



Estudo audiomagnetotélúrico (AMT) na porção onshore da Bacia de Almada, Bahia

Patrícia G. Freire* (pgf@on.br), Emanuele F. La Terra* (laterra@on.br), Sergio L. Fontes* (sergio@on.br), Valéria C.F. Barbosa** (valcris@Incc.br) - * Observatório Nacional, Brasil, ** Laboratório Nacional de Computação Científica, Brasil

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Fifty audiomagnetotelluric (AMT) measurements covering 10 KHz – 10 Hz frequency range have been carried out on the onshore portion of Almada basin, Bahia state. AMT data were recorded in two roughly orthogonal profiles and our approach interprets the AMT soundings using the first-order Tikhonov regularization 2D inversion method to estimate the resistivity distribution in the subsurface that explained the field observations to within a preset error. This inversion method favors solutions presenting an overall smoothness on the estimated resistivity distribution. By inverting two profiles, one striking from SW-NE and the other striking SE-NW, we illustrate that several known geologic structures and the geoelectric signature of known faults are well depicted in preliminary AMT resistivity model. Our AMT resistivity results show that the low resistivity estimates may be correlated with the percolation of fluids on the fault area. Also, the AMT imaging suggests the existence of possible graben structure in the southernmost Almada Basin border.

Introdução

A Bacia de Almada está localizada na margem continental do Estado da Bahia, entre os paralelos 14° 30' e 14° 55' S, limitada a norte pelo Alto de Itacaré que a separa de Bacia de Camamu; e sul pelo Alto de Olivença, que a separa da Bacia de Jequetinhonha (Figura 1). A idade dos sedimentos contidos varia do Jurássico ao Quaternário. Numa área de 200 km², a bacia está dividida em duas porções, uma continental e outra oceânica.

Todo o conhecimento geológico da bacia até o presente momento está baseado principalmente em mapeamentos geológicos realizados na região (Mendes, 1998). O objetivo do presente trabalho é contribuir para a definição do arcabouço estrutural, em especial os principais conjuntos de falhamentos, da porção terrestre da Bacia de Almada. Para tanto foram interpretados dados geofísicos audiomagnetotélúricos.

Contexto geológico

O contexto litoestratigráfico do embasamento cristalino sob e adjacente à Bacia de Almada é decorrente de uma longa evolução policíclica, resultando em uma grande diversidade etária. É constituído pelo Cinturão Itabuna, desenvolvido durante Evento Transamazônico (2.25-2.0 Ga), que em parte retrabalhou profusamente terrenos Arqueanos, e pela porção externa da Faixa Araçuaí, relacionada ao Evento Brasileiro (620-530 Ma).

A estratigrafia da Bacia de Almada pode ser dividida em cinco seqüências (Netto *et al.* 1994): (i) Seqüência Pré-Rifte – Grupo Brotas; (ii) Seqüência Rifte – Grupo Almada; (iii) Seqüência Transicional – Grupo Camamu; (iv) Seqüência Transgressiva – Grupo Camamu; (v) Seqüência Regressiva – Grupo Espírito Santo e Formação Barreiras. O Grupo Brotas, de idade Juro-Cretácia depositou-se em ambiente fluvial eólico e é composto pelas Formações Sergi e Itaípe. O Grupo Almada data do Neocomiano-Barremiano (Netto *et al.* 1994) e seus ambientes deposicionais principais são leques aluviais (Formação Morro do Barro) e lacustre (Formação Rio de Contas). O Grupo Camamu varia do Aptiano (Formação Taipus Mirim) que é um ambiente marinho restrito e fino e Albo-Turoniano um ambiente marinho nerítico. O Grupo Espírito Santo com idades variando do Coniaciano ao Holoceno, com ambientes marinho de abissal e nerítico, subordinadamente continental (Netto *et al.* 1994).

