



Titulo Caracterização da subsuperfície do estuário do rio Itanhaém por meio de interpretação de dados geofísicos – aplicação do método sismoelétrico.

Autores, Maria Cecilia Sodero Vinhas – IGE/UNICAMP
Sueli Y. Pereira – IGE/UNICAMP
Rodrigo de Souza Portugal - Schlumberger

Copyright 2010, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Brasília, 14 a 17 de novembro de 2010. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IV SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Considerando a importância ambiental e econômica, as geociências, em particular a geofísica, vêm se destacando em pesquisar novos meios e soluções que possam minimizar os efeitos impactantes ocasionados pela disposição de resíduos em interação direta com o meio físico.

O objetivo principal do projeto, que se encontra em fase de desenvolvimento, é validação do método sismoelétrico e caracterização de subsuperfície de áreas do estuário de Itanhaém, com auxílio de interpretação de dados geofísicos. Mais especificamente pretende-se estudar a sua dinâmica e possíveis modificações sofridas com a ação antrópica e com a ação marinha, por meio da elaboração de modelos que auxiliem a compreender a dinâmica de estuário e possíveis intervenções antrópicas.

Esse artigo apresenta os primeiros dados eletrorresistivos adquiridos em campo.

Introdução

Conforme SCHROTT & SASS (2007) a geofísica tem sido usado nos últimos 10 anos como uma ferramenta na caracterização de subsuperfície, sendo que os três principais métodos são: georadar (GPR), eletrorresistividade e sísmica de refração.

Contudo, ressaltam que a utilização de uma única técnica geofísica como ferramenta ao estudo de caso não é recomendado, pois superfícies geomorfológicas e condições de subsuperfície podem levar a erros significativos na interpretação, por este motivo serão utilizadas dois métodos: o de eletrorresistividade e o de sismoelétrica.

A aplicação prática do método sismoelétrico é inédita no Brasil, e este projeto objetiva estabelecer os procedimentos do uso deste método como também para validação da eficácia da ferramenta no Brasil.

Este primeiro campo foi uma investigação para determinar quais os melhores pontos para o levantamento de dados utilizando as duas técnicas no estuário do Rio Itanhaém, ressalta-se aqui que nesse

campo foi utilizado apenas o método eletrorresistivo (SEV).

O estuário do Rio Itanhaém localiza-se no litoral sul do Estado de São Paulo, no município homônimo e é considerado o segundo maior estuário do território paulista, superado apenas pelo estuário de Iguape, também no litoral sul (Lamparelli, 1999).

O curso do rio Itanhaém sofreu modificações ao longo dos anos devido à abertura de um canal ligando os rios Branco e Preto, como também à exploração de areia em inúmeros pontos, muitos já abandonados, onde se formam grandes lagos. As margens deste rio e de seus afluentes são ocupadas pela mata de restinga e em certas áreas localizadas existem matas secundárias e plantações, além da própria vegetação de mangue.

O rio Itanhaém tem em sua dinâmica forte influência das oscilações de maré e intensidade das chuvas. Em seus afluentes, a presença da força da maré é ainda observada no rio Branco e no rio Preto, porém em menor intensidade em relação à invasão da frente salina nas águas destes rios.

Metodologia/ Problema Investigado

Por ser uma região complexa a utilização de dois métodos geofísicos são necessários, assim ambos validarão as informações obtidas através de cada método.

O primeiro método escolhido foi o de eletrorresistividade, pois os métodos elétricos são bastante eficientes, não invasivos, e de baixo custo, largamente difundidos e consagrados no mundo inteiro em estudos hidrogeológicos, arqueológicos e geotécnicos (MOTTA, 2004).

Desde o final da década de 1960, vários pesquisadores, principalmente na América do Norte, demonstraram que o método da eletrorresistividade poderia ser usado para definir a profundidade e a extensão de um recurso hídrico subterrâneo contaminado com a vantagem de ser mais rápido e mais barato que o método tradicional de definição da área contaminada, caracterizado pela análise de amostras de água coletada em poços de monitoramento (ELIS & ZUQUETTE, 2002).

As características desse método foram levadas em conta para que se pudesse fazer uma comparação dos levantamentos realizados em campo com o outro método utilizado, o sismoelétrico.

