

EXPOSIÇÃO ÁGUA

BLOCO V – ÁGUA COMO RECURSO NO MOMENTO ATUAL

Temas: Escassez. Perda de qualidade do recurso (água)
Impacto ambiental

Prospecção de águas subterrâneas com o uso de métodos geofísicos

Vagner Roberto Elis

**Grupo de Pesquisa em Geofísica Aplicada
Departamento de Geofísica IAG - USP**

1. Introdução: Águas subterrâneas e aquíferos

A possibilidade concreta da escassez de água doce começa a tornar-se, cada vez mais, uma grande ameaça para a população mundial. A água subterrânea, como recurso hídrico, assume uma importância fundamental neste início de século.

As formações geológicas nas quais a água pode ser armazenada e que possuem permeabilidade suficiente para permitir que esta se movimente são denominadas de aquíferos. A importância de um grande sistema aquífero consiste principalmente no fato de constituir uma reserva estratégica para o suprimento de água. Uma outra vantagem da água subterrânea é que geralmente não necessita de tratamento para consumo devido ao processo natural de filtração do subsolo que alcança uma qualidade que vai além do que poderia ser obtido em termos técnico e econômico comparado ao método de tratamento de água retirada dos rios, lagos e represas. Água subterrânea é freqüentemente a mais viável alternativa de suprimento de água, especialmente onde a água de superfície sofreu processos de degradação pela ocupação antrópica.

Tipos de Aquíferos

- **Aquíferos porosos ou granulares:** ocorrem em rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e solos arenosos decompostos in situ. Constituem os mais importantes aquíferos, pelo grande volume de água que armazenam, e por sua ocorrência em grandes áreas. Estes aquíferos ocorrem principalmente nas bacias sedimentares.
- **Aquíferos fraturados ou fissurados:** ocorrem em rochas ígneas e metamórficas. A capacidade destas rochas em acumular água está relacionada à quantidade de fraturas, suas aberturas e intercomunicação. No Brasil a importância desses aquíferos está muito mais em sua localização geográfica do que na quantidade de água armazenada. Poços perfurados nestas rochas geralmente não fornecem vazões comparáveis aos aquíferos granulares. A possibilidade de ter um poço produtivo dependerá, tão somente, de o mesmo interceptar fraturas capazes de conduzir água.

2. Métodos Geofísicos

A geofísica aplicada utiliza propriedades e parâmetros físicos dos materiais terrestres para a procura de objetos geológicos de interesse em subsuperfície, como minérios, petróleo e água, por exemplo. O emprego da geofísica é possível devido às características físicas dos materiais, como densidade, velocidade de propagação de onda, condutividade elétrica, variarem amplamente em função da mineralogia, grau de alteração, grau de umidade, fraturamento, porosidade, salinidade e outros fatores. Dessa forma, pode-se procurar por determinado

material indiretamente, através do conhecimento da resposta de um parâmetro físico para este material.

Os métodos elétricos de prospecção geofísica utilizam as propriedades e parâmetros elétricos de solos e rochas, como condutividade, resistividade, potencial espontâneo, campo eletromagnético, para investigar a geologia de subsuperfície. Em estudos hidrogeológicos e geoambientais, normalmente os métodos da eletrresistividade, eletromagnético indutivo e radar de penetração no solo respondem com eficiência à maioria das solicitações.

A presença de água nos poros e fissuras das rochas causam um aumento da condutividade elétrica (e uma diminuição da resistividade). Isso possibilita o uso de métodos geoeletricos em estudos hidrogeológicos, para auxiliar na localização de camadas ou fraturas, na determinação da profundidade do aquífero e da zona saturada, determinação da extensão lateral, espessura e volume da formação e estimativa da salinidade da água (zonas costeiras, áreas com contaminação).

Método da Eletrresistividade

Este método utiliza uma corrente artificial que é introduzida no terreno através de dois eletrodos (denominados de A e B), com o objetivo de medir o potencial gerado em outros dois eletrodos (denominados de M e N) nas proximidades do fluxo de corrente, permitindo assim calcular a resistividade real ou aparente em subsuperfície. Pode ser utilizado sob a forma de sondagem elétrica vertical (SEV) para procurar camadas permeáveis (aquíferos granulares) ou sob a forma de caminhamento elétrico para identificar zonas menos resistivas que podem estar associadas a fraturas preenchidas com água. Estes arranjos são apresentados na **Figura 1**.

