberta também uma faixa de embasamento próximo à bacia, para a delimitação do contato entre os sedimentos cenozóicos e o embasamento cristalino da Bacia de Taubaté.

Aquisição dos Dados

Neste levantamento foram locadas 646 estações gravimétricas, formando uma malha irregular com cerca de 3 km. No entanto, nem toda a área recebeu uma igual densidade de pontos, como é o caso da região entre as cidades de Arujá e São José dos Campos, na porção SW da bacia. As situações anterior (dados da Carta Gravimétrica do Estado de São Paulo; compilados por Galli *et al.*, 1988) e posterior ao levantamento realizado podem ser observados na Fig. 2 A e B. A altimetria, fator fundamental num levantamento gravimétrico, não foi

determinada através da altimetria barométrica, método usualmente utilizado. Por motivos de agilidade optou-se pela utilização de pontos altimétricos fartamente registrados nas cartas topográficas 1:10.000 (Projeto Macro-Eixo, Secretaria de Economia e Planejamento do Estado de São Paulo) utilizadas neste trabalho. Estes pontos correspondem às Referências de Nível de 1ª ordem, pontos de triangulação geodésica e pontos de controle altimétrico para a confecção de cartas topográficas. As bases gravimétricas utilizadas foram: Base Taubaté; Base São José dos Campos; Base Guaratinguetá (Observatório Nacional); além de outras três bases estabelecidas para auxiliar o levantamento: Base Moji das Cruzes; Base Lorena; Base Jacareí.

Tratamento dos Dados

Após a realização do levantamento das estações gravimétricas, foi utilizado o Programa GRAVSYS (Buck, 1987), desenvolvido pelo *Geological Survey of Canada*, para o cálculo das anomalias gravimétricas. O sistema de referência utilizado foi o IGSN-71 e a fórmula de correção de latitude de 1967. A densidade utilizada para a correção bouguer foi de $2,67 \text{ g/cm}^3$

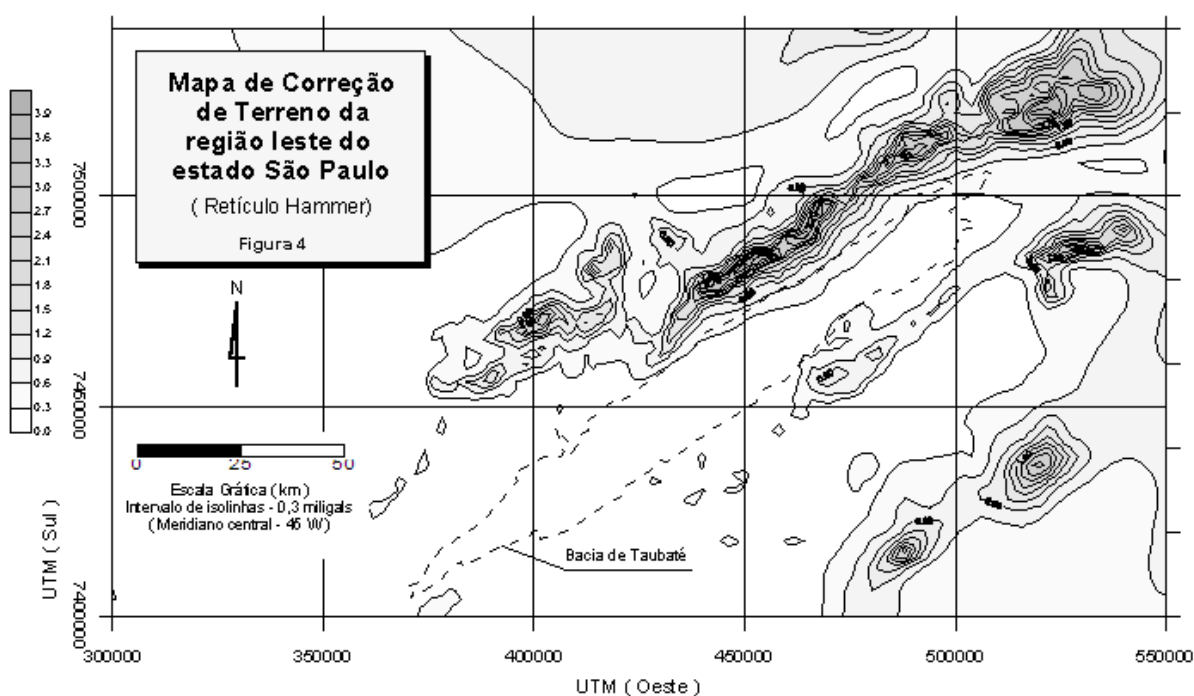


Figura 4 - Mapa de correção de terreno da região leste do estado de São Paulo.

Figure 4 - Terrain Correction Map of eastern region of the São Paulo State.

