

LEVANTAMENTO GEOFÍSICO PARA CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO ALUVIONAR DO RIO PALHANO NA LOCALIDADE DE CHILE, IBICUITINGA-CE

**Nelson Paiva Raulino de Souza¹; Fernando César Moura de Andrade¹;
Gilberto Möbus¹; Carlos Eduardo Sobreira Leite¹;
Marco Aurélio Holanda de Castro² & Walter Martins Ferreira Filho²**

Resumo - Como etapa do projeto Manejo Integrado de Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos Aluviais, foi realizado um levantamento geofísico de eletrorresistividade, parametrizado por sondagens a trado manual, numa aluvião do Rio Palhano como forma de fornecer a distribuição espacial dessa aluvião. De posse dos dados do levantamento, os mesmos foram utilizados para a locação de poços e piezômetros para testes de bombeamento. A etapa de campo foi realizada por dois técnicos de nível superior e três auxiliares, onde foram gastos 30 dias num trecho de aproximadamente 6 km de extensão e 3,34 m de profundidade média.

Palavras-chave - Aluvião ; Aquífero ; Geofísica .

INTRODUÇÃO

O presente trabalho constitui um das etapas do Projeto "Manejo Integrado de Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos Aluviais", e foi desenvolvido pela Universidade Federal do Ceará – UFC em parceria com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, representadas, respectivamente, pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental e a Divisão de Águas Subterrâneas.

Dentro do objetivo principal do projeto, que é realizar estudos para o estabelecimento de um manejo integrado otimizado de recursos hídricos superficiais e subterrâneos aluviais, o presente trabalho tem o objetivo principal modelar a geometria de

¹ DISUB/FUNCEME, Av. Rui Barbosa 1246, Aldeota, Fortaleza-CE, Brasil, CEP 60115-221, Fone (+85)4331843/Fax (+85)4331809, andrade@funceme.br, nelson@funceme.br, mobus@funceme.br, sobreira@funceme.br

um trecho aluvionar do Rio Palhano. Como objetivo secundário, deseja-se identificar zonas com características elétricas comuns e tentar fazer uma correlação geológica. Para tal foram executados, pelos técnicos da FUNCEME, trabalhos em campo de sondagens a trado manual, sondagens elétricas verticais (SEVs) e levantamento posterior das coordenadas e altimetrias, tanto dos furos de sondagens como dos pontos onde foram realizadas as SEVs, além de pontos conhecidos para calibração do mapa do aluvião existente, com uso de DGPS.

As sondagens a trado foram executadas, principalmente, para permitir uma parametrização das sondagens elétricas verticais, buscando informações a respeito dos níveis de água ao longo de várias seções da aluvião e as variações de material em profundidade, sendo que, na quase totalidade dos casos, não foi possível se alcançar o embasamento por várias razões como desmoronamento de material em função de presença de água, presença de seixos rochosos e presença de níveis argilosos compactados, impedindo o avanço do trado.

As SEVs foram executadas em seções transversais uniformemente distribuídas ao longo da aluvião. Os resultados foram analisados levando-se em consideração as sondagens a trado, o que permitiu uma maior certeza na estimativa das profundidades do substrato.

Para todos os pontos de execução das SEVs e dos furos a trado, foram definidas as suas coordenadas e altimetrias, com uso de GPS diferencial, permitindo a plotagem dos pontos para interpolações e modelagem da geometria do trecho aluvionar.

As metodologias aplicadas e os resultados obtidos nessa primeira fase do projeto são objetos de discussão neste trabalho.

LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA DO PROJETO

O acesso à área de pesquisa se dá, a partir de Fortaleza, pela Br-116 quando, percorrendo-se aproximadamente 92 km, chega-se a cidade de Cristais. A partir daí, toma a CE 138 em direção à Morada Nova. Após cerca de 50 Km, encontra-se uma placa de identificação à margem direita da rodovia identificando a entrada para a comunidade do Chile, distando ainda, aproximadamente 25 Km da sede do Município de Morada Nova. A partir desse ponto (placa de identificação), o acesso é feito através de estrada não pavimentada, sempre à direita, evitando as estradas secundárias de outra direção, durante 8 Km (FIGURA 01).

² Dept^o de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Centro de Tecnologia/UFC – Campus do Pici, Bloco 713 – Caixa Postal 6018, CEP 60451-970 – Fortaleza-CE, Brasil, Fone (+85)288.9623.

