

Análise Geofísica das Características Hidráulicas da Falha de Salvador na Região de Arembepe - Bahia

Christian Pereira Lopes dos Santos e Olivar Antonio Lima de Lima CPGG-UFBA, Bahia

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

The hydraulic characteristics of the Salvador fault zone along the eastern boundary of the Recôncavo basin were inferred from sub-surface geologic and geophysical data. This fault put in direct contact the shaly sandstones of the São Sebastião Formation and the metamorphic rocks of the crystalline basement. The studied area is part the coastal zone of Salvador, included in the Camaçari country and extending from the Jauá beach to the Arembepe village.

Two geophysical methods were employed to evaluate the waters resources of the area. A total field magnetic map allows to recognize the underground fresh crystalline basement, whereas resistivity soundings were used to define a geo-structural model for the whole area. Sixteen magnetometric profiles and fifty two vertical electrical soundings were distributed in the area. The results allows to map the aquifer geometry and to infer some of their hydraulic characteristics, as well as to define the depth of the water level, and the presence of a fresh water - salt water interface close to the beach.

Introdução

A área de estudo compreende a região de Arembepe, situada no município de Camaçari, na bacia do rio Capivara Grande, onde o traçado inferido da falha de Salvador mais se aproxima da linha de costa (figura1). Esta área, do ponto de vista hidrológico, é caracterizada por dois sistemas aquíferos: o sistema aquífero Recôncavo e o sistema aquífero cristalino. A interface entre esses dois sistemas aquíferos é representada pela zona da Falha de Salvador que, pela sua constituição predominantemente argilosa de seu lado rebaixado, deve ter um comportamento pouco permeável.

O crescimento da população urbana nos municípios das bacias hidrográficas da região costeira de Salvador e da industrialização na área contribuíram para que se tomassem medidas buscando soluções que viabilizassem uma maior disponibilidade de água face ao crescimento da demanda. Para tanto, de imediato, a solução encontrada, foi o abastecimento de água através de captação subterrânea (poços), principalmente para as indústrias, cidades e vilarejos da bacia.

A ocupação da terra nesta região, todavia, não tem sido controlada, e as conseqüências de uma ocupação desordenada já se fazem notáveis em quase todos os mananciais desta região, que têm a qualidade de suas águas e disponibilidade hídrica comprometidas, a exemplo dos rios Joanes, Jacuípe e Capivara Grande.

A bacia do rio Capivara Grande é caracterizada geologicamente pelas areias marinhas quaternárias, pelos arenitos e folhelhos das formações Barreiras e São Sebastião e pelas rochas do embasamento cristalino (figura1).