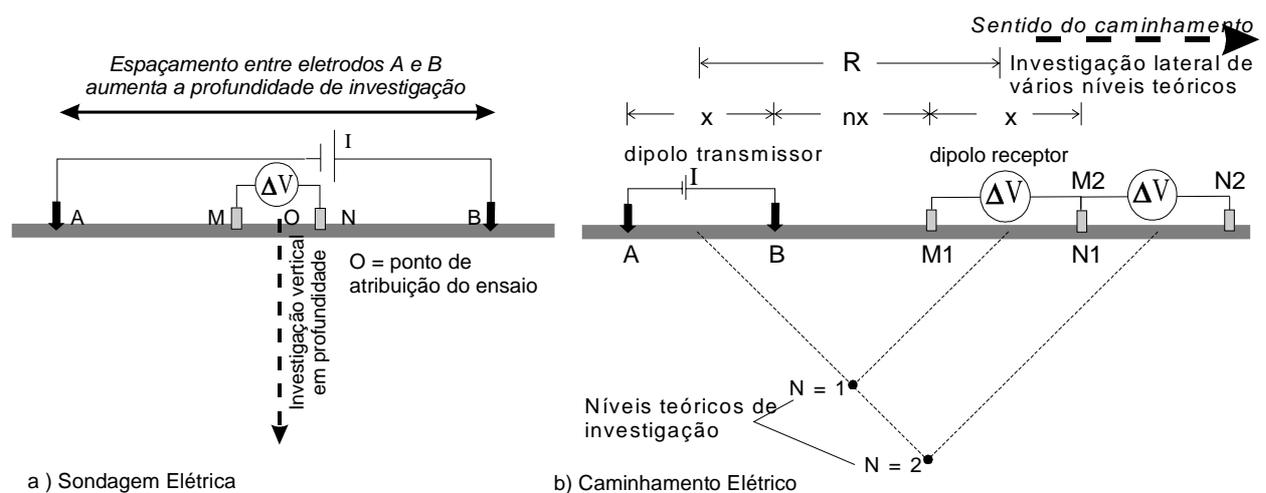


Figura 1 - Esquema simplificado dos ensaios de campo com as técnicas de sondagem elétrica vertical e caminhamento elétrico.

Método Eletromagnético Indutivo

Os métodos eletromagnéticos envolvem a propagação de campos eletromagnéticos de baixa frequência e baseiam-se nos fenômenos físicos de eletricidade e magnetismo. O equipamento utilizado neste método é composto de duas bobinas, uma denominada transmissora e outra receptora. A bobina transmissora emite um campo magnético primário H_p , que induz, em subsuperfície, correntes elétricas, que geram um campo secundário H_s . A combinação destes dois campos é medida pela receptora. A **Figura 2** apresenta o esquema simplificado do método em operação. O equipamento é construído de forma a medir os campos magnéticos primário e secundário e utilizá-los de forma a permitir a leitura direta da condutividade do terreno em miliSiemens por metro.