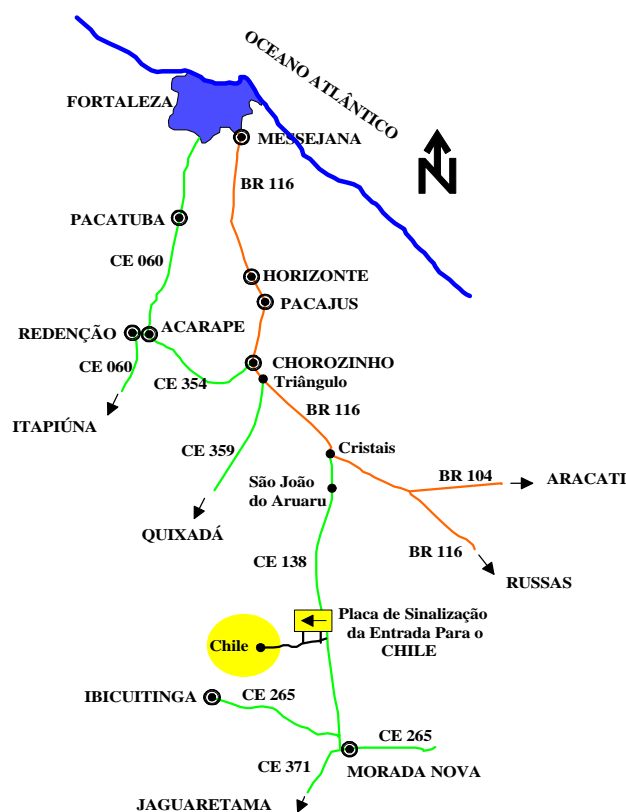


Figura 01 - Localização e acesso da área do levantamento geofísico

A área de pesquisa está situada no alto curso do Rio Palhano, na Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, próxima aos limites com a Bacia Metropolitana e a Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú. O trecho aluvionar tem aproximadamente 6 Km de extensão, e compreende uma faixa entre o Açude Chile e a barragem subterrânea construída pela Universidade Federal do Ceará, em parceria com a Universidade de Hannover (Espanha), sendo que, o reservatório encontra-se no Município de Ibicuitinga e a barragem no Município de Morada Nova.

SONDAGENS A TRADO

Os trabalhos de campo relativos às sondagens a trado foram distribuídos em 4(quatro) etapas de 5(cinco) dias nos meses de dezembro/98, março/99, abril/99 e maio/99.

Com a finalidade de parametrizar as sondagens elétricas verticais para modelagem do corpo aluvionar na área do projeto, os furos de sondagens foram localizados nas proximidades das seções geofísicas, sendo que, em alguns casos, foram feitos furos em áreas isoladas para melhor compreensão e cobertura de todo o pacote aluvionar naquele trecho. Ao total foram executadas 29 (vinte e nove) investigações, com o emprego de um

trado com três tipos de copos com diâmetro médio de 3” e autonomia para profundidades de até 10 metros.

A equipe de campo foi normalmente composta por um técnico de nível superior e quatro ajudantes de campo. O material extraído do furo de sondagem era depositado de forma ordenada no solo ao lado para análise, descrição e registro em ficha adequada, sendo as características observadas as seguintes: profundidade, granulometria, presença de finos ou de material mais grosseiro, cor, teor de umidade e, quando possível, composição provável e material de alteração.

Os dados obtidos foram posteriormente tratados em escritório, onde foram construídos perfis ilustrativos em escala, permitindo, dessa forma, uma análise integrada de todos os furos, e a construção de perfis longitudinais e transversais, correlacionando várias sondagens entre si.

Esperava-se, com as campanhas realizadas, estimar-se diretamente a profundidade do embasamento cristalino no trecho estudado, entretanto, por várias razões isso não foi possível em 25 (vinte e cinco) sondagens pelas seguintes razões:

a) Desmoronamento das paredes do furo. Em várias sondagens foram encontrados níveis de areia grossa saturada, que provocava o desmoronamento das paredes do furo sempre que se fazia a retirada do trado, impedindo, dessa forma, o avanço da sondagem.

b) Presença de fragmentos. Em alguns casos foram encontrados níveis arenosos com seixos e blocos cuja dimensão não permitia que fossem extraídos pelo copo do trado.

c) Presença de níveis argilosos compactados. Não foi possível o término de apenas 1 (um) furo em função de nível argiloso compactado.

A tabela 01 mostra estes dados onde se pode constatar a maior frequência de furos interrompidos em função, primeiro da existência de níveis saturados e, segundo, pela presença de seixos impedindo o avanço do trado.

Tabela 01 - Número de sondagens interrompidas versus problema que causou a interrupção.

Problema Encontrado	Quantidade de Sondagens
Argila Compactada	01
Nível Saturado	15
Seixos	09
Embasamento	04

Ao total foram descritos 71,29 metros de sondagens, sendo que o furo mínimo foi de 0,15 metros, por ter sido escolhido próximo a margem do aluvião, com a finalidade de checagem da informação (borda da aluvião) existente em mapa altimétrico do trecho em estudo, com a realidade de campo; a sondagem mais profunda foi de 4,20 metros, e não prosseguiu em função do desmoronamento das paredes do furo no nível de saturação. A média calculada é de 2,45 metros para as 29 sondagens.

De uma maneira geral, não foram observadas variações consideráveis nos perfis descritos, podendo-se considerar, como padrão para a área estudada, uma seqüência de areias variando de média a fina nos níveis superiores, média nos níveis intermediários e média a grossa nos níveis mais profundos.

As cores variam de claras nos primeiros níveis até a escuras nos níveis intermediários, dependendo dos teores de argila presentes, tornando-se novamente claras nos níveis mais profundos, principalmente quando da presença de areias mais grossas.