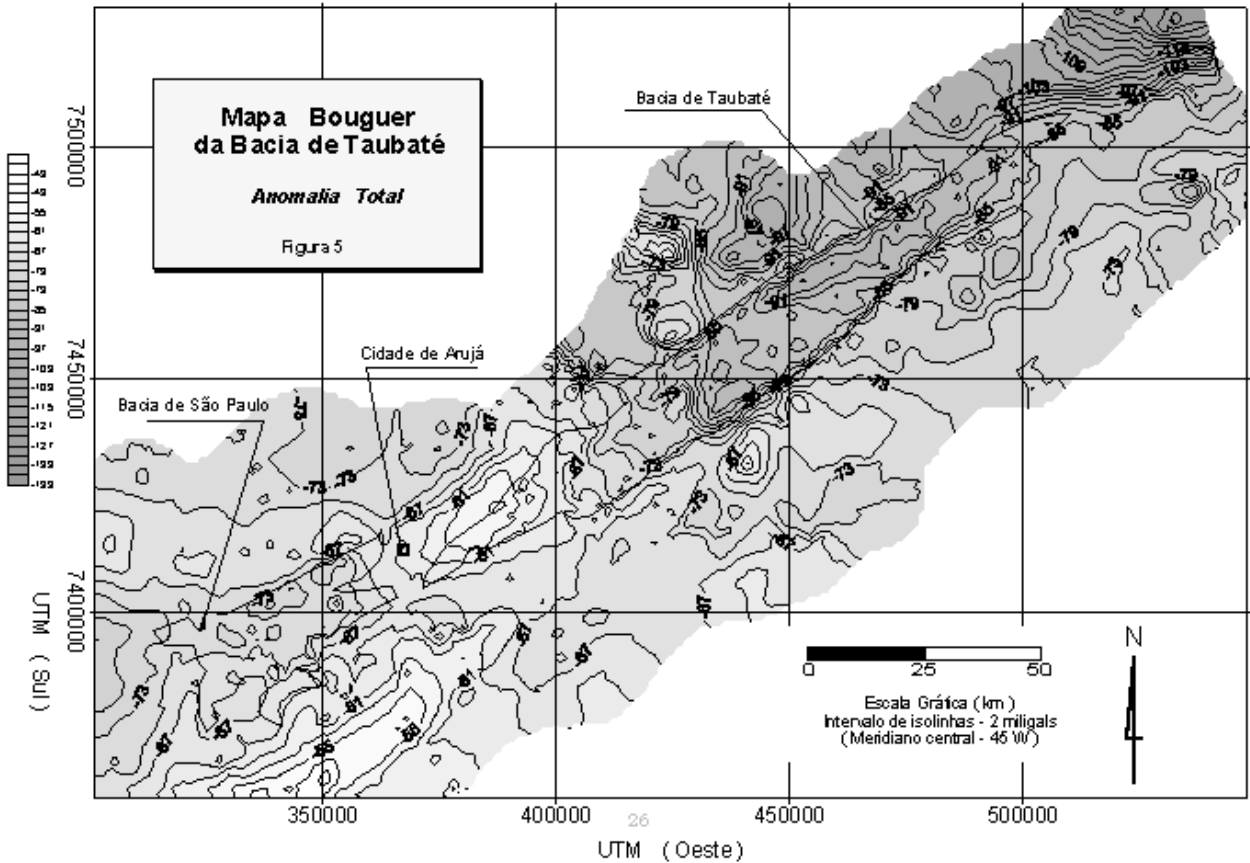


Figura 5 - Mapa Bouguer da Bacia de Taubaté.

Figure 5 - Bouguer Gravity Map of Taubaté Basin.

As correções aplicadas foram as tradicionais (Latitude, Ar Livre e Bouguer), além da correção de terreno. A correção de terreno foi necessária, uma vez que a média altimétrica do Vale do Paraíba situa-se na faixa de 500 a 600 m, enquanto que as serras vizinhas encontram-se entre 1400 a 2800 m. Para tanto, utilizou-se o método de Hammer (1939). A Fig. 4 apresenta o mapa de correção de terreno, obtido através da digitalização das cartas topográficas da região do Vale do Paraíba e posterior aplicação do método. As correções aplicadas variaram entre 0,0 e 4,0 mGal, estando os maiores valores localizados no sopé da Serra da Mantiqueira, desde a região de Campos do Jordão até o maciço de Itatiaia.

Separação das Componentes Regional / Local da Anomalia Bouguer

O Mapa Bouguer (Fig. 5) mostra a necessidade de separar anomalias de comprimento de onda de caráter regional, de grande comprimento de onda (> 100 km) das anomalias locais, permitindo assim a

comparação da amplitude da anomalias entre as porções SW e NE da bacia. Para proceder a esta separação utilizou-se primeiramente o método da Continuação para Cima, até um nível de 500 m acima da superfície de referência. Esta nova superfície gerada, que representa a componente regional das anomalias Bouguer na área, foi subtraída da superfície de anomalia Bouguer total, obtendo-se desta forma um Mapa Bouguer de Anomalia Residual (Fig. 6).

Para melhorar este mapa, aplicou-se uma nova filtragem, utilizando um filtro passa-alta, pelo qual foram eliminados os comprimentos de onda superiores a 30 km, fazendo com que o sinal resultante fosse, na sua maior parte, resultado da fonte de interesse, ou seja, a Bacia de Taubaté.

ANÁLISE QUALITATIVA DO MAPA GRAVIMÉTRICO BOUGUER

As principais feições observadas nos mapas gravimétricos Bouguer e Bouguer de Anomalia Residual (Figs. 5 e 6) foram interpretadas e

