

# ESTRUTURAÇÃO DOS TERRENOS PRÉ-CAMBRIANOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL E OESTE DO URUGUAI: UM ESTUDO POR MODELAMENTO GRAVIMÉTRICO

W. Shukowsky<sup>1</sup>, A.C.B.C. Vasconcellos<sup>2</sup> & M.S.M. Mantovani<sup>1</sup>

O embasamento do segmento meridional da Bacia do Paraná encontra-se exposto, junto à costa Atlântica, nos Estados de Santa Catarina e Paraná e no Escudo Sul-Riograndense. A equivalência geotectônica dos terrenos dessas duas áreas indica a existência de continuidade física, sob as coberturas fanerozóicas, para as unidades maiores individualizadas: Cinturão Dom Feliciano, Cráton Rio de La Plata-Luis Alves e Maciço de Curitiba.

A integração de mais de 4000 dados gravimétricos levantados nos últimos anos na região Sul do Brasil, complementada com a carta gravimétrica do Uruguai, resultou em um mapa regional da anomalia Bouguer. A partir da assinatura gravimétrica das diversas unidades geotectônicas reconhecidas e de sua análise quantitativa sobre quatro perfis selecionados, caracteriza-se a continuidade dos terrenos cratônicos e das faixas de dobramentos, com inferência de provável continuidade do Maciço de Curitiba até o extremo nordeste do Escudo Sul-Riograndense.

A componente negativa regional, característica marcante do levantamento, inversamente correlacionada à topografia e cujo mínimo se localiza na porção centro-setentrional da área, é atribuída a um efeito de compensação isostática associado ao evento termo-tectônico que originou as vulcânicas da Formação Serra Geral.

PRE-CAMBRIAN TERRANES OF SOUTH BRAZIL AND WESTERN URUGUAY: A GRAVITY MODELING STUDY – The southern portion of the Paraná basin basement outcrops in the Catarinense and Sul-Riograndense shields, bordering the Atlantic coast. The geotectonic equivalence, inferred by geological and geochemical characteristics for the terranes of the two areas, suggests a continuity, under the Phanerozoic covers, for the three major units: Dom Feliciano Belt, Rio de La Plata-Luis Alves Craton and Curitiba Massif.

More than 4000 gravimetric stations recently surveyed in southern Brazil, integrated with the Uruguay gravimetric chart, were used to draw a regional Bouguer anomaly map. The gravimetric signature of the various geotectonic units and the inversion of four gravity profiles characterize the continuity of the cratonic terranes and fold belts, and suggest the continuity of the Curitiba Massif up to the northeastern border of the Sul-Riograndense shield.

A striking negative regional Bouguer anomaly component, inversely correlated to the topography and with a minimum in the central-northern portion of the area, is attributed to an isostatic response associated with the thermal-tectonic event accountable for the magmatism of the Serra Geral Formation.

## INTRODUÇÃO

As coberturas fanerozóicas da Bacia do Paraná atingem a costa Atlântica, junto ao Sinclinal de Torres, com cerca de 1000 m de espessura (Fig. 1). A provável continuidade física entre as unidades do embasamento aflorantes nos dois flancos dessa estrutura, foi sugerida pela primeira vez por Hasui et al. (1975), e

reafirmada por Cordani et al. (1984) com base em descrições petrográficas e determinações geocronológicas (idades K/Ar e Rb/Sr modelo) de amostras de furos de sondagem, em ocasião da análise da compartimentação tectônica do embasamento das bacias sedimentares do Brasil. Embora litotipos similares ocorram nas diferentes unidades reconhecidas, a distribuição restrita e o número reduzido de amostras disponíveis para a re-

1. Instituto Astronômico e Geofísico da USP, Departamento de Geofísica, Caixa Postal 9638, 01065 São Paulo, SP, Brasil.

2. Instituto de Geociências da USP, Departamento de Geologia Geral, Caixa Postal 20899, 01498 São Paulo, SP, Brasil.

gião do Sinclinal de Torres (Fig. 1) não conferem um caráter totalmente definitivo à interpretação apresentada.

A correlação geotectônica das unidades principais dos terrenos de embasamento dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul tem sido admitida na maioria dos modelos geotectônicos propostos para a região sul do Brasil, a partir do início da década de 80 (Fragoso Cesar, 1980; Fragoso Cesar et al., 1982, 1986; Fragoso Cesar e Soliani Jr., 1984; Jost & Hartmann, 1984; Basei, 1985; Soliani Jr., 1986). Dados litoestratigráficos e geocronológicos revelam, contudo, algumas diferenças significativas, principalmente em relação às unidades aflorantes na porção setentrional dos terrenos pré-cambrianos dos dois Estados (e.g., Basei, 1985; Soliani Jr., 1986).

Análises geofísicas da compartimentação tectônica do embasamento da Bacia do Paraná foram realizadas ao longo de perfis por Shukowsky et al. (1989, 1991) e Mantovani et al. (1989a,b, 1991), a partir da caracterização de feições gravimétricas particulares em correspondência às unidades maiores do pré-cambriano dos Estados de Santa Catarina e do Paraná (Haralyi et al., 1982; Mantovani et al., 1989a). No caso específico da área do Sinclinal de Torres, Shukowsky et al. (1989, 1991) caracterizaram a extensão sudoeste das unidades descritas em superfície.

A estruturação dos terrenos pré-cambrianos da região sul do Brasil e norte do Uruguai é aqui discutida, a partir da análise do mapa de anomalias Bouguer e de modelamentos gravimétricos quantitativos em perfis regionais. Os estudos de detalhe ao longo da seção entre Braço do Norte (SC) e Piraf do Sul (PR), realizados por Mantovani et al. (1989a), são utilizados como referência para a caracterização das relações entre as unidades maiores presentes nos escudos Sul-Riograndense e Catarinense, bem como para delimitação das mesmas na área do Sinclinal de Torres.

## GEOLOGIA DA ÁREA

A maior parte da região sul do Brasil é ocupada pelas coberturas fanerozóicas da Bacia do Paraná, cuja evolução tectono-sedimentar é representada, segundo Zalán et al. (1988), por cinco seqüências principais: as quatro primeiras predominantemente silico-clásticas e a última contendo o maior volume de derrames basálticos do planeta. Na área em estudo (Fig. 1) afloram principalmente as unidades litoestratigráficas das seqüências Permo-Carbonífera, Triássica e Juro-Cretácica, enquanto que aquelas integrantes das seqüências Siluriana e Devoniana são reconhecidas em subsuperfície (Northfleet et al., 1969; Schneider et al., 1974; Shobenhaus et al., 1982; Zalán et al., 1988). A estruturação dessas unidades na porção S-SE da bacia foi

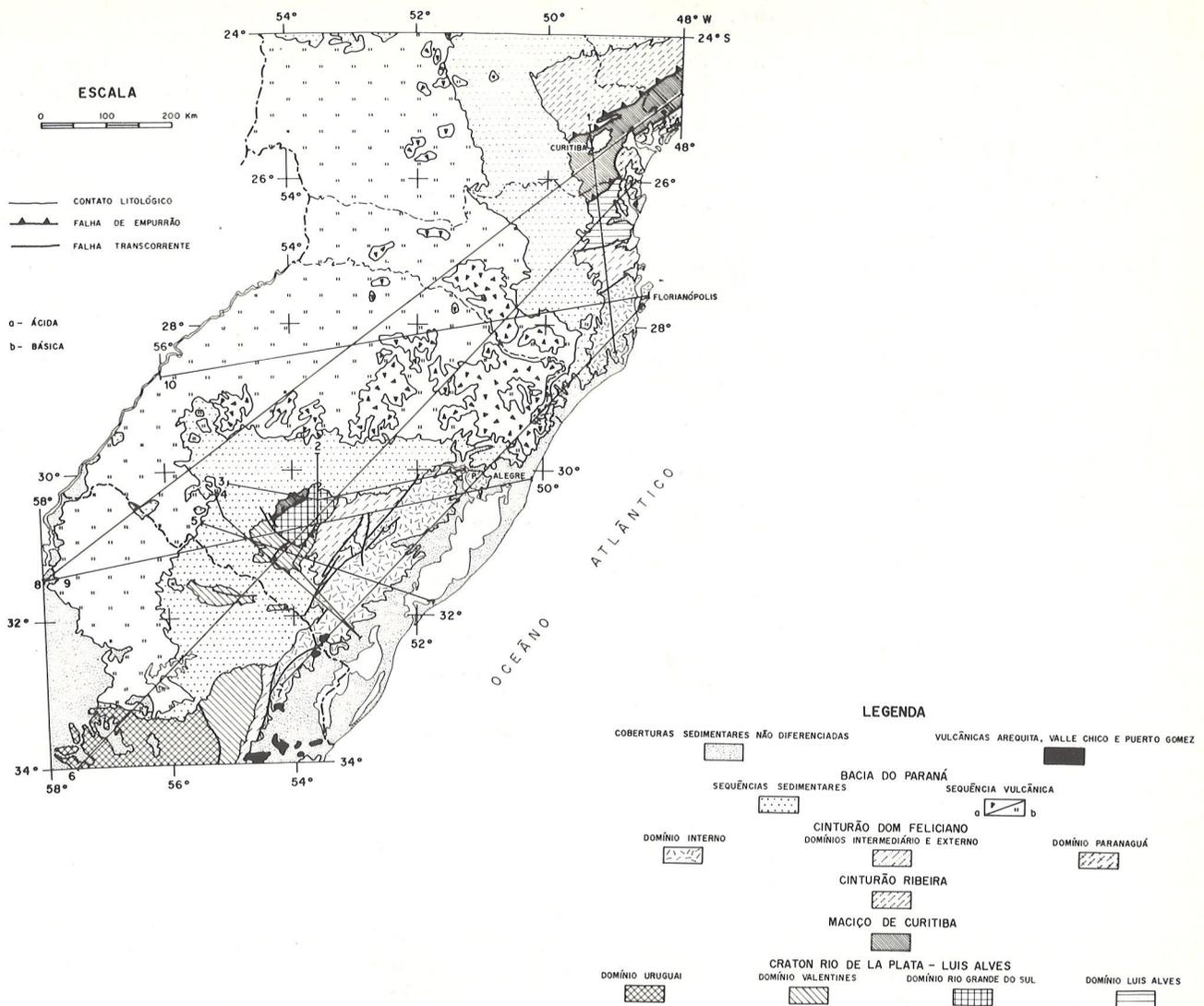
fortemente controlada pelos arcos de Ponta Grossa e Rio Grande e pelo sinclinal de Torres, que foram ativos durante grande parte da evolução da bacia, e cuja orientação NW é praticamente perpendicular ao "trend" estrutural do embasamento (Sanford & Lange, 1960; Northfleet et al., 1969; Almeida, 1981; Ferreira, 1982; Zalán et al., 1988).