Argilas podem ser encontradas nos vários níveis, entretanto, com teores variando de baixos a nenhum; níveis argilosos de maior expressão foram encontrados em áreas bem localizadas, como no furo 15, no intervalo de 1,36 metros a 2,35 metros, equivalendo a 0,99 metros de espessura, no furo 18, no intervalo de 0,40 metros a 1,90 metros (1,50 metros de espessura), no furo 21, no intervalo de 0,46 metros a 2,48 metros (2,02 metros de espessura) e no furo 25, no intervalo de 1,00 metro a 1,56 metros (0,56 metros de espessura).

Os níveis saturados foram encontrados, em média, a 2,27 metros de profundidade, sendo que o mais raso foi encontrado no furo 23 (1,45 metros) e o mais profundo no furo 12 (3,80 metros). Deve ser ressaltado que estes valores são relativos a superfície do terreno, e portanto, não correlacionáveis antes das correções com os dados de altimetria e coordenadas obtidas com o DGPS.

SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS

As atividades de geofísica constaram de três etapas de campo, com a realização de sondagens elétricas verticais (SEVs) com arranjo tipo *Schlumberger*, com abertura dos eletrodos aproximadamente paralelos ao leito do rio, nos meses de dezembro/98, fevereiro e abril/99. Subseqüentes etapas de escritório foram realizadas para as interpretações dos dados coletados em campo.

O equipamento utilizado foi o eletrorresistímetro marca *TECTROL*, (TDC 1000/12R2A) com eletrodos de aço inox. Ainda no campo, *Lap-Top* tipo Pentium - 266

MHz serviu para cálculo das resistividades aparentes e construção das curvas em tempo real, o que permitiu o acompanhamento e entendimento das variações das resistividades e retificações/ratificações de algumas leituras . Normalmente a equipe de campo foi composta por dois técnicos de nível superior e três auxiliares de campo. Algumas vezes o acesso ao local de realização da SEV não permitiu a chegada do veículo e todo o aparato teve que ser conduzido manualmente.

As interpretações das sondagens elétricas, em escritório, foram feitas com auxílio dos dados levantados pelas campanhas de sondagens a trado já comentadas, para parametrização das resistividades elétricas e estimativa da profundidade do embasamento. Foi utilizado o *software RESIX Plus*, que baseia-se em técnicas de minimização dos erros entre dados sintéticos (modelados através de filtragem linear) e os dados obtidos em campo, gerando modelos hipotéticos que guardam melhor correspondência com os dados obtidos nas campanhas.

A partir dos furos de sondagens, quando possível, se estabeleceu um perfil geológico com espessuras de camadas bem definidas. Em função dos furos, na grande maioria, não terem alcançado o embasamento, tomou-se como modelo geológico inicial o perfil obtido na sondagem, aceitando-se como certas as espessuras de suas camadas com exceção de uma última, que supõe-se ser a saturada e imediatamente superior ao substrato.

ARRANJO SCHLUMBERGER

No método geofísico da eletrorresistividade, uma corrente elétrica contínua (ou de muito baixa frequência) é introduzida no interior da terra através de dois eletrodos (varas de metal) conectados aos terminais de uma fonte portátil de força eletromotriz. A condutividade elétrica das rochas em subsuperfície é bastante influenciada pelo grau de saturação da rocha, natureza do eletrólito e da trama rochosa (cimentação, material da matriz, porosidade, etc). A distribuição de potencial resultante no solo é mapeada através de outros dois eletrodos, também de metal ou de um material não-ionizável, conectados aos terminais de mili-voltímetro. Através das leituras dos potenciais e da corrente elétrica injetada no solo, obtida por um mili-amperímetro ligado à fonte e.m.f., podemos obter informações sobre a distribuição da resistividade elétrica abaixo da superfície. Este método tem sido amplamente utilizado para prospecção de água subterrânea e maiores informações sobre o método podem ser encontradas em livros específicos sobre o assunto.

Chamemos de **A** e **B** os eletrodos de corrente, positivo e negativo, respectivamente, postos na superfície da terra e **M** e **N** os eletrodos de potencial (FIGURA 02). Se ΔV é a diferença de potencial lida entre **M** e **N** teremos, através da *Lei de Ohm*, que

$$r = 2\rho \frac{\Delta V}{IG} \quad (1)$$

onde:

$$G = \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \quad (2)$$

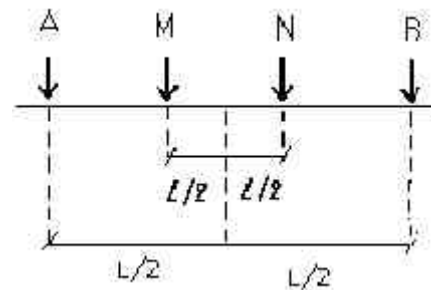


Figura 02 - Arranjo Schlumberger Simétrico

A equação (1) nos dá a resistividade real (ρ) se a subsuperfície fosse homogênea. Nos casos reais, ρ varia com a mudança na geometria do arranjo de eletrodos ou mudando as suas posições na superfície da terra sem alterar sua disposição relativa. Então, ao utilizarmos a equação (1) com o devido G (fator geométrico) obtido pela equação (2), o valor resultante será a chamada resistividade aparente (ρ_a).

Nas atividades de campo realizadas neste trabalho foi usado o arranjo conhecido como do tipo *Schlumberger Simétrico* cuja distribuição dos eletrodos é equidistante ao centro.