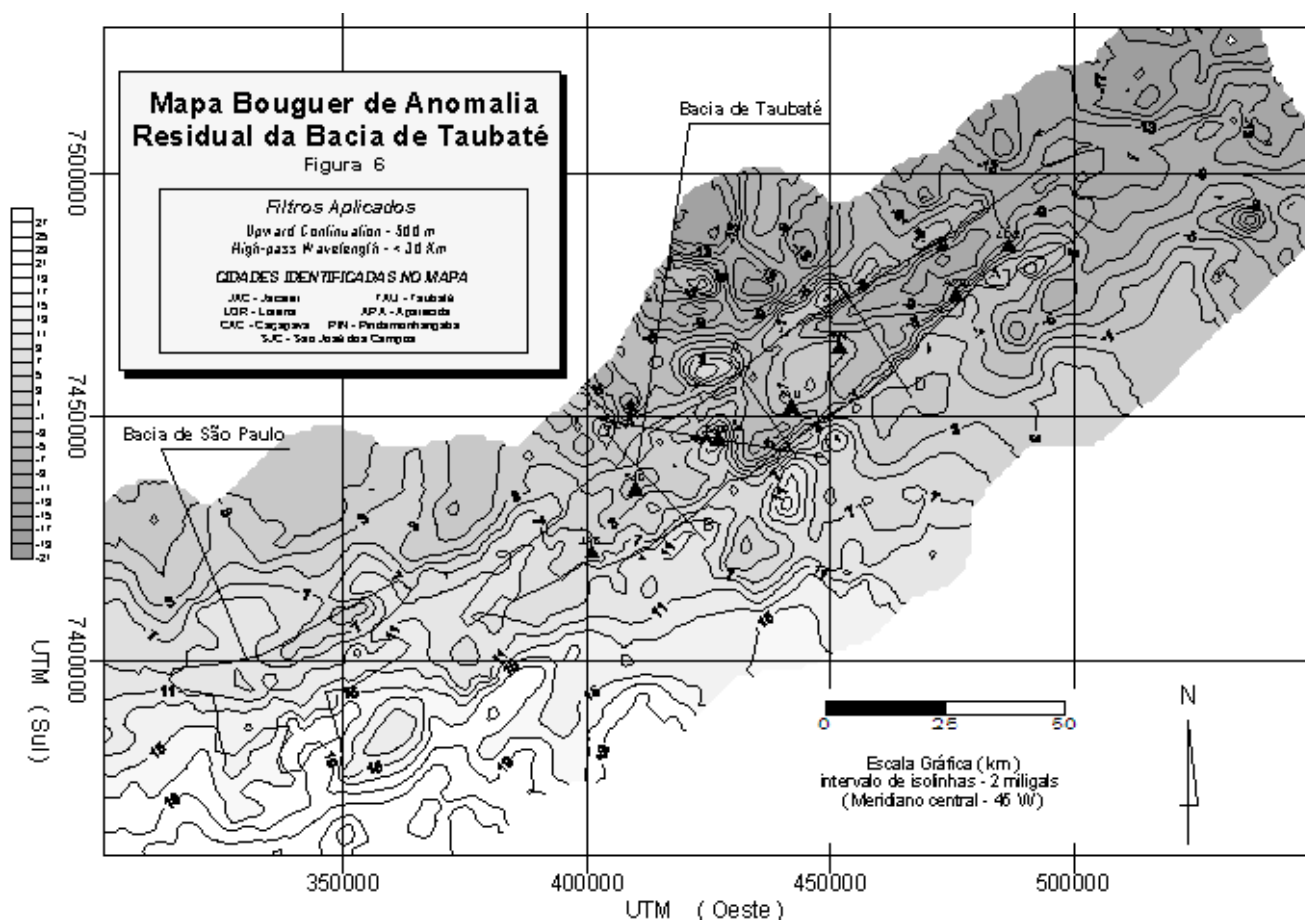


Figura 6 - Mapa Bouguer de Anomalia Residual da Bacia de Taubaté.

Figure 6 - Filtered Bouguer Gravity Map of Taubaté Basin area.

correlacionadas com feições geológicas identificadas nos mapas geológicos disponíveis para a região em foco: *a*) Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000 (IPT, 1981); *b*) Mapa Geológico do Estado de São Paulo - Região Administrativa 3 e 2 (Parcial), escala 1:200.000 (IPT, 1978); *c*) Mapas Geológicos do Estado de São Paulo em 1:250.000, Folhas de Campinas, São Paulo, Santos, Guaratinguetá e Volta Redonda (DAEE-UNESP, 1984); *d*) Mapa Geológico do Rift Continental do Sudeste Brasileiro, Setor São Paulo - Volta Redonda (Riccomini, 1989).

Mapa Gravimétrico Bouguer

O Mapa Gravimétrico Bouguer apresentado na Fig. 5, mostra a expressão da superfície gravimétrica de parte da região leste do estado de São Paulo, entre as cidades de São Paulo, a SW, e a região de Queluz, a NE. Este mapa cobre as regiões do Vale do Rio Paraíba do Sul e da Grande São Paulo.

Nesta porção do estado de São Paulo, os valores de anomalia Bouguer observados se situam na faixa de -50 mGal e -120 mGal, com média entre -60 e -70 mGal. A tendência geral observada possui a direção SW-NE, coincidente com as principais estruturas geológicas que compartimentam a região (Fig. 1). Algumas anomalias foram identificadas no mapa, sendo interpretadas como segue:

1) A feição mais marcante neste mapa é aquela relacionada às porções mais profundas da Bacia de Taubaté, entre as coordenadas UTM 400000W e 500000W. Trata-se de uma feição negativa, alongada segundo SW-NE, possuindo uma amplitude de aproximadamente 12 a 14 mGal. Não apresenta uma forma contínua, demonstrando a forma compartimentada da bacia. As feições internas relacionadas à esta anomalia serão melhor descritas na próxima seção.

2) Outra feição interessante constitui-se no baixo gravimétrico da porção NE do mapa, que está relacionado aos complexos alcalinos de Passa-Quatro

e Itatiaia. Esta anomalia negativa rebaixa a superfície gravimétrica de -84 mGal para -120 mGal, com um gradiente da ordem de -3 mGal/km.

3) Na região de Arujá, porção SW da Bacia de Taubaté, entre as coordenadas UTM 360000W e 400000W, verifica-se um alto gravimétrico com forma elipsoidal, alongada segundo NE. Nos mapas geológicos consultados não se verificou nenhuma mudança litológica, em superfície, correlacionável com esta feição, podendo estar associada talvez à terminação em cunha do Bloco Tectônico Paraíba do Sul, que é limitada pelas falhas do Alto da Fartura e Taxaquara (IPT, 1981). Este alto gravimétrico também apresenta certa coincidência com a “Soleira de Arujá”, alto estrutural do embasamento cristalino que divide as bacias de Taubaté e São Paulo.

4) Não somente a Bacia de Taubaté pode ser identificada no Mapa Bouguer, como também é possível observar um baixo alongado, acompanhando a tendência NE-SW, referente à Bacia de São Paulo. A forma e as dimensões deste baixo gravimétrico estão de acordo com os mapas geológicos disponíveis, apresentando seu limite norte determinado pelas falhas de Caucaia e Taxaquara. A amplitude do baixo é da ordem de 8 a 10 mGal, com gradiente da ordem de 0,8 a 1,0 mGal/km.

5) Ao sul da anomalia negativa relacionada a Bacia de São Paulo, pode ser descrita uma feição positiva, alongada também segundo NE-SW, com amplitude de 10 mGal e gradiente da ordem de 1,0 mGal/km. Mais uma vez não foi constatada nos mapas geológicos nenhuma feição diretamente correlacionada a esta anomalia, a não ser pela sua quase coincidência com a Falha de Cubatão, estrutura regional de grande importância que separa regiões de afloramentos de rochas arqueanas a SE, daqueles de rochas do Proterozóico Superior a NW.