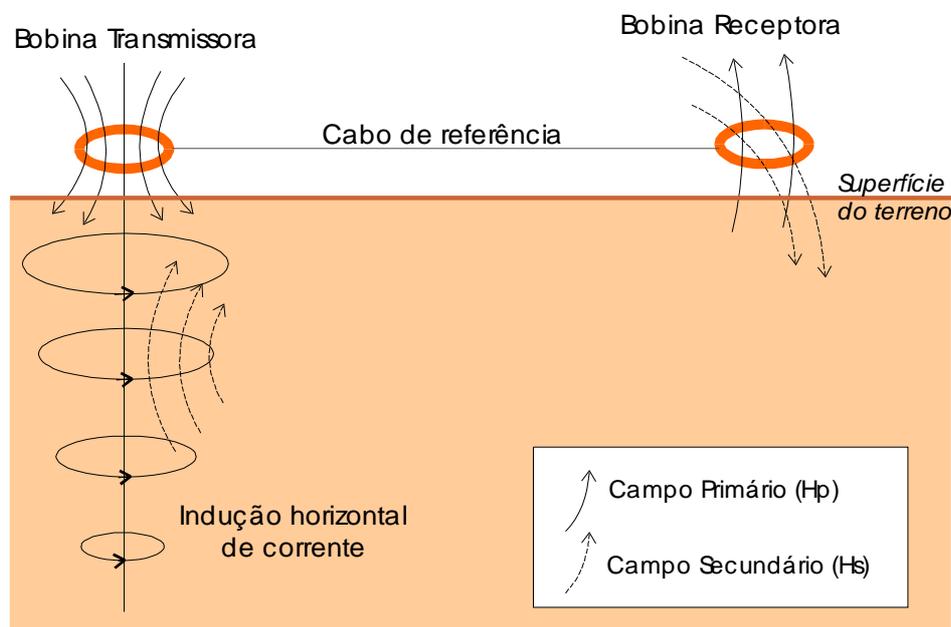


Figura 2 - Esquema simplificado do princípio de operação do método EM indutivo

3. Utilização da geofísica na prospecção de águas subterrâneas

Localização de camadas

A realização de ensaios de SEVs possibilitam a investigação da variação de resistividade nas diversas camadas geológicas. Os ensaios fornecem como resultado um gráfico de variação de resistividade em função da abertura entre os eletrodos, denominado de curva de SEV. Essa curva, depois de interpretada por meio de programas computacionais, resulta em um modelo de camadas com os respectivos valores de resistividades e espessuras. O geocientista usa esse modelo para fazer a interpretação em termos de camadas geológicas, identificando os tipos de rochas e as camadas que constituem o aquífero. Dessa forma é possível localizar e projetar racionalmente os poços de abastecimento.

Nas curvas de SEV do exemplo abaixo (**Figura 3**), pode-se notar a diminuição da resistividade aparente devido a influência da camada de arenito saturada. É importante identificar e conhecer as dimensões de áreas contaminadas, de forma que se possa saber que medidas tomar em relação ao problema. Estas medidas incluem desde evitar o acesso e contato com a área contaminada até a definição e implementação de medidas de recuperação. A geofísica, devido ao baixo custo e por não alterar as características do local (o que poderia potencializar o processo de contaminação, como por exemplo a realização de escavações e perfurações), é adequada para a caracterização preliminar, a qual visa orientar estudos mais detalhados. A seguir são apresentados exemplos de como a geofísica auxilia na detecção e mapeamento da contaminação gerada por resíduos urbanos.