Os terrenos do embasamento do segmento meridional da Bacia do Paraná, expostos descontinuamente junto à costa Atlântica, tiveram sua organização tectônica final estabelecida no Neoproterozóico, durante o ciclo Brasileiro (Almeida et al., 1973; Cordani & Brito Neves, 1982). Nas exposições dos Estados de Santa Catarina e Paraná são individualizadas quatro unidades geotectônicas maiores, que são denominadas, de sul para norte, Cinturão Dom Feliciano, Cráton Luis Alves, Maciço de Curitiba e Cinturão Ribeira (Hasui et al., 1975; Kaul, 1979, 1980; Kaul & Teixeira, 1982; Basei, 1985; Basei et al., 1987a). No escudo Sul-Riograndense são caracterizados, o Cinturão Dom Feliciano e Cráton Rio de La Plata (Fragoso Cesar et al., 1982, 1986, 1989; Soliani Jr., 1986).

A existência de diferenças significativas entre os domínios cratônicos dessas duas áreas, bem como o fato de suas exposições encontrarem-se separadas por uma distância superior a 600 km, tem levado a maioria dos autores a tratá-los independentemente (e.g., Kaul, 1979, 1980; Kaul & Teixeira, 1982; Fragoso Cesar & Soliani Jr., 1984; Basei, 1985; Soliani Jr., 1986). No entanto, o caráter geotectônico equivalente desses domínios em relação ao Cinturão Dom Feliciano (Fragoso Cesar, 1980; Fragoso Cesar et al., 1982, 1989; Fragoso Cesar & Soliani Jr., 1984; Jost & Hartmann, 1984), aliado aos dados geofísicos que indicam integrar um mesmo bloco crustal (como será visto no presente estudo), são utilizados para agrupá-los sob a denominação Cráton Rio de La Plata-Luis Alves. Adicionalmente, a denominação Maciço de Curitiba será também utilizada para designar o terceiro domínio geotectônico, caracterizado aqui para o Escudo Sul-Riograndense, uma vez que os padrões geológico e geofísico são equivalentes àqueles observados no Paraná.

O Cinturão Dom Feliciano representa uma faixa de dobramentos desenvolvida na borda meridional do Cráton Rio de La Plata-Luis Alves, durante o Neoproterozóico (Fragoso Cesar, 1980; Fragoso Cesar et al., 1982, 1989; Basei, 1985; Soliani Jr., 1986; Basei et al., 1987a). Segundo Basei (1985) e Basei et al. (1987a) são caracterizados, de sul para norte, três domínios tectono-estratigráficos distintos: Interno, Intermediário e Externo (Fig. 1).

O Domínio Interno é constituído predominantemente por granitóides, sendo os mais antigos fortemente deformados e migmatizados denominados gra-



**Figura 1.** Compartimentação geotectônica da região Sul do Brasil e norte do Uruguai. A partir de Fragozo Cesar (1980), Fragozo Cesar & Soliani Jr. (1984), Basei (1985), e Preciozzi et al. (1985). As linhas 1 a 10 correspondem aos perfis apresentados nas Figs. 3, 4 e 7.

**Figure 1.** Tectonic setting of South Brazil and North Uruguay. Extracted from Fragozo Cesar (1980), Fragozo Cesar & Soliani Jr. (1984), Basei (1985), and Preciozzi et al. (1985). Profiles 1 to 10 are presented in Figs. 3, 4 and 7.

nitos foliados em SC e Suite Piratini no RS. O volume principal dessas rochas refere-se, no entanto, aos maciços quartzo-monzoníticos a graníticos sin a tardi-tectônicos das Suites São Pedro de Alcântara - SC e Pinheiro Machado - RS, e aos maciços graníticos tardi a pós-tectônicos das Suites Pedras Grandes - SC e Dom Feliciano - RS (Trainini et al., 1978; Ribeiro & Fantinel, 1978; Fragozo Cesar, 1980; Fragozo Cesar et al., 1982, 1986, 1989; Jost & Hartmann, 1984; Basei, 1985; Soliani Jr., 1986; Basei et al., 1987a). Tectonicamente, o desenvolvimento dessas unidades tem sido atribuído a um ambiente de arco magmático (Ribeiro &

Fantinel, 1978; Fragozo Cesar, 1980; Fragozo Cesar et al., 1982, 1986, 1989).

O Domínio Intermediário é caracterizado por seqüências vulcano-sedimentares de médio a baixo grau de metamorfismo dos Grupos Brusque - SC e Grupo Porongos - RS. Maciços graníticos sin a tardi-tectônicos são representados pelas Suites Valsungana e Guabiruba - SC, e Encruzilhada do Sul, Cordilheira e Campina e Maciço Piquiri - RS. Como ocorrências de embasamento são reconhecidos os núcleos de Camboriú e Ribeirão da Prata - SC e Encantadas e Chanã - RS (Trainini et al., 1978; Ribeiro & Fantinel, 1978;

Fragoso Cesar, 1980; Fragoso Cesar et al., 1982, 1986, 1989; Jost & Hartmann, 1984; Basei, 1985; Soliani Jr., 1986; Basei et al., 1987a,b). Interpretado tectonicamente por Basei (1985) como margem passiva, esse domínio é limitado por extensa zona de cisalhamento com o Domínio Interno (e.g., Basei, 1985; Fragoso Cesar et al., 1982, 1989).

O Domínio Externo compreende as seqüências vulcano-sedimentares dos Grupos Itajaí - SC e Camaquã - RS, bem como diversos maciços graníticos tardi a pós-tectônicos. Seus contatos com as unidades do Domínio Intermediário e do Cráton Rio de La Plata-Luis Alves são tectônicos ou discordantes (Fragoso Cesar, 1980; Fragoso Cesar et al., 1982, 1985, 1989; Jost & Hartmann, 1984; Basei, 1985; Basei et al., 1987a,b).

O Cráton Rio de La Plata-Luis Alves, representando referencial paleogeográfico para os Cinturões Dom Feliciano e Ribeira, configurou uma área relativamente estável durante o Proterozóico Médio e Superior. Seus terrenos do Arqueano e/ou Proterozóico Inferior compreendem, segundo Fragoso Cesar & Soliani Jr. (1984), três domínios estratigráficos principais no território brasileiro: Luis Alves, Rio Grande do Sul e Valentines (Fig. 1).

O Domínio Luis Alves é constituído por unidades de granulitos bandados, charnockitóides e, subordinadamente, migmatitos, kinzigitos, quartzitos e BIFs, que são genericamente denominadas de Complexo de Santa Catarina (Kaul, 1979, 1980; Hartmann et al., 1979; Kaul & Teixeira, 1982; Basei, 1985). No Domínio Rio Grande do Sul ocorrem as seqüências metavulcano-sedimentares tipo "greenstone-belt" do Complexo Rio Vacacaf, e os terrenos granito-gnaiss-migmatíticos do Complexo Cambaí (Fragoso Cesar, 1980; Fragoso Cesar et al., 1982; Fragoso Cesar & Soliani Jr., 1984; Jost & Hartmann, 1984; Soliani Jr., 1986). Na porção setentrional do Domínio Valentines tem-se as exposições do Complexo Santa Maria Chico, que é constituído por unidades litologicamente similares às do Domínio Luis Alves; na sua porção meridional, no entanto, predominam granitóides, gnaisses e migmatitos (Ferrando & Fernandez, 1971; Nardi & Hartmann, 1980; Fragoso Cesar, 1980; Fragoso Cesar et al., 1982; Fragoso Cesar & Soliani Jr., 1984; Jost & Hartmann, 1984; Preciozzi et al., 1985; Soliani Jr., 1986).