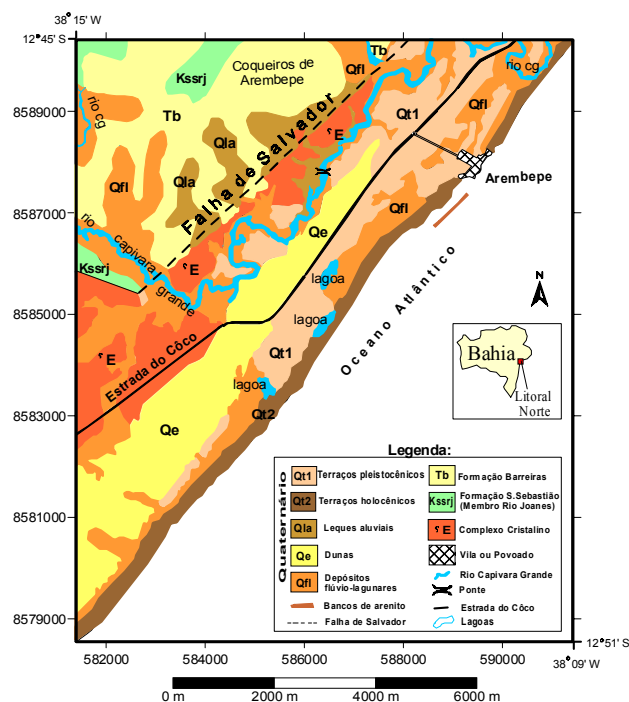


Figura1: Mapa geológico e de localização da área estudada

Neste trabalho, dois métodos geofísicos foram empregados, visando fazer uma caracterização geológica-estrutural da subsuperfície: i) A magnetometria no propósito de definir o relevo do embasamento cristalino e; ii) A eletrorresistividade com a finalidade de determinar espessuras, propriedades petrofísicas e nível estático do sistema aquífero freático da área, inferir as direções de fluxo das águas subterrâneas e, se possível, verificar as características hidráulicas efetivas da Falha de Salvador.

Métodos e Procedimentos

A utilização de medidas magnéticas na exploração geofísica baseia-se no fato de concentrações de minerais magnéticos nas rochas da crosta produzirem distorções locais nos elementos do campo magnético da Terra.

O método magnético no estudo de águas subterrâneas tem como princípio mapear anomalias causadas por variações no campo magnético terrestre local devido à presença de materiais geológicos tais como minerais magnéticos, os quais são predominantes em rochas do embasamento cristalino.

Todas as 16 linhas magnéticas levantadas em torno da área foram obtidas, usando o magnetômetro MAGVISON, com variações nos espaçamentos entre as estações (Santos, 1998). Essas linhas localizam-se em estradas e caminhos, de modo a cobrir toda a extensão das rochas do embasamento cristalino. Para tanto esses dados magnéticos foram analisados qualitativamente usando procedimentos convencionais.

A condução elétrica nas rochas da crosta se dá de duas formas: condução eletrônica ou condução iônica. A condução eletrônica deve-se ao transporte de elétrons livres dos metais na matriz da rocha na presença de um campo elétrico, onde neste caso a resistividade é governada pelo modo de agregação dos minerais, ou textura da rocha. A condução iônica deve-se ao transporte dos íons existentes nas águas intersticiais das rochas na presença de um campo elétrico (Telford et al., 1990). A condução através dos grãos minerais é importante apenas em rochas com grande concentração de magnetita, grafita, pirrotita e outros minerais considerados bons condutores eletrônicos (Parasnis, 1997; Keller e Frischknecht, 1966).

Foram realizadas 52 sondagens elétricas na área estudada usando o arranjo Schlumberger de eletrodos e o equipamento SYSCAL-R2. Essas sondagens foram inicialmente agrupadas em dois conjuntos: (i) aquele em que os centros das SEV's se localizam no bloco alto da Falha de Salvador, inclui 43 sondagens; e (ii) aquele dos centros localizados no lado rebaixado da falha, sobre depósitos das formações Barreiras e São Sebastião, contendo 9 sondagens. Desta forma, permitiu-se confeccionar cinco perfis geoeletricos transversais, sendo que dois deles cruzam os sistemas aquíferos recôncavo e cristalino. Essas SEV's foram quantitativamente invertidas usando procedimentos convencionais e softwares de domínio público disponíveis no CPGG/UFBA.

Discussão dos Resultados

A partir da interpolação das linhas magnéticas feita no software SURFER confeccionou-se um mapa de campo magnético total (figura 2) que ilustra a distribuição do embasamento cristalino na área estudada.

Analisando o mapa de campo magnético total verifica-se que regiões onde o embasamento cristalino se apresenta mais raso em relação a superfície do terreno,

corresponde aos locais de menor campo magnético no mapa. Por outro lado, locais onde o campo magnético total é maior, representam as áreas onde o embasamento está mais profundo.

Com base nos resultados das inversões da função resistividade aparente foram confeccionados: i) cinco perfis geoeletricos transversais; ii) um mapa que define a topografia do embasamento cristalino referenciados à superfície do nível do mar e; iii) um mapa do nível estático também referenciado à superfície do nível do mar. A figura 8 ilustra o mapa com os centros da SEV's e as direções dos perfis geoeletricos construídos.

