

# PROSPECÇÃO HIDROGEOLÓGICA PELOS MÉTODOS DE GEOFÍSICA ELÉTRICA POR CORRENTE CONTÍNUA NO MUNICÍPIO DE ÁGUA BOA – MS

M Roberto Naime<sup>1</sup> e Régis Alexandre Lahm<sup>2</sup>

## 1. APRESENTAÇÃO

O presente trabalho consubstancia o levantamento prospectivo hidrogeológico e geofísico de campo realizado na área do Frigorífico Água Boa e da Fazenda do Frigorífico, no município de Água Boa, Estado do Mato Grosso.

São apresentados a metodologia empregada para a realização dos trabalhos, as premissas teóricas e os resultados obtidos devidamente interpretados em sua significância.

Ao final são apresentadas conclusões e recomendações sobre os dados levantados em campo.

O mapa de localização da área está apresentado na Figura 1.

---

<sup>1</sup> Diretor Técnico da GEOSF, Departamento de Engenharia Civil da PUCRS - Departamento de Engenharia Civil da UPF

<sup>2</sup> Departamento de Geografia da PUCRS



**FIGURA 1** - Mapa de Localização da área

## 2. GEOLOGIA

A geologia da área do frigorífico é constituída por depósitos sedimentares recentes e antigos, parcialmente consolidados e diagenizados, recobrimdo à litologias pertencentes ao embasamento de rochas cristalofílicas, representadas por granitos, migmatitos, gnaisses e demais litotipos associados.

A geologia da área da fazenda é constituída por rochas do embasamento cristalino fraturadas e com a presença de depósitos ferruginosos associados à zona de fraturamento.

A geomorfologia do local é de um planalto elevado em relação ao restante da região, com a observação de alinhamentos ou fraturas delineadas por modificações topográficas importantes em regiões adjacentes à área pesquisada.

A espessura de solos é reduzida na maior parte das regiões onde foram executados ensaios de reconhecimento, com solos constituídos por material do tipo argilo-siltosos, pouco arenosos, de cor avermelhada.

### **3. GEOFÍSICA**

#### **3.1 - METODOLOGIA DE CAMINHAMENTO DUPLO DIPOLO-DIPOLO**

Foram executadas para investigação no local Caminhamentos Elétricos Duplo Dipolo-Dipolo por corrente contínua.

Na eletroresistividade, método de prospecção geofísica, injeta-se um corrente elétrica “**I**” (medida em miliampères) no terreno através de 2 eletrodos, denominados por convenção de **A** e **B**, dispostos paralelamente, e se mede a diferença de potencial “**V**” (medida em milivolts), produzida no terreno pela passagem da corrente em outros dois pontos, por convenção denominados **M** e **N**, também alinhados aos dois primeiros já citados. O resultado é uma medida de resistividade aparente da região do terreno penetrada.

O distanciamento sucessivo do par **A** e **B** produz um aumento da penetração de corrente no terreno, e, portanto, na profundidade de investigação. Sob o ponto de vista teórico este aumento de profundidade é rigorosamente verdadeiro em meio homogêneo.

A resistividade medida é proporcional à fração  $V/I$ , onde **V** é a diferença de potencial e **I** a intensidade de corrente. Esta fração  $V/I$ , pela Lei de Ohm, equivale à resistência ôhmica, para os casos em que é constante (meio homogêneo e isotrópico). O produto desta fração por uma constante **K** função do espaçamento e disposição entre os 4 eletrodos, resulta no valor de resistividade aparente procurada.

Na medida em que os materiais rochosos são isolantes elétricos, a maior ou menor resistividade aparente calculada a partir das medições de campo representa a umidade presente no interior da rocha e responsável pela condutividade elétrica existente. Assim espera-se de terrenos com elevada resistividade elétrica pequena presença de umidade ou água e de terrenos com baixa resistividade elétrica maior presença de umidade ou água. Como é medida apenas a condutibilidade ou seu oposto, a resistividade, o método é qualitativo não podendo oferecer projeções sobre quantidade de umidade ou vazões.