Coberturas vulcano-sedimentares e maciços graníticos, referentes ao período tardi a pós-tectônico do ciclo Brasileiro, ocorrem indistintamente nos três domínios (Fragoso Cesar, 1980; Kaul & Teixeira, 1982; Fragoso Cesar et al., 1982, 1985; Nardi, 1984). Representado pela zona de cisalhamento de Ibaré, apenas o limite entre os Domínio Valentines e Rio Grande do Sul encontra-se exposto. Durante a evolução das fai-

xas de dobramentos adjacentes, o Domínio Luis Alves teve um comportamento tectônico estável, como é evidenciado pelos dados K/Ar mais antigos que 1,7-1,9 Ma (Basei, 1985). Os terrenos cratônicos do Escudo Sul-Riograndense mostram-se, frequentemente, afetados pelos eventos tectono-termiais do Neoproterozóico.

O Maciço de Curitiba representa um domínio de embasamento do Arqueano e/ou Paleoproterozóico que foi submetido a um intenso retrabalhamento durante a evolução do Cinturão Ribeira, no Meso e Neoproterozóico (Basei, 1985; Basei et al., 1988). No Estado do Paraná, sua porção meridional é ocupada predominantemente por unidades granulito-charnockíticas que, em direção a norte, cedem lugar a seqüências de gnaisses bandados, migmatitos e granitóide-gnaisses. Corpos de rochas básico-ultrabásicas (Maciço de Piên e equivalentes) ocorrem frequentemente junto ao seu cavalgamento sobre o Cráton Rio de La Plata-Luis Alves e, localmente ocorrem coberturas vulcano-sedimentares e maciços graníticos equivalentes àqueles do domínio cratônico (Girardi, 1976; Kaul, 1979; Batolla Jr. et al., 1981; Kaul & Teixeira, 1982; Daitx, 1979a,b; Basei, 1985; Basei et al., 1988).

As unidades gnaissico-migmatíticas da região de Vila Nova (RS) e os maciços básico-ultrabásicos de Pedras Pretas e Mata Grande (RS) que ocorrem associados, exibem características petrotectônicas e geocronológicas muito similares às observadas nas unidades do Maciço de Curitiba, no Estado do Paraná (e.g., Issler et al., 1973; Rego, 1981; Soliani Jr., 1986). Este fato, aliado à equivalência e continuidade da feição gravimétrica observada para esses dois terrenos permitirá considerá-los, tentativamente, como uma mesma unidade geotectônica.

O Cinturão Ribeira representa uma faixa de dobramentos policíclica, com unidades referentes ao Meso e Neoproterozóico. Na área em estudo aflora somente no Estado do Paraná, sendo caracterizado por seqüências vulcano-sedimentares de médio a baixo grau de metamorfismo, tectonicamente sobrepostas às unidades do Maciço de Curitiba e cortadas por maciços graníticos sin a tardi-tectônicos (Hasui et al., 1975; Scholl et al., 1980, 1982; Pierkarz, 1981; Hasui & Oliveira, 1984; Campanha et al., 1987; Basei et al., 1988).

#### DADOS GRAVIMÉTRICOS

Um levantamento gravimétrico sistemático da região sul do Brasil vem sendo realizado por pesquisadores do IAG/USP (Geolit, 1985, 1987, 1989), com a colaboração do IBGE, ON e UFPr, e conta, atualmente, com cerca de 4200 estações gravimétricas implantadas ao longo das estradas principais dos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Manto-

vani et al., 1991).

As medidas gravimétricas foram realizadas com gravímetro LaCoste & Romberg (modelo G) cuja precisão é de 0.02 mGal.

O valor teórico da gravidade em cada ponto foi calculado a partir da Fórmula Internacional da Gravidade de 1967:

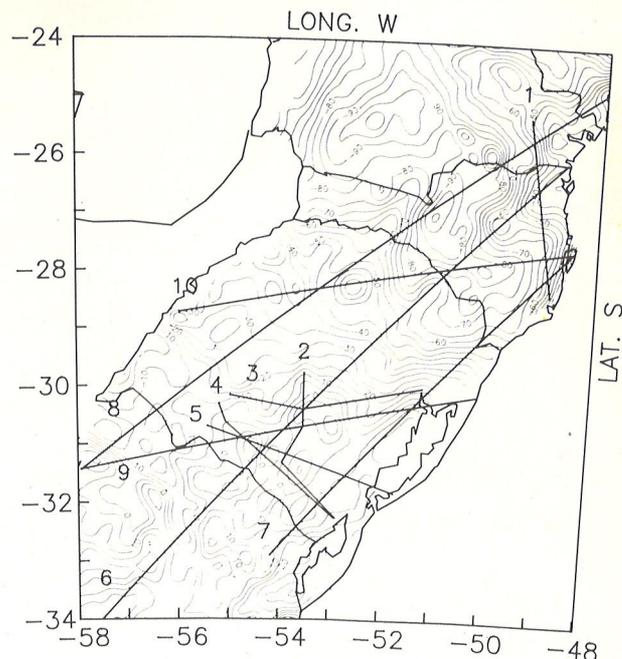
$$g = 987.03090 (1 + 0.005302 \text{ sen}^2\theta - 0.5828 \times 10^{-5} \text{ sen}^2 2\theta) \quad (1)$$

O valor de densidade  $2.67 \text{ g/cm}^3$  (média convencional para a porção superior da crosta continental) foi empregado no cálculo da anomalia Bouguer.

As incertezas máximas na determinação das coordenadas (300 m) e altitude (3 m) das estações gravimétricas correspondem, respectivamente, a erros não superiores a 0.07 mGal na Fórmula Internacional da Gravidade e a 0.6 mGal no cálculo da anomalia Bouguer. A inexistência de dados topográficos de detalhe não permite serem efetuadas as correções de terreno; estudos em áreas com topografias tão ou mais acidentadas mostram, no entanto, que em 99% dos casos essa correção é inferior a 2 mGal (Shukowsky et al., 1987).

Essas características do levantamento, aliadas ao espaçamento médio de 3 km entre as estações ao longo dos perfis levantados, são excelentes para o modelamento quantitativo das unidades crustais maiores, cujas anomalias Bouguer associadas, como será mostrado adiante (ver também Mantovani et al., 1989a), têm comprimento de onda e amplitude superiores, respectivamente a 50 km e 15 mGal. A distribuição dos perfis gravimétricos disponíveis confere, no entanto, um caráter regional (escala 1:2.500.000) ao mapa de anomalias Bouguer da região sul do Brasil.

O mapa de anomalias Bouguer da região sul do Brasil e centro-norte do Uruguai mostrado na Fig. 2 (Blitzkow et al., 1990; Serv. Geog. Mil. Rep. Oriental do Uruguai, 1973 e 1986; Introcaso, 1981) compreende um espectro muito amplo de valores da componente anômala, que mostram um incremento geral de nordeste para sudoeste, com predomínio de valores positivos na porção meridional do Rio Grande do Sul e maior parte do Uruguai. A complexidade de sua assinatura revela a superposição de distintas anomalias regionais e locais, e sua comparação com o mapa geológico da região permite destacar as seguintes feições: a área de ocorrência da Formação Serra Geral-Arapey corresponde a marcante anomalia negativa; os terrenos pré-cambrianos expostos a nordeste e sudoeste do Sinclinal de Torres são igualmente marcados por anomalias NE-SW, embora ocorram expressivas diferenças no valor absoluto da componente anômala; as ocorrências de vulcânicas das Formações Puerto Gomez e