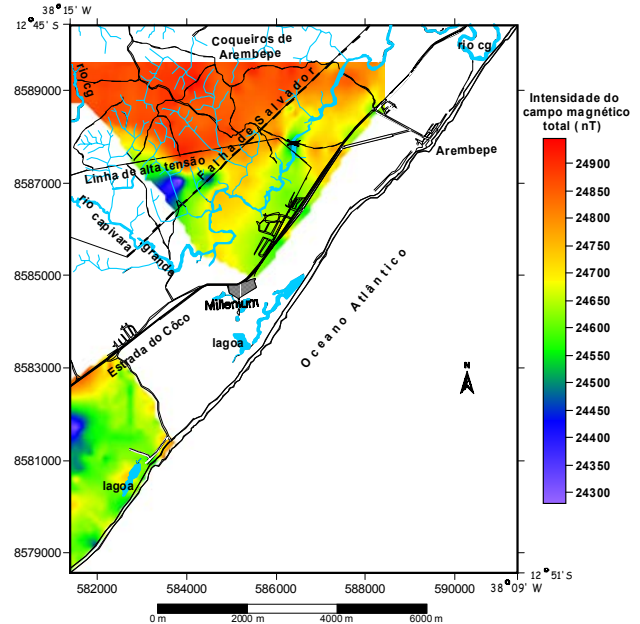


Figura 2: Mapa de campo magnético total.

O perfil 1 (fig.3) é um corte geológico orientado na direção NNW-SSE, entre a SEV-46 em Coqueiros de Arembépe e a SEV-43 na praia de Jauá. Nele, pode-se observar no bloco do lado NW, a partir da falha, uma cobertura arenosa da Formação Barreiras com espessura variando de 5 a 50m e resistividade no intervalo 1100 à 1600 $\Omega.m$, capeando uma espessa seqüência de arenitos (espessura >100 m e resistividade entre 470 a 580 $\Omega.m$) que constitui o topo da Formação São Sebastião na área. Segue-se uma espessa e lateralmente extensa seqüência argilosa dominada por folhelhos com (resistividades entre 50 a 80 $\Omega.m$). Um substrato resistivo (resistividades entre 430 a 560 $\Omega.m$) parece se desenvolver extensivamente abaixo de 200m de profundidade. No outro bloco, a SE da falha, tem-se coberturas arenosas quaternárias com resistividades de 220 $\Omega.m$, capeando uma zona de alteração do embasamento cristalino que por ser muito argilosa, é mais condutiva (20 a 40 $\Omega.m$), e o embasamento são.

O perfil 2 (fig.4) é um corte geológico orientado na direção WNW-ESE, entre a SEV-46 em Coqueiros de Arembépe e a SEV-01 na praia de Arembépe, e apresenta a mesma sucessão descrita anteriormente.

Neste perfil vale destacar uma menor espessura do aquífero livre formado pela conexão da Formação Barreiras com o topo arenoso da Formação São Sebastião, e o mergulho mais acentuado das camadas geoeletricas. No bloco a sul da Falha de Salvador deve-se mencionar a maior espessura dos depósitos arenosos quaternários na planície de Arembepe, que pode chegar a quase 50m.

O perfil 2a (fig.5) é uma seção geoeletrica detalhada no bloco alto da falha que ilustra o comportamento da interface água doce-agua salgada próximo à praia. Nele, destaca-se: a presença de um nível estático raso nos depósitos arenosos quaternários cuja espessura varia entre 20 e 30m e a resistividade entre 70 e 160 Ω .m. Na SEV-01, observa-se uma redução brusca de resistividade na profundidade de 10,6m, sugerindo a presença da interface água doce-agua salgada, abaixo deste nível.

O perfil 3 (fig.6) é uma seção geoeletrica que dispõe-se paralelamente a linha de costa. Nele, observa-se ondulações no embasamento cristalino não alterado, assim como variações laterais de espessuras nos depósitos das areias quaternárias. O aquífero livre nessa região aparece como duas zonas de resistividades distintas: uma superior de areias limpas na qual a resistividade varia de 500 a 2780 Ω .m; e outra inferior, onde a resistividade varia de 120 a 160 Ω .m.