Os corpos graníticos, fartamente distribuídos nesta região, não apresentam nenhuma feição anômala peculiar, talvez pela pequena diferença de densidade entre estes corpos graníticos e o embasamento, ou simplesmente, pela falta de cobertura de dados, uma vez que estes granitos não se constituíram no objetivo do levantamento. Uma exceção refere-se a dois pequenos baixos situados a sul de Guaratinguetá, entre as coordenadas UTM 480000W, 500000W e 7460000S, 7480000S, correlacionáveis a um corpo

granítico alongado, registrado no Mapa Geológico 1:250.000 (DAEE-UNESP, 1984). Outra provável feição semelhante pode ser inferida na porção mais SW do mapa, possivelmente relacionado aos granitos da região de Embu - Taboão da Serra.

Mapa Gravimétrico Bouguer de Anomalia Residual

Através da manipulação e filtragem dos dados gravimétricos disponíveis para a região, obteve-se o Mapa Gravimétrico Bouguer Anomalia Residual apresentado na Fig. 6, que representa a expressão gravimétrica da Bacia de Taubaté, mostrando a sua compartimentação e feições internas.

Numa primeira análise, este mapa gravimétrico mostra duas porções distintas na bacia. Uma mais profunda, na porção NE da área, fornecendo anomalias da ordem de -8 a -12 mGal, e uma mais rasa na região SW da área, com valores entre 0 e 8 mGal.

A porção mais profunda apresenta uma forma alongada, com um comprimento de 70 km e uma largura que varia de 10 a 20 km. Os gradientes que delimitam tal compartimento são da ordem de 0,8 a 2,0 mGal/km, dependendo da maior ou menor associação com as falhas de borda da bacia. Internamente, esta parte da Bacia de Taubaté mostra dois compartimentos com formas distintas, caracterizados por baixos gravimétricos, separados por um alto relativo.

O primeiro compartimento, situado na região da cidade de Taubaté, possui uma forma aproximadamente triangular, com dimensões em torno de 15 por 18 km, delimitado ao sul e a oeste, por fortes gradientes da ordem de 2,0 a 2,5 mGal/km. A nordeste deste baixo, identifica-se um outro compartimento, com forma mais complexa, grosso modo trapezoidal, localizado na região de Aparecida e Lorena. Suas dimensões são aproximadamente de 40 km de comprimento por uma largura média de 15 km, apresentando-se delimitado a NW e a SE por fortes gradientes, em torno de 2,0 mGal/km. Este baixo apresenta um gradiente mais suave em sentido a SW, aproximando-se do Alto de Pindamonhangaba. Este alto, cerca de 4 a 5 mGal mais alto que os baixos de Taubaté e Aparecida, apresenta-se com uma forma

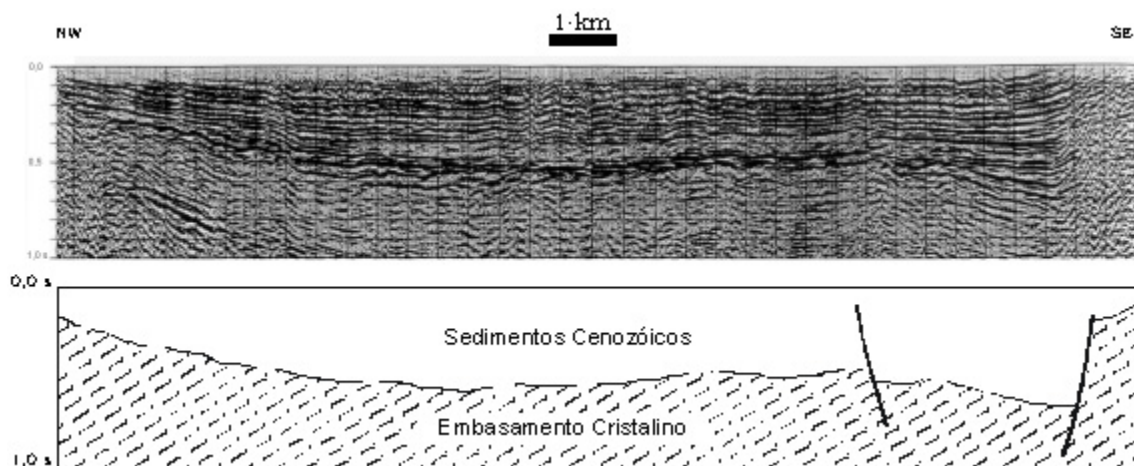


Figura 7 - Seção sísmica *dip* no compartimento Taubaté, coincidente com o perfil gravimétrico A. Modificado de Fernandes (1993).

Figure 7 - *Dip seismic section in the Taubaté Basin. This section coincides with Modeling Gravimetric section A. After Fernandes (1993).*

elipsoidal, com dimensão ao redor de 15 km e gradientes suaves em direção aos baixos adjacentes.

A porção mais rasa da bacia situa-se a SW da área, caracteriza por um baixo gravimétrico pouco expressivo, se comparado à porção NE da área. Apresenta uma forma irregular, mais ou menos alongada, definida por gradientes da ordem de 0,5 a 1,0 mGal/km. Internamente, apresenta um pequeno baixo relativo na região de São José dos Campos, com forma alongada segundo NE e pequenos gradientes delimitadores. Ao sul deste baixo, na região de Jacareí, caracteriza-se por apresentar um pequeno patamar.

Estas duas porções da Bacia de Taubaté são separadas por um expressivo alto gravimétrico situado na região de Caçapava. Este alto apresenta uma forma elíptica, com dimensão maior por volta de 10 km na direção NNE. Apresenta-se delimitado por fortes gradientes, da ordem de 2,0 mGal/km, principalmente nos lados leste e noroeste. O fato deste alto apresentar uma amplitude maior que aquela esperada para um alto do embasamento interno à bacia, já que se apresenta com valores superiores aos observados na borda da bacia, constituiu-se num alvo para a modelagem.

Algumas anomalias externas à bacia, com formas elípticas, observadas no mapa de Anomalia Residual, podem estar relacionadas a corpos com contraste de densidades internos ao embasamento cristalino, que por apresentarem dimensões comparáveis à bacia, não puderam ser retiradas durante a filtragem do mapa Bouguer.