As interpretações tem por base não apenas os valores absolutos de resistividade aparente calculados, mas também as diferenças de “background” (ou base) encontrados numa determinada área entre os setores de maior resistividade aparente ou menos

favoráveis à presença de água e os setores de menor resistividade aparente ou mais propícios à presença ou fluxos de fluidos.

O método do Caminhamento Elétrico Duplo Dipolo-Dipolo consiste na colocação dos eletrodos de corrente (**A** e **B**) e de potencial (**M** e **N**) ao longo de uma linha, com leituras sendo feitas para grupos de mesma posição de **A** e **B** e várias posições de **M** e **N**.

A distância interna **AB** e **MN** é fixa, variando-se a posição relativa dos eletrodos de potencial em relação aos eletrodos de corrente. Desta forma é necessário o uso de uma linha base com pontos equiespaçados, materializados no terreno. Para cada posição de **AB** realizam-se 4 leituras equivalentes a 4 posições diferentes e em sequência dos eletrodos **MN**, que correspondem a 4 níveis sucessivos de aumento de profundidade de investigação.

|       |   | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>M</b> | <b>N</b>                   |       |       |       |       |
|-------|---|----------|----------|----------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 2                                       | 3        | 4        | 5        | 6                          | 7     | 8     | 9     | 10    |
| ----- | -----                                   | -----    | -----    | -----    | -----                      | ----- | ----- | ----- | ----- |
| 20m   | Leitura para <b>AB</b> na posição 3 e 4 |          |          |          | <b>MN</b> em posição 5 e 6 |       |       |       |       |

|       |   | <b>A</b> | <b>B</b> |       | <b>M</b>                   | <b>N</b> |       |       |       |
|-------|---|----------|----------|-------|----------------------------|----------|-------|-------|-------|
| 1     | 2                                       | 3        | 4        | 5     | 6                          | 7        | 8     | 9     | 10    |
| ----- | -----                                   | -----    | -----    | ----- | -----                      | -----    | ----- | ----- | ----- |
| 20m   | Leitura para <b>AB</b> na posição 3 e 4 |          |          |       | <b>MN</b> em posição 6 e 7 |          |       |       |       |

O esquema anterior mostra a sequência de duas leituras para a posição **AB** nos pontos 3 e 4. A primeira leitura mostra **MN** em 5 e 6. A segunda leitura mostra **MN** em 6 e 7. A terceira leitura para esta posição de **AB** foi feita com **MN** em 7 e 8 e a quarta leitura com **MN** em 8 e 9. Após esta leitura, ocorre o avanço dos eletrodos **AB** da posição 3 e 4 para a posição 4 e 5, repetindo-se o processo de leituras com novas quatro posições para **MN**. Desta forma são obtidos 4 valores de resistividade aparente, com influência de todo o pacote de terreno investigado, proporcionando a confecção de uma seção geométrica transversal do terreno, com 4 níveis de valores. Com o espaçamento de 20m utilizado estima-se em 50m a profundidade de terreno investigada.

Os valores de resistividade indicam a influência do terreno desde a superfície, sendo dois os fatores que controlam estes valores: a espessura da cobertura e o nível de fraturamento associado ao maciço rochoso subjacente. Estes dois fatores são cumulativos e podem ser diferenciados na observação do comportamento dos 4 níveis de resistividade determinados.

Os caminhamentos elétricos são um método qualitativo onde as resistividades aparentes obtidas tem sua posição horizontal aproximada determinada para a seção equidistante entre os centros geométricos de **AB** e **MN**, plotados a 45° de inclinação em relação à linha de superfície que representa o “datum”. A escala horizontal é verdadeira, mas a escala vertical pode sofrer pequenas variações em função das influências do terreno descritas no parágrafo anterior.