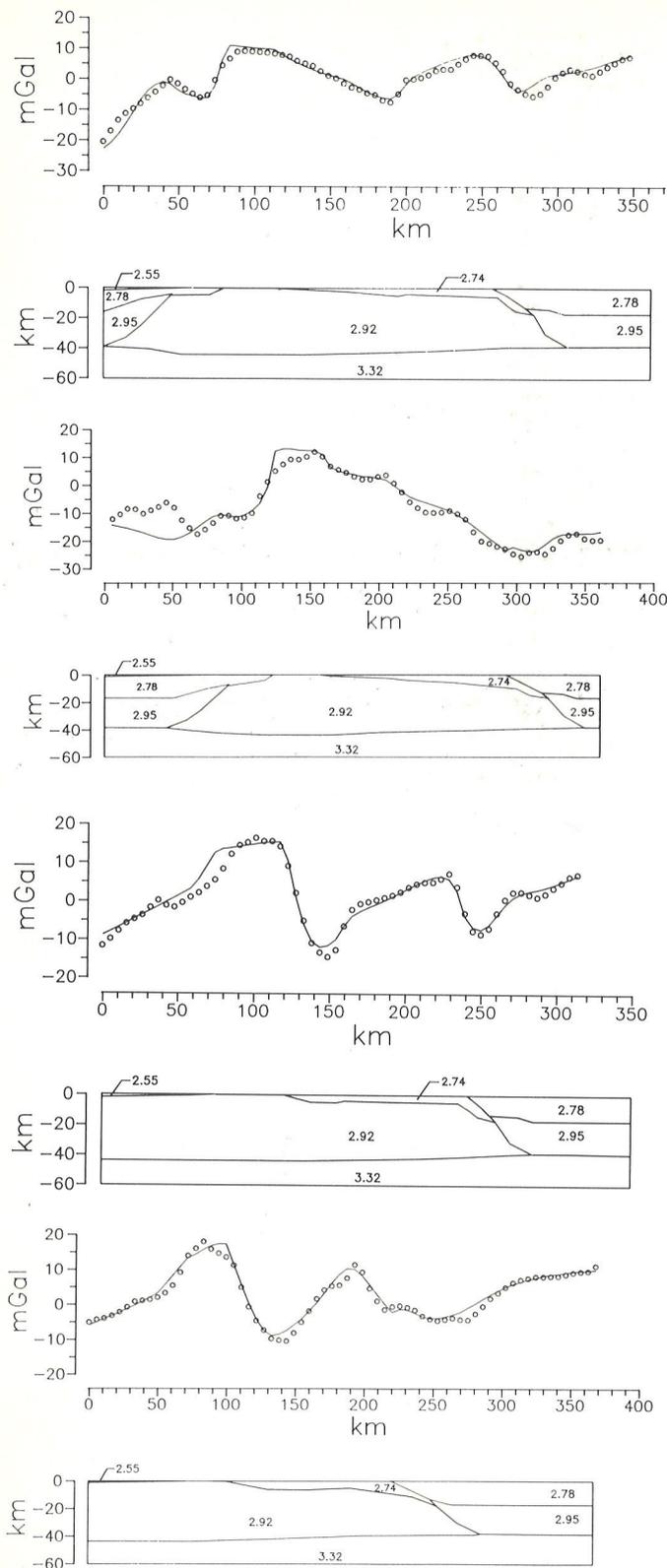


**Figura 2.** Mapa de anomalias Bouguer da região Sul do Brasil e norte do Uruguai, segundo Introcaso (1981), Blitzkow et al. (1990) e Mantovani et al. (1989c, 1991). As linhas 1 a 10 correspondem aos perfis apresentados nas Figs. 3, 4 e 7.

**Figure 2.** Bouguer anomaly map for south Brazil and north Uruguay based on data from Introcaso (1981), Blitzkow et al. (1990) and Mantovani et al. (1989c, 1991). Profiles 1 to 10 are presented in Figs. 3, 4 and 7.

Arequita encontram-se em parte em correspondência às fortes anomalias positivas da região da Lagoa Mirim.

O modelamento quantitativo das anomalias Bouguer, apresentado a seguir, foi obtido segundo os procedimentos convencionais de ajuste entre os dados observados e o sinal gravimétrico calculado devido a corpos de geometria  $2\frac{1}{2} D$  (Enmark, 1981). O valor de 40 km para a profundidade da MOHO, determinado através de sísmica em áreas geologicamente equivalentes (Mukhopadhyay & Gibb, 1981; Allenby & Schnetzler, 1983; Voggenreiter et al., 1988), foi tomado como referência em vista de inexistirem determinações de sísmica de refração profunda na região; testes realizados por Mantovani et al. (1989a) mostram que a geometria principal dos modelos gravimétricos não é praticamente alterada com variações de até 10 km nesse valor. Como única premissa foi admitido que o segmento de crosta em estudo encontra-se em equilíbrio isostático (Betchel et al., 1987). As profundidades relativas entre os blocos, inferidas por essa condição, constituíram o ponto de partida para obtenção dos mo-



**Figura 3.** Anomalia Bouguer observada (círculos) e calculada (linha cheia) por inversão numérica para os modelos gravimétricos dos perfis do Escudo Sul-Riograndense. 1 a 4 corresponde à numeração das Figs. 1 e 2.

**Figure 3.** Observed Bouguer anomaly (circles) and calculated from numerical inversion (line) for profiles 1 to 4 of the Sul-Riograndense shield (see Figs. 1 and 2 for localization).

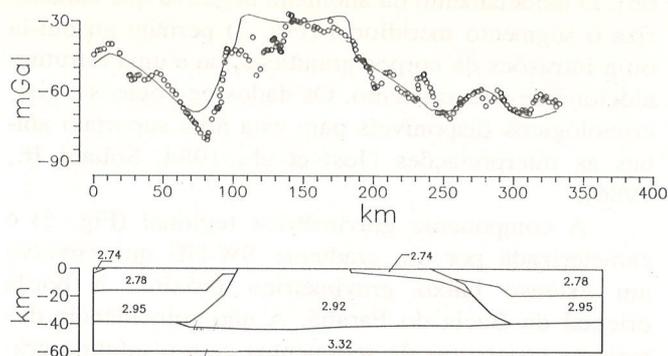
delos.

### ANÁLISE DAS ANOMALIAS BOUGUER NOS TERRENOS PRECAMBRIANOS

Para a análise quantitativa no presente trabalho, foi selecionado um conjunto de quatro perfis atravessando os terrenos precambrianos do Escudo Sul-Riograndense em diferentes localidades, e aproximadamente coincidentes com linhas do levantamento gravimétrico (Figs. 1 a 3, perfis 2 a 5). Comparando-se o sinal gravimétrico destes perfis com o do perfil apresentado por Mantovani et al. (1989a,b) para os terrenos pré-cambrianos dos Estados de Santa Catarina e Paraná (Fig. 4, perfil 1), observam-se diferenças sistemáticas no valor absoluto da componente anômala. Nota-se, contudo, uma equivalência geral na assinatura gravimétrica ao longo dos cinco perfis (como feição particular dos perfis 2, 4 e 5, tem-se uma anomalia negativa na porção central dos mesmos que, como será visto adiante, associa-se ao segmento meridional do Domínio Valentines).

As relações entre o sinal gravimétrico e as principais unidades geológicas dos Estados de Santa Catarina e Paraná (Fig. 4), descritas por Mantovani et al. (1989a), são também verificadas para os quatro perfis apresentados para a região do Rio Grande do Sul (Fig. 3): um par positivo-negativo de anomalia é observado em correspondência ao Cinturão Dom Feliciano (Domínio Interno e Domínios Intermediário e Externo, respectivamente); os terrenos do Cráton Luis Alves-Rio de La Plata caracterizam-se por um alto gravimétrico que, em Santa Catarina e SW do Rio Grande do Sul, é limitado por um forte gradiente em correspondência a segmento meridional do Maciço de Curitiba.

O modelamento dos quatro perfis do Escudo Sul-Riograndense utilizando-se os mesmos parâmetros geofísicos determinados por Mantovani et al. (1989a,b), resulta em geometrias equivalentes às obtidas por aqueles autores para os diferentes corpos geológicos identificados (Figs. 3 e 4). No caso dos três perfis que apresentam uma anomalia negativa tridimensional na porção central, o ajuste do sinal calculado com o observado só se faz possível com a introdução de um corpo de baixa densidade ( $2.74 \text{ g.cm}^{-3}$ ), em correspondência às rochas do segmento meridional do Domínio Valentines (Fig. 4). Embora dados de densidade não sejam disponíveis, este valor é adequado pa-



**Figura 4.** Anomalia Bouguer observada (círculos) e calculada (linha cheia) por inversão numérica para o modelo gravimétrico do perfil dos Estados de Santa Catarina e Paraná, modificada de Mantovani et al. (1989a). Os valores de densidade são em  $\text{g.cm}^{-3}$ .

**Figure 4.** Observed Bouguer anomaly (circles) and calculated from numerical inversion (line) for profile 1 localized in Santa Catarina and Paraná states (modified from Mantovani et al., 1989a). Density values are in  $\text{g.cm}^{-3}$ .

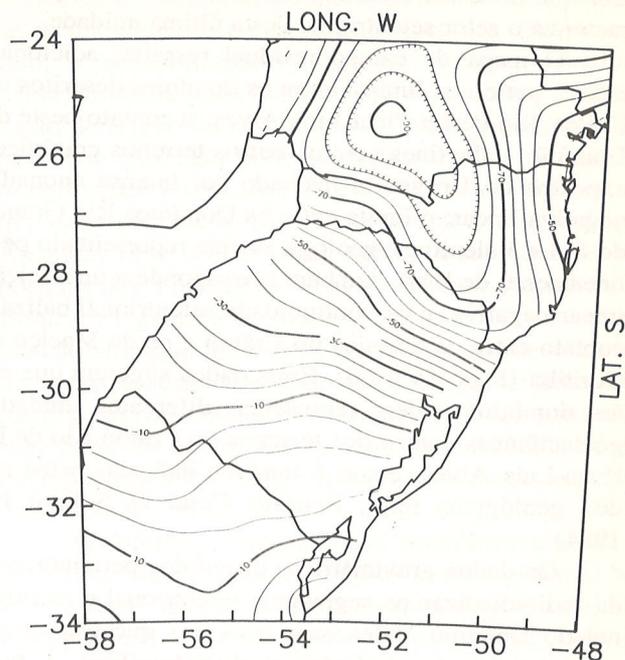
ra representar os tipos litológicos que ocorrem nesta área.

Esses resultados são indicativos da dissociação da estruturação dos terrenos pré-cambrianos e a diferença no valor absoluto da componente anômala observada entre os perfis gravimétricos de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. De fato, ao se eliminar a componente ( $L \geq 330$  km) associada a essa diferença (Fig. 5), observa-se, no campo residual, uma equivalência nos valores das feições anômalas que apresentam-se em correspondência às diversas unidades aflorantes, bem como a continuidade das mesmas na área de ocorrência das coberturas da Bacia do Paraná (Figs. 6a e 6b).

Para a análise dessa importante componente regional foram selecionados cinco perfis, dos quais três são paralelos às estruturas pré-cambrianas, um atravessa uma área de topografia aproximadamente constante, e um último secciona uma região onde a espessura das coberturas da Bacia do Paraná é a mesma ao longo da maior parte do perfil (Figs. 1, 2 e 7, perfis 6 a 10). Nota-se que essa feição gravimétrica regional ( $L \geq 330$  km; amplitude da ordem de 80 mGal) não mostra qualquer vínculo com a estruturação da bacia, apresentando entretanto uma estreita correlação inversa à topografia.

#### INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise apresentada evidencia que as feições gravimétricas observadas em correspondência aos terrenos precambrianos aflorantes a NE e SW do Sincli-



**Figura 5.** Componente regional com comprimento de onda maior que 330 km.

**Figure 5.** Regional component having wavelength greater than 330 km.

nal de Torres são equivalentes (Figs. 3 e 4) e, portanto, estes podem ser considerados geofisicamente similares. Por outro lado, o reconhecimento de estruturas crustais semelhantes no modelamento dos diversos perfis gravimétricos (Figs. 3 e 4), aliado à caracterização de padrões contínuos para as assinaturas gravimétricas observadas em correspondência às unidades geotectônicas maiores (Figs. 6a e 6b), sugerem que deve existir continuidade física entre as mesmas, sob as coberturas fanerozóicas da Bacia do Paraná.

Uma delimitação em subsuperfície dos segmentos crustais geofisicamente distintos reconhecidos na região pode, portanto, ser obtida pelo acompanhamento das respectivas feições anômalas no mapa do campo residual obtido pela subtração da componente regional (comprimento de onda superior a 330 km) do sinal medido (Figs. 6a e 6b): a área de mínimo ao início do gradiente setentrional do par de anomalias positivo-negativo observado em correspondência ao Cinturão Dom Feliciano pode ser definida como o limite entre o Domínio Interno e Intermediário; o contato entre as unidades do Domínio Externo e os terrenos do Cráton Rio de La Plata-Luis Alves pode ser representado ao longo do limite sudeste da anomalia positiva central da área: o limite noroeste desta anomalia marca, por outro lado, o contato entre o Cráton e o Maciço de Curitiba; como limite entre o Cinturão Ribeira e o Maciço de

Curitiba pode ser tomada a anomalia positiva que caracteriza o setor setentrional desta última unidade.

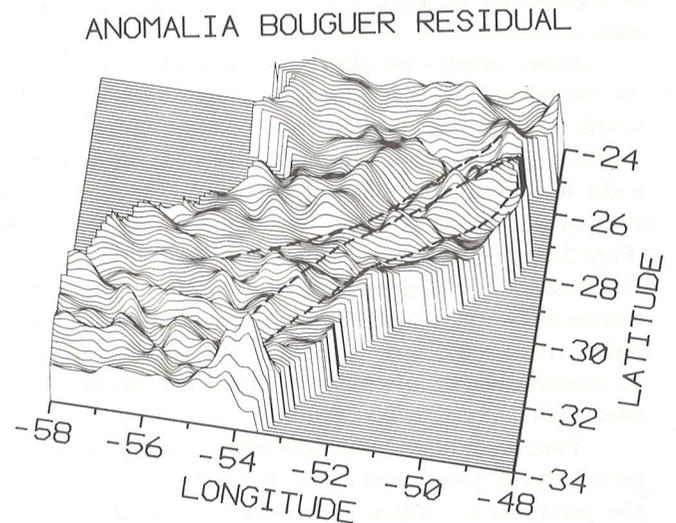
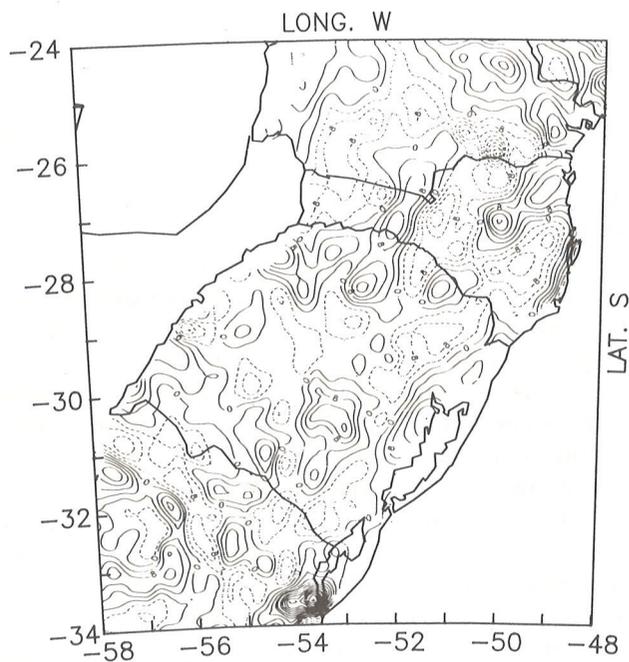
O mapa de campo residual ressalta, adicionalmente, parte dos limites entre os domínios descritos no Cráton Rio de La Plata-Luis Alves: o contato oeste do Domínio Valentines com os outros terrenos cratônicos expostos no Uruguai é marcado por intensa anomalia negativa linear; o limite entre os Domínios Rio Grande do Sul e Valentines, geologicamente representado pelo lineamento de Ibaré, também corresponde a uma feição linear negativa, cuja continuidade setentrional baliza o contato entre os terrenos do Cráton e os do Maciço de Curitiba (Figs. 6a e 6b). Estes dados sugerem que estes domínios podem representar diferentes unidades geotectônicas dentro dos terrenos do Cráton Rio de La Plata-Luis Alves, como é também indicado pelos dados geológicos (e.g., Fragozo Cesar & Soliani Jr., 1984).

Os dados gravimétricos discutidos permitem ainda individualizar os segmentos setentrional e meridional do Domínio Valentines, uma vez que estes mostram assinaturas gravimétricas distintas (Figs. 2, 6a e

6b). O modelamento da anomalia negativa que caracteriza o segmento meridional (Fig. 3) permite atribuí-la ou a intrusões de corpos graníticos, ou a uma estrutura alóctone de embasamento. Os dados geológicos e geocronológicos disponíveis para esta área suportam ambas as interpretações (Jost et al., 1984; Soliani Jr., 1986).

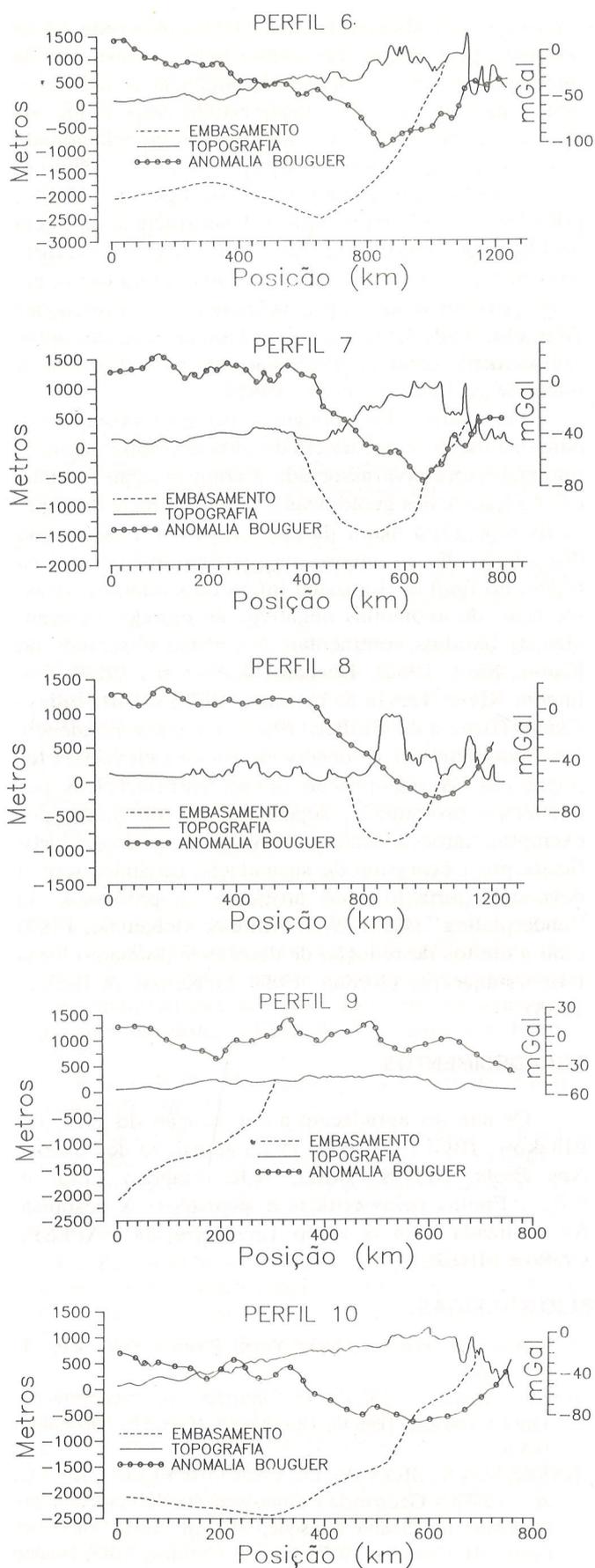
A componente gravimétrica regional (Fig. 5) é caracterizada por um gradiente SW-NE que envolve um extenso baixo gravimétrico próximo à borda oriental da Bacia do Paraná. A não coincidência das maiores espessuras de sedimentos com o mínimo gravimétrico (Fig. 7), aliado ao valor máximo calculado de -25 mGal devido à carga da bacia (Mantovani et al., 1989c, 1991), sugerem que a maior parte dessa componente deve refletir heterogeneidades mais profundas. Por outro lado, as evidências geológicas indicando uma equivalência de nível crustal para os terrenos dos escudos Sul-Riograndense e Catarinense não permite atribuir esse gradiente a uma variação sistemática na espessura do embasamento da bacia.

