

LEVANTAMENTO GEOFÍSICO NO "ABANICO EL PASO" COCHABAMBA-BOLÍVIA¹

N.Ellert², C.S.Rodas², V.Ricaldi³, L.A.Jaldin³

PALAVRAS-CHAVE: Eletrorresistividade, água subterrânea e Geofísica Aplicada.

ELLERT, N. et al. (1994) Levantamento geofísico no "Abanico el Paso" Cochabamba-Bolivia. *Bol.IG-USP, Sér. Cient.*, 25:97-109.

RESUMO

Na bacia sedimentar de Cochabamba-Bolívia, localizada na província de mesmo nome, encontra-se situada a cidade de Cochabamba que utiliza grande volume de água subterrânea para seu abastecimento e irrigação da zona agrícola. Trata-se de uma bacia intramontana limitada pelas Cordilheiras Ocidental e Oriental. Nos sopés da Cordilheira Ocidental encontram-se localizados vários leques aluvionares (abanicos) constituídos de material grosseiro, mesclado com material mais fino, representando importantes fontes de água subterrânea.

Um levantamento geofísico empregando a eletrorresistividade, em seu procedimento de sondagem elétrica vertical, foi executado com o objetivo de verificar a possibilidade de serem detectadas as presenças de paleo-canaís. Estes paleo-canaís correspondem às melhores partes para a construção de poços profundos, dadas às altas permeabilidades e porosidades aí reinantes.

Para a aferição dos dados geofísicos, foram utilizados dados de poços perfurados no local, onde foram determinadas as porcentagens de cascalho areia e argila. Procurou-se estabelecer uma correlação entre a vazão específica dos poços e seus teores de areia + cascalho.

Com dados de resistividade aparente das sondagens elétricas verticais, foram construídos gráficos de caminhamento elétrico, para diferentes espaçamentos AB/2 (como se diversos caminhamentos tivessem sido realizados com pontos de medida a cada ponto da sondagem elétrica vertical). Estes perfis mostram a distribuição lateral da resistividade que pode ser correlacionada com a litologia e por conseguinte, com as possibilidades de determinar locais mais favoráveis à construção de poços profundos.

ABSTRACT

Vertical electrical soundings were measured in the Cochabamba sedimentary basin at several alluvial fans (locally called "abanicos"). This paper presents data from the Abanico El Paso. This research attempted to correlate geophysical data with the presence of paleo-channels inside the alluvial fans. These fans, mostly concentrated at the foot of the Cordilheira Ocidental, are about 1 km across and up to 4 km long. Data from deep wells were used to establish a correlation between the geophysical and hydrogeological data. The specific yield of the deep wells can be correlated with the grain size of the

¹Estudo financiado pelo IDRC - International Development Research Centre - Projeto Centre File N.3-P-88-1059, 3-P-88-1029

²Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada, Instituto de Geociências/USP, São Paulo, Brasil.

³Pesquisadores CORDECO-Corporación para el Desarrollo de Cochabamba.

sediments. Apparent resistivity values of the vertical electrical soundings, for several AB/2 spacings were used to construct resistivity profiles, where the distance between each measured points corresponds to the distance between the points where a vertical electrical sounding was measured. Once again, the electro-resistivity method demonstrated its potentiality as an exploration tool.

INTRODUÇÃO

Como parte das atividades a serem desenvolvidas pelo CEPAS-Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas do Instituto de Geociências da USP dentro do projeto financiado pelo IDRC-International Development Research Centre, estava prevista a execução de um levantamento geofísico em várias áreas dentro da Bacia de Cochabamba. Esta participação do CEPAS se fez através do apoio financeiro de dois projetos mantidos pelo IDRC, a saber: Centre File N.3-P-881059 e 3-P-88-1029.