A análise paramétrica dos dados:

- com os poços existentes;
- com o “background” regional;
- e com as oscilações entre as médias de resistividade aparente laterais;

permitem obter conclusões apropriadas sobre as diferenças dos materiais em subsuperfície.

### 3.2 - METODOLOGIA DE SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS

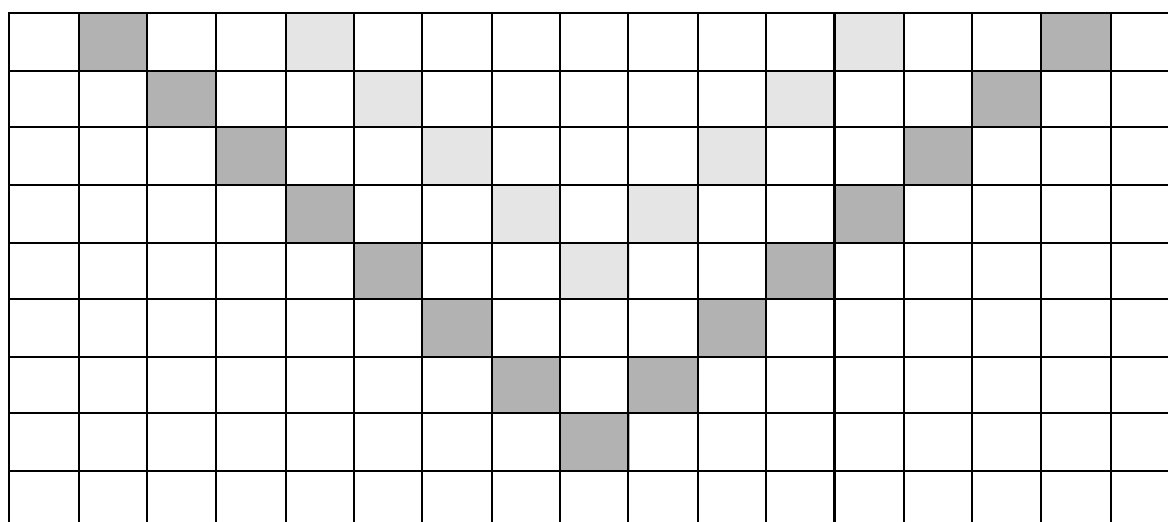
Para execução de uma Sondagem Elétrica Vertical (SEV) utilizam-se 4 eletrodos denominados “**A** e **B**” e “**M** e **N**”. Entre os eletrodos **A** e **B** é enviada uma corrente  $I$ , e entre **M** e **N** é medida a diferença de potencial ( $V$ ) criada pelo campo elétrico formado.

Deste modo,  $R = \frac{V}{I}$  é a resistividade aparente da porção de subsolo entre **M** e **N**, e  $pa = \frac{R \cdot K}{1}$  é o valor numérico correspondente, sendo  $K$  um fator geométrico que só depende do espaçamento dos eletrodos.

O arranjo de eletrodos utilizado foi o de SCHULUMBERGER, que é o de uso mais comum e apresenta maiores vantagens. Neste arranjo os eletrodos de emissão de corrente (**A** e **B**) e os eletrodos de potencial (**M** e **N**) devem ser colocados sobre uma linha reta, dispostos simetricamente em relação ao ponto ensaiado “**O**”, sendo que a distância **MN** nunca pode superar 1/5 da distância **AB**, conforme a figura abaixo:

|     | PRO | A | M | O | N | B |  |  |  |  |
|-----|-----|---|---|---|---|---|--|--|--|--|
| FUN |     |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| DI  |     |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| DA  |     |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| DE  |     |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|     |     |   |   |   |   |   |  |  |  |  |

A profundidade de investigação aumenta na medida que os eletrodos são afastados do ponto central “O” simetricamente conforme indicado na figura abaixo:



A distância entre os eletrodos **A** e **B** determinará a profundidade de investigação. A medida em que o espaçamento **A** e **B** é aumentado, são efetuadas descargas de corrente e realizadas leituras de  $\underline{V}$  e  $\underline{I}$ , sendo então calculados os valores de resistividade aparente.