Combinado-se as equações (1) e (2) para o caso do arranjo mostrado acima teremos que a resistividade aparente para o arranjo *Schlumberger* simétrico é dada por:

$$r_a = \rho \frac{(L^2 - l^2) \Delta V}{2l I}$$

Para a finalidade a que se destina o trabalho (investigação em profundidade, e não, descontinuidades laterais), optou-se por se utilizar a eletrorresistividade através de um procedimento conhecido com sondagens elétricas verticais (SEV). Para tal, assume-se que a resistividade da terra no local da medição varia apenas com a profundidade, isto é, a geologia de sub-superfície é composta por camadas planas e horizontais com espessuras constantes. A variação na resistividade com a profundidade é medida através do aumento da distância entre os eletrodos de corrente, mantendo-se fixo o centro do arranjo; assim obtemos um valor de resistividade aparente para cada valor de distância

entre os eletrodos **AB**. O aumento na distância entre os eletrodos de corrente faz com que a corrente elétrica passe por regiões cada vez mais profundas, fazendo com que os valores calculados da resistividade aparente sejam cada vez mais influenciados pelas resistividades das camadas mais profundas. O resultado, então, de uma SEV é uma curva de resistividade aparente versus distância **AB/2**, que representa de uma maneira indireta a curva resistividade x profundidade. A medida em que as condições locais (mergulho das camadas, presença de descontinuidades laterais, etc) se afastam das condições ideais (camadas planas e horizontais) , são introduzidos erros nos valores das resistividades.

INTERPRETAÇÃO DAS SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS

Existem vários métodos para se interpretar os resultados de uma SEV, isto é, extrair informações sobre a geologia de subsuperfície dos dados apresentados numa sondagem. O mais utilizado hoje em dia reúne técnicas de modelamento numérico e de métodos de otimização através de programas de computadores. Entende-se por modelamento numérico o procedimento pelo qual se obtém curvas do tipo resistividade aparente versus distância **AB/2**, através de cálculos matemáticos, que simulam os fenômenos físicos envolvidos no processo de obtenção de uma SEV, em geral feitos com um computador, partindo de modelos hipotéticos de geologia. Com o modelamento obtemos o que seria uma SEV feita sobre um terreno com a geologia de subsuperfície igual ao modelo concebido.

O esquema básico de interpretação seguido pela maioria dos algoritmos é o seguinte:

1. A partir de um modelo previamente estimado pelo geofísico, ou pelo próprio algoritmo, utilizando a técnica de *Pekeris-Koefed*, para curvas com baixo nível de ruído, gera-se, através de técnicas de modelamento numérico, uma SEV teórica correspondente ao modelo sugerido inicialmente,
2. Compara-se o resultado obtido pelo modelamento com a SEV obtida em campo, e através de técnicas de otimização, o modelo estimado é modificado e volta-se ao passo 1, até que as diferenças entre o modelo e a SEV de campo atinjam um patamar mínimo de erro desejado ou que não mais seja alterado.

Ao final foram realizadas 24 sondagens elétricas, distribuídas em 11 seções transversais, de forma a cobrir toda a extensão do trecho de pesquisa do aluvião.

As análises dos resultados das interpretações das SEVs mostram que a maioria são do tipo **H**, isto é, apresentam um ramo descendente seguido por um ascendente. As

sondagens 3.2, 3.3, 4.1, 4.3, 6.3, 9.1, 10.1 e 11.1 são tipicamente **H**, o que pode refletir uma litologia típica de aluviões, onde primeiramente temos uma camada areno-argilosa seca resistiva seguida de uma zona úmida ou saturada tendo o substrato cristalino em baixo com alta resistividade, indicado pelo fato do ramo ascendente final ter uma inclinação de 45° na escala *log x log*. A presença de muitas camadas neste tipo de litologia pode refletir variações na granulometria, no teor de argila e de umidade no pacote aluvionar. Os valores das resistividades das camadas intermediárias encontradas foram muito baixos podendo refletir um alto teor de salinidade na água ou um alto teor de argila nas camadas.

As sondagens 2.1, 4.2, 5.1, 5.2 e 6.2 podem ser classificadas como do tipo **H**, antecedidas por uma camada menos resistiva, possuindo um caráter ascendente – descendente – ascendente. A presença dessa primeira camada pode refletir a presença de umidade próxima à superfície. Nessas sondagens também pode-se verificar a baixa resistividade da água na zona saturada. A sondagem 8.3 também possui o mesmo caráter, só que a primeira camada tem muito baixa resistividade indicando um solo salino, o que a faz ter uma feição diferente das demais.

As sondagens 1.1, 7.2, 8.1, 10.2, 11.2 são típicas de litologia de apenas duas camadas sendo a primeira com menor resistividade, com valores que indicam a presença de sais no solo e a segunda com alta resistividade indicando ser o embasamento cristalino. Claro que este modelo de duas camadas é uma simplificação e o que foi verificado foi uma série de camadas com resistividades crescentes de modo geral. A sondagem 8.2 também pode ser incluída nessa categoria só que possui uma pequena camada mais resistiva de 26 cm cobrindo a camada salina.