A correlação inversa entre essa componente gra-



**Figura 6.** (a) Mapa do campo residual obtido subtraindo-se do mapa de anomalia Bouguer da Fig. 2, componente com comprimento de onda maior que 330 km. As anomalias obtidas tornam-se similares para os terrenos pré-cambrianos aflorantes a NE e SW do Sinclinal de Torres. A similaridade e continuidade das anomalias permitem delimitar as unidades principais do embasamento em subsuperfície. (b) Representação tridimensional da anomalia Bouguer residual, evidenciando a continuidade espacial do padrão gravimétrico caracterizada pela seqüência baixo-alto-baixo, de NW para SE, associada respectivamente aos terrenos do Maciço de Curitiba, Cráton de Luis Alves-Rio de La Plata e Cinturão Dom Feliciano.

**Figure 6.** (a) Residual gravity field (obtained subtracting the regional component, in Fig. 5, from the Bouguer anomaly). Here, the anomalies in correspondence to the Precambrian terranes outcropping NE and SW of Torres Syncline show a remarkable similarity. The equivalence in pattern as well as the continuity of anomalies allow to delimitate the main basement units under the Paraná Basin covers. (b) Tridimensional representation of the residual Bouguer anomaly, showing the spatial continuity of the gravity pattern characterized by NW-SE sequence of low-high-low associated respectively to the Curitiba Massif, Luis Alves-Rio de La Plata Craton and Dom Feliciano Belt.



vimétrica e a topografia sugere, por outro lado, tratar-se de um efeito de compensação isostática. Nesse sentido, o posicionamento temporal da fonte geradora dessa anomalia pode ser inferida pela análise da evolução do relevo da região. Como limite inferior seguro para este processo pode-se definir a idade Permiano Superior das Formações Rio do Rastro e Teresina, já que estas marcam o recuo final do mar na região (e.g., Almeida, 1981; Zalán et al., 1988). A subsequente deposição das Formações Rosário do Sul, Pirambóia e Botucatu registra a manutenção de processos de subsidência na região até o final do Jurássico. Por outro lado, as espessuras pouco elevadas e relativamente uniformes destas unidades ao longo da maior parte das suas áreas de ocorrência indicam a inexistência de diferenças topográficas significativas durante este período (Almeida, 1981).

As diferenças topográficas superiores a 1000 m atualmente observadas na região devem portanto ter sido geradas na sua maior parte durante o evento tectono-magmático da Reativação Wealdeniana, responsável pelo desenvolvimento do espesso pacote de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral (Almeida, 1981). Consequentemente, essa componente gravimétrica regional anômala representa um registro atual desse processo.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo gravimétrico apresentado acima para a região sul do Brasil evidencia a equivalência e continuidade geofísica das unidades geotectônicas maiores dos terrenos pré-cambrianos aflorantes a nordeste e sudeste do Sinclinal de Torres. Essa característica, também indicada pelos dados de geologia de superfície, permite a delimitação gravimétrica dos principais

**Figura 7.** Perfis de anomalia Bouguer, topografia e topo do embasamento da Bacia do Paraná ao longo do Cráton Rio de La Plata-Luis Alves (6), Domínio Interno do Cinturão Dom Feliciano (7), Maciço de Curitiba (8), área com altitude constante (9) e mesmas espessuras da Bacia do Paraná (10). Observa-se uma estreita correlação inversa entre a topografia e anomalia negativa principal, e a não coincidência da última com a espessura máxima das coberturas fanerozóicas da bacia.

**Figure 7.** Bouguer anomaly, topography and top of the basement of the Paraná Basin profiles, along: (6) Rio de La Plata-Luis Alves cratons; (7) Internal Domain of Dom Feliciano Belt; (8) Curitiba Massif; (9) constant altitude segment; (10) constant thickness of Paraná Basin sediments. A clear inverse correlation between the topography and the main negative gravity anomaly is observed. It is worth noting the non geographical coincidence between the main negative gravity anomaly and the greatest thickness of sediments.

segmentos crustais nas áreas encobertas pelos sedimentos e vulcânicas da Bacia do Paraná (Figs. 6a e 6b).

Os traços mais notáveis da estruturação tectônica obtida para os terrenos precambrianos da região sul do Brasil e norte do Uruguai são: (i) a caracterização das áreas cratônicas Rio de La Plata e Luis Alves como um único bloco crustal, embora possam representar unidades geotectônicas distintas, a semelhança do sugerido para alguns dos domínios destes terrenos; (ii) a importância do limite ocidental do Domínio Valentines e do Lineamento de Ibaré para a compartimentação tectônica regional; (iii) o reconhecimento da provável continuidade do Maciço de Curitiba até o extremo nordeste do Escudo Sul-Riograndense, a partir de onde suas unidades sofrem uma inflexão para noroeste, com consequente ampliação dos terrenos do cráton para oeste; (iv) uma orientação NE é observada ao longo de toda a extensão do Cinturão Dom Feliciano.

Com relação às importantes estruturas gravimétricas lineares caracterizadas no Cráton Rio de La Plata-Luis Alves, elas indicam uma compartimentação geotectônica NW-SE para esses terrenos, concordantemente com os dados geológicos. Por outro lado, a inclusão do "Bloco Encruzilhada" no Domínio Interno do Cinturão Dom Feliciano, como sugerido por Frago-Cesar et al. (1986), não é sustentada pelos dados gravimétricos disponíveis, pois seu sinal gravimétrico corresponde àquele observado em correspondência aos Domínios Externo e Intermediário (Fig. 7). Esta interpretação distinta é corroborada pela existência de uma maior similaridade entre suas rochas granitoides e aquelas descritas intrusivamente no Grupo Brusque, do que com os granitoides do Domínio Interno (e.g., Basei, 1985; Frago-Cesar et al., 1986), e é concordante com a interpretação revista apresentada por Frago-Cesar et al. (1989). A respeito da porção meridional do Domínio Valentines, exposta no Rio Grande do Sul e na Ilha Cristalina de Aceguá, os dados geológicos e geocronológicos atualmente disponíveis não permitem apresentar uma interpretação definitiva para a anomalia negativa observada.

Especificamente para a estrutura da Bacia do Paraná, os dados analisados reforçam sua pequena contribuição ao sinal gravimétrico observado, como de-

monstrado por Mantovani et al. (1991) para toda a área ocupada pela bacia. Por outro lado, a ausência de anomalias positivas em correspondência a seu deprecêntrico na área específica deste estudo, sugere que seu mecanismo de subsidência não deve estar relacionado a um carregamento crustal (Sleep et al., 1980; Nunn & Ayres, 1988). Um mecanismo deste tipo, no entanto, pode ser aventado para explicar a subsidência da Bacia da Lagoa dos Patos, uma vez que se observa uma forte anomalia positiva na porção centro-sul desta bacia, em correspondência as rochas vulcânicas das Formações Arequita, Valle Chico e Puerto Gomez, que são aproximadamente contemporâneas ao início da subsidência a área (e.g., Preciozzi et al., 1985).

Na análise das anomalias Bouguer observou-se adicionalmente a existência de uma anomalia negativa regional expressiva associada à compensação isostática. As indicações geológicas relativas à idade da gênese da topografia maior da área, sugerem a associação dessa anomalia ao intenso magmatismo que ocorreu na região no final do Jurássico início do Cretácico. A associação de anomalias negativas às grandes ocorrências de basaltos continentais é também observada no Karoo (Smit, 1962), Deccan (Negi et al., 1989), Columbia River (Lewis & Dorman, 1970) e Rift Valley-Kenya (Brown & Girdler, 1980), em correspondência das quais também se observam grandes elevações topográficas. A manutenção dessas características por um tempo prolongado, superior a 60 Ma (como por exemplo, Karoo, Deccan e Paraná), não pode ser justificada por mecanismo de sustentação dinâmica termal devendo, portanto, ser atribuída a processos de "underplating" (Cox, 1989; White & McKenzie, 1989) e/ou a efeitos de redução de densidade do manto litosférico subjacente (Jordan, 1988; McKenzie & Bickle, 1988).