Posteriormente, os valores encontrados são plotados em gráficos *log x log* em função da distância  $\underline{AB/2}$ , obtendo-se a curva de resistividade aparente, cuja interpretação por meio de curvas padrão teóricas em programas de computador interativos, fornece as resistividades verdadeiras e as espessuras das camadas geoeletricas **que são então interpretadas conforme o conhecimento geológico existente e conhecido de cada região** e apresentadas em figura própria, denominada PERFIL GEOELÉTRICO DO TERRENO.

### **3.3 - EQUIPAMENTOS**

Os equipamentos utilizados apresentam as seguintes especificações:

- uma fonte de alta tensão marca IBRACON com 300 volts acoplada a miliamperímetro com 3 escalas de leitura (0 a 20ma; 0 a 200ma e 0 a 500ma);
- um milivoltímetro marca IBRACON com precisão de leitura até 0,1mv.;
- uma bateria de 12 volts;
- eletrodos de corrente e de potencial;
- carretéis de fios e demais equipamentos acessórios.

### **3.4 - APLICAÇÕES**

#### **FRIGORÍFICO**

Na área do Frigorífico foi executada uma Sondagem Elétrica Vertical para determinação da profundidade das camadas aquíferas e, principalmente para a determinação do embasamento cristalino e suas condições hidrogeológicas.

Na área do Frigorífico também foi executado um caminhamento elétrico duplo dipolo-dipolo para avaliação do potencial hidrogeológico da zona de fraturamento existente na parte baixa do terreno do Frigorífico.

#### **FAZENDA**

Na área da Fazenda foi executado um caminhamento elétrico duplo dipolo-dipolo para caracterização do potencial hidrogeológico de uma zona de fraturamento na região indicada como preferencial para a perfuração de poços.

Os resultados obtidos em termos de resistividades aparentes calculadas são comentados e interpretados.