Dentro do escopo do projeto, foram investigadas várias áreas, localizadas em leques de piemonte (abanicos) situados dentro da bacia sedimentar de Cochabamba. Estes trabalhos tiveram a participação efetiva da CORDECO-Corporación para el Desarrollo de Cochabamba-Bolivia, na forma de: infraestrutura, pessoal, transporte, informações e apoio logístico. Nesta oportunidade foram também montadas equipes de pesquisa na CORDECO na forma de complementação com equipamento geofísico e treinamento de pessoal para execução dos trabalhos de campo e interpretação dos dados coletados.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA PESQUISADA. CONSIDERAÇÕES

Cochabamba é a capital da província de mesmo nome, situada na parte central da Bolívia. Situa-se a meio caminho entre Santa Cruz de la Sierra e La Paz (Fig. 1). Trata-se de uma cidade construída em uma bacia sedimentar intramontana, com uma topografia relativamente plana a uma altitude ao redor dos 2.600 metros acima do nível do mar.

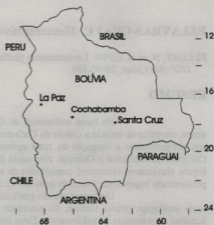


Figura 1 - Localização da área pesquisada.

Possui uma população ao redor de 300.000 habitantes, com uma economia fortemente apoiada na agricultura. Dentre os produtos agrícolas destaca-se a produção de trigo, milho, batata, hortaliças, frutas e flores. Secundariamente destaca-se a atividade pecuária, com produção de leite e lã. Dentro da Bacia de Cochabamba existe uma série de leques de piemonte (abanicos) concentrados principalmente nos sopés da Cordilheira Ocidental. Dentre os muitos leques existentes, vários foram estudados, porém neste trabalho apresentamos somente os resultados obtidos na área do Abanico El Paso.

O clima, conseqüência da sua altitude e precipitação pluviométrica, é classificado como temperado semi-árido, com temperaturas médias entre 14 e 17 graus Celcius e com uma precipitação entre 400 e 600 mm/ano, concentrada

nas estações invernais de novembro a março.

OBJETIVOS DOS TRABALHOS

Dadas as características da Bacia de Cochabamba e seus potenciais quanto à água subterrânea, foram construídos muitos poços profundos, perfurados em sedimentos de origem aluvionar e de piemonte. Dados destes poços mostram grandes variações quanto às suas produtividades. Estas variações representam reflexos da litologia existente nos locais da perfuração, bem como as suas localizações dentro do contexto estratigráfico-estrutural.

Durante os períodos de seca que a cidade de Cochabamba e arredores vêm enfrentando, aparecem sérios problemas, tanto para o abastecimento de água potável para a população, como para a irrigação das atividades agrícolas.

Muitos poços existentes na bacia têm apresentado redução de vazão com correspondentes rebaixamentos dos níveis estático e dinâmico, chegando inclusive a extremos de se tornarem improdutivos. Jordan (1992) mostra que o fluxo artesianos diminuiu drasticamente a partir de 1986, e que em muitos lugares a surgência desapareceu. Este fenômeno é fruto de uma superexploração dos aquíferos principais e uma redução da recarga devido aos períodos de seca. Verifica-se que a flutuação dos níveis na zona dos leques está diretamente influenciada pela presença de chuvas, pelo fornecimento de água pelos rios e pequenos arroios que descem da cordilheira.

Verificou-se que poços perfurados ao longo de páleo-canais associados aos leques (abanicos) apresentam granulometria mais grosseira, conseqüentemente apresentando vazões específicas mais elevadas.

Trabalhos anteriores (José & Ellert, 1988) mostram que existe uma

correlação entre dados geofísicos de eletrorresistividade e hidrodinâmicos. Neste sentido, este trabalho foi realizado com o objetivo de, a partir de dados obtidos por levantamentos de eletrorresistividade, identificar-se páleo-canais presentes dentro dos leques (abanicos), para posterior locação e perfuração de novos poços profundos. Com base nestes dados geofísicos, pretende-se definir a localização, profundidade e extensão dos páleo-canais, representados pela presença de materiais grosseiros (cascalhos) isentos ou pobres em material de granulação mais fina (argilas).

