



Prospecção de Água Subterrânea na Bacia Sedimentar de Tucano Sul, Bahia, Brasil, Utilizando Métodos Elétricos.

Paulo José Pereira Gomes (*) – CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Olivar Antônio Lima de Lima – CPGG / UFBA

Copyright 2003, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents 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

In this work we use surface geophysics and well logging results to examine the aquifer systems in the South Tucano Basin, Bahia State, Brazil, up to a depth of 500 meters. Geological and geophysical data of two oil and two groundwater wells were used for stratigraphic and petrophysical purposes. In addition, nineteen vertical electrical soundings were measured along some selected centers in the area. Basic geological and hydrological information provided by CPRM was used in integrating the geophysical and the hydrogeological information. These results are represented in apparent resistivity and structural maps, as well as geological sections to depict a structural-hydrological model for the area within the investigated depth.

1. Introdução

As secas e a poluição dos rios no Nordeste são dois problemas de grande impacto social. Além da escassez relativa da água, condicionada por fatores de natureza geológica, o problema do suprimento das populações nordestinas esbarra na falta de execução de um plano integrado, de longa duração, para avaliação, exploração e gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

Dos milhares de açudes construídos, apenas umas poucas centenas são dotados de obras complementares de adução, além do que, 75% desta água sofre evaporação. O desperdício de água e seu mal uso têm causado um prejuízo anual de mais de um bihão de reais (Guedes, 2000). Causa muito mais interesse discutir megaprojetos, tal como o da transposição do Rio São Francisco, do que discutir projetos para execução de uma avaliação mais precisa da localização dos recursos hídricos disponíveis nos diferentes reservatórios da região e, ao mesmo tempo, desenvolver tecnologias mais apropriadas para a locação de poços de extração.

A água subterrânea, além de mais abundante é, em geral, de melhor qualidade, dispensando, na maioria dos casos, tratamentos físico-químicos. Uma outra vantagem do uso da água subterrânea está no fato de que a implantação de um sistema de produção não implica grandes investimentos. Pode ser realizado por partes, de acordo com a demanda. Em contraposição, o abastecimento

superficial envolve, em geral, grandes investimentos iniciais na construção de barragens e sistemas de tratamento e adução, além de causar grande impacto ambiental.

A área estudada nesse trabalho situa-se na Bacia Sedimentar de Tucano Sul e no mapeamento executado pela CPRM (Muricy Filho, 2001). Está inserida na Folha Cipó, SC.24-Z-C-I. escala 1:100.000, é delimitada pelos paralelos 11°00'00" e 11°30'00" de Latitude Sul, pelo Meridiano 38°27'00" de Longitude Oeste e pela borda oeste da Bacia Sedimentar. O acesso se dá através das rodovias federais BR-116 e BR-110.

2. Condições geológicas e hidrológicas da área.

Os sedimentos Cretáceos da Bacia de Tucano Sul foram depositados durante a subsidência da crosta continental nordestina provocada pela separação entre os continentes sul-americano e africano. Essa sutura criou uma grande fossa tectônica no Craton de São Francisco denominada bacia Recôncavo-Tucano-Jatobá.

Numa fase *pré-rift*, no período Jurássico, ocorreu a deposição, em ambiente continental, do Grupo Brotas, subdividido em Formação Aliança, composta de folhelhos depositados em ambiente flúvio-lacustre e Formação Sergi, composta de arenitos quartzosos, depositados por sistemas fluviais entrelaçados com retrabalhamento eólico (Caixeta, et al. 1994).

Na sucessão estratigráfica, na fase *sin-rift*, segue-se o Grupo Santo Amaro, do Cretáceo Inferior, constituído pelas Formações Itaparica e Candeias, ambas de composição predominantemente argilosa, depositadas em ambiente lacustre (Caixeta, et al. 1994).

