



Contribuição da Gravimetria na Prospecção de Água Subterrânea no Litoral Norte do Ceará, Brasil

David Lopes de Castro, Raimundo Mariano G. Castelo Branco

Laboratório de Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto – DEGEO/UFC, Brazil

Abstract

A gravity investigation is conducted in a coastal area in the northeastern Ceará State (Brazil). The objective of the survey is the detection of the regional geological structures which control the accumulation of underground water. This investigation consists of 1668 gravity stations, including previous surveys both in land and marine areas. The Bouguer gravity map is dominated by regional effect caused by the mantle uplift in the continental passive margin. To display more clearly the gravity anomalies caused by upper crustal heterogeneities, the local regional gravity field is removed by using a polynomial surface fitting. The resulting residual gravity anomaly map permits us to associate the gravity anomalies with known precambrian geologic units, granitic batholiths and surface structural features. The gravity lineaments are concordant with the NE-SW structural trends. In the northwestern of the studied area an elongated relative gravity low, visible in the residual map, indicates a NW-SE secondary deformation trend, underlying of the sedimentary cover. These results will be prioritized and will be used to guide a more detailed geophysical survey.

INTRODUÇÃO

A região costeira entre Fortaleza e Paracuru, N do Ceará, vem sendo alvo de um amplo estudo geofísico e hidrogeológico desenvolvido pelo Laboratório de Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto (LGPSR) da UFC, dentro da sistemática do Projeto Nordeste (CNPq). A determinação do comportamento, em sub-superfície, das principais feições estruturais que controlam o acúmulo dos mananciais de águas subterrâneas da região representa o objetivo primeiro do levantamento geofísico realizado. Dentre as ferramentas geofísicas utilizadas, a gravimetria foi escolhida para fornecer indicações sobre as orientações estruturais dominantes no contexto geológico da região.

A área estudada (fig. 1) é ocupada, primordialmente, por terrenos precambrianos intensamente deformados e seccionados por corpos plutônicos, inserindo-se na Faixa de Dobramentos Jaguaribeana, definida por Brito Neves (1975). A base da coluna litoestratigráfica é representada pelo Complexo Granitóide-Migmatítico que agrupa um conjunto de rochas ortoderivadas (ortogneisses graníticos e migmatitos diversos) de idade arqueana a proterozóica inferior. Seus litotipos ocupam uma faixa de 20 km no extremo centro-sul da área, desaparecendo, em direção ao litoral, sob a cobertura sedimentar. Porém, a unidade precambriana predominante é o Complexo Gnaíssico-Migmatítico (Lima *et al.*, 1980), representado por gnaisses diversos, para e ortoderivados parcial ou totalmente migmatizados. Seu posicionamento estratigráfico deu-se provavelmente no Proterozóico Inferior. Intrusões graníticas podem ser observadas na porção centro-sul da área, cortando rochas das duas unidades precambrianas. Tais corpos granitóides ocorrem na forma de *stocks* e batólitos e estão associados ao Ciclo Orogênico Brasileiro. Por sua vez, a faixa litorânea é coberta por um pacote sedimentar pouco espesso e de idade variando do Cenozóico ao Recente. O pacote sedimentar reúne sedimentos do Grupo Barreiras, coberturas colúvio-eluviais, paleodunas, dunas móveis e depósitos flúvio-aluvionares e de mangues (Brandão, 1995). A fig. 1 apresenta ainda alguns dos principais lineamentos estruturais, com um *trend* preferencial para NE.

As estações de medidas gravimétricas levantadas pelo LGPSR em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foram integradas com observações do campo gravimétrico oriundas do próprio IBGE e do Observatório Nacional (CNPq/ON), além de dados marinhos. Ao mapa de anomalias Bouguer resultante foi aplicado um procedimento computacional de separação das componentes regionais e residuais do campo anômalo, o qual utiliza um método de ajuste polinomial robusto. O mapa de anomalias residuais pôde ser, então, interpretado qualitativamente e comparado às feições geológicas mapeadas em superfície.