O método sismoelétrico tem este nome, pois é uma técnica mista que combina o método sísmico e o método geoeletrico, em um só levantamento geofísico. Consiste basicamente em medir o campo elétrico gerado pela rocha ao serem excitadas por campo de ondas gerado por uma perturbação mecânica em superfície. A propriedade que rege este fenômeno é conhecida por acoplamento eletrocinético e a conversão de ondas mecânicas em elétricas se dá principalmente nas interfaces geológicas. (RUSSEL *et al.*, 1993).

O efeito sismoelétrico se manifesta como um potencial elétrico gerado no subsolo pela passagem de ondas sísmicas. É possível de ser detectado na superfície do solo com eletrodos pares. O tempo de ocorrência da tensão distingue claramente o efeito, quer a partir de ionização potencial produzido no momento da explosão ou efeitos sísmicos elétricos coincidentes com a chegada das ondas sísmicas na superfície do solo.

Os efeitos eletrocinéticos surgem em meio poroso devido à perturbação da dupla camada elétrica que existe em uma interface sólido-líquido, que é composta por uma camada de íons adsorvido na matriz sólida e uma camada paralelamente com íons de carga oposta difusamente distribuídos no fluido dos poros.

Como parte da camada difusa está livre para se mover com o fluido dos poros, o fluxo de fluido relativo à parte sólida permite a possibilidade de separação de cargas de um campo elétrico (eletrocinético) conhecido como o fluxo potencial.

Em especial no método sísmico, as ondas compressãois que se propagam em meios poroelásticos causam o movimento relativo do fluido de poros em relação à matriz sólida, assim, movendo a carga elétrica na parte mais móvel e externa da camada elétrica dupla. Tais correntes de fluxo do fluido resultam separação de cargas e, por conseqüência, campos elétricos surgem nas zonas de compressão e rarefação das ondas compressãois. (DUPUIS *et al.*, 2007).

O processamento de dados sismoelétricos procede-se de maneira análoga ao processamento de dados sísmicos, principalmente pela técnica CMP (Common-Mid Point), em que as fontes e os receptores ficam dispostos simetricamente a um ponto fixo na linha de aquisição.

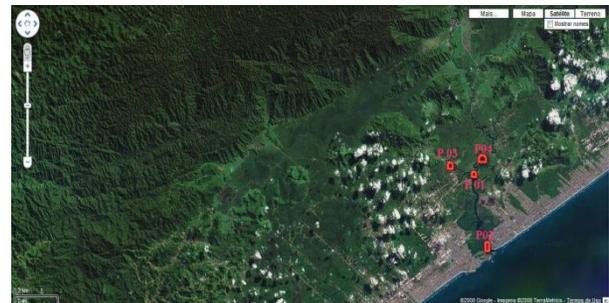
Será seguida a metodologia proposta em DUPUIS *et al.* (2007), o primeiro passo é o processamento é a montagem de traços verticais empilhados em cada ponto de tiro e inversão da polaridade dos traços com afastamentos negativos.

Como as conversões eletrocinéticas em interfaces quase horizontais são esperadas que sejam anti-simétricas no ponto de tiro, a inversão de polaridade e o empilhamento reforçam quaisquer efeitos interfaciais em relação ao ruído de fontes distantes que estivessem com a mesma polaridade dos dois lados do disparo.

Finalmente para cada traço empilhada é tomada a média com seis vizinhos, três de cada lado, para reforçar ainda mais a coerência levando à seção sismoelétrica empilhada.

Foram escolhidos quatro pontos para a utilização dos dois métodos, um próximo a Serra do Mar (Cristalino) às margens do rio Negro, outro no antigo

lixão, localizado num morro testemunho e próximo ao rio Branco, outro ao lado do Rio Itanhaém e por fim um na praia, conforme mostrado na fig. 01



Estuários do rio Itanhaém, em vermelho os pontos de observação.

Resultados

Os pontos foram escolhidos numa campanha que utilizou o método eletrorresistivo, técnica da sondagem elétrica Vertical (SEV), sendo assim denominados nesse projeto Ponto 1 Chácara, Ponto 2 Praia, Ponto 3 Rio Negro, Ponto 4 – Lixão.

A seguir serão apresentados os resultados encontrados em cada um desses pontos.

Ponto 1 – Chácara há poços para medição de água subterrânea, o local está às margens do Rio Itanhaém, foram detectados da SEV areias e argilas, bem como água subterrânea superficial; o solo desse ponto é o latossolo. Neste local as informações de perfil dos poços de monitoramento serão utilizadas para análise dos resultados da geofísica sismoelétrica e eletrorresistividade.