A fase *sin-rift* é constituída, também, pelos sedimentos do Grupo Massacará com mais de 3.000m de espessura. O Grupo Massacará – Formação São Sebastião – é formado por arenitos finos, médios a grosseiros bem e mal selecionados depositados por sistemas fluviais intercalados com espessos pacotes de folhelhos depositados em condições lacustres. O sistema aquífero regional da bacia é representado pelos arenitos do Grupo Massacará e, em menor extensão, pelos do Grupo Ilhas.

Os depósitos grosseiros sobrepostos das Formações Marizal e Barreiras, da fase *pós-rift*, são relativamente pouco espessos e normalmente confinados em tabuleiros topográficos e agem como reservatórios transitórios controlando a recarga do sistema regional, (Lima 1993). A Formação Marizal, Cretáceo Superior, é constituída de arenitos finos a grosseiros, com estratificação cruzada com espessura de até 100m. A Formação Barreiras

congrega arenitos grosseiros com estratificação cruzada, do Período Terciário, com espessuras variando de 60 até 140m, (Bigarella, 1975).

Toda a seqüência sedimentar da bacia foi seccionada por sistemas de falhamentos gravitacionais e reversos que permaneceram ativos até após a deposição do Grupo Massacará. As principais direções dessas rupturas se orientam para NE mas há, também, orientações conjugadas para NW. São falhamentos extensos com algumas dezenas de km de extensão que delimitam blocos escalonados em altos e baixos estruturais. Portanto, o comportamento regional do fluxo da água subterrânea deve estar fortemente controlado por esses condicionamentos estruturais. O deslocamento na superfície da falha pode colocar litologias argilosas em frente a arenitos constituindo, assim, uma barreira impermeável.

A drenagem principal na área é comandada pelos rios Itapicuru e Inhambupe. A alta permeabilidade dos arenitos concorre para a existência de grandes reservatórios de água subterrânea. As principais reservas aquíferas exploráveis nessa área estão nos arenitos contidos nos Grupos Ilhas e Massacará.

A água subterrânea ocorre em dois sistemas principais: (i) o sistema livre ou freático que, grosso modo, compreende os arenitos da Formação Marizal e um topo arenoso nos Grupos Ilhas e Massacará; (ii) o sistema semi-confinado regional que inclui os pacotes arenosos dos Grupos Ilhas e Massacará, parcial ou totalmente confinados por folhelhos semi-permeáveis. A caracterização básica do sistema semi-confinado foi realizada por Lima (1993) usando dados de perfilagens elétricas e de temperatura em poços de exploração de petróleo e de água da região.

3. Caracterização geofísica dos aquíferos

O sucesso na aplicação de métodos de resistividade elétrica aparente em superfície para mapear arenitos aquíferos em seqüências clásticas tem sido destacado por Zohdy (1988), Van Overmeeren (1989) e outros.

3.1. Perfilagem de poços

Nos poços da Petrobras (FQL-1 e RC-2) constam perfis de potencial espontâneo (SP) e medidas de resistividade elétrica aparente realizadas com os dispositivos normal curto (16") e lateral (18 pés e 8"). Os poços da Cerb - Pedra Branca e São Miguel - contêm perfis de potencial espontâneo (SP), raios-gama (GR) e resistividades elétricas aparentes medidas com dispositivos normal curto (SN) e de indução (DIR) e medidas acústicas do perfil sônico.

A partir dos dados da perfilagem realizada nos poços Pedra Branca e São Miguel foram efetuadas as estimativas quantitativas para elaborar perfis de argilosidade, porosidade sônica (porosidade total), fator de formação e porosidade elétrica (porosidade efetiva).

O perfil de raios gama do poço Pedra Branca mostra que existe um pacote de arenito até a profundidade de 155m na qual a porosidade decresce com a profundidade e a

argilosidade se situa em torno de 18%. Segue-se um pacote de folhelho com 20m de espessura, no intervalo de 155 a 176m de profundidade. Essas variações são confirmadas nos perfis de resistividade elétrica aparente – DIR e SN – pois existe uma variação de resistividade nos intervalos demarcados. O intervalo arenoso de 175 a 257m de profundidade contém camadas finas de folhelhos intercaladas e são tão argilosas quanto o nível superior. As características de produção deste poço parecem indicar que o folhelho entre 155-176m não constitui um confinamento extensivo, de modo que, o sistema como um todo parece comportar-se como um aquífero livre, com mais de 100m de arenitos saturados com água doce.

