



# DETERMINAÇÃO DO CONTROLE ESTRUTURAL DE FONTES DE ÁGUA MINERAL: ESTUDO DE CASO EM SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA (RJ)

ADRIANA DE OLIVEIRA<sup>1\*</sup>, PAULO DE TARSO L. MENEZES<sup>2</sup>; RONALDO M. PEREIRA<sup>2</sup>, NAGIB CHAM<sup>2</sup>ON<sup>2</sup>; HENRIQUE L. ROIG<sup>2</sup> & CARLOS A. G. F. PINHEIRO

<sup>1</sup> Departamento de Geofísica – CNPq- ON, <sup>2</sup> Departamento de Geologia Aplicada FGEL/UERJ

## INTRODUÇÃO

A cidade de Santo Antônio de Pádua localiza-se no extremo noroeste do Estado do Rio de Janeiro, próxima à divisa com Minas Gerais (Fig. 1). Grande parte de sua economia encontra-se baseada na produção de pedra ornamental e na atividade agro-pastoril. A exploração de águas minerais dos tipos magnésiana e carbogásosa, incluindo-se algumas com íons raros classificadas como iodada e litinada, é bem incipiente, quase que só atendendo a demanda local. Mesmo essa pequena produção de águas minerais vem, nos últimos anos, decrescendo inclusive com o fechamento de várias fontes. Os principais motivos para tal declínio correspondem às baixas vazões dos aquíferos e a contaminação de alguns deles, principalmente daqueles situados dentro do perímetro.

Numa tentativa de estimular a economia da região, a Prefeitura da cidade estabeleceu um convênio com o Departamento de Geologia Aplicada da Faculdade de Geologia UERJ (DGAP/FGEL/UERJ) visando a realização de estudos que permitissem viabilizar a produção de água mineral. Para tal o DGAP estabeleceu um plano de ações onde buscou-se determinar, em uma primeira instância, os controles das diversas ocorrências de águas minerais, de modo a verificar a possibilidade do aumento das vazões das fontes conhecidas e, posteriormente, estabelecer um modelo que pudesse ser extrapolado para a identificação de novas ocorrências.

Para a formulação de um modelo prospectivo foi estudada uma fonte Pádua localizada (Fonte Pádua) dentro da cidade. A fonte Pádua (iodada) se encontra em produção, mas por possuir uma baixa vazão, 11000 l/24h (Falcão, 1978) a comercialização da água é restrita somente ao município.

## GEOLOGIA DA ÁREA

A área onde está localizada a cidade de Santo Antônio de Pádua encontra-se representada por terrenos cristalinos Pré-Cambrianos pertencentes à Unidade Santo Eduardo (Grossi Sad et al., 1980). Essa Unidade é, predominantemente, constituída por gnaisses cataclásticos com algumas intercalações de anfíbolito, mármore dolomítico e possantes corpos quartzíticos.

As unidades mais recentes, encontradas na área são representadas por coberturas de solos residuais e colúviais e por sedimentos aluviais quaternários, pouco espessos, que se encontram confinados às calhas das principais drenagens.

As rochas do embasamento cristalino demonstram um forte condicionamento estrutural para NE, com as direções de foliações (Sn) para NE e caimento para SE. Os fraturamentos / falhamentos ocorrem em duas direções preferenciais, ortogonais entre si, e que correspondem a  $S_{frat1} = 170^\circ / 80^\circ$  e  $S_{frat2} = 60^\circ / 80^\circ$ . Aparentemente elas são as principais responsáveis pela estruturação das drenagens locais.

## AQUISIÇÃO DE DADOS

*Perfis VLF* O levantamento geofísico realizado em Santo Antônio de Pádua, compreendeu cinco perfis VLF-EM, com comprimento médio de 200 m cada um (Fig. 1). O espaçamento entre as leituras em cada perfil foi de 10 m. Os perfis VLF foram projetos em duas direções de medida, N70E e N20W, cortando as principais direções de falhamentos da região (Grossi Sad et al., 1980). Três perfis, foram realizados na direção N70E (VLF-03 a VLF-05) e dois na direção N20W (VLF-06 e VLF-07). O espaçamento entre os perfis paralelos é de 40 m.

São apresentadas neste trabalho, para efeito de ilustração, as seções VLF-03 (Figura 2a) e VLF-06 (Figura 2b) levantadas na fonte Pádua. Essas seções são representativas para todo o conjunto de dados.