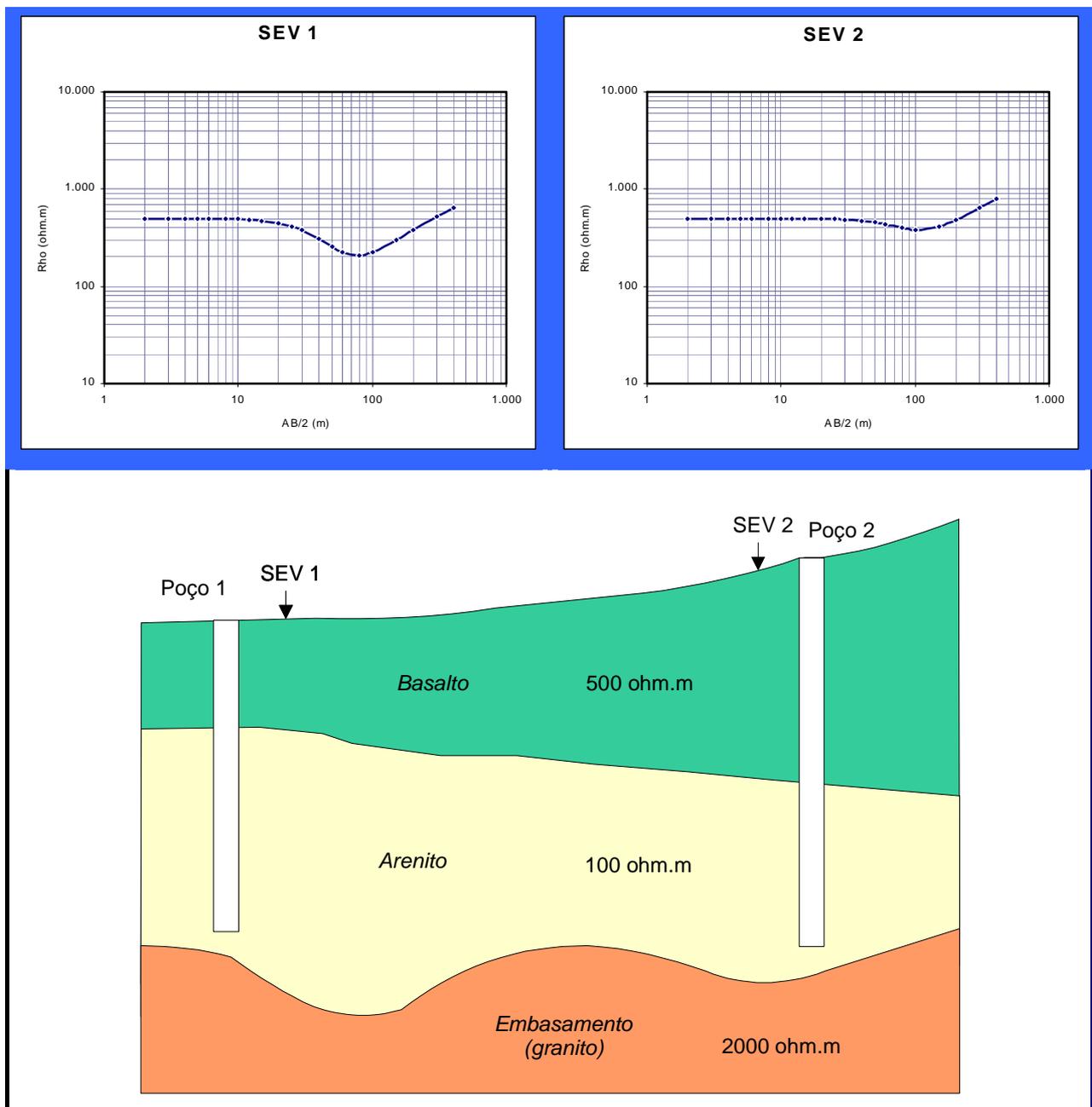


Figura 3 - Exemplo teórico de ensaios de SEV utilizados para localizar a camada de arenito

Localização de fraturas

No caso de aquíferos fraturados são utilizados os ensaios de caminhamento elétrico ou eletromagnético para localizar zonas de maior condutividade (menor resistividade). Normalmente antes dos ensaios geofísicos é realizada uma análise em fotografias aéreas para observar os principais lineamentos estruturais e suas direções. Depois é que a equipe de geofísicos vai a campo executar os levantamentos em perfis perpendiculares a direção das possíveis estruturas. Na **Figura 4** é apresentado um exemplo de resultado de ensaio com o método EM indutivo na localização de uma zona de fratura. Na **Figura 5** é apresentado o resultado de ensaio de caminhamento elétrico dipolo-dipolo para a mesma situação geológica.