MODELAGEM GRAVIMÉTRICA

A modelagem gravimétrica realizada neste trabalho objetivou determinar quantitativamente a geometria interna da Bacia de Taubaté. Assim, foram modelados 4 perfis gravimétricos em situações diversas na bacia.

O contraste de densidade utilizado foi obtido através da calibração de um perfil gravimétrico sobre uma das seções sísmicas existentes na bacia (Fig. 7). Assim, adotou-se o valor médio de $-0,34 \text{ g/cm}^3$ para o contraste de densidade entre os sedimentos da bacia e o seu embasamento cristalino, que seria o valor calibrado para a porção central da Bacia de Taubaté. Este valor sofreu modificações em alguns perfis, para melhor ajuste entre as curvas observada e calculada. Estas variações foram da ordem de, no máximo, $0,03 \text{ g/cm}^3$.

Tais valores são compatíveis aos utilizados por outros autores em modelagens gravimétricas realizadas em contextos geológicos semelhantes ao encontrado na Bacia de Taubaté. Browne *et al.* (1985) modelaram o White Nile Rift (Sudão) e propuseram um valor de contraste de densidade médio de $-0,40 \text{ kg/m}^3$, para espessuras menores que 3600 m. Bedregal (1991), modelando a forma interna da Bacia de Iguatu, estado do Ceará, adotou um contraste de densidade médio de $-0,32 \text{ g/cm}^3$. Modelando o Graben do Rio Reno, Campos-Enriquez *et al.* (1992) utilizam valores em torno de $-0,40 \text{ g/cm}^3$ para profundidades ao redor de 1000 m.

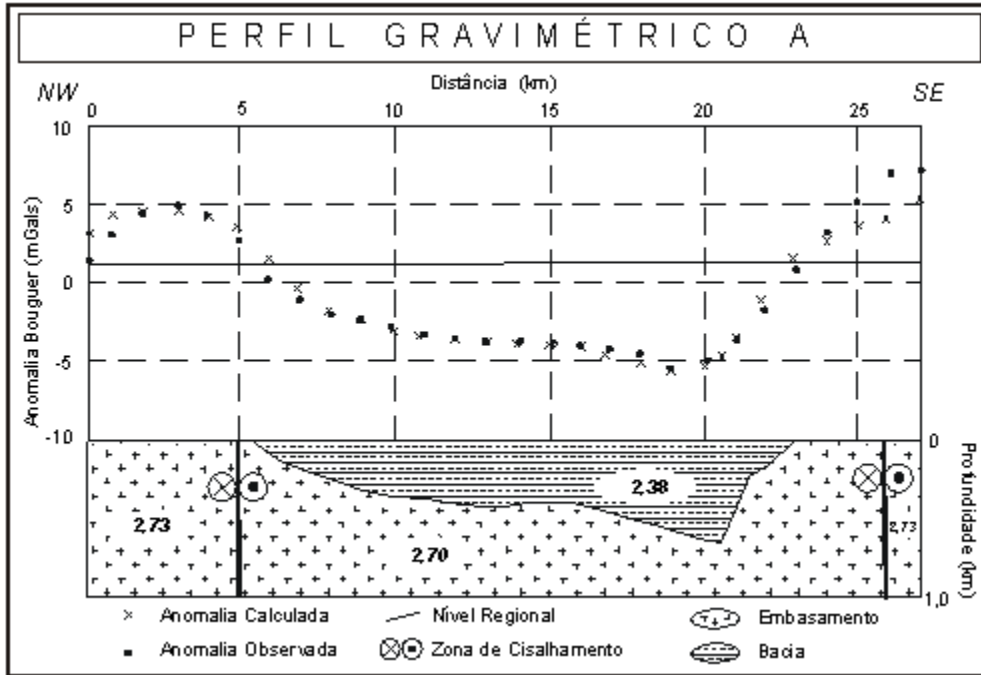


Figura 8 - Perfil gravimétrico modelado A (região de Taubaté).

Figure 8 - Gravity Modeling section A (Taubaté region).

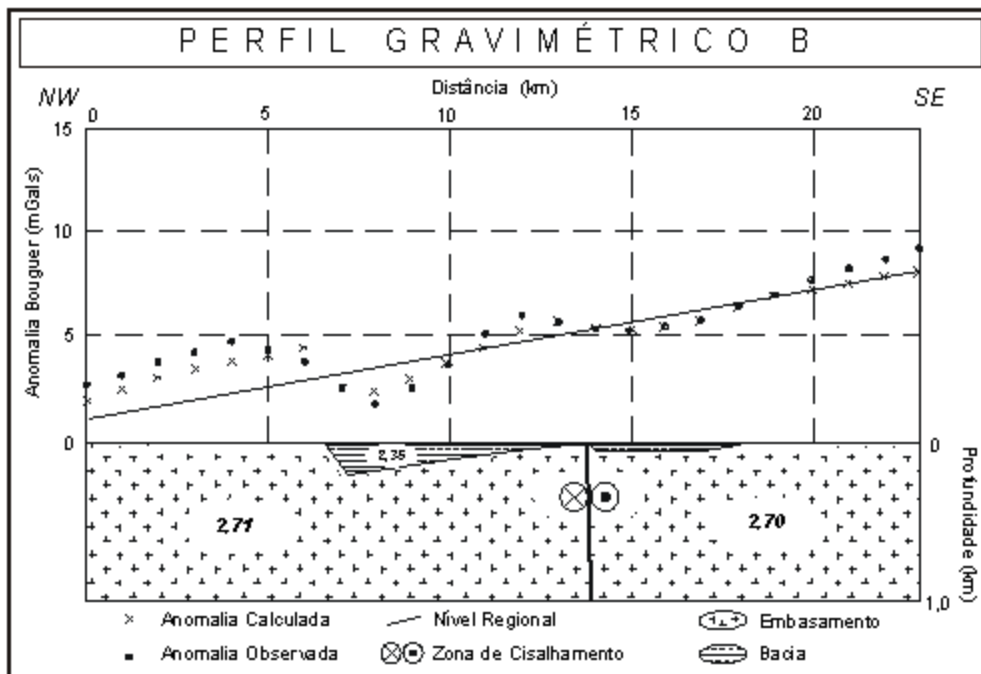


Figura 9 - Perfil gravimétrico modelado B (região de Jacareí).