Para o levantamento VLF foi empregado um transmissor portátil (gerador de sinal EM de 16.5 kHz), Modelo TX-27, manufaturado pela Geonics (Canadá), o receptor utilizado foi um Modelo WADI, manufaturado pela ABEM (Suécia). A fonte de sinal foi colocada no campo aproximadamente no meio da linha de corrente (antena) com extensão de  $\pm 150$  m (dipolo total de 300 m), tal configuração permite investigações até a 1 km de distância da fonte. As linhas dos perfis

levantados são perpendiculares à linha de corrente, de modo a permitir acoplamento máximo entre transmissor e receptor.

**Sondagens Elétricas** Após a aquisição dos perfis VLF foram executadas 3 sondagens elétricas (SE), em intervalos de 40 m, ao longo de um perfil de direção aproximadamente norte-sul, as SE's foram coletadas coincidentemente às seções VLF-03, VLF-04 e VLF-05.

Para a execução das SE foi utilizado um resistivímetro digital MEGABRAS, nacional, de 40 watts de potência, empregou-se o arranjo Schlumberger (Telford et al., 1990), utilizando 10 pontos de investigação por década. A abertura AB/2 inicial foi de 1m e a final de 150 m. Tal configuração permite investigar a estrutura geo-elétrica em subsuperfície desde 1 metro até mais de 100 metros de profundidade.

## INTERPRETAÇÃO VLF-EM

Na pseudoseção de densidade de corrente do perfil VLF-05 (Fig. 2b) o sentido predominante do mergulho estrutural é para nordeste, com a definição de duas zonas de fraturas/falhas principais e uma subordinada (rasa, até 15m). Existe ainda uma outra estrutura mergulhando em sentido contrário, para sudoeste.

Na pseudoseção do perfil VLF-06 (Fig. 3b), duas zonas de fraturamento/falhamento com mergulhos opostos, para sudeste e noroeste, foram mapeadas. Ambas apresentam altos ângulos de mergulho aparente.

## INTERPRETAÇÃO DAS SE

As sondagens elétricas são apresentadas, individualmente, na forma tradicional, i. e., em gráficos bi-logarítmicos (Fig. 4). As interpretações das SE consistiram nas determinações das espessuras das camadas e respectivas resistividades através de um programa de processamento digital baseado no método de inversão 1-D de Zohdy (1989). No processo de inversão procura-se encontrar um modelo geoeletrico que melhor se ajuste aos dados medidos.

O perfil interpretado (modelo geoeletrico) através da inversão 1-D corresponde a média ponderada das resistividades das camadas até a profundidade em questão. Uma brusca variação da resistividade (para mais ou para menos) mostra o início de uma diferente seqüência litológica. A correlação com a geologia é feita através de colunas geoeletricas colocadas na base dos gráficos das sondagens (Fig. 4).

O comportamento das camadas penetradas pela corrente elétrica, em todas as SE realizadas nesta fonte (Fig. 4a, 4b, 4c), permitiu definir, sob um aspecto geral, a seguinte coluna geoeletrica apresentada a seguir.

A camada mais superficial de solo tem, aproximadamente, 1.5 metros de espessura. Entre as profundidades de 2 a 7 metros ocorre uma camada de sedimentos e/ou rocha alterada, de caráter argiloso assim considerada em função das suas baixas resistividades. Essa camada pode ser associada ao aquífero produtor nessa fonte. Abaixo dos 7 metros as resistividades crescentes indicam uma camada rasa de rocha compacta. Abaixo dos 20 metros ocorrem as zonas de cisalhamento mais profundas.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com os métodos geofísicos utilizados em Santo Antônio de Pádua para a caracterização das fontes de águas minerais foram bastante satisfatórios. Através da aplicação do método VLF foi possível indicar que, falhas e/ou fraturas representam o principal elemento condicionador da fonte de água estudada.

Por meio da interpretação das SE pôde-se determinar as profundidades das zonas fraturadas com plena saturação de água:

- Zona saturada rasa, até 10 metros de profundidade, esta zona é a que se encontra atualmente em produção na fonte Pádua.
- Zona fraturada mais profunda, abaixo dos 10 metros. Na fonte Farol é limitada entre 30 e 40 m enquanto na fonte Pádua apresenta seu topo mergulhando de sul para norte e base atingindo até a profundidade máxima de investigação (cerca de 100 metros), as baixas resistividades obtidas indicam a saturação desse nível.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Prefeitura de Santo Antônio de Pádua o auxílio fornecido durante os trabalhos de campo. **AO** agradece a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado. **CAGFP** agradece a UERJ pela concessão de bolsa de extensão.