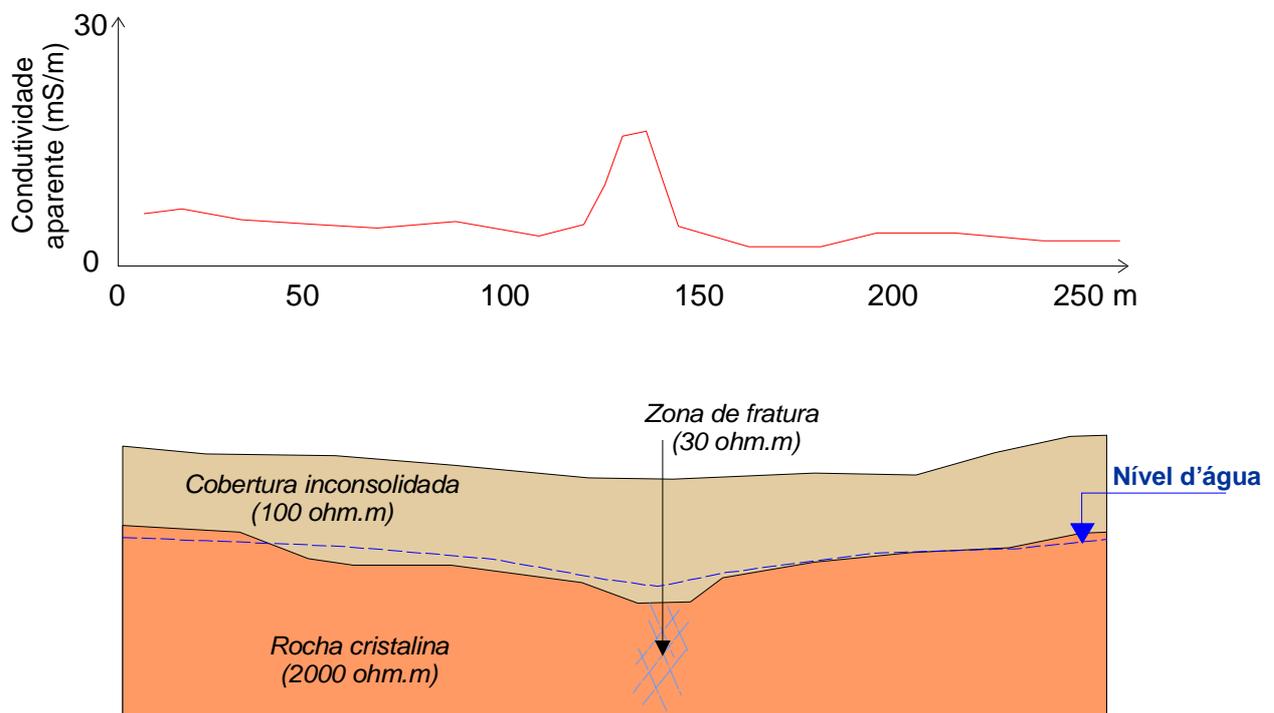


Figura 4 - Exemplo teórico de localização de zona de fratura com o método EM indutivo.

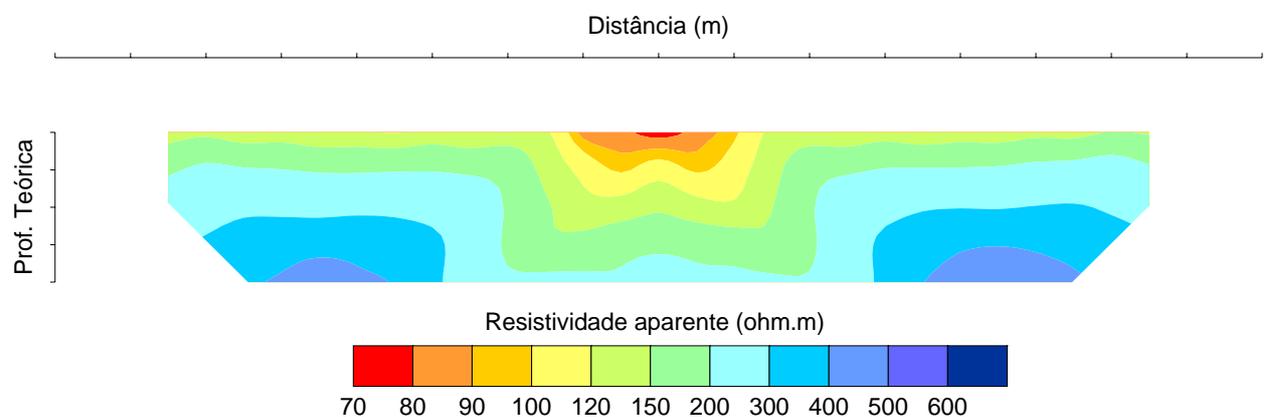


Figura 5 - Resultado de resistividade aparente obtido para localização da zona de fratura