As falhas limites da Bacia sedimentar do Rio Almada, (e.g. Falha da Serra Pilheira e Falha do Maron) têm direção geral N-50E e são datadas como Cretácio Inferior, fase rifte (Figura 1). Elas delimitam a Bacia, colocando o embasamento, tanto o metamórfico quanto o ígneo em bloco alto e a seção sedimentar no bloco baixo. Associado a estes falhamentos sintéticos ocorre um sistema de falhas antitéticas, de direção dominante N-S e mergulho para oeste (e.g. Falha do Apipique, nomenclatura de Carvalho (1965)), que delimitam um compartimento raso, a oeste, onde se situa a Lagoa Encantada. Para leste da Falha do Apipique, diferencia-se o compartimento central. A superfície do embasamento tem profundidade média em torno de 500m. A Falha de Aritaguá é o limite externo (leste) do compartimento central, caracterizado por seu traço encurvado côncavo e por apresentar, no bloco baixo a presença da Formação Rio de Contas de idade Jurássica (Cretáceo inferior), ausente no bloco alto. O Rio Almada sofre uma inflexão de quase 90° para sul, ao atingir o traço do plano da Falha de Aritaguá e segue até a sua desembocadura, junto ao Porto do Malhado, em Ilhéus.

No extremo sul da Bacia de Almada, a Falha de Aritaguá trunca com a Falha do Maron compondo uma escarpa íngreme alinhada na direção N 10°.

A estimativa do relevo do embasamento da bacia de Almada visa, primeiramente, definir as principais feições geológicas que compõem o arcabouço estrutural desta bacia como por exemplo paleoaltos, terraços estruturais e falhamentos.

Metodologia

O método audiomagnetotélurico (AMT) é uma técnica de sondagem eletromagnética no domínio da frequência. Para obter dados com qualidade na faixa morta áudio-magnetotélurica (1KHz – 3 KHz), foi empregado um sistema de fonte controlada. A técnica utiliza dipolo fixo aterrado e *loop* horizontal de dipolos magnéticos como fonte de energia, emitindo cerca de 400 Am². Para que seja considerada onda plana, o receptor foi colocado a uma distância longe da fonte geradora de sinal AMT, maior que três *skin-depth* - cuja expressão é função da resistividade ρ e da frequência f :

$$\delta = 500(\rho / f)^{1/2}$$

O trabalho de campo na porção terrestre da Bacia de Almada consistiu na coleta de 50 estações com o equipamento CSAMT/Stratagem operando na faixa de frequência de 10 Hz a 10 KHz. As estações foram dispostas em forma de perfis com as distâncias entre as medidas variando entre 500 m e 2 Km.

Os eletrodos foram montados com o arranjo em forma de cruz nas direções N e E magnético e com espaçamento variando de 30 a 52 m. Foram traçados dois perfis, o primeiro (A-A') na direção SW-NE com treze estações e o segundo perfil (B-B') na direção SE-NW com sete estações (Figura 1).

Resultados

Os modelos geoeletricos foram estimados a partir da inversão 2D empregando o método de inversão que se baseia na minimização da norma Euclideana da primeira derivada do vetor de parâmetros (método de regularização de primeira ordem de Tikhonov). Este método impõe variações suaves para a distribuição da resistividade (Rodi e Mackie, 2001). Como os sistemas não lineares envolvidos neste problema são de grande porte, eles foram resolvidos através da técnica do gradiente conjugado. Os resultados aqui apresentados foram obtidos a partir da inversão do modo TE.

Perfil A-A'

O perfil A-A' (Figura 2) tem aproximadamente 20 km de comprimento, e é composto pela projeção ortogonal de 13 sondagens AMT sobre uma linha imaginária de direção SW-NE. Este perfil mostra o resultado da inversão 2D dos dados coletados no campo. Os ajustes das maiorias das curvas de dados observados e calculados ficaram com erro abaixo de 10 %. No entanto, algumas curvas de dados produziram erros maiores que

30% do ajuste entre os dados observados e calculados tendo sido interpretadas como produzidas por estruturas geológicas tridimensionais.