As sondagem 1.2, 1.3, 6.1 e 7.1 possuem um caráter genérico descendente – ascendente – descendente – ascendente, embora que só bem caracterizado na 6.1, sugerindo uma alternância de camadas menos e mais resistivas.

O QUADRO 01 mostra as curvas agrupadas pelas diversas características acima descritas, onde as setas ↑ e ↓ representam o caráter ascendente e descendente das curvas respectivamente.

De uma maneira geral, os resultados apresentados mostram sondagens com uma interpretação bastante aceitável já que todos os erros obtidos foram inferiores a 10%. vale lembrar que, devido a não unicidade dos resultados, já que diversos modelos podem apresentar curvas idênticas, é de grande importância o uso de dados fornecidos pelas sondagens a trado, para melhor parametrização dos valores de resistividade modelados e uma melhor estimativa das profundidades. Vale ressaltar ainda, que os resultados das

profundidades aqui apresentadas são mais confiáveis nos locais próximos aos furos de sondagem a trado.

A interpretação da SEV 1.1 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 6 camadas e arbitradas fixas. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 19.

A interpretação da SEV 1.2 foi auxiliada pelos dados obtidos com a interpretação da SEV 7.1, com as resistividades das camadas oriundas da citada interpretação, permitindo-se uma variação de 10% nos valores, com exceção da última camada, que se permitiu uma variação entre os valores mínimo e máximo encontradas em todas as interpretações feitas com auxílio de furos de sondagens.

A interpretação da SEV1.3 foi auxiliada pelos dados obtidos com a interpretação da SEV 7.1 sem a primeira camada, com as resistividades das camadas oriundas da citada interpretação, permitindo-se uma variação de 10% nos valores, com exceção da primeira camada, que teve uma variação de 35%, e da última camada, que se obteve um valor de 1200 Ω .m via software, que melhor se ajustou a esta curva.

A interpretação da SEV 2.1 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 7 camadas e arbitradas fixas. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 05.

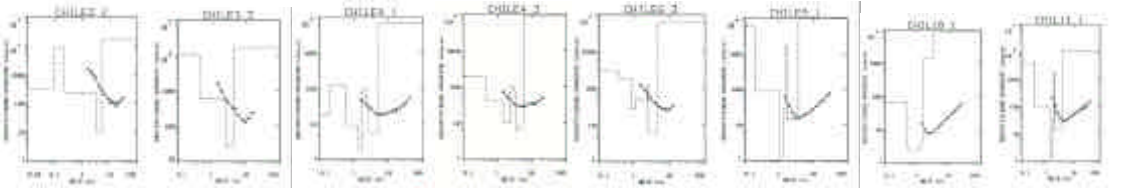
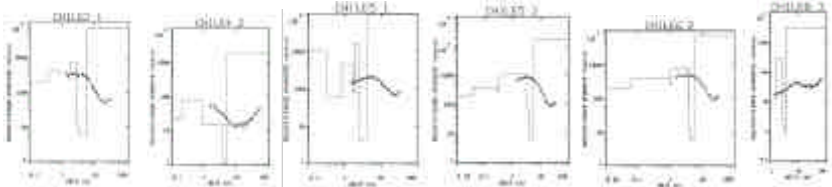
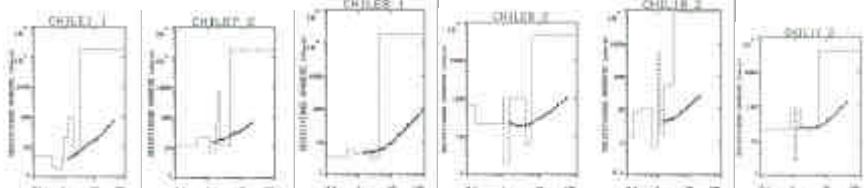
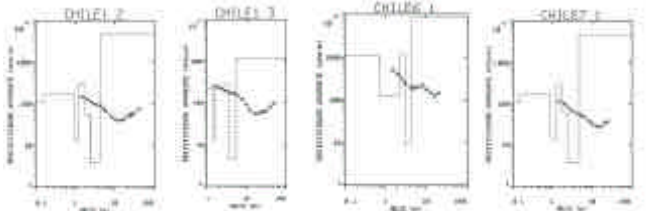
A interpretação da SEV 3.2 foi auxiliada pelos dados obtidos com a interpretação da SEV 3.3 com a inclusão de uma primeira camada, com as resistividades das camadas oriundas inicialmente da citada interpretação, mas ajustadas, via software, minimizando os erros observados entre o modelamento e a curva de campo.

A interpretação da SEV 3.3 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 2 camadas obtidas via software mas com a soma das duas obtidas em campo. A razão disso é que o furo de sondagem e a SEV foram realizados com uma defasagem de tempo de mais de dois meses o que pode ter alterado o perfil de umidade do terreno, alterando assim as propriedades resistivas da camada superficial devido às chuvas que caíram no período. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 08.

A interpretação da SEV 4.1 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 7 camadas e arbitradas fixas. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 27. A interpretação desta SEV 4.2 foi feita totalmente via software, já que não se conseguiu ajustá-la a nenhum outro modelo de SEV obtido com o auxílio dos furos de sondagem.

A interpretação da SEV 4.3 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 7 camadas e arbitradas fixas. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 12.