Figure 9 - Gravity Modeling section B (Jacareí Region).

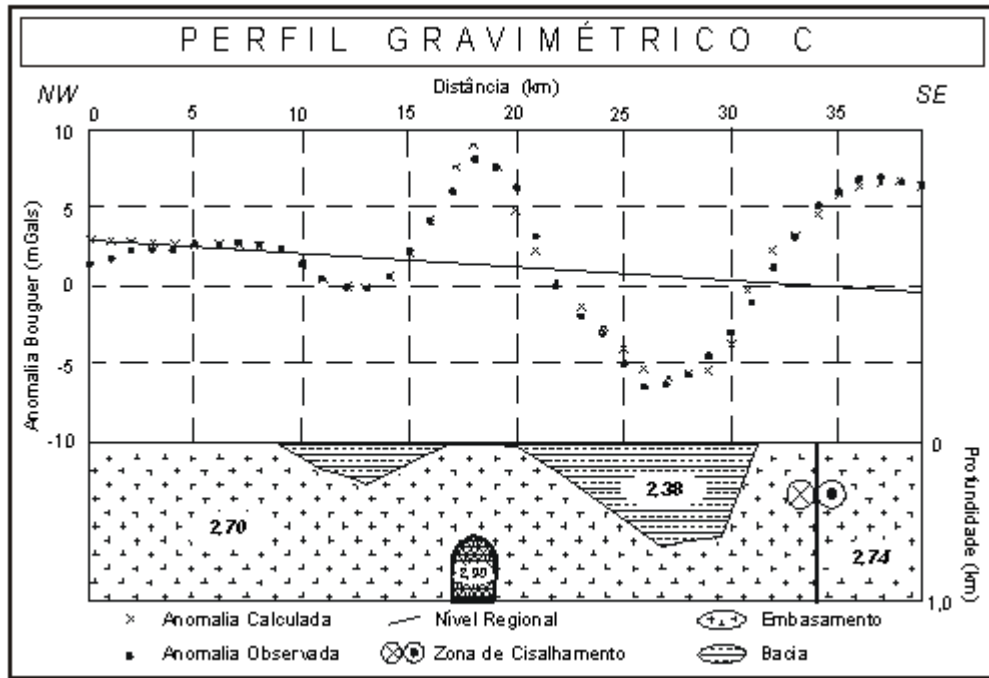


Figura 10 - Perfil gravimétrico modelado C (região de Caçapava).

Figure 10 - Gravity Modeling section C (Caçapava Region).

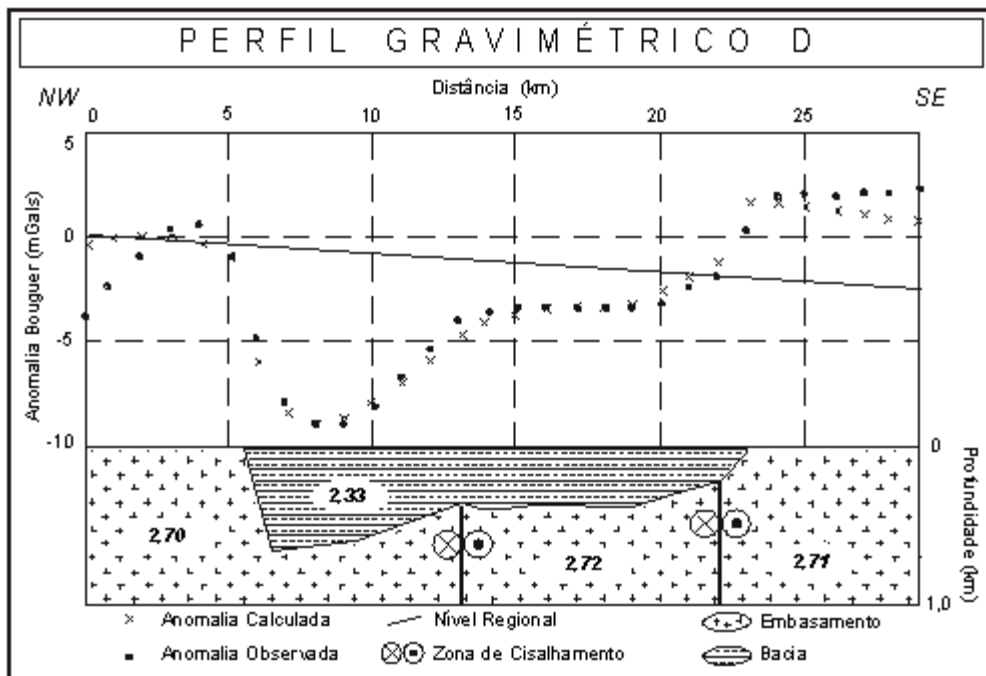


Figura 11 - Perfil gravimétrico modelado D (região de Roseira).

Figure 11 - Gravity Modeling section D (Roseira Region).

O método utilizado neste trabalho foi o de Talwani *et al.* (1959), que calcula o efeito gravimétrico vertical e horizontal de um corpo bidimensional de forma arbitrária, aproximando-o a um polígono de n lados. A acuracidade do método é tão maior quanto maior o número de vértices do polígono que representa a seção do corpo a ser modelado.

Perfis Gravimétricos Modelados

A localização dos 4 perfis é mostrada na Fig. 6, que mostra as relações entre os perfis modelados e os contornos das isogálicas, procurando cobrir características estruturais distintas da Bacia de Taubaté. Os perfis **A** a **D**, mostrados nas Figs. 8 e 11, estão localizados sobre seções sísmicas para a calibração dos parâmetros de modelagem e também em locais não cobertos pela sísmica de reflexão.

Para realizar a calibração entre a sísmica de reflexão e gravimetria, locou-se o perfil **A** sobre a seção sísmica próximo à cidade de Taubaté. A Fig. 8 mostra a geometria modelada para esta porção da bacia, que comparada com a seção sísmica apresenta uma geometria de Meio-Graben (*Half-Graben*) com polaridade para SE.