O perfil 4 (fig.7) é uma seção geoeletrica esquemática que sintetiza o comportamento hidráulico exercido pela Falha de Salvador na interação dos sistemas aquíferos da área. Nele, infere-se que ao longo da superfície da falha, o lado estrutural elevado, com as rochas cristalinas sub-aflorantes, tem permeabilidade bem mais baixa que as dos arenitos acoplados Barreiras-São Sebastião. Distante da falha o fluxo regional é predominantemente horizontal. Assim o afloramento da extremidade superior da falha, caracteriza-se como uma zona de surgência vertical da água subterrânea proveniente da bacia (Santos, 2003). Com isso é criada uma intumescência assimétrica de água, responsável em grande parte pela extensa inundação da bacia do rio Capivara Grande e áreas adjacentes.

No mapa da configuração do nível estático (fig.8), observa-se que o fluxo da água subterrânea se dirige para o mar, ou seja, o sentido de fluxo se desenvolve de W-NW para E-SE, coincidentemente com o mergulho dos estratos.

No caso do mapa da topografia do embasamento (fig.9), nota-se variações de níveis de -90m a 5m em relação ao nível do mar. Outro fato importante observado é a existência de três depressões situadas nas partes sul, central e norte do mesmo, que parecem está associadas a vales fraturados com profundo intemperismo.

Conclusões

A utilização conjunta dos métodos da magnetometria e da eletrorresistividade mostrou-se eficaz para o mapeamento das principais feições geológicas, bem

como das características hidráulicas das unidades aquíferas e da Falha de Salvador na área estudada.

Os dados magnéticos permitiram identificar anomalias associadas com a configuração do embasamento cristalino. Flutuações no campo magnético total sobre o alto estrutural se associam a ondulações no substrato de rochas sãs.

O método da eletrorresistividade possibilitou determinar a configuração geométrica do sistema aquífero livre da região. A NW da falha, esse sistema é constituído por associação de arenitos das Formações Barreiras e São Sebastião compondo uma espessura combinada de mais de 100m. A NE se combinam areias marinhas quaternárias com a parte alterada e/ou fraturada do embasamento cristalino, até uma espessura máxima de 60m. O contato entre esses dois blocos coincide com a Falha de Salvador, ao longo da qual se infere estar havendo uma surgência vertical da água subterrânea da bacia para os depósitos quaternários e para as correntes superficiais.

Nas zonas próximas à costa, sondagens elétricas revelaram a presença de uma interface água doce-água salgada, invadindo como uma cunha à porção aquífera constituída pelas areias quaternárias e o embasamento cristalino fraturado.

Com os resultados geofísicos alcançados foi possível inferir que a condição regional do fluxo da água subterrânea é ser predominantemente horizontal, exceto nas proximidades da falha, onde há uma importante componente vertical.

Apesar de incluir a planta industrial de extração de titânio da Millenium, os dados levantados de resistividade não revelam níveis de contaminação superficial no entorno da mesma.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CPGG/UFBA por ter disponibilizado toda a infra-estrutura primordial para a realização do trabalho. A CAPES e ao CNPQ pela concessão das bolsas de Pós-Graduação e Produtividade em pesquisa.

Referências Bibliográficas

Keller, G. V., e Frischknecht, F. C., (1966) Electrical Methods in Geophysical Prospecting, Pergamon Press, Colorado, 1a edição.

Parasnis, D. S., (1997) Principles of Applied Geophysics, Chapman e Hall, London, 2a edição.

Santos, C. P. L., (2003). Análise Geofísica das Características Hidráulicas da Falha de Salvador na região de Arembepe - Bahia: Dissertação de Mestrado, CPGG/UFBA.