No poço produtor de São Miguel todos os perfis mostram que a parte superior, até cerca de 125m de profundidade, é dominada por folhelhos e siltitos intercalados sem nenhum expressivo intervalo aquífero. Abaixo desta profundidade até 300m dominam arenitos bem menos argilosos que o de Pedra Branca. Neste caso, a seqüência superior de folhelhos exerce um efetivo confinamento do pacote arenoso produtor que possui mais de 150m de espessura saturada. Este poço é dez vezes mais produtor que o anterior.

3.2. Sondagens de eletroresistividade

Foi utilizado um GPS Garmin 12 para medir as coordenadas UTM e as altitudes dos centros das sondagens elétricas verticais (SEV's). A maior dificuldade foi encontrar estradas propícias para estender uma linha reta de 2 km de extensão. Praticamente, apenas a estrada que dá acesso ao poço FQL-1 atendia esta exigência.

A Formação Marizal e o Grupo Barreiras recobrem dois terços da área da Bacia do Tucano Sul. Em consequência, existe uma certa dificuldade em acompanhar a estruturação da bacia. Para auxiliar nesta compreensão foram confeccionados mapas de resistividades elétricas aparentes observadas para os espaçamentos de eletrodos AB/2=150m e AB/2=500m. Apesar do limitado número de sondagens elétricas verticais realizadas tais mapas são instrutivos. Eles são úteis para avaliar como varia lateralmente a resistividade elétrica aparente nas áreas dominadas pela Formação Marizal (AB/2=150m), assim como no sistema multi-confinado mais profundo (AB/2=500m). O traçado das curvas é controlado pela orientação estrutural das formações na área. Os valores mais elevados de resistividade elétrica aparente no quadrante NW refletem um efeito dominante da parte sub-saturada da Formação Marizal. Os valores mais baixos, no setor SE, refletem o efeito de aumento na razão folhelho/arenito e da proporção de argila nos arenitos.

A sondagem sev-01 é paramétrica ao poço FQL-1. O modelo final interpretado é consistente com o perfil geofísico do poço dentro de um erro inerente ao método. O nível estático na sondagem é determinado como 116m. O pacote de arenitos e folhelhos tem uma resistividade elétrica aparente média de 40 ohm.m, em conformidade com os dados da perfilagem elétrica. A única

discrepância é com o ramo terminal ascendente da curva que leva à determinação de um substrato com resistividade elétrica aparente de 650 ohm.m sem ter uma correspondência com o perfil do poço.