QUADRO 01 - SEVs agrupadas por tipo de curva

GRUPO	CURVAS
<p style="text-align: center;">↓ ↑ (Tipo H) (descendente -ascendente)</p>	
<p style="text-align: center;">↑ ↓ ↑ (ascendente- descendente- ascendente)</p>	
<p style="text-align: center;">↑ (2 camadas) (ascendente)</p>	
<p style="text-align: center;">↓ ↑ ↓ ↑ (descendente - ascendente- descendente- ascendente)</p>	

A interpretação da SEV 5.1 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 7 camadas e arbitradas fixas. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 13.

A interpretação da SEV 5.2 foi auxiliada pelos dados obtidos com a interpretação da SEV 2.1, com as resistividades das camadas oriundas da citada interpretação, permitindo-se uma variação de 10% nos valores, com exceção da quinta camada, que teve uma mudança de +40%, para um melhor ajuste. A resistividade do embasamento foi deixada variar entre os limites mínimo e máximo obtidos pelas interpretações das SEVs com auxílio dos furos de sondagem.

A interpretação da SEV 6.1 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 3 camadas e arbitradas fixas. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 14.

A interpretação da SEV 6.2 foi auxiliada pelos dados obtidos com a interpretação da SEV 2.1, com as resistividades das camadas oriundas da citada interpretação mantidos fixos com exceção do embasamento, que permitiu-se uma mudança de 10%, para um melhor ajuste.

A interpretação da SEV 6.3 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 6 camadas e arbitradas fixas, com exceção da última camada. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 15.

A interpretação da SEV 7.1 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 5 camadas e arbitradas fixas. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 16.

A interpretação da SEV 7.2 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 5 camadas e arbitradas fixas. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 17.

A interpretação da SEV 8.1 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 5 camadas e arbitradas fixas. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 18.

A interpretação da SEV 8.2 foi auxiliada pelos dados obtidos com a interpretação da SEV 11.2, com as resistividades das camadas oriundas da citada interpretação, permitindo-se uma variação de 10% nos valores, com exceção da sexta camada, que teve seu valor modificado para um melhor ajuste. Incluiu-se ainda uma camada superficial de 18 cm de espessura, também com o intuito de melhorar o ajuste.

A interpretação da SEV 8.3 foi feita totalmente via software, já que não se conseguiu ajustá-la a nenhum outro modelo de SEV obtido com o auxílio dos furos de sondagem. Já a interpretação da SEV 9.1 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 5 camadas e arbitradas fixas, com exceção da última camada. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 20.

A interpretação da SEV 10.1 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com a inclusão de uma camada superficial mais seca, que resultou, pela interpretação, ter uma espessura de 0.5 m. As profundidades das camadas de 2 e 3 foram arbitradas fixas. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 22.

A interpretação da SEV 10.2 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 6 camadas e arbitradas fixas. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 23. A interpretação da SEV 11.1 foi auxiliada pelos dados obtidos com a interpretação da SEV 9.1, com as resistividades das camadas oriundas da citada interpretação, permitindo-se uma variação de 10% nos valores, com exceção da última camada, que se permitiu uma variação entre os valores mínimo e máximo encontradas em todas as interpretações feitas com auxílio de furos de sondagens, e da primeira cujo valor obtido de 4200 Ω .m, tem a mesma ordem de grandeza do valor encontrado na SEV 9.1.