## **4. RESULTADOS**

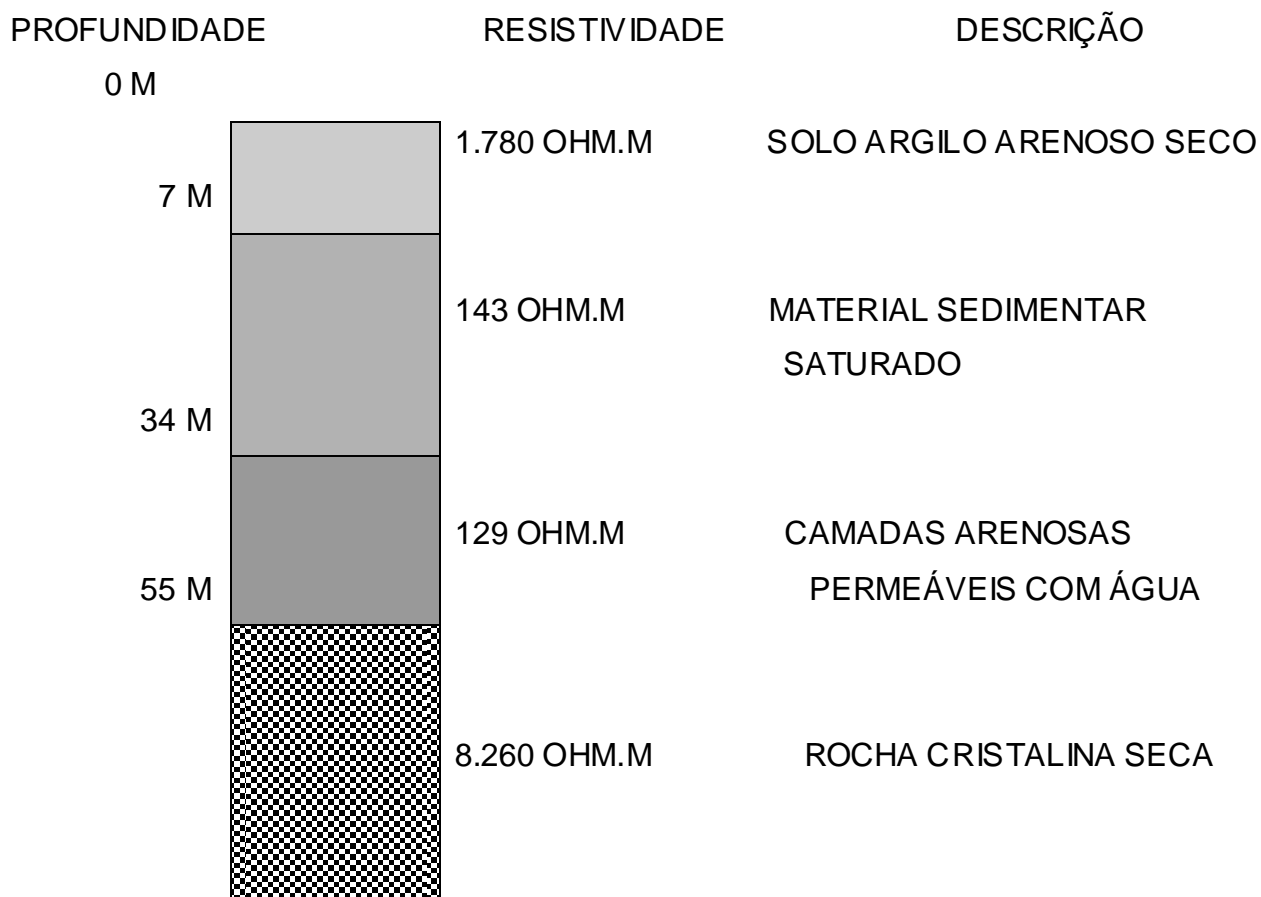
#### **FRIGORÍFICO**

O perfil geoeletrico elaborado a partir da investigação com sondagem elétrica vertical no local apresentado na Figura 2 indica a presença de 6 agrupamentos geoeletricos definidos:

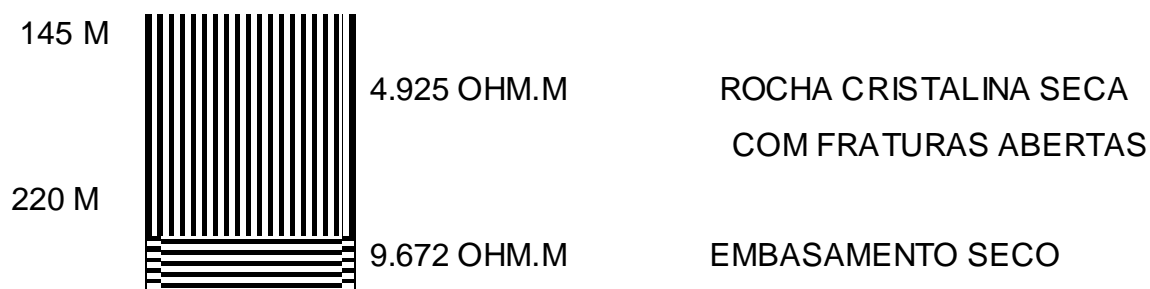
- ❖ a cobertura é formada por uma camada de solo argilo arenoso seco com resistividade de 1.780 ohm.m;
- ❖ a segunda camada geométrica situada na profundidade entre 7 e 34m tem resistividade de 143 ohm.m sendo interpretada como material sedimentar com níveis variáveis de consolidação, saturado em água;
- ❖ o terceiro estrato geométrico tem resistividade de 129 ohm.m sendo interpretado como camadas arenosas permeáveis saturadas em água;
- ❖ desde 55m até aproximadamente 145m ocorre rocha cristalina pertencente ao embasamento com valor de resistividade de 8.260 ohm.m indicativa de material seco, sem qualquer vestígio de água subterrânea;
- ❖ de 145m até 220m ocorre rocha cristalina seca com elevado índice de fraturamento, apresentando resistividade de 4.925 ohm.m;
- ❖ a partir de 220m inicia-se o embasamento cristalofílico com resistividade de 9.672 ohm.m indicativa de rochas secas e sem fraturas.