Fig. 1 Mapa do Brasil e localização do município de Cipó

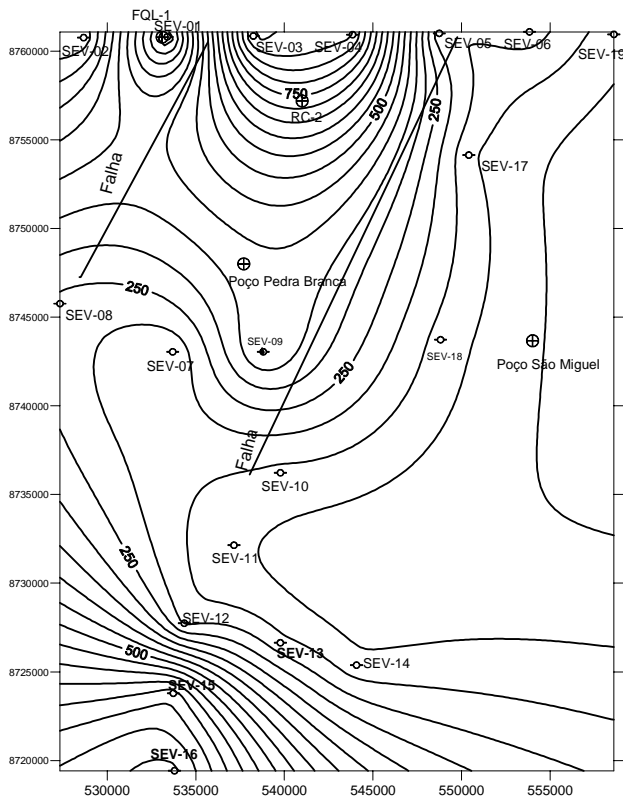


Fig. 2 Mapa da resistividade aparente para AB/2=500m

A maioria das sondagens elétricas verticais obtidas é do tipo KQK ou duplo descendente. Nessas sondagens aparecem espessos pacotes de arenitos e é possível indicar a profundidade do nível estático do sistema livre. Os resultados interpretados das sondagens elétricas verticais e dos perfis dos poços foram usados na construção de duas seções geológico-estruturais.