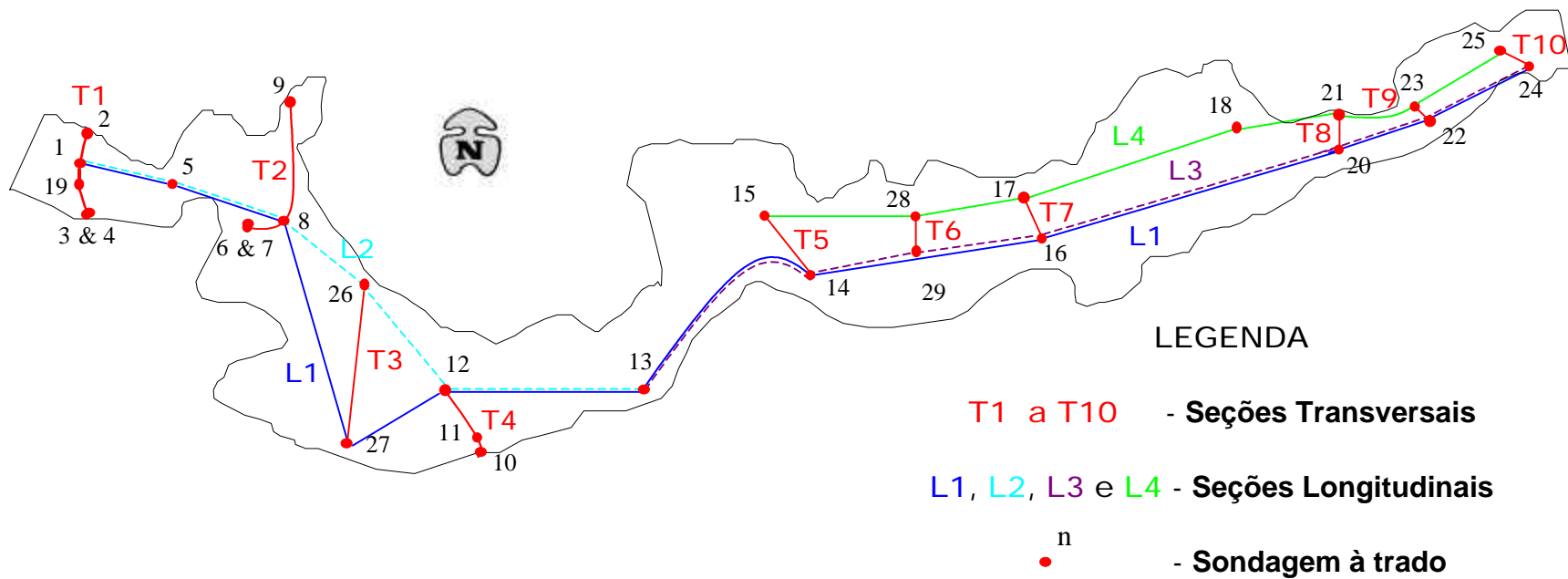


FIGURA 03 - Localização das Seções Transversais e Longitudinais na Área de Pesquisa

A interpretação da SEV 11.2 foi auxiliada pelos dados da sondagem a trado realizada a poucos metros do centro da SEV, com as espessuras de 4 camadas e arbitradas fixas. A espessura da última camada antes do embasamento foi obtida via programa de modelamento ótimo, já que a sondagem a trado não atingiu o embasamento. Os dados da sondagem se referem ao furo 25.

As sondagens a trado (cuja localização encontra-se na FIGURA 03), juntamente com as SEVs, permitiram a construção de secções geológicas transversais e longitudinais à aluvião (FIGURA 04).

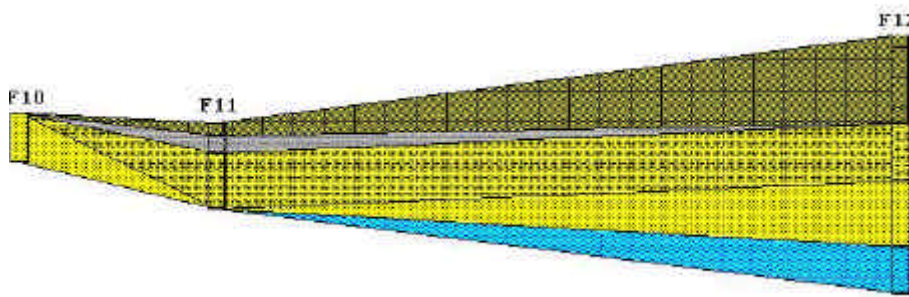


FIGURA 04 - Seção Transversal T4

RESULTADOS e CONCLUSÕES

De posse dos valores de profundidade da aluvião nos pontos onde foram realizadas as sondagens elétricas verticais e de um mapa com o contorno da aluvião, foram geradas, com o auxílio do *software* SURFER 6.01 um mapa com contornos de profundidade e um modelo tridimensional da aluvião mostrado na FIGURA 05. O volume de sedimentos do aluvião calculado também pelo SURFER utilizando a regra de Simpson é de 4.307.280 m³ com uma área da superfície superior de 1.287.540 m² o que nos dá uma profundidade média de 3,34 m.

Com os dados obtidos através dos furos de sondagem a trado, de onde obtivemos a profundidade do limite superior da zona saturada, e as das sondagens elétricas verticais, obteve-se a espessura da zona saturada em cada ponto com SEV, assumindo que a zona saturada seja delimitada em sua base inferior pelo embasamento cristalino. No QUADRO 02 são mostradas as espessuras da zona saturada e, na FIGURA 06, mostramos o mapa com

contornos de isovalores de espessura da mesma zona. Devemos lembrar que os valores foram obtidos em diferentes campanhas podendo assim ter havido mesmo pequenas mudanças nos níveis freáticos entre elas, o que sugere que os dados sejam utilizados com certa cautela.

Com base nestes mapas, foram escolhidos locais para a perfuração de poços para a quantificação do volume de água disponível e explotável através de testes de bombeamento posteriores.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Telford, W.M.; Geldart, L.P. ; Sheriff, R.E. - 1990 - Applied Geophysics, Cambridge, University Press, 522 - 577.

Zohdy, A. A. R. - 1965 - The Auxiliary Point Method of Electrical Sounding Interpretation and Its Relation to Dar Zarrouk Parameters, Geophysics, 30, 644-60.