Neste perfil foi possível cortar algumas das estruturas e unidades litológicas da Bacia no bloco baixo (Netto *at al.* 1991). As sondagens 25 e 26, por exemplo, que se localizam sobre a Falha do Apique, cortam também as unidades do Arqueano-Proterozóico e mostram resistividades baixas chegando até 10 Ohm.m. Esta baixa resistividade dos sedimentos sugere a existência de falhamentos percolados por fluidos. Adicionalmente, estimamos que o pacote sedimentar, nas proximidades desta possível falha, apresenta profundidade máxima de 200 m. Destacamos que este resultado geofísico sobre a existência de falhamentos é consistente com o conhecimento geológico sobre falhamentos na área das sondagens 25 e 26.

Formas verticais na porção mais a NE do perfil marcadas pelas sondagens 40, 41, 42 e 43 mostram também a ocorrência de estruturas geológicas marcadas por falhas com mergulhos de vertical a sub-vertical.

Os sedimentos de profundidades médias entre as sondagens 29 e 40 mostram resistividade que variam de 50 a 150 Ohm.m. Nas sondagens 04 e 06 as resistividades de valores baixos são marcadas pelos sedimentos fluviais na zona de inundação do Rio Almada sobre um dos terraços fluviais.

Perfil B-B'

A Figura 3 mostra o perfil B-B' que possui aproximadamente 4 km de comprimento sendo composto pela projeção ortogonal de 7 sondagens AMT sobre uma linha imaginária de direção SE-NW. Este perfil mostra o resultado da inversão 2D dos dados coletados no campo. Os ajustamentos da maioria das curvas observadas e calculadas ficaram com erro abaixo de 10 %. Neste perfil, também, foi possível cortar algumas estruturas geológicas conhecidas da Bacia no bloco alto (Netto *at al.* 1991). Neste perfil é possível observar que a profundidade do embasamento varia de 600 a 800m com valores de resistividades maiores que 400 Ohm.m. As sondagens 20, 21 e 18 mostram um basculamento de bloco sedimentar que pode ser de uma estrutura de graben bem próximo à borda SW da parte *onshore* da bacia, marcados por valores de resistividades baixas.

A cobertura superficial de sedimentos recentes não consolidados se estende por quase todo o perfil e apresentam valores de resistividades baixos.

Conclusões

As estimativas 2D da distribuição da resistividade a partir da inversão de dados AMT coletados na porção *onshore* da Bacia de Almada produziram imagens de estruturas da subsuperfície concordantes com feições geológicas já conhecidas. Da análise das imagens 2D sugerimos a correlação entre as estimativas de baixas de resistividade e a presença de falhamentos percolados por fluidos. Adicionalmente, interpretamos uma estrutura de graben nas proximidades da borda SW da parte *onshore* da Bacia de Almada. Finalmente, destacamos a

interpretação de falhamentos sub-verticais na porção NE desta bacia sedimentar.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado com recursos do Edital Universal (CNPq) definido no contrato No. 472229/03-6. A autora P.G.F. recebeu apoio financeiro do CNPq na forma de bolsa de mestrado. Os autores S.L.F. e V.C.F.B. agradecem o apoio financeiro recebido do CNPq via bolsas de Pesquisa. Os autores agradecem Manoel M. Maciel pela geração do mapa geológico.

Referências

Bruhn, C.H.L. & Moraes, M.A.C. 1989. Turbiditos da Formação Urucutuca na Bacia de Almada, Bahia: Um laboratório de campo para estudo de reservatórios canalizados. B. Geociências da Petrobrás, 3(3): 235-67.

Carvalho, K. W. B., 1965. Geologia da bacia sedimentar do rio Almada. B. Técnico Petrobrás, Rio de Janeiro, 8(1): 5-55.

Kenneth L. Z., Larry J. H. 1991. The Controlled Source Audio-Frequency Magnetotelluric Method: Nabighian M.N., ed., Electromagnetic methods in applied geophysics, Vol. II, pp713-807.

Netto, A. S. T.; Sanches, C. P. 1991. Roteiro geológico da Bacia de Almada, Bahia. Revista Brasileira de Geociências 21(2): 186-98.