CONSIDERAÇÕES GEOLÓGICAS E HIDROGEOQUÍMICAS

O embasamento da bacia sedimentar é constituído por rochas do Paleozóico (Ordoviciano e Siluriano), bem como do Mesozóico (Cretáceo) e rochas Cenozóicas sedimentares do Terciário e Quaternário. Os sedimentos do embasamento cristalino representam litologias de pouco interesse para fins hidrogeológicos, sendo toda atenção voltada para os sedimentos Cenozóicos.

Rochas do terciário, representadas pela Formação Morochata, afloram a oeste da cidade de Cochabamba e repousam discordantemente sobre as rochas Cretáceas. Litologicamente constituída de rochas clásticas grosseiras com intercalações argilosas.

As rochas do Quaternário estão localizadas dentro de depressões formadas durante os movimentos epirogenênicos andinos. Nestas depressões aparecem sedimentos lacustres e leques aluvionais com enorme variedade litológica e granulométrica, conforme Figura 2.

O tamanho dos componentes dos sedimentos diminui progressivamente à medida que se avança rumo ao centro da bacia. A definição dos limites entre os sedimentos lacustres e aluviais é bastante difícil devido à mistura entre eles. Nas

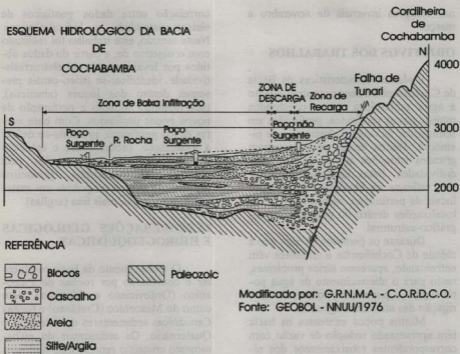


Figura 2 - Seção esquemática da Bacia de Cochabamba.

áreas da bacia onde não existe fornecimento de sedimentos grosseiros, a espessura destes sedimentos lacustres finos pode atingir até 1000 m, segundo trabalhos geofísicos anteriores. Poços perfurados evidenciam uma grande heterogeneidade vertical e horizontal nos sedimentos, devido ao complicado sistema de leques aluvioniais, e aos deltas lacustres, onde a sedimentação é ora rítmica, ora caótica. A interdigitação dos leques aluvioniais, juntamente com a mudança dos leitos dos rios, faz com que estes depósitos dificilmente se relacionem. Este processo de interdigitação favorece às vezes o aparecimento de aquíferos confinados. Normalmente, abaixo dos 150 m de profundidade encontram-se depósitos argilosos, com pequenos leitos de cascalho e areia.

Quanto ao aspecto hidroquímico, em trabalhos anteriores da GEOBOL (Serviço Geológico da Bolívia)- Nações Unidas em 1978, verifica-se que na zona de leques (área de interesse dos trabalhos) e depósitos aluviais são encontradas águas subterrâneas que apresentam a mais baixa concentração iônica dentro da bacia, com condutividade elétrica entre 200 e 400 micromhos/cm e pH entre 7 e 8. Os principais cátions são Ca^{++} e Mg^{++} , enquanto os ânions principais são Cl^- e HCO_3^- . Além deste seu conteúdo de sais, apresenta-se também rica em ions de Fe^{++} . Já na faixa de transição a concentração salina se eleva, onde a água do aquífero livre chega a apresentar uma condutividade elétrica de até 1.500 micromhos/cm. O cátion principal passa a ser o Mg^{++} , presente a

partir dos dolomitos do Cretáceo. Na faixa correspondente aos depósitos lacustres, a concentração salina é mais alta, em geral, com condutividade elétrica entre 400 e 1.500 micromhos/cm. O cátion mais comum é Na⁺ e os ânions Cl⁻ e HCO₃⁻.

DADOS DOS POÇOS PERFURADOS

Na área específica de El Paso (Fig. 3) existem vários poços perfurados, porém dadas as qualidades descritivas, serão apresentados os perfis resumidos de 6 poços, a saber P-14, P-14A, P-15, P-16, P-30 e P-33, poços perfurados por GEOBOL/USAID.