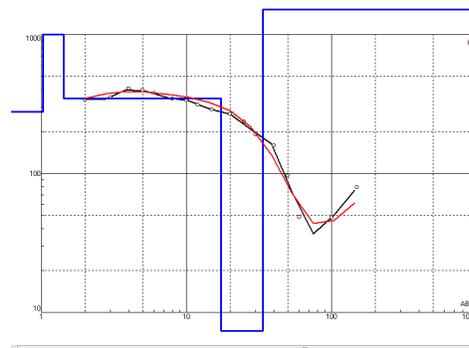


Gráfico1 resultados obtidos no ponto 1 - Chacará



Fig. 2 – foto do ponto 1, chácara, que fica as margens do rio Branco.

Ponto 2 – Praia - foram detectados areias e argilas, bem como o contato da cunha salina com a água doce superficial, o solo nessa região é muito pobre, sendo predominante o espodossolos. Pretende-se aqui avaliar a cunha salina e sua dinâmica.

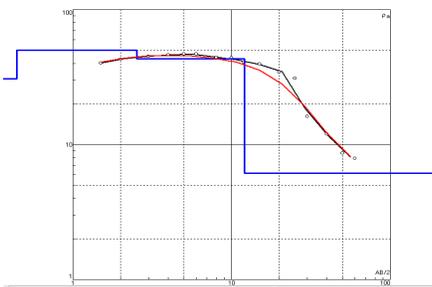


Gráfico 2 - resultados obtidos no ponto 2 – Praia



Fig. 3. – foto do ponto 2 – praia

Ponto 3 – Rio Negro, fica no sopé da Serra do Mar, foram detectadas argilas, areias e uma camada de diabásio, nesta área o solo predominante latossolos.

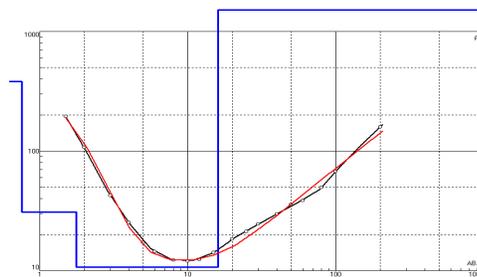


Gráfico 3 – resultados obtidos no ponto 3- Rio Negro



Fig. 4 – foto do local do ponto 3, as margens do Rio Preto

Ponto 4 – Lixão - detectado conglomerados de gnaisses e arenitos, esse ponto está num morro testemunho, a medição foi realizada fora do limite do lixão, que se encontra selado em sua maior parte, porém são jogados caixões e animais mortos no mesmo. Há predominância de Cambissolos Háplicos, nesta área.

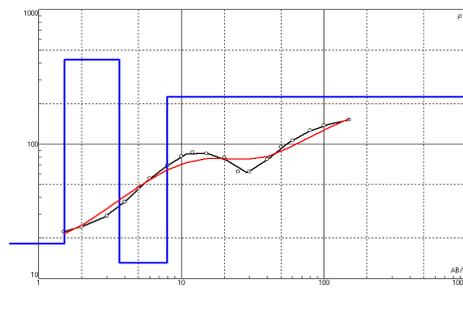


Gráfico 4 – resultados obtidos no Ponto 4 – lixão



Fig. 5 – foto do ponto 4 - lixão

Discussão e Conclusões

Esse primeiro campo foi um balisamento para determinar quais serão os pontos de coleta da próxima atividade de campo, sendo que o ponto 2 – praia, foi retirado, uma vez que se torna difícil a colocação do equipamento para a coleta de dados sismoelétricos.

A próxima atividade de campo contará com a aplicação do método sismoelétrico e esperasse obter resultados semelhantes ao encontrado na primeira atividade.

O estudo auxiliará na compreensão das dinâmicas existentes no estuário de Itanhaém, pois conforme AB'SABER (1969), o mesmo envolve a compartimentação topográfica que adota passos que envolvem indicadores espaciais e indicadores temporais, o que se constituirá em referência para a análise dos níveis subseqüentes.

Agradecimentos

Agradecemos aos professores e técnicos do IAG/USP, pelo empréstimo do equipamento e auxílio na obtenção dos dados de campo.