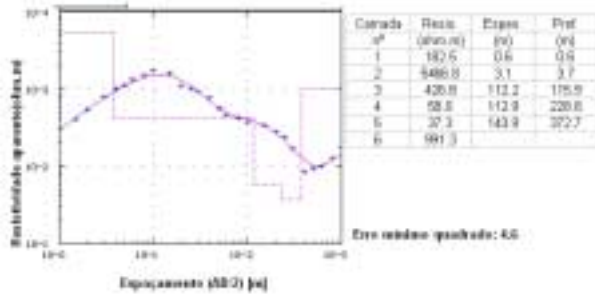


Fig. 3 Sondagem elétrica vertical. Sev-01

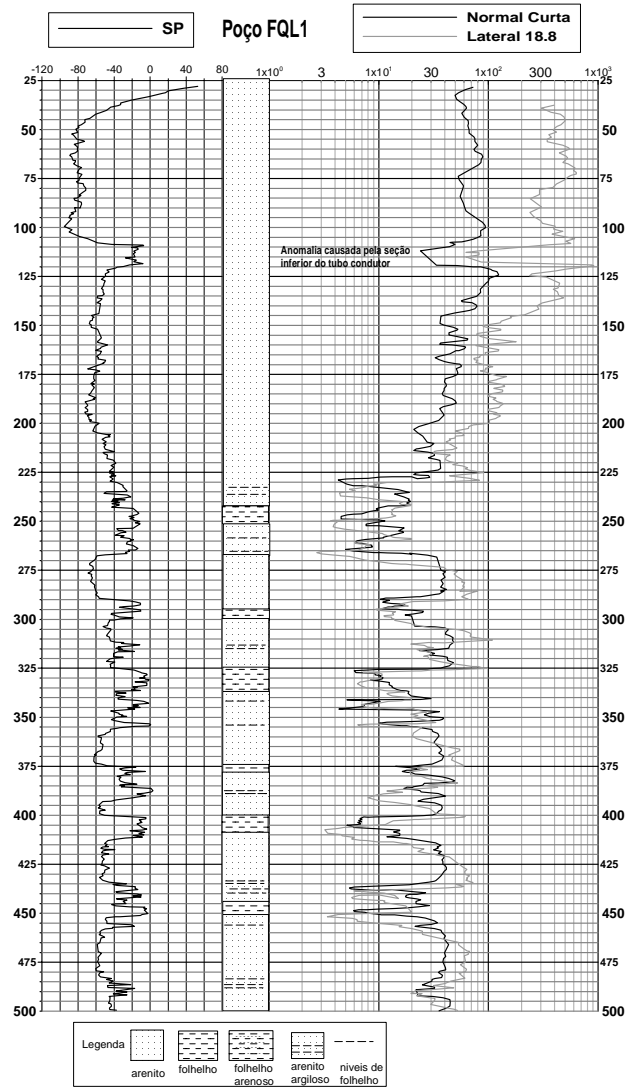


Fig. 4 Perfis geofísicos do Poço FQL-1

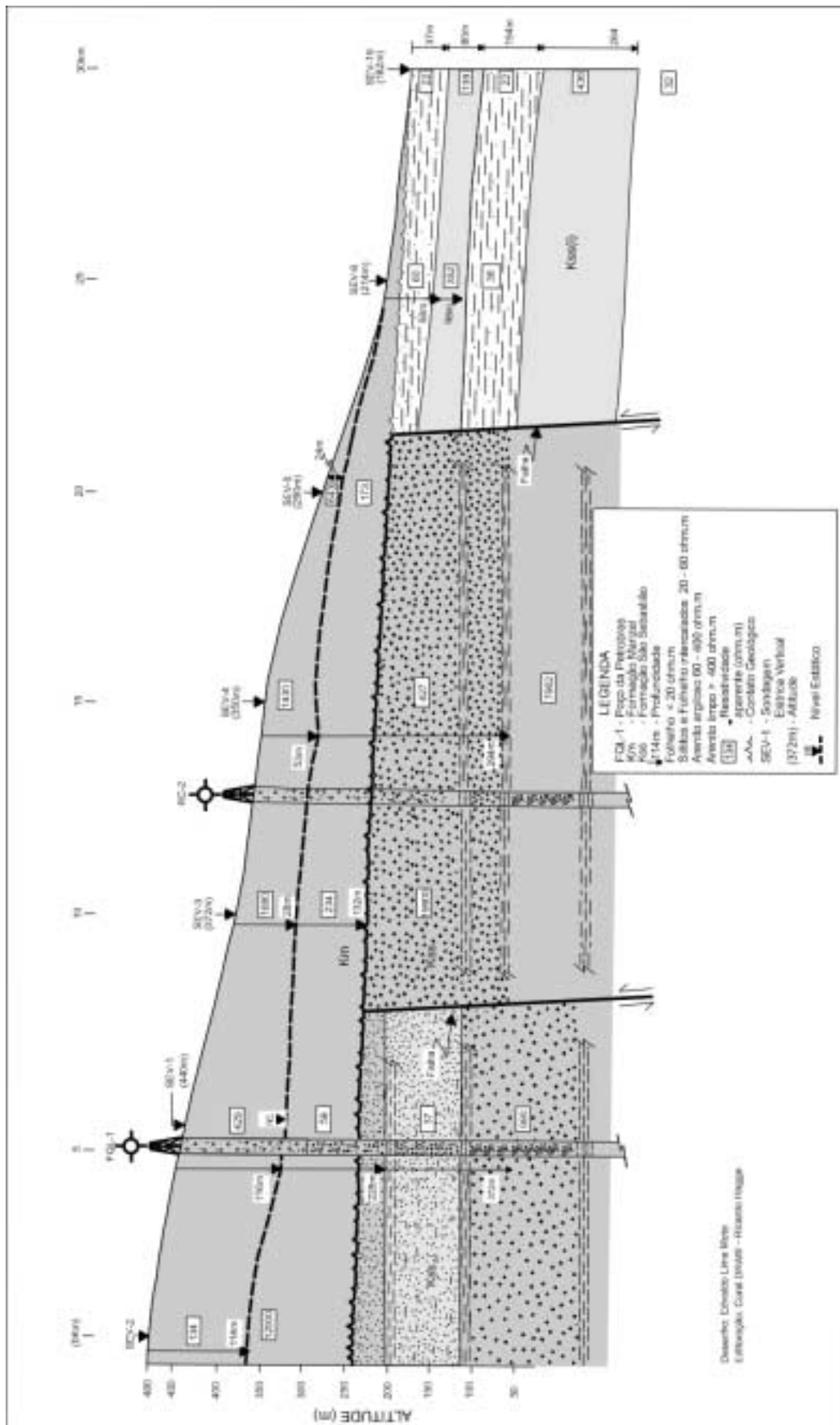


Fig. 5 Perfil geológico 1 (direção leste-oeste)