Poço P-14

Conforme mapa da Figura 3, este poço encontra-se mais afastado do sopé da cordilheira (representada por rochas do Paleozóico), no prolongamento do Abanico, próximo ao Rio Tacata. Possui uma profundidade total de 60 metros. Verifica-se que contém cerca de 29% de argila, 23% de areia e 48% de cascalho. De acordo com o teste apresenta uma vazão de 14,4 m³/h (Fig. 4).

Poço P-14A

Este poço, perfurado ao longo do Perfil I de geofísica, portanto mais a montante com relação ao centro da bacia, apresenta uma distribuição de 38% de argila, 31% de areia e 31% de casca-



Figura 3 - Localização esquemática dos poços e perfis geofísicos.

la. Atingiu a profundidade de 118 metros, e apresenta uma vazão específica de 10,54 m³/h/m (Fig. 5).

Poço P-15

Também perfurado ao longo do Perfil I de geofísica, entre os poços P-14A e P-16, possui uma profundidade de 120 metros. Apresenta 19% de argi-

la, 36% de areia e 45% de cascalho. Seu teste de vazão indica uma vazão específica de 19,4 m³/h/m (Fig. 6).

Poço P-16

Perfurado nas proximidades do poço P-15, apresenta uma profundidade de 120 metros, onde as argilas estão presentes na proporção de 35%, as arei-

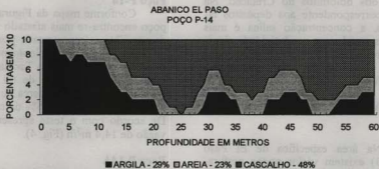


Figura 4 - Perfil litológico esquemático.

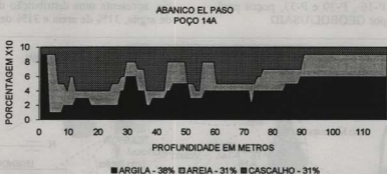


Figura 5 - Poço 14A. Seção litológica esquemática.

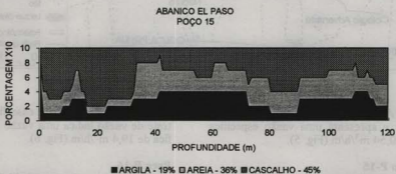


Figura 6 - Poço P-15. Seção litológica esquemática.

as com 36% e os cascalhos com 29%. Seu teste de vazão apresenta uma vazão específica de $15 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ (Fig. 7).

Poço P-30

Este poço, construído mais para o centro da bacia, possuiu uma profundidade de 60 metros. Interessante notar que nesta perfuração foram encontrados sedimentos pobres em areia, com as seguintes proporções: 37% de argila, 16% de areia e 49% de cascalho. A vazão específica indica uma produção de $12 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ (Fig. 8).

Poço P-33

Perfurado em local mais próximo do centro da bacia, igualmente com profundidade de 60 metros. Os dados da perfuração revelam a presença de um elevado teor em argila, de 49%, seguindo-se de areias 23% e cascalho 27%. Também neste local a vazão específica é baixa, de $1,2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ (Fig. 9).

Mesmo sendo um número pequeno de poços, aparentemente parece existir uma correlação entre a soma das porcentagens de areia e de cascalho e a vazão específica dos poços, conforme Figura 10. Considerando-se o comportamento relativamente linear da relação entre a soma de porcentagens de areia e de cascalho e a vazão específica, é de se esperar que um poço isento de argila apresente uma vazão específica de $25 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

LEVANTAMENTO GEOFÍSICO

Considerando-se a aplicabilidade dos métodos elétricos, notadamente a sondagem elétrica vertical, os trabalhos de campo foram executados empregando-se esta metodologia, neste procedimento, utilizando-se o arranjo Schlumberger.

Planejamento dos trabalhos

Na região de El Paso existem

perfurados vários poços profundos, dos quais os acima mencionados são os que apresentam uma melhor descrição, bem como apresentam vazões de testes e vazões específicas calculadas.