Netto, A. S. T., Wanderley Filho, J.R., Feijó, 1994. Bacias de Jacuípe, Camamu e Almada. Boletim de Geociências da Petrobrás, 8, 173-184

Rodi, W. e Mackie, R.L., 2001. Non linear conjugate gradients algorithms for 2-D magnetotelluric inversion. Geophysics, 66, 174-187.

Localização da Área de Estudo

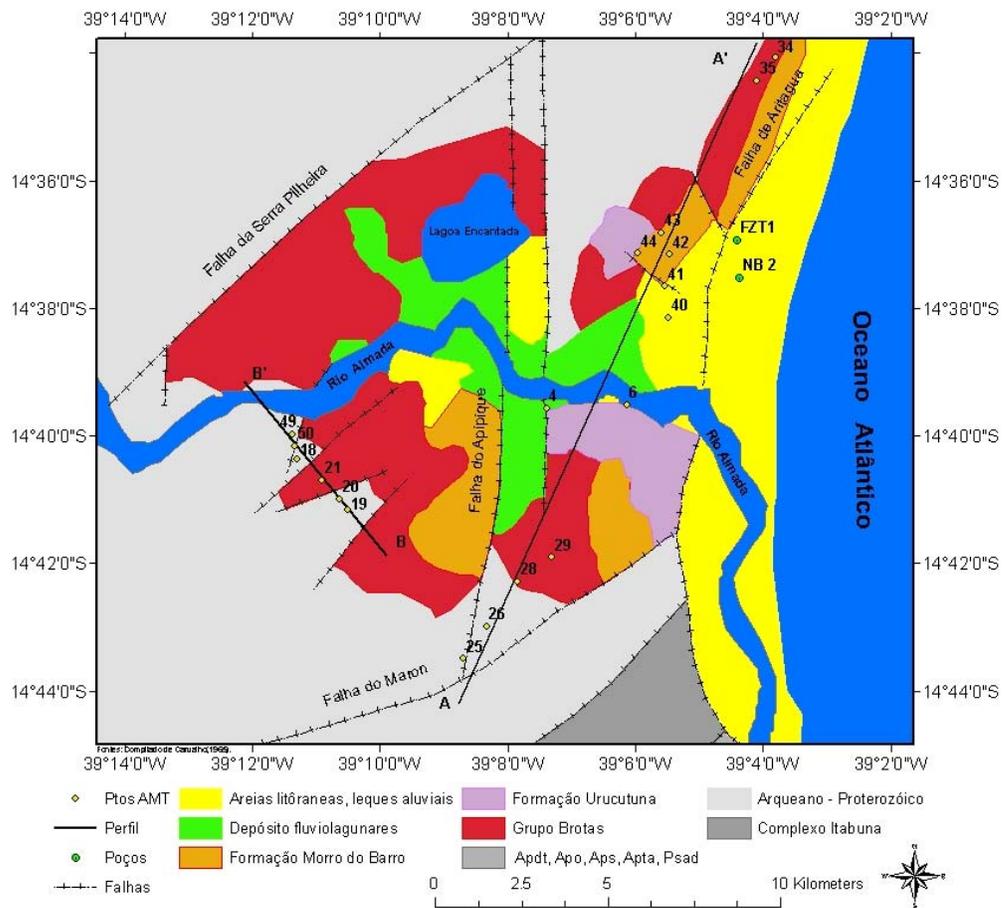
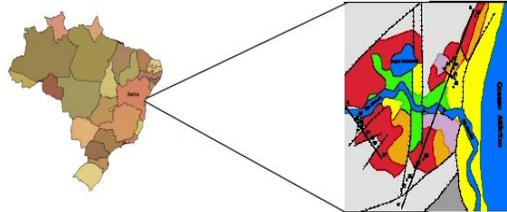


Figura 1. Mapa geológico da porção onshore da bacia de Almada. Nos perfis A-A' e B-B' estão as sondagens AMT interpretadas neste estudo.