MAPA DE ANOMALIAS BOUGUER

A porção norte do estado do Ceará já foi incluída em levantamentos gravimétricos regionais prévios executados pela Divisão de Geociências (DIGEO – Fortaleza) do IBGE e pelo Observatório Nacional. Dados gravimétricos levantados na região marinha próxima ao litoral cearense também foram considerados para uma integração com os dados terrestres, como auxílio no processamento gravimétrico. Tais dados marinhos são oriundos do Projeto EQUANT I

(USP / Oregon State University) e do banco de dados geofísicos GEODAS (NGDC – NOAA). A cobertura gravimétrica da área selecionada foi complementada com estações de medida da gravidade estabelecidas em uma parceria entre o LGPSR e o DIGEO/IBGE. O levantamento foi efetuado em três etapas, seguindo o procedimento padrão adotado pelo IBGE: 1) Reconhecimento e localização das estações gravimétricas a serem ocupadas; 2) Levantamento gravimétrico; e 3) Levantamento plani-altimétrico. Foram estabelecidas 168 estações com o auxílio de um gravímetro Lacoste & Romberg e um sistema de posicionamento por satélite do tipo diferencial (DGPS) Magellan. Aos dados medidos foram aplicadas as correções gravimétricas usuais obtendo-se assim as respectivas anomalias Bouguer de cada estação. O presente levantamento foi referenciado à Rede de Padronização Gravimétrica Internacional de 1971 (IGSN-71), sendo que cada estação recebeu uma identificação internacional por parte do IBGE. Os dados adquiridos no convênio UFC/IBGE foram integrados às medidas gravimétricas dos levantamentos terrestres prévios (569 estações) e dados marinhos (1099 estações) perfazendo um conjunto final de 1668 estações de medida. A cobertura gravimétrica média obtida para a área pesquisada é da ordem de 5 estações por km².

O conjunto de dados gravimétricos foi interpolado em uma malha regular com espaçamento de 2 km entre os pontos interpolados através do método *kriging*. O mapa de anomalias Bouguer resultante é apresentado na figura 2, juntamente com a localização das estações gravimétricas. De forma geral, o campo gravimétrico é dominado por um expressivo gradiente horizontal de aproximadamente 0,3 mgal/km, com direção N-NE. Tal gradiente gravimétrico acompanha, paralelamente, o contorno da linha de costa e representa a resposta do campo gravimétrico ao forte afinamento crustal típico de regiões de margem continental passiva. Na porção SE da área pode ser observada uma diminuição do gradiente gravimétrico, indicando a presença de corpos menos densos, certamente as rochas de composição granítica que afloram na região (fig. 1). Na cidade de Fortaleza encontra-se um mínimo local sugerindo uma fonte rasa com alto contraste de densidade negativo. Um máximo gravimétrico de 65 mgal destaca-se a 30 km da costa do Ceará, na parte centro-norte da área. Sua presença pode estar associada a um alto estrutural na região da plataforma continental.

MAPA DE ANOMALIAS GRAVIMÉTRICAS RESIDUAIS

Devido ao marcante controle do *trend* regional no campo gravimétrico da região em apreço, foi realizada a separação das componentes regionais e residuais do campo total no mapa de anomalias Bouguer, através do método de ajuste polinomial desenvolvido por Beltrão *et al.* (1991). O referido método utiliza critérios estatísticos robustos para ajustar iterativamente um polinômio, de ordem predeterminada, à componente regional do campo total. A ordem do polinômio que melhor resultados apresentou foi igual a 3. A figura 3 mostra o mapa de anomalias residuais resultante, além do esboço da geologia local (fig. 1) e dos principais lineamentos gravimétricos observados. O forte gradiente horizontal foi satisfatoriamente atenuado, ressaltando as anomalias devidas as heterogeneidades crustais.