No sentido de procurar correlacionar os dados geofísicos com dados de vazão, bem como procurar detectar variações laterais na resistividade das camadas de modo que pudessem estar associadas às variações litológicas (notadamente quanto à granulometria), foram definidos 3 perfis. Estes perfis são aproximadamente paralelos ao sopé da cordilheira, cortando o leque aluvial, com extensão de 3.000 metros cada um, espaçados cerca de 1.200 m, nos quais foram executadas 90 sondagens elétricas verticais, separadas de 100 metros entre si.

Equipamento utilizado

Para a execução dos trabalhos de campo foi utilizado um equipamento constando de uma fonte DC-DC, alimentada por bateria de 12V, com saída até 1.000V e 500 mA de corrente. Para as medidas de diferença de potencial, bem como das correntes geradas pela fonte, foram utilizados multimetros digitais marca FLUKE, com elevada impedância de entrada e sensibilidade de 0,1 mV e 1 mA, respectivamente.

Os eletrodos de corrente consistiam de hastes de aço inox, com diâmetro de 3/4 de polegada e 1,20 metro de comprimento. Os eletrodos de potencial, manufaturados no CEPAS, consistiam de eletrodos não polariáveis Cu/CuSO₄, construídos com tubos de PCV rígido de 1/2 polegada de diâmetro e comprimento de 1,30 metro. A extremidade porosa é constituída de uma ponta de madeira porosa mole, através da qual a solução de sulfato de cobre faz contato com o solo. Estes eletrodos assim construídos, rústicos no seu aspecto, revelaram-se altamente resistentes nos trabalhos de campo, tendo em momento algum apresentado qualquer problema.

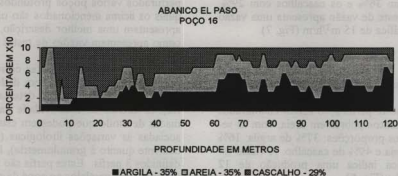


Figura 7 - Poço P-16. Seção litológica esquemática.



Figura 8 - Poço P-30. Seção litológica esquemática.



Figura 9 - Poço 33. Perfil litológico esquemático.

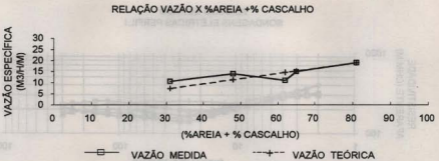


Figura 10 - Relação vazão/soma das porcentagens de areia e cascalho.

A região apresentou-se praticamente isenta de correntes telúricas, conferindo aos multímetros uma estabilidade muito grande, facilitando os trabalhos de campo.

De modo a reduzir a resistência de contato, procurou-se sempre instalar os eletrodos de corrente em locais que apresentavam solo pouco arenoso, sendo este sempre umedecido com água salgada.

Dados obtidos

Considerando-se o grande número de dados obtidos, bem como a diversidade dos tipos de curvas, apresentamos somente algumas curvas típicas obtidas (Fig. 11).

A grande vantagem de se executar sondagens elétricas verticais espaçadas por distâncias constantes e não muito grandes, é que permitem obter informações bastante importantes. De um lado, a partir da interpretação das curvas de sondagem elétrica vertical, é possível determinar-se a "estratigrafia geoeletrica" da área pesquisada, onde os estratos com diferentes valores de resistividade são identificados, permitindo uma correlação entre camadas. Por outro lado, tomando-se o valor de resistividade aparente para diferentes espaçamen-

tos de AB/2 de diferentes sondagens elétricas verticais, é possível construir-se perfis de caminamento elétrico. Estes perfis serão tanto mais completos, quanto mais valores de espaçamentos AB/2 das curvas forem tomados. Para fins de representação dos dados da área pesquisada, são apresentados 6 espaçamentos AB/2 distintos a saber: 10m, 20m, 40m, 80m, 160m e 300m.

O Perfil I, Figura 12, com extensão de 3.000 metros foi obtido a partir de dados das sondagens elétricas verticais medidas mais próximas da cordilheira.