QUADRO 02- Espessuras da Zona Saturada

SEV	ESPESSURA (m)
1.1	1.37
1.2	1.75
1.3	1.84
2.1	2.27
3.2	1.81
3.3	1.84
4.1	1.78
4.2	1.12
4.3	1.80
5.1	1.53
5.2	1.38
6.1	1.36
6.2	1.46
6.3	2.13
7.1	2.25
7.2	2.19
8.1	1.60
8.2	1.65
8.3	1.18
9.1	1.91
10.1	1.57
10.2	1.59
11.1	1.59
11.2	4.00

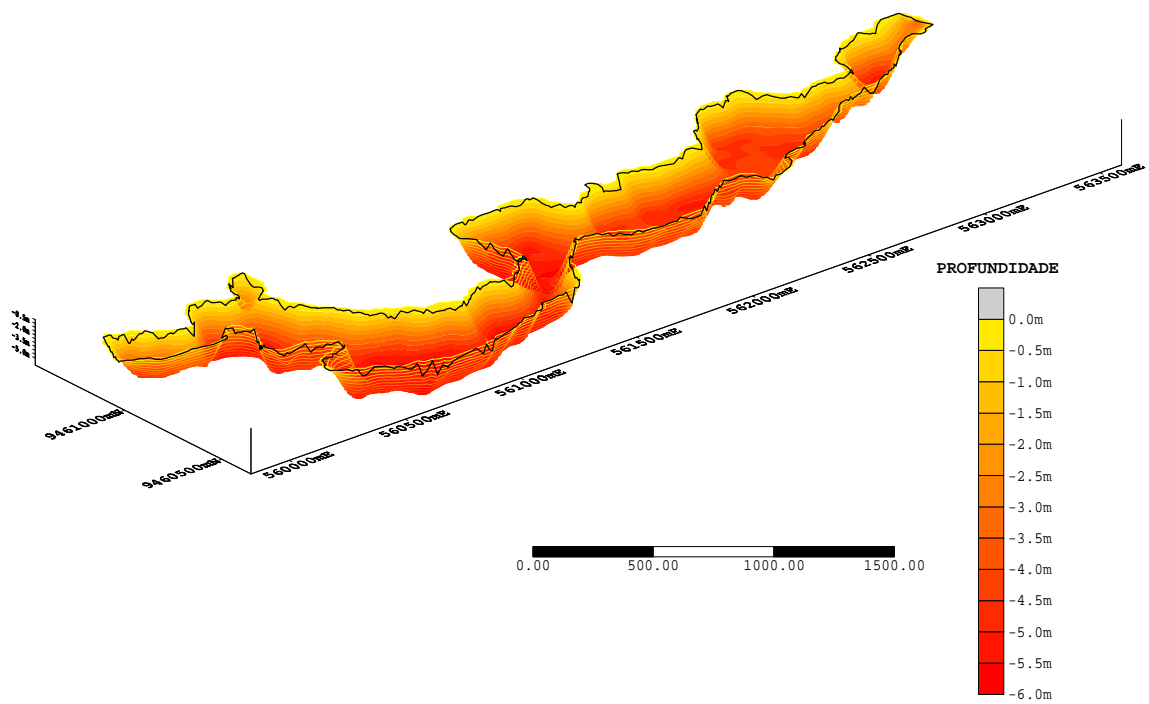


FIGURA 05 – Modelo Tridimensional do Trecho Aluvionar Pesquisado.

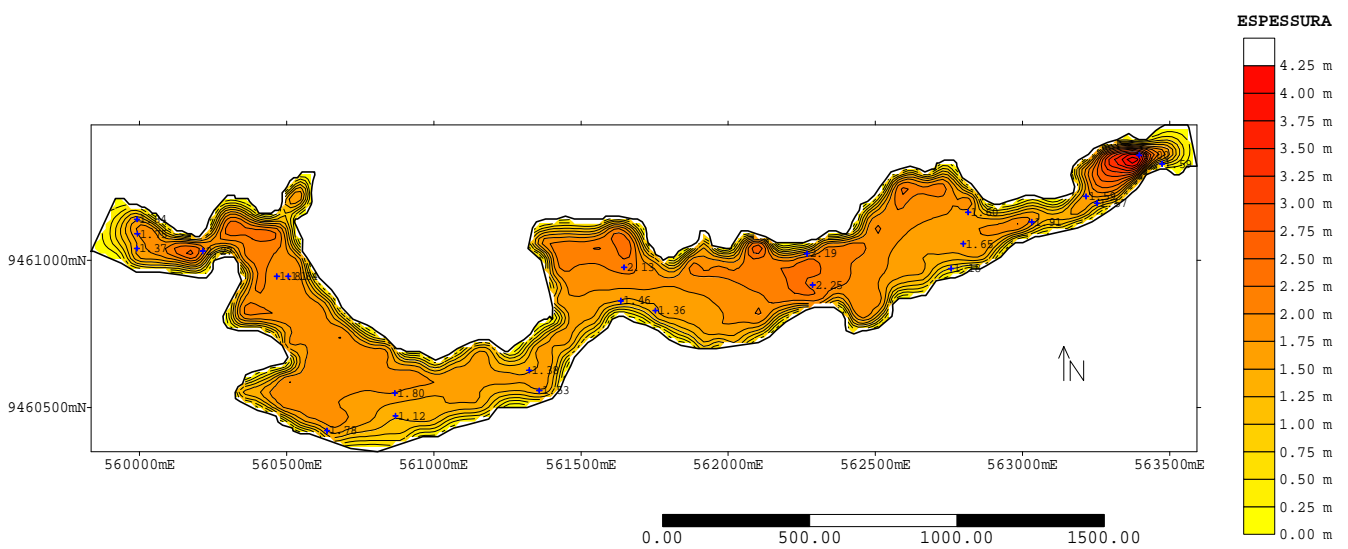


FIGURA 06 – Mapa de contorno de espessuras da zona saturada.