Ressalta-se que o valor de $2,70 \text{ g/cm}^3$ utilizado como a densidade do embasamento, é um valor inferido através dos valores existentes na literatura para gnaisses e migmatitos. Para acomodar as anomalias não relacionadas diretamente a bacia, mas sim o seu embasamento, e considerando a existência das zonas de cisalhamento brasileiras, de movimentação essencialmente dextral, orientadas paralelamente à bacia, foram modeladas diferenças de densidade internas ao embasamento, inferindo-se pequenas mudanças, da ordem de $0,01$ a $0,05 \text{ g/cm}^3$.

O perfil **B** mostra a Bacia de Taubaté numa situação pouco profunda na região de São José dos Campos, onde são constatadas espessuras inferiores a 200 m, sendo o bloco principal limitado a NW por uma falha de borda (Fig. 9).

Na região de Caçapava, foi modelado o perfil **C** (Fig. 10) oblíquo à borda da bacia, porém perpendicular ao maior alongamento do alto interpretado nesta região. Esta seção foi locada nesta posição na tentativa de compreender a existência de um expressivo alto gravimétrico. Esta anomalia

gravimétrica da ordem de 7 mGal, é maior do que a que se esperaria para um alto do embasamento interno a bacia, sendo interpretado como um corpo com densidade maior que o embasamento cristalino encaixante, principalmente pela forma elíptica e amplitude da anomalia. Um corpo com estas características assemelhar-se ao *Plug Alcalino* de Ponte Nova, descrito por Cavalcante *et al.* (1979) e mais recentemente por Alves *et al.* (1992), situado a 35 km ao norte de Caçapava. Trata-se de um corpo gabróide com tendência alcalina, de forma elíptica, medindo 2,5 por 3,5 km, datado de $86 \pm 10 \text{ Ma}$. (Cavalcante *et al.*, *op. cit.*).

Assim sendo, a anomalia positiva na região de Caçapava está sendo interpretada neste trabalho como sendo um corpo alcalino, de composição básica e dimensões ao redor de 2,5 km. Tal corpo possuiria um contraste de densidade em relação ao embasamento gnaissico-migmatítico da ordem de $+0,20 \text{ g/cm}^3$, e estaria situado a cerca de 500 m de profundidade.

Ainda no perfil **C**, a leste do Alto de Caçapava, é modelado o bloco baixo do compartimento Taubaté, com espessura sedimentar chegando a 650 m, apresentando-se limitado por uma falha de borda na porção SE. Do lado NW é modelado parte do Compartimento São José dos Campos, com espessura não superior a 270 m.

A nordeste do alto da região de Pindamonhangaba, a geometria da bacia apresenta uma forma distinta, com basculamento do embasamento para NW. A Fig. 11 mostra a modelagem gravimétrica do perfil **D**, onde pode ser observada uma geometria típica de Meio-Graben, com uma falha de borda principal a NW e a borda SE sendo formada por uma falha de menor rejeito. As espessuras sedimentares máximas são da ordem de 700 m, junto à falha principal. A porção central da bacia forma um platô, onde a espessura fica em torno de 400 m. Dois blocos com densidades diferentes são modelados para o melhor ajuste entre as anomalias observadas e modeladas.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Após o refinamento da malha gravimétrica da Bacia de Taubaté e posterior interpretação dos dados,

pode-se considerar boa a correlação entre a gravimetria e a sísmica de reflexão, indicando como válidas as filtragens aplicadas ao Mapa Bouguer (Fig. 5). A bacia é claramente identificada no Mapa Gravimétrico Bouguer sendo que, após as filtragens para a obtenção do Mapa Bouguer de Anomalia Residual (Fig. 6), visualiza-se ainda melhor a sua forma e compartimentação.

A modelagem gravimétrica 2D (método de Talwani) corroborou as interpretações sobre a compartimentação da bacia providas da sísmica de reflexão e dos mapas Bouguer.

A bacia apresenta, no Mapa Bouguer de Anomalia Residual, dois compartimentos principais com profundidades diferentes. Um na porção NE, mais profundo (até 800 m) e outro na porção SW, mais raso (menor que 300 m), fato confirmado pelas seções sísmicas. A porção mais profunda caracteriza-se por feições típicas de uma bacia do tipo *rift*, com inversão de depocentos, separados por altos internos à bacia. A espessura sedimentar da bacia nesta região está ao redor de 450-500 m, com máximos ao redor de 800 m.

Em direção à porção mais rasa da bacia, o Alto de Caçapava (Fig. 6) apresenta-se como um divisor, onde foi modelado um corpo alcalino, básico-ultrabásico, semelhante àquele descrito na região da Fazenda Ponte Nova, localizada a 35 km ao norte de Caçapava, município de Campos do Jordão. O corpo foi modelado com cerca de 10 km de dimensão vertical, forma circular de 2,5 km de diâmetro e profundidade de 500 m. Desta forma, esta litologia não aflora na região de Caçapava interferindo, porém nos processos deformacionais que originaram as bacias do *SRSM*.

As formas do embasamento da bacia a SW de Caçapava são pouco definidas, exceto pelo graben alongado segundo NE, entre as cidades de Jacareí e São José dos Campos. A forma da bacia fica indefinida na sua porção SW, principalmente devido ao Alto Gravimétrico da região de Arujá. As terminações NE e SW da Bacia de Taubaté apresentam pequena espessura sedimentar.

Uma feição interessante no Mapa Bouguer é o proeminente baixo gravimétrico na região dos maciços alcalinos de Passa-Quatro e Itatiaia. Esta feição é interpretada como um fenômeno profundo, ligado a

intrusão de magma alcalino diferenciado, originado na base da crosta/topo do manto litosférico. Isto caracterizaria um contraste de densidade negativo, levando-se em conta a relação de densidades entre o magma alcalino e o material encaixante nessa profundidade, o que resultaria no conspicuo baixo gravimétrico observado na região.

Alguns corpos graníticos puderam ser interpretados no Mapa Bouguer, assim como a Bacia de São Paulo, principalmente pela grande cobertura de dados na área da Grande São Paulo, dada pela Carta Gravimétrica do Estado de São Paulo (Galli *et al.*, 1988).