Santos, L. A. R. F., (2000) Avaliação dos aquíferos costeiros da área do rio Joanes – Jauá, Trabalho de Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

Telford, W. M.; Geldart, L. P. e Sheri., R. E. (1990) Applied Geophysics, Cambridge University Press, 2a edição.

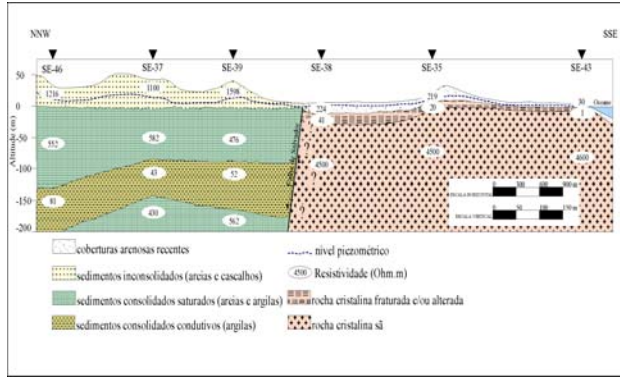


Figura 3: Perfil Geoeétrico transversal-1 na direção NNW-SSE

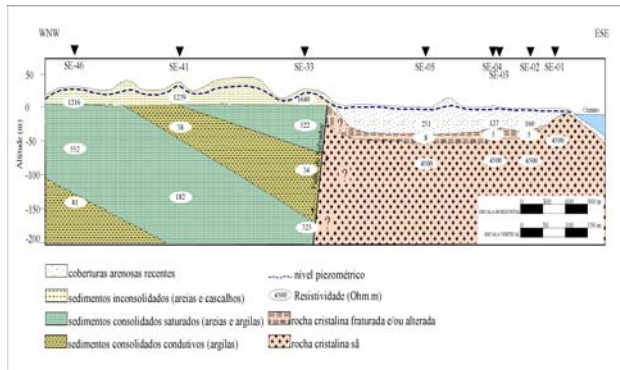


Figura 4: Perfil Geoeétrico transversal-2 na direção WNW-ESE.

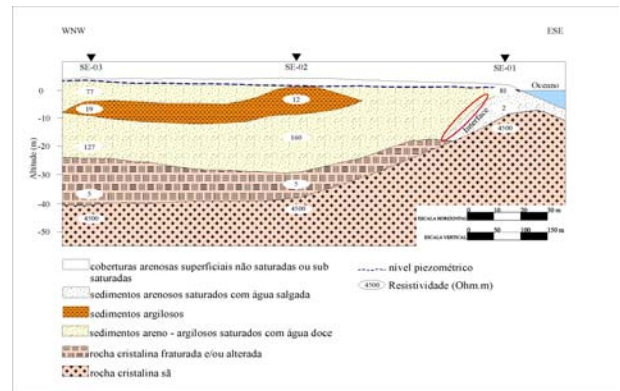


Figura 5: Perfil Geoeétrico transversal-2a detalhando a interface água doce – água salgada do perfil 2.

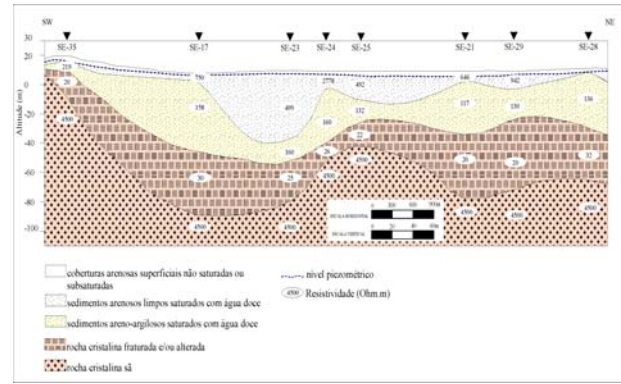


Figura 6: Perfil Geoeétrico transversal-3 na direção SW-NE.