No mapa de anomalias residuais (fig. 3) pode-se observar uma sucessão de altos e baixos gravimétricos de pequeno a médio comprimento de onda, ligeiramente orientados para NE. Tais feições anômalas serão descritas de leste para oeste. O mínimo local na cidade de Fortaleza é agora observado com uma amplitude de -3 mgal, estando este associado a presença de rochas ortoderivadas do Complexo Granitóide-Migmatítico aflorantes nesta região. Mais a oeste surge uma outra anomalia negativa com amplitudes de até -5 mgal. Sua forma elíptica orientada para NE mostra-se parcialmente concordante com os limites superficiais do Complexo Granitóide-Migmatítico (fig. 3). A interpretação de tais anomalias sugere fortemente que o Complexo Granitóide-Migmatítico é menos denso em relação a unidade sobrejacente, o Complexo Gnáissico-Migmatítico.

Um expressivo mínimo gravimétrico semicircular ocupa a porção centro-sul da área, estando associado aos batólitos graníticos brasileiros, que afetam, indistintamente, as duas unidades precambrianas. A oeste surge um extenso alto gravimétrico que limita a anomalia negativa devida aos corpos granitóides e apresenta uma orientação N-NE concordante com lineamentos estruturais mapeados em superfície. Próximo ao litoral o referido máximo local alcança amplitudes acima de 10 mgal e estende-se pela plataforma continental. Por fim, a porção noroeste da área é dominada por um mínimo gravimétrico de baixa amplitude (-4 mgal) e médio comprimento de onda e que encontra-se alongado para NW-SE. Esta anomalia estaria associada, provavelmente, a litotipos menos densos subjacentes a fina cobertura sedimentar cenozóica. A orientação NW do eixo desta anomalia parece refletir uma direção de deformação secundária à orientação preferencial para NE da estruturação regional.

CONCLUSÕES

A formação de uma base de dados gravimétricos com 1668 estações de medida permitiu a confecção do mapa de anomalias Bouguer da região costeira do N do Ceará, com uma cobertura média de 5 estações gravimétricas por km². A finalidade do presente mapa gravimétrico reside na determinação dos principais *trends* estruturais que possam controlar a concentração de águas subterrâneas e com isso direcionar os futuros levantamentos geofísicos de maior detalhe, inclusive com a utilização de outros métodos como a eletrorresistividade. Após a aplicação de um método de ajuste polinomial robusto, foi obtido o mapa de anomalias gravimétricas residuais. A interpretação qualitativa do mapa residual permitiu individualizar as duas unidades precambrianas da região, bem como os batólitos granitóides que cortam tais unidades. Os principais lineamentos gravimétricos mostram-se concordantes com as direções NE-SW das feições estruturais superficiais. Porém, a presença de um expressivo baixo gravimétrico na porção oeste da área indica uma direção de deformação secundária para NW-SE.

REFERÊNCIAS

Beltrão, J. F., Silva, J.B.C. and Costa, J.C., 1991, *Robust polynomial fitting method for regional gravity estimation. Geophysics*, 56, 80-89.

Brandão, R.L., 1995, *Projeto SINFOR: Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Texto Explicativo. Série Cartas Temáticas, 1, 34 p.*

Brito Neves, B.B., 1975, *Regionalização Geotectônica do Pré-Cambriano Nordestino. Tese de Doutorado, USP, São Paulo.*

Cavalcante, J.C., Ferreira, C.A. e Medeiros, M.F., 1983, *Mapa Geológico do Estado do Ceará 1:500.000. DNPM/CPRM, Brasília.*

Lima, E.A.M., Wanderley, A.A. e Vieira, A.T., 1980, *Projeto Scheelita do Seridó. Relatório Final, DNPM/CPRM, Recife, 266 p.*

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao IBGE e CNPq/ON pela concessão dos dados gravimétricos da região costeira do Ceará, bem como ao DIGEO/IBGE pela parceria na coleta das demais medidas de gravidade na área pesquisada. O apoio financeiro do CNPq e da Fundação Banco do Brasil (FBB) foi de fundamental importância para a elaboração do presente trabalho.