Verifica-se que em sua parte inicial os valores de resistividade são bastante semelhantes havendo pouca separação entre os valores encontrados. À medida que se desloca para a parte final do perfil, nota-se que os valores de resistividade aparente a diferentes profundidades vão se tornando gradativamente distintos, mostrando uma significativa estratificação das camadas com granulometrias bastante variadas. Aos altos valores de resistividade devem estar associadas zonas de sedimentos mais grosseiras. Nota-se outrossim que a profundidades maiores, os valores de resistividade são mais baixos, reflexos de um aumento no conteúdo das argilas,

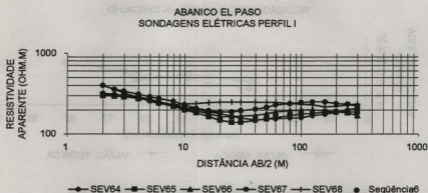


Figura 11 - Algumas curvas de SEV típicas obtidas em El Paso.

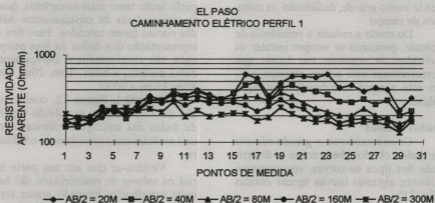


Figura 12 - Caminhamento elétrico Perfil I.

ou então maior salinidade das águas mais profundas. Observando-se os perfis esquemáticos dos poços P-14A, P-15 e P-16 construídos nas proximidades deste perfil, verifica-se que na parte inicial do perfil, o poço P-14A apresenta uma porcentagem elevada de argila, crescente à medida que a profundidade aumenta, razão pela qual os valores de resistividade são baixos e mais uniformes. Já o poço P-16, situado mais distante do início do perfil, apresenta uma menor concentra-

ção de argila, com um crescente aumento no teor de areia à medida que a profundidade aumenta, razão pela qual se manifesta aquela separação entre as resistividades aparentes com o aumento do espaçamento AB/2.

O Perfil II, Figura 13, é composto pelos valores de resistividade aparente encontrados nas sondagens elétricas medidas mais próximas do fim do "abanico". Verifica-se que os valores de resistividade apresentam uma variabilidade

EL PASO
CAMINHAMENTO ELÉTRICO PERFIL 2

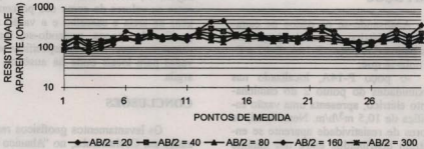


Figura 13 - Caminhamento elétrico Perfil II.

bastante inferior aos do Perfil I. Não obstante esta maior homogeneidade, há alguns pontos como as estações 13 e 12, bem como a 22, onde aparecem grandes diferenças entre os valores de resistividade, reflexo de variações na litologia, como reflexo das granulometrias dos materiais aí presentes.

O Perfil III, Figura, 14, corresponde aos valores de resistividade de sondagens elétricas verticais localizadas mais próximas do centro da bacia sedimentar. Verifica-se uma maior homogeneidade nos valores para uma mesma sondagem elétrica e uma maior constância em sua distribuição ao longo do perfil. Isto é fruto de uma maior homogeneidade dos materiais, mesmo a profundidades maiores. O poço P-33 revela uma concentração elevada de argila, com pouca participação de areia e cascalho, havendo uma distribuição mais homogênea das frações granulométricas, conferindo às sondagens elétricas verticais, uma menor distribuição de valores de resistividade aparente.

EL PASO
CAMINHAMENTO ELÉTRICO PERFIL 3

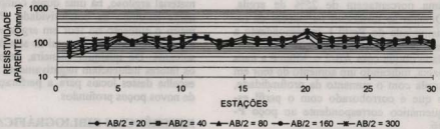


Figura 14 - Caminhamento elétrico Perfil III.