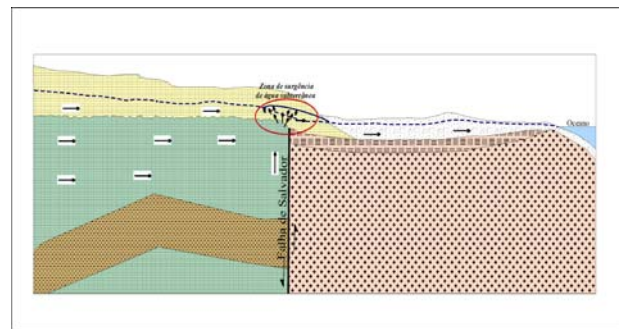


Figura 7: Perfil Geoeétrico transversal-4 esquemático mostrando o comportamento hidráulico exercido pela Falha de Salvador entre os sistemas aquíferos recôncavo e cristalino.

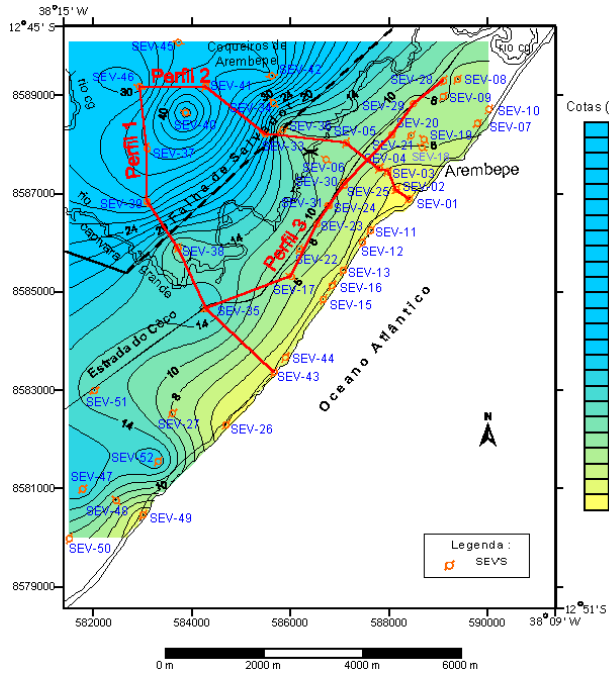


Figura 8: Mapa da cota do nível estático do sistema aquífero freático referenciado ao nível do mar com as direções dos perfis geoeletricos construídos.

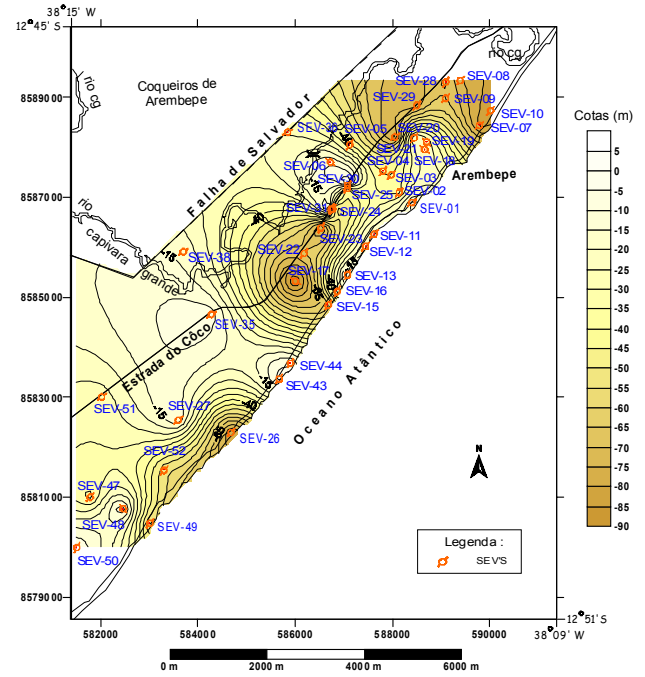


Figura 9: Mapa da topografia do embasamento cristalino referenciado ao nível do mar.