Referências

- Blau, L. W., and Statham, L., 1936, U. S. Patent No. 2,054,067.
- Bukhnikashvili, A. V., and Prangishvili, G. M., 1956, Experiments on the recording of the seismoelectric effect: *Soobshcheniya Akad. Nauk. Gruzin. SSSR*, v. 17, p. 789-795 (in Russian).
- Deckman, H., E. Herbolzheimer, and A. Kushnick, 2005, Determination of electrokinetic coupling coefficients: 75th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 561–564.
- Frenkel, J., 1944, On the theory of seismic and seismoelectric phenomena in moist soil: *Jour. Physics*, v. 8, p. 230-241.
- Ivanov, A. G., 1939, Effect of electrization of earth layers by elastic waves passing through them: *Doklady Akademii Nauk. SSSR*, v. 24, no. 1, p. 42-45.
- Ivanov, A. G.- 1940, Seismic-electric effect of second kind: *Izvestia Akademii Nauk. SSSR, Geog. And Geophys. Ser. no. 5*, p. 699-726 (in Russian with German abstract).
- Ivanov, A. G. 1950, Studies of seismic-electric phenomena: *Izvestia Akademii Nauk. SSSR, Geog. And Geophys. Ser.*, v.14, no. 6, p. 542-546 (in Russian.)
- Lamparelli, C.C. (coord), Mapeamento dos ecossistemas costeiros do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente/CETESB, São Paulo, 1999.
- Martner, S.T. and Sparks, N. R., *The Electroseismic Effect: Geophysics*, Vol. XXIV, No. 2 (April, 1959), 297-308.
- Mikhailov, O. V., M. W. Haartsen, and M. N. Toksöz, 1997, Electroseismic investigation of the shallow subsurface: Field measurements and numerical modeling: *Geophysics*, 62, 97–105.
- Mikhailov, O. V., J. Queen, and M. N. Toksöz, 2000, Using borehole electroseismic measurements to detect and characterize fractured (permeable) zone: *Geophysics*, 65, 1098–1112.
- Morgan, F. D., E. R. Williams, and T. R. Madden, 1989, Streaming potential properties of Westerly granite with applications: *Journal of Geophysical Research*, 94, 12449–12461.
- MOTA, S.U.S., Caracterização Hidrogeológica do Setor Oriental do Pólo Industrial de Camaçari Utilizando Geofísica Elétrica. 2004. Tese (Mestrado em Ciências em Geofísica) – Programa de Pós-Graduação em Geofísica, Universidade Federal da Bahia, 2004.
- Pride, S., 1994, Governing equations for the coupled electromagnetics and acoustics of porous media: *Physics Review B*, 50,15678–15696.
- Pride, S. R., and M. W. Haartsen, 1996, Electroseismic wave properties: *Journal of Acoustical Society of America*, 100, 1301–1315.
- Reppet, P. M., and F. D. Morgan, 2002, Frequency-dependent electroosmosis: *Journal of Colloid and Interface Science*, 254,372–383.
- Russel, R.D., Butler, K.E., Kepic, A. W., Maxwell, M., 1997, Seismoelectric exploration: *The Leading Edge*, November 1997, 1611-1615.
- Schrott, L. & Sass, B., 2007, Application of field geophysics in geomorphology: *Advances and limitations exemplified by case studies. Geomorphology*, doi:10.1016 / j.geomorph. 2006.12.024.
- Thompson, A. H., 2005, Electromagnetic-to-seismic conversion: successful developments suggest viable application in exploration and production: 75th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 554–556.
- Thompson, A. H., S. Hornbostel, J. Burns, T. Murray, R. Raschke, J. Wride, P. McCammon, J. Sumner, G. Haake, M. Bixby, W. Ross, B. White, M. Zhou, and P. Peczak, 2005, Field tests of electroseismic hydrocarbon detection: 75th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 565–568.
- Thompson, R. R., 1939, A note on the seismic-electric effect: *Geophysics*, v. 4, p, 102-105.
- Zhu, Z., C. H. Cheng, and M. N. Toksöz, 1994, Electrokinetic conversion in a fluid-saturated porous rock sample: 64th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 1057–1060.
- Zhu, Z., M. W. Haartsen, and M. N. Toksöz, 1999, Experimental studies of electrokinetic conversions in fluid-saturated borehole models: *Geophysics*, 64, 1349–1356.
- Zhu, Z. and M. N. Toksöz, 2003, Crosshole seismoelectric measurements in borehole models: *Geophysics*, 68, 1519–1524.

- Zhu, Z. and M. N. Toksöz, 2005, Seismoelectric and seismomagnetic measurements in fractured borehole models: *Geophysics*, 70, no. 4, F45–F51.
- Zhu, Z., Burns, D. R., and M. N. Toksöz., 2007, SEG/San Antonio 2007 Annual Meeting, 1560-1564.