## REFERÊNCIAS

- Falcão, H. 1978. *Perfil analítico de águas minerais. Rio de Janeiro, DNPM. 109p.*  
 Grossi Sad, J.H.; Moreira, M.O.; Figueiras, R.R.; Arantes, O. 1980. *Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Folha Santo Antônio de Pádua. Niterói, DRM. (inédito).*

Zohdy, A.A.R. 1989. A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner sounding curves, *Geophysics*, **54**, 245-253.

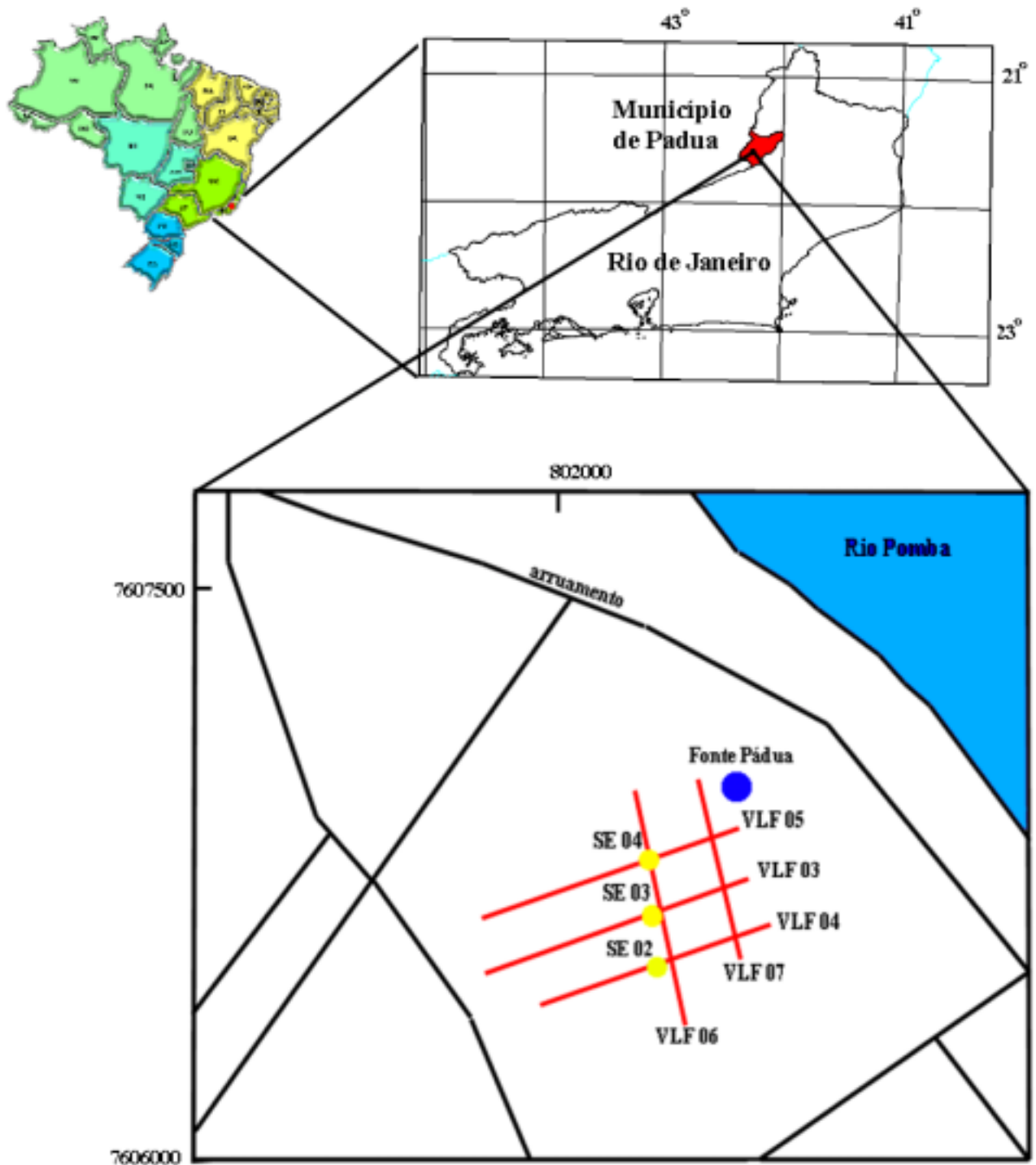


Figura1 - Localização dos levantamentos geofísicos realizados na Fonte Pádua, Município de Santo Antônio de Pádua, Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