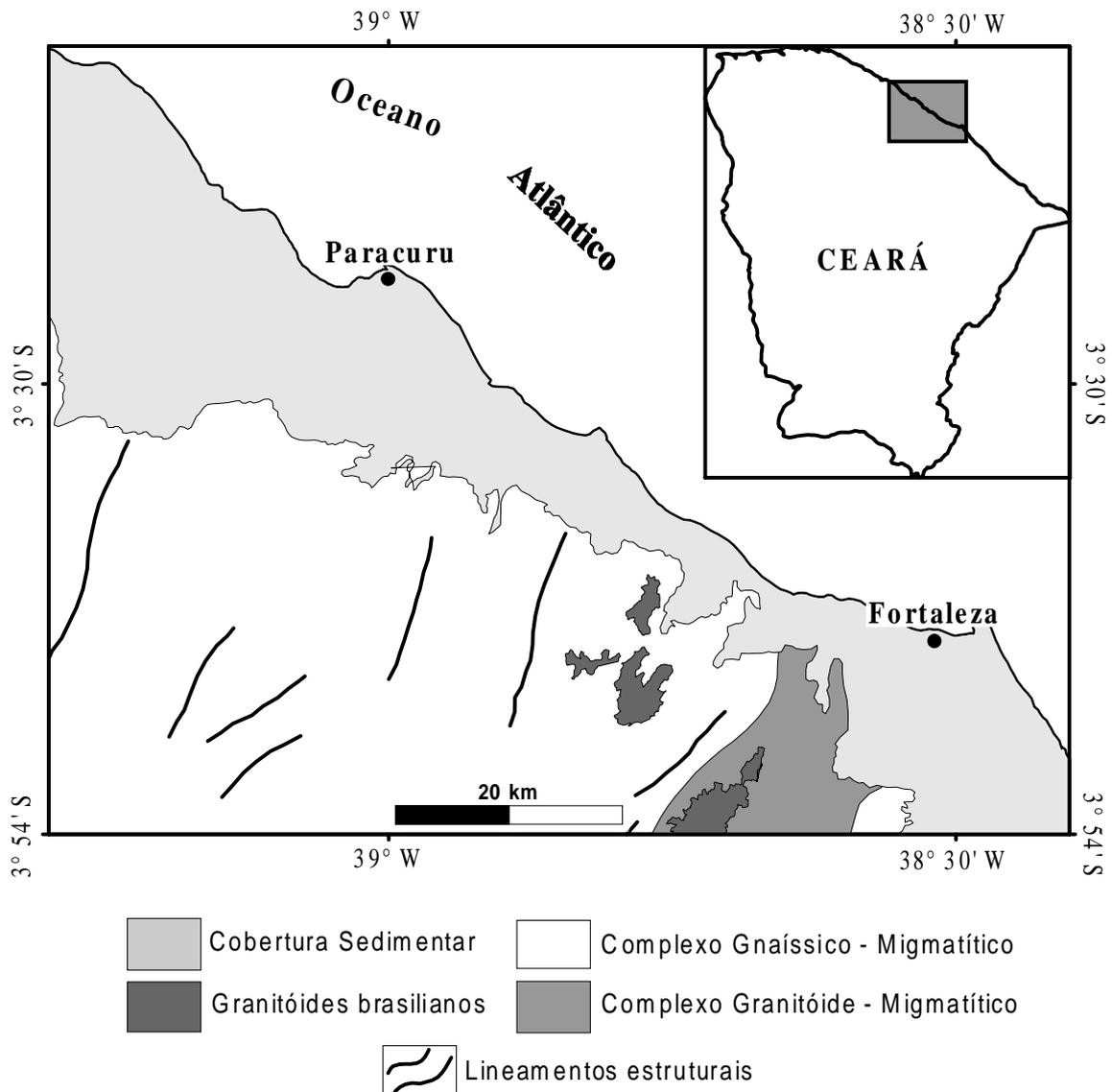


Fig. 1. Mapa geológico simplificado com as principais feições geológicas da região costeira do N do Ceará. Adaptado do Mapa Geológico do Estado do Ceará (Cavalcante et al., 1983).