4. Conclusões e Discussões

Os resultados apresentados mostram que existem dois sistemas aquíferos potentes que podem ser explorados de forma integrada na área: (i) o sistema aquífero livre representado por uma fração saturada da Formação Marizal, hidráulicamente combinada com arenitos aos Grupos Ilhas e Massacará adjacentes. Essa combinação é controlada tanto pela superposição estratigráfica quanto pela estruturação em falhamentos escalonados; (ii) um sistema aquífero confinado que pode se caracterizar tanto como espessos pacotes arenosos capeados por seqüências argilosas, quanto por múltiplos pacotes mais finos de arenitos e folhelhos alternados. A produtividade deste sistema é, basicamente, controlada pela razão folhelho/arenito no intervalo explorado e pela proporção de argilas nos arenitos. Todavia, esses dois processos, geralmente, ocorrem combinados. Além disso, intervalos com mais folhelhos e arenitos com mais argilas, armazenam água mais salinas por causa das reações de intertroca catiônica entre o fluido e a matriz e da filtração de membrana (Lima, 1983). Dessa forma, um mesmo critério pode ser usado para evitar a locação de poços em zonas com elevados teores de sais dissolvidos que podem ocorrer em sistemas de falhamentos em blocos escalonados.

Algumas falhas foram extendidas por sob a Formação Marizal como resultado da interpretação dos dados disponibilizados. Isso pode contribuir para enriquecer de informações o mapeamento geológico executado pela CPRM e, também, para melhor compreender o interrelacionamento entre os vários horizontes aquíferos que ocorrem na área. Infelizmente, não foi possível usar as características elétricas inferidas dos dois lados de uma falha para estimar o seu comportamento hidráulico. A maior dificuldade se relaciona com a presença de uma espessa zona não-saturada capeando boa extensão da área, que tende a mascarar a resposta de camadas localizadas a maiores profundidades. Uma sugestão para superar esta dificuldade é realizar algumas sondagens elétricas com eletrodos enterrados localizados, preferencialmente, no topo da zona aquífera de interesse. Além disso, é necessário adensar as informações até aqui obtidas e efetuar alguns perfis de detalhe cruzando as zonas de falhas com sondagens elétricas mais próximas entre si.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CPGG (Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia da UFBA) e à CPRM pelos apoios logístico e financeiro.

6. Referências Bibliográficas

- Bigarella, J.J., 1975. The Barreiras Group in Northeastern Brazil. In: Simpósio Internacional sobre o Quaternário. Curitiba, Acad. Bras. Ci. Anais, v 47, p. 365-393.
- Caixeta, José M., Bueno, Gilmar V., Magnavita, Luciano P. e Feijó, Flávio J.B. Geoci. Petrobrás, Rio de Janeiro, 8(1):163-172, jan./mar. 1994.
- Guedes, Francisco, 2000. Transposição das Águas do Rio São Francisco. Salvador. Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CONFEA.

Lima, O. A. L. , (1983). Filtração de membrana e a salinização de água subterrânea: aplicação a aquíferos das bacias do Recôncavo e Tucano. Revista Brasileira de Geociências. 13(1):23-26, Mar., 1983 – São Paulo.

Lima, O. A. L., 1993. Geophysical evaluation of sandstone aquifers in the Recôncavo-Tucano Basin, Bahia, Brazil. Geophysics. 58 (nº11), 1689-1702

Muricy Filho, A. F., (2001). Projeto síntese da geologia da bacia de Tucano Sul. CPRM.

Overmeeren, R. A., 1989. Aquifer boundaries explored by geoelectrical measurements in coastal plain of Yemem: A case of equivalence: Geophysics, 54, 38-48.

Zodhy, A. A., 1988. Groundwater exploration with Schlumberger soundings near Jean, Nevada: U.S.G.S., Open-file report 66, 88-291.