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a cooperação do Prof. D. Blitzkow, IBGE, ON e UFPr na aquisição dos dados. Aos Profs. M.A.S. Basei, A.R. Frago-Cesar e S.R.C. Freitas pelas críticas e sugestões. A pesquisa foi realizada com o apoio financeiro da FAPESP, CNPq e FINEP.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLENBY, R. & SCHNETZLER, C.C. - 1983 - United States crustal thickness. *Tectonophysics*, 93(1): 13-31.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1981 - Síntese para a tectônica da Bacia do Paraná. In: *Simp. Reg. Geol.*, 3, Curitiba, 1981. Atas ..., Curitiba, SBG, 1: 1-20.
- ALMEIDA, F.F.M. de, AMARAL, G., CORDANI, U.G., KAWASHITA, K. - 1973 - The Precambrian evolution of South America Cratonic Margin south of the Amazon River. In: Nairn, A.E. & Stehli, F.G. (eds.), *The Ocean Basins and Margins*. New York, Plenum Publ. Co., 1: 411-446.
- BASEI, M.A.S. - 1985 - O Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina. Tese de Doutorado, IG/USP, São Paulo, 185 p.
- BASEI, M.A.S., SIGA JR., O., VASCONCELLOS, J.P.B.C. de - 1987a - Geometria e cronologia dos dobramentos superpostos no Grupo Brusque, SC. In: *Simp. Sul-Bras. Geol.*, III, Curitiba, 1987. Atas ..., Curitiba, SBG, Núcleo

- Rio Grande do Sul, 2: 707-724.
- BASEI, M.A.S., CORDANI, U.G., VASCONCELLOS, J.B.P.C. de - 1987b - Tectônica e granitogênese do Pré-Cambriano de Santa Catarina. In: Simp. Sul-Bras. Geol., III, Curitiba, 1987, Atas ..., Curitiba, SBG, Núcleo Rio Grande do Sul, 2: 789-790.
- BASEI, M.A.S., SIGA JR., O., VASCONCELLOS, J.P.B.C. de & SILVA, P.C.S. da - 1988 - Evolução geotectônica dos terrenos Pré-Cambrianos e Eo-Paleozóicos dos Estados do Paraná e Santa Catarina. Relatório FAPESP, 115 p., inédito.
- BATOLLA JR., F., SILVA, A.T.S.F. & ALGARTE, J.P. - 1981 - O Pré-Cambriano da região sul-sudeste do Estado de São Paulo e este-nordeste do Estado do Paraná. In: Simp. Reg. Geol., 3, Curitiba, 1981, Atas ..., Curitiba, SBG, 1: 94-108.
- BETCHEL, T.D., FORSYTH, D.W. & SWAIN, C.J. - 1987 - Mechanisms of isostatic compensation in the vicinity of the East African Rift, Kenya. Geophys. J.R. astr. Soc., 90: 445-465.
- BLITZKOW, D., SHUKOWSKY, W. & MANTOVANI, M.S.M. - 1990 - Projeto MAGSAS - relatório de andamento. VI Reunion Panamericana de Consulta sobre Geofísica, Costa Rica.
- BROWN, C. & GIRDLER, R.W. - 1980 - Interpretation of African gravity and its implication for the breakup of the continents. J. Geophys. Res., 85(B11): 6443-6455.
- CAMPANHA, G.A. da D., BISTRICHI, C.A. & ALMEIDA, M.A. - 1987 - Considerações sobre a organização litostratigráfica e evolução tectônica da Faixa de Dobramentos Apiaí. In: Simp. Sul-Bras. Geol., 3, Curitiba, 1985, Atas ..., Curitiba, SBG, 2: 725-742.
- CORDANI, U.G. & BRITO NEVES, B.B. - 1982 - The geologic evolution of South America during the Archean and Early Proterozoic. Rev. Bras. Geoc., 12(1-3): 78-88.
- CORDANI, U.G., BRITO NEVES, B.B., FUCK, R.A., PORTO, R., THOMAZ F<sup>o</sup>, A. & BEZERRA DA CUNHA, F.M. - 1984 - Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras. PETROBRÁS, Ciênc. Tec. Petrol., 15, 70 p.
- COX, K.G. - 1989 - Hot plumes from the mantle. Nature, 340(6232): 341-342.
- DAITX, E.C. - 1979a - Contribuição ao conhecimento geológico dos depósitos molássicos relacionados à região de Dobramentos Sudeste. I - Bacia de Campo Alegre, SC. In: Simp. Res. Geol., 2, Rio Claro, 1979, Atas ..., Rio Claro, SBG, 1: 131-146.
- DAITX, E.C. - 1979b - Contribuição ao conhecimento geológico dos depósitos molássicos relacionados à região de Dobramentos Sudeste. II - Gráben de Corupá, SC. In: Simp. Res. Geol., 2, Rio Claro, 1979, Atas ..., Rio Claro, SBG, 1: 147-156.
- ENMARK, T. - 1981 - A versatile interactive computer program for computation and automatic optimization of gravity models. Geosurveying, 19: 47-66.
- FERRANDO, L. & FERNANDEZ, A. - 1971 - Esquema tectônico-cronoestratigráfico del Prédevoniano en Uruguay. In: Congr. Bras. Geol., 35, São Paulo, 1971, Anais ..., São Paulo, SBG, 1: 199-210.
- FERREIRA, F.J.F. - 1982 - Alinhamentos estruturais-magnéticos da região centro-oriental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico. In: Geologia da Bacia do Paraná: reavaliação da potencialidade e perspectiva em hidrocarbonetos. PAULIPETRO-Consórcio CESP/IPT, São Paulo, p. 143-166.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S. - 1980 - O Cráton do Rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. In: Congr. Bras. Geol., 31, Camboriú, 1980, Anais ..., Camboriú, SBG, 5: 2879-2892.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S. & SOLIANI JR., E. - 1984 - Compartimentação tectônica do Cráton Rio de La Plata. In: Congr. Bras. Geol., 33, Rio de Janeiro, 1983, Anais ..., Rio de Janeiro, SBG, 1: 2426-2434.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S., WERNICK, E. & SOLIANI JR., E. - 1982 - Associações petrotectônicas do Cinturão Dom Feliciano, SE da plataforma Sul Americana. In: Congr. Bras. Geol., 32, Salvador, 1982, Anais ..., Salvador, SBG, 1: 1-12.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S., FIGUEIREDO, M.C.H., SOLIANI JR., E. & FACCINI, U.F. - 1986 - O Batólito Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. In: Congr. Bras. Geol., 34, Goiânia, 1986, Anais ..., Goiânia, SBG, 3: 1322-1343.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S., MACHADO, R., MONTEIRO, R.L. & SALLET, R. - 1989 - Nappes e estruturas correlatas do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense: uma introdução ao problema. In: Simp. Sul-Bras. Geol., 4, Porto Alegre, 1989, Atas ..., Porto Alegre, SBG (no prelo).
- FRAGOSO CESAR, A.R.S., FACCINI, U.F., PAIM, P.S.G., LAVINA, E.L. & ALTAMIRANO, J.R.F. - 1985 - Revisão na estratigrafia das molassas do Ciclo Brasileiro no Rio Grande do Sul. In: Simp. Sul-Bras. Geol., Florianópolis, 1985, Atas ..., Florianópolis, SBG, 1: 477-491.
- GEOLIT - 1985 - Caracterização geotectônica do sudeste brasileiro por meio de análise gravimétrica. Relatório FAPESP (inédito).
- GEOLIT - 1987 - Caracterização geotectônica do sudeste brasileiro por meio de análise gravimétrica. Relatório FAPESP (inédito).
- GEOLIT - 1989 - Características geofísicas e geoquímicas da litosfera no SE brasileiro. Relatório FAPESP (inédito).
- GIRARDI, V.A.V. - 1976 - Geologia e petrologia do Complexo Básico-ultrabásico de Piên, PR. Rev. Bras. Geoc., 6(2): 109-124.
- HARALYI, N.L.E., HASUI, Y. & KAUL, P.F.T. - 1982 - Dados gravimétricos da região costeira do Paraná e Santa Catarina e sua interpretação estrutural. In: Congr. Bras. Geol., 32, Salvador, 1982, Anais ..., Salvador, SBG, 1: 64-67.
- HARTMANN, L.A., SILVA, L.C. da & ORLANDI F<sup>o</sup>, V. - 1979 - O Complexo Granulítico de Santa Catarina - descrição e implicações genéticas. Acta Geol. Leop., 6: 93-112.
- HASUI, Y. & OLIVEIRA, M.A.F. de - 1984 - A Província Mantiqueira: setor central. In: Almeida, F.F.M. de & Hasui, Y. (Coord.). O Pré-Cambriano do Brasil. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 304-334.
- HASUI, Y., DAL RÉ CARNEIRO, C. & COIMBRA, A.M.