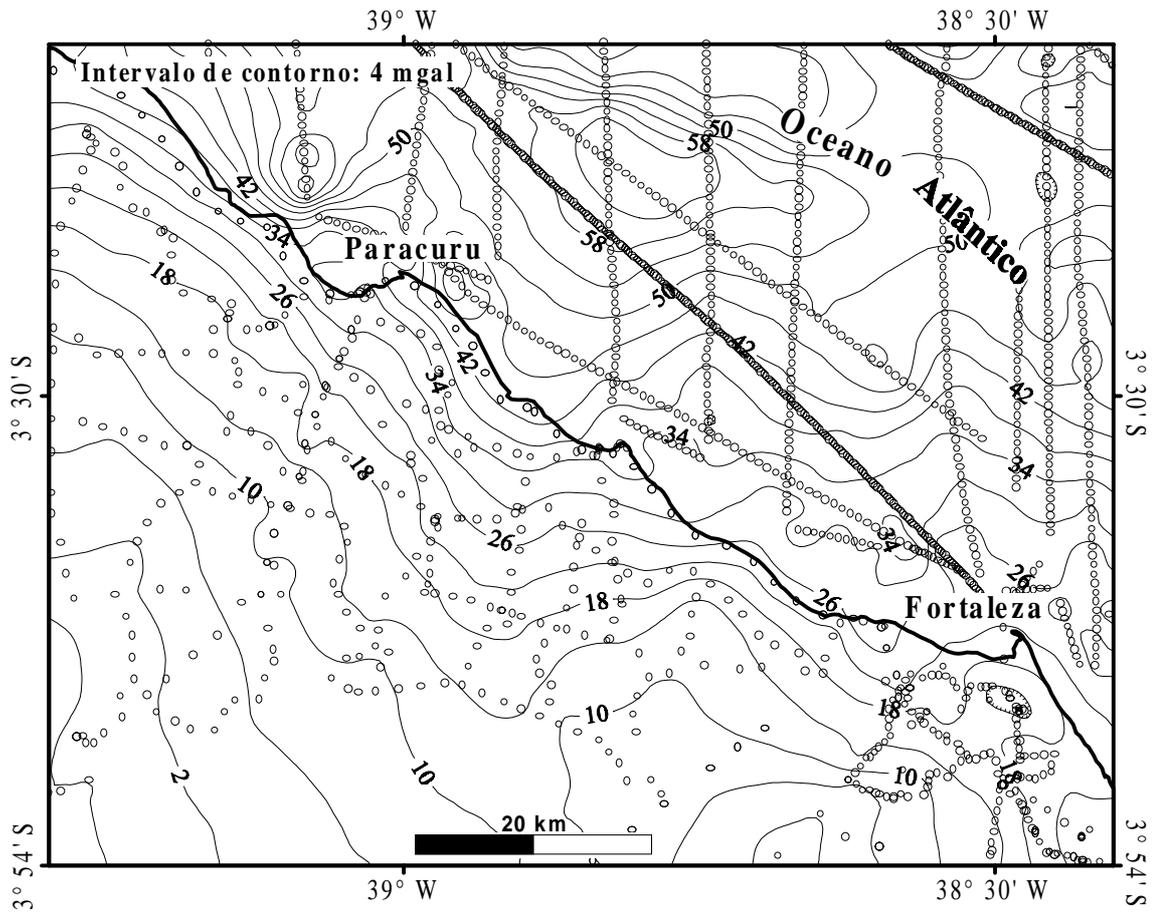


Fig. 2. Mapa de anomalias Bouguer e localização das estações gravimétricas na porção N do Ceará.