INTERPRETAÇÃO DOS DADOS: CORRELAÇÃO ENTRE DADOS GEOFÍSICOS E DE PRODUÇÃO DOS POÇOS

Analisando-se os dados de caminhamento elétrico, sobretudo do perfil I e os dados dos poços P-14A, P-15 e P-16, nota-se que:

-o poço P-14A, localizado nas proximidades do ponto 2 do caminhamento elétrico, apresenta uma vazão específica de $10,5 \text{ m}^3/\text{h/m}$. Neste local, os valores de resistividade aparente se encontram distribuídos entre um mínimo de 150 Ohm.m para o ponto $AB/2=20\text{m}$, e a partir daí, os valores crescem até um máximo de 190 Ohm.m para $AB/2 = 160 \text{ m}$, o que demonstra a presença de camadas grosseiras em profundidades maiores

-o poço P-15, perfurado nas proximidades do ponto 5 do caminhamento elétrico apresenta vazão específica de $19 \text{ m}^3/\text{h/m}$. Os valores de resistividade são mais elevados variando entre um mínimo de 185 Ohm.m para $AB/2=20\text{m}$ e um máximo de 248 Ohm.m para $AB/2 = 300\text{m}$. Estes valores mais elevados indicam maior pobreza em argila (19%) que se reflete também na maior vazão específica.

-o poço P-16, perfurado nas proximidades do ponto 9, mostra uma vazão específica de $15 \text{ m}^3/\text{h/m}$. Apresenta uma porcentagem de 25% de argila. Quando se observam os valores de resistividade do Perfil I correspondente a esta posição, verifica-se que a resistividade obtida com $AB/2 = 300\text{m}$ é a mais baixa, indicando um aumento do teor em argila com o aumento da profundidade, o que é corroborado com o perfil esquemático correspondente ao poço P-16.

De modo geral há uma boa correlação entre os dados geofísicos e os dados de vazão específica. Os dados de resistividade aparente podem ser corre-

lacionados à variação litológica e associados à variação nos teores das frações mais finas (argilas). Por outro lado, a Figura 10, mostra uma certa correlação entre os valores da soma das porcentagens de areia e cascalho e a vazão específica dos poços, podendo-se, teoricamente, prever vazões específicas elevadas para locais onde há ausência de argila.

CONCLUSÕES

Os levantamentos geofísicos realizados em Cochabamba, no "Abanico El Paso" em particular, demonstram a aplicabilidade de métodos elétricos na definição de porções com litologias mais ou menos ricas em material fino argiloso, representando em importante elemento na definição de novos sítios para a perfuração de poços profundos. No caso particular os valores de resistividade estão associados à granulometria e menos influenciados pela composição química das águas subterrâneas, considerando-se que esta faixa investigada se encontra próxima da área de recarga (águas advindas das precipitações nas partes mais elevadas da cordilheira que descem pelas encostas e se infiltram nos sopés) onde as águas subterrâneas apresentam pobreza na quantidade de sais dissolvidos. Mais para o centro da bacia, onde ocorrem maiores concentrações de material argiloso, há uma dupla componente influenciando na condutividade. Primeiro o aumento no teor em argila e o segundo, o aumento do total de sais dissolvidos. De qualquer maneira, ambos os fatores influenciam negativamente na escolha destes locais para a perfuração de novos poços profundos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GEOBOL/NACIONES UNIDAS,
(1978) Investigaciones de Aguas Subterráneas en las Cuencas de Co-

- chabamba. Cochabamba, 250p. (Informe Técnico).
- JORDAN, L.D. (1992) Sobre-explotación y procesos de contaminación en los acuíferos de la Cuenca de Cochabamba por efectos de sequía. In: Seminario Nacional sobre Recursos Hídricos y Medio Ambiente. Cochabamba, 1992. **Anales**. Cochabamba. p.117-135.
- JOSE, C.; ELLERT, N. (1988) Levantamento geofísico na Bacia do Alto Rio Turvo, SP. Correlação entre dados hidrodinâmicos e geelétricos. **Boletim IG-USP. Série Científica**, v.19 p.87-110.

N.Ellert - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 11.348, CEP 05422-970, São Paulo, SP, Brasil.

Recebido 09/08/95
Aprovado 31/10/95