- 1975 - The Ribeira folded belt. *Rev. Bras. Geoc.*, 5(4): 257-266.
- INTROCASO, A. - 1981 - Resultados gravimétricos en la banda latitudinal de Argentina central y países vecinos. *Revista Geofísica*, 12: 5-25.
- ISSLER, R.S., DRESCH, A.C., ROISENBERG, A. - 1973 - Geocronologia do Gabro de Mata Grande, município de São Sepé, Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Geoc.*, 3(2): 124-127.
- JORDAN, T. - 1988 - Structure and formation of the continental tectosphere. In: Cox, K.G. & Menzies, M.A. (Eds.). *Oceanic and Continental Lithosphere: Similarities and Differences*. *J. Petrol. Spec.*, vol., 11-37.
- JOST, H. & HARTMANN, L.A. - 1984 - Província Mantiqueira, Setor Meridional. In: O Pré Cambriano do Brasil. F.F.M. de Almeida & Y. Hasui (Coord.), Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 378 p.
- JOST, H., FRANTZ, J.C., WERNICK, E. - 1984 - Implicações geotectônicas da variação composicional temporal e regional dos granitóides do Ciclo Brasileiro no Escudo Sul-Riograndense. *An. XXXIII Congr. Bras. Geol.*, 6: 2978-3000, Rio de Janeiro.
- KAUL, P.F.T. - 1979 - Pré-Cambriano e Eopaleozóico do Nordeste de Santa Catarina e Leste do Paraná: reavaliação de dados e correlações com a África. In: *Simp. Reg. Geol.*, II, Rio Claro, 1979. Atas ..., Rio Claro, SBG, Núcleo São Paulo, 1: 1-15.
- KAUL, P.F.T. - 1980 - O Cráton do Luis Alves. In: *Congr. Bras. Geol.*, 31, Camboriú, 1980. Anais ..., Camboriú, SBG, 5: 2677-2683.
- KAUL, P.F.T. & TEIXEIRA, W. - 1982 - Archean and Early Proterozoic complexes of Santa Catarina, Paraná and São Paulo States, south-southeastern Brazil: an outline of their geological evolution. *Rev. Bras. Geoc.*, 12(1)3: 172-182.
- LEWIS, B.T.R. & DORMAN, L.M. - 1970 - Experimental isostasy, 2: an isostatic model for the USA derived from gavit data. *J. Geophys. Res.*, 75(17): 3367-3386.
- MANTOVANI, M.S.M., SHUKOWSKY, W., BASEI, M.A.S. & VASCONCELLOS, A.C.B.C. - 1989a - Modelo gravimétrico das principais descontinuidades crustais nos terrenos pré-cambrianos dos Estados do Paraná e Santa Catarina. *Rev. Bras. Geoc.*, 19(3): 367-374.
- MANTOVANI, M.S.M., VASCONCELLOS, A.C.B.C., SHUKOWSKY, W., MILANI, E.J., BASEI, M.A.S., HURTER, S.J. & FREITAS, S.R.C. de - 1989b - The Brusque Transect - SA20 - From the Dom Feliciano Belt to the Amazon Craton - GGT. Washington, USA, Abstracts, 2: 363.
- MANTOVANI, M.S.M., SHUKOWSKY, W., QUINTAS, M.C.L., PINTO JR., J.A. & BLITZKOW, D. - 1989c - A anomalia Bouguer calculada para valores diferenciados de densidade: aplicação à região sul do Brasil. *Rev. Bras. Geof.*, 7(1): 78.
- MANTOVANI, M.S.M., VASCONCELLOS, A.C.B.C., SHUKOWSKY, W., MILANI, E.J., BASEI, M.A.S., HURTER, S.J. & FREITAS, S.R.C. de - 1991 - The Brusque Transect - From Atlantic Coast to Bolivian Border, Southern Brazil. *AGU Publ.*, No. 190, Int. Lithosph. Prog. 20 pp, com 2 mapas.
- MCKENZIE, D.P. & BICKLE, M.J. - 1988 - The volume and composition of melt generated by extension of the lithosphere. *J. Petrol.*, 29: 625-679.
- MUKHOPADHYAY, M. & GIBB, R.A. - 1981 - Gravity anomalies and deep structure of eastern Hudson Bay. *Tectonophysics*, 72: 43-60.
- NARDI, L.V.S. - 1984 - Geochemistry and petrology of the Lavras granite complex, RS, Brazil. University of London, Tese de Doutorado, 286 pp, inédito.
- NARDI, L.V.S. & HARTMANN, L.A. - 1980 - Estudo geoquímico de rochas granulíticas do oeste do Escudo Sul-Riograndense. *Acta Geol. Leop.*, 12(8): 3-18.
- NEGI, J.G., AGRAWAL, P.K. & THAKUR, N.K. - 1989 - Inversion of regional gravity anomalies and main features of the deep crustal geology of India. *Tectonophysics*, 165(1): 155-165.
- NORTHFLEET, A., MEDEIROS, R.A., MULMANN, H. - 1969 - Reavaliação dos dados geocronológicos da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobrás*, 12(3): 291-346.
- NUNN, J. & AYRES, J.R. - 1988 - Gravity anomalies and flexure of the lithosphere at Middle Amazon Basin, Brazil. *J. Geophys. Res.*, 93(B1): 415-428.
- PIEKARZ, G.F. - 1981 - Reconhecimento de unidades correlacionáveis à sequência mineralizada do Perau, Estado do Paraná. In: *Simp. Reg. Geol.*, 3, Curitiba, 1981. Atas ..., Curitiba, SBG, 1: 148-154.
- PRECIOZZI, F.P., SPOTTURNO, J.P., HAIZEN, W.M. & ROSSI, P.K. - 1985 - Memória explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a la escala 1:500.000. *Min. Ind. Energia, DINAMIGE*, Montevideo, 90 p.
- REGO, I.T.S.F. - 1981 - Aspectos petrológicos e geoquímicos do Complexo-ultrabásico de Pedras Pretas, Rio Grande do Sul. *Acta Geol. Leop.*, 15(10): 197-278.
- RIBEIRO, M. & FANTINEL, L.M. - 1978 - Associações petrotectônicas do Escudo Sul-Riograndense. I - Tabulação e distribuição das associações petrotectônicas do Escudo do Rio Grande do Sul. *Iheringia, Ser. Geol.*, 5: 19-54, Porto Alegre.
- SANFORD, R.M. & LANGE, F.W. - 1960 - Basin study approach to oil evaluation of Paraná miogeosyncline, South Brazil. *AAPG Bull.*, 44(8): 1316-1370, Tulsa.
- SCHNEIDER, R.L., MUHLMAN, H., TOMAZI, E.K., MEDEIROS, R.A., DAEMON, R.F. & NOGUEIRA, A.A. - 1974 - Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: *Congr. Bras. Geol.*, 28, Porto Alegre, 1974. Anais ..., Porto Alegre, SBG, 1: 41-65.
- SCHOBHENHAUS, C., DIOGENES, A.C., DERLE, G.R. & ASMUS, H.E. (Coord.) - 1982 - Mapa Geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais. DNPM, Brasília.
- SCHOLL, W.V., LOPES, O.F., SILVA, A.C.G.A. & PROZZI, C.R. - 1980 - Geologia do Pré-Cambriano da região articular Setuva, municípios de Bocaiúva do Sul e Rio Branco do Sul, PR. In: *Congr. Bras. Geol.*, 31, Camboriú, 1981. Anais ..., Camboriú, SBG, 5: 3003-3012.
- SCHOLL, W.V., ANDRADE E SILVA, A.C.G. de & MONASTIER, M.S. - 1982 - A Formação Setuva do pré-Cambriano do Estado do Paraná: uma revisão crítica. In: *Congr. Bras. Geol.*, 32, Salvador, 1982. Anais ..., Salvador, SBG, : 55-63.

- SERVICIO GEOGRÁFICO MILITAR, REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY – 1973 – Carta Gravimétrica Provisoria de la Republica del Uruguay.
- SERVICIO GEOGRÁFICO MILITAR, REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY – 1986 – Rede Gravimétrica Fundamental de la Republica del Uruguay: Resumen de Valores.
- SHUKOWSKY, W., BLITZKOW, D., SÁ, N.C. de & SURI, C.A. – 1987 – A correção do relevo na região da Grande São Paulo. In: Encontro Reg. Geof., II. Salvador, 1987. Bol. Res. ..., Salvador, SBGf, 1: 94.
- SHUKOWSKY, W., VASCONCELLOS, A.C.B.C. & MANTOVANI, M.S.M. – 1989 – As estruturas Pré-Cambrianas de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, e sua continuidade sob os sedimentos da Bacia do Paraná: um estudo por modelamento gravimétrico. 1º Congresso da SBGf, Rio de Janeiro, RJ, Rev. Bras. Geof., (1): 79.
- SHUKOWSKY, W., VASCONCELLOS, A.C.B.C., MANTOVANI, M.S.M., MILANI, E.J., FREITAS S.R.C. de & HURTER, S.J. – 1991 – An East-West geotranssect crossing South Brazil from the Atlantic coast to the Brazil-Argentina border, at latitude 27.5°S. In: Global Geoscience Transects, L.-P. Cui & Q.-B. Wu (Eds.), Ministry of Geology and Mineral Resources, China.
- SLEEP, N.H., NUNN, J.A. & CHOV, L. – 1980 – Platform basins. Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 8: 17-34.
- SMIT, P.J. – 1962 – Bouguer anomaly map of the Republic of South Africa - Esc. 1:2,500,000. Geol. Survey of South Africa.
- SOLIANI JR., E. – 1986 – Os dados geocronológicos do Escudo Sul-Riograndense e suas implicações de ordem tectônica. Tese de Doutorado, IG/USP, São Paulo, 495 p. (inédito).
- TRAININI, D.R., DIAS, A.A., KREBS, A.S.J., SOUZA, E.C., CAPELETTI, I., TONIOLO, J.A. & SILVA, L.C. – 1978 – Projeto Vidal Ramos-Biguacú. DNPM/CPRM, Porto Alegre, 303 p. (inédito).
- VOGGENREITER, W., HOTZL, H. & MECHIE, J. – 1988 – Low-angle detachment origin for the Red Sea rift system? Tectonophysics, 150: 51-75.
- WHITE, R.S. & MCKENZIE, D.P. – 1989 – Magmatism at rift zones: the generation of volcanic continental margins and flood basalts. J. Geophys. Res., 94(B6): 7685-7729.
- ZALÁN, P.V., WOLFF, S., CONCEIÇÃO, J.C. de J., ASTOLFI, M.A.M., VIEIRA, I.S., APPI, V.T., ZANOTTO, O.A. & MARQUES, A. – 1988 – Tectonics and sedimentation of the Paraná Basin. Anais do Simpósio Gondwana, julho, 1988, São Paulo (in press).

Versão recebida em: 26/06/91

Versão revista e aceita em: 01/12/91

Editor Associado: M.S. Assumpção