Identifica-se também um alto gravimétrico na região de Arujá, coincidente com a chamada “Soleira de Arujá”, alto estrutural do embasamento cristalino que separa as bacias de São Paulo, a oeste e de Taubaté, a leste.

REFERÊNCIAS

- Almeida, F. F. M., 1976.** The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, **48** (supl.):15-26.
- Alves, F. R., Ruberti, E. & Vlach, S. R. F., 1992.** Magmatismo Meso-Cenozóico da região da Serra da Mantiqueira, SP/MG. Bol. IG/USP, Publ. Esp. **(12)**: 7-9
- Appi, C. J., Freitas, E. L. & Castro, J. C., 1986.** Faciologia e Estratigrafia da Bacia de Taubaté. Comunicação Técnica. Rel. Interno CENPES/PETORÁS (Inédito).
- Bedregal, R. P., 1991.** Estudo gravimétrico e estrutural da Bacia de Iguatu - CE. Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto. 155p.
- Browne, S. E., Fairhead, J. D., Mohamed, I. I., 1985.** Gravity study of the White Nile Rift, Sudan, and its regional tectonic setting. Tectonophysics **113**: 125-137.
- Buck, R. J., 1987.** GRAVSYS. GRAVity data processing SYStem. Version 2.0. Developed by R. J. Buck - Gravity Data Centre. Geological Survey of Canada.
- Campos-Enriquez, J. O., Hubral, P., Wenzel, F., Lueschen, E. & Meier, L., 1992.** Gravity and

- magnetic constraints on deep and intermediate crustal structure and evolution models for the Rhine Graben. *Tectonophysics* **206**: 113-135.
- Cavalcante, J. C., Cunha, H. C. S., Chieregati, L. A., Kaefer, L. Q., Rocha, J. M., Daitx, E. C., Coutinho, M. G. N., Yamamoto, K., Drumond, J. B. V.; Rosa, D. B. & Ramalho, R., 1979.** Projeto Sapucaí. Relatório final de geologia. Série Geologia nº 4. DNPM. Brasília, Brasil.
- Chang, H. K., Appi, C. J., Riccomini, C., Castro, J. C., Arai, M., Freitas, E. L. & Santod Neto, F. V., 1989.** Geologia da Bacia de Taubaté. Simp. Geol Sudeste, 1., Bol. Res., Rio de Janeiro, SBG p.10
- DAEE – UNESP, 1984.** Mapas Geológicos do Estado de São Paulo, escala 1:250.000. Folhas São Paulo, Campinas, Guaratinguetá e Santos. Departamento de Águas e Energia Elétrica; Universidade Estadual Paulista.
- Davino, A. & Haralyi, N. L. E., 1973.** Levantamentos geofísicos no Vale do Paraíba. Cong. Bras. Geol., 27°. Anais. vol.1: pp. 281-286
- Fernandes, F. L., 1993.** Compartimentação Tectônica e Evolução da Bacia de Taubaté. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. 145 pp
- Galli, V., Blitzkow, D., Sá, N. C., 1988.** Carta gravimétrica do Estado de São Paulo. São Paulo. IPT (Rel. nº 25.645)
- Hammer, S., 1939.** Terrain corrections for gravimeter stations. *Geophysics*, 4:184-194.
- Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Coimbra, A. M., 1975.** The Ribeira Folded Belt. *Rev. Bras. Geoc.*, 5(4):257-266.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1978.** Geologia da região administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da região administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo. São Paulo. IPT Monografias nº 1) 78p.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981.** Mapa Geológico do Estado de São Paulo, 1:500.000, Nota explicativa. São Paulo, IPT. 126p. (Série Monografia nº 6).
- Marques, A., 1990.** Evolução tectono-sedimentar e perspectivas exploratórias da Bacia de Taubaté, São Paulo, Brasil. *Bol. Geoc. Petrobrás*, Rio de Janeiro, 4(3):253-262.
- Padilha, A. L., Trivedi, N. B., Vitorello, Í. & Costa, J. M., 1991.** Geophysical constraints on tectonic models of Taubaté Basin, southeastern Brazil. *Tectonophysics*, **196**:157-172.
- Riccomini, C., 1989.** O *Rift* Continental do Sudeste Brasileiro. São Paulo. 256 p. (Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da USP)
- Talwani, M., Worzel, J. L. & Landisman, M., 1959.** Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone. *Jour. Geophys. Res.* **64**(1):49-59.

NOTES ABOUT THE AUTHORS

Flávio Luís Fernandes

Geólogo do Laboratório de Estudo de Bacias (LEBAC) da UNESP – Rio Claro, desenvolvendo estudos sobre sistema petrolíferos e modelagem de bacias. Trabalhou por 2 anos na ANP – Agência Nacional do Petróleo, onde atuou na definição dos blocos exploratórios a serem licitados pelo governo. Trabalhou também como hidrogeólogo na SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, entre 1997 e 1999. Trabalhou de 1993 a 1996 como geólogo no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Petrobrás (CENPES) no Rio de Janeiro. Graduou-se Geólogo em 1990 na UNESP - Campus de Rio Claro. Neste mesmo ano, ingressou no curso de mestrado em Geologia Estrutural da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), defendendo sua dissertação em 1993. Acaba de concluir

seu curso de Doutorado na UNESP – Rio Claro. Seus interesses atuais referem-se a Modelagem de Bacias Sedimentares e estudo de Sistemas Petrolíferos.

Hung Kiang Chang

Professor adjunto de geologia na Universidade Estadual Paulista (UNESP) desde 1995. Até se juntar à UNESP, trabalhou por 15 anos na Petrobrás - Rio de Janeiro. Trabalhou também por dois anos com exploração de ouro na UNIGEO. Graduou-se Geólogo na USP (1974) e conseguiu seus graus de Mestrado (M.S. - 1979) e Doutorado (PhD - 1983) na Northwestern University. Seus interesses de Pesquisas atuais incluem a geoquímica de baixas temperaturas, a modelagem de bacias e a geoquímica de água subterrânea.