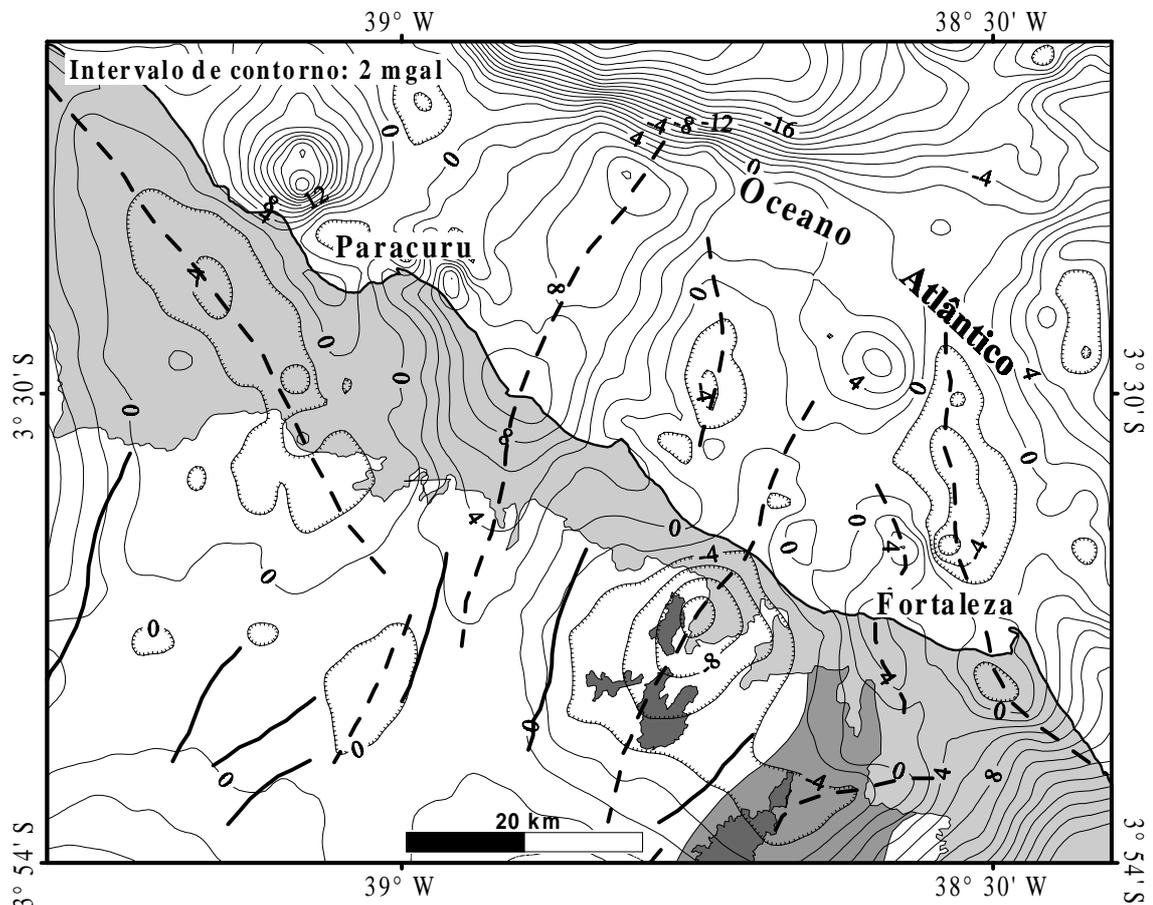


Fig. 3. Mapa de anomalias gravimétricas residuais e esboço geológico (ver legenda na fig. 1) da área estudada. As linhas tracejadas indicam lineamentos gravimétricos.