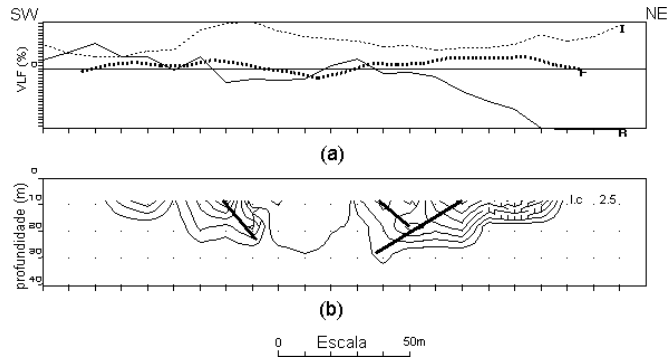


Figura 2 - Linha VLF -05, (a) componentes: em fase (R), quadratura (I) e fraser (F); (b) pseudoseção de densidade de corrente.

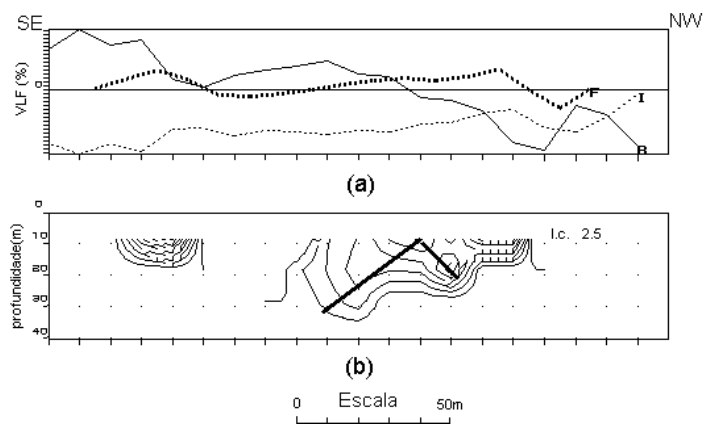


Figura 3 - Linha VLF -06, (a) componentes: em fase (R), quadratura (I) e fraser (F); (b) pseudoseção de densidade de corrente.

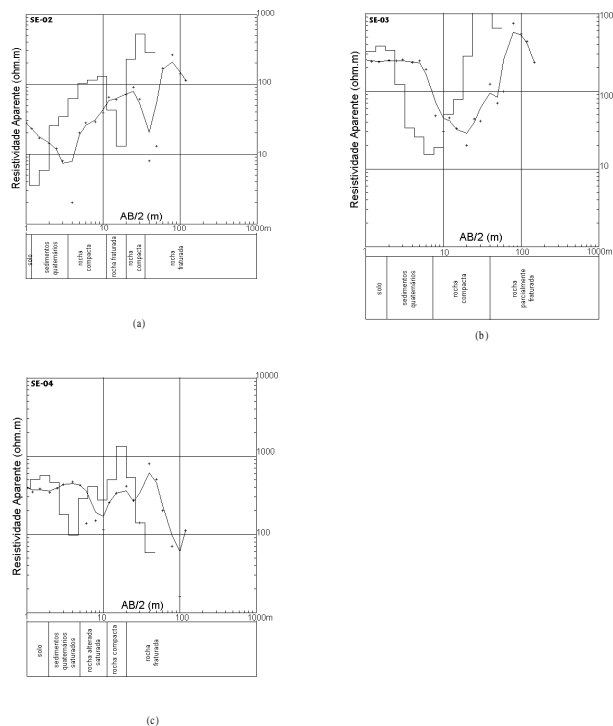


Figura 4 - Curvas de SE, observada (cruzes) e calculadas (linha serrilhada) a partir de modelo 1D inverso (linha contínua), Fonte Pádua.