**PERFIL GEOELÉTRICO**

**LOCAL: FRIGORÍFICO ÁGUA BOA**







**Figura 2** - Perfil geoeletrico da SEV.

Na seção geoeletrica da zona da fratura do Frigorífico, apresentada na Figura 3, os valores de resistividade aparente oscilam entre 400 ohm.m e 6.800 ohm.m.

O padrão de variação lateral dos valores de resistividade aparente e os próprios valores absolutos apresentados na zona próxima do arroio são indicativos da presença de fraturamento nas rochas acompanhado de zona de cisalhamento, indicando a presença de uma área favorável à captação de águas subterrâneas no local conforme indicado na seção geoeletrica da Figura 3.

Teoricamente quanto mais baixos os valores de geofísica elétrica mais favoráveis podem ser consideradas as áreas que apresentam estes valores baixos, geralmente associados com zonas de fraturamentos nas rochas.

Quanto menores os valores de resistividade aparente destas áreas, melhores são as possibilidades das mesmas se encontrarem saturadas em águas subterrâneas, favorecendo a captação através de poços tubulares profundos.

## FAZENDA

Na seção geoeletrica da Figura 4 são mostrados os resultados das investigações por caminhamento duplo dipolo-dipolo executado na fratura existente na Fazenda.

Os valores de resistividade aparente oscilam entre 400 ohm.m e menos de 2.000 ohm.m identificando-se uma zona favorável para a captação de águas subterrâneas através de poços tubulares conforme indicado na seção geoeletrica da Figura 4, com valores de resistividade aparente em média entre 400 ohm.m e 600 ohm.m.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados das investigações realizadas na área permitem concluir:

- que na parte superior do terreno do frigorífico, podem ser perfurados poços até a profundidade máxima de 55m, buscando-se a captação de águas subterrâneas das camadas superiores; o aprofundamento dos poços nestes locais pode fazer com que a água existente nos estratos superiores seja perdida nas rochas do embasamento secas e fraturadas existentes abaixo;
- que na zona da fratura existente na parte inferior do terreno do Frigorífico existe área favorável para a captação de águas subterrâneas em zona de cisalhamento associada à fratura;
- que na Fazenda existe uma zona de fraturamento com características de área favorável para a captação de águas subterrâneas.

Recomenda-se que as locações de poços fiquem mais próximo possível das áreas indicadas como favoráveis para captação de águas subterrâneas conforme indicado na seção geolétrica da Fratura do Rio até a Placa.

A geofísica elétrica por corrente contínua é um método qualitativo, não podendo serem feitas avaliações de possibilidades de vazão a partir de seus dados.

## **6. REFERÊNCIAS**

- KOEFOED, O. - 1979 – Resistivity Sounding Measurements, in Geosounding Principles, 1. Netherlands, Elsevier Scientific Publishing Company, 276 pp.
- ORELLANA, E. – 1972 – Prospeccion Geoelectrica en Corriente Continua. Madrid, Editorial Paraninfo, 523 pp.

## SEÇÃO GEOELÉTRICA

CLIENTE: FRIGORÍFICO ÁGUA BOA

LOCAL: ZONA DA FRATURA

| 1                | 2 | 3     | 4     | 5     | ZONA FAVORÁVEL<br>6 | ↑ 7 | FRATURA<br>8 | 9     | 10   |
|------------------|---|-------|-------|-------|---------------------|-----|--------------|-------|------|
| Profundidade m   |   |       |       |       |                     |     |              |       |      |
| Espaçamento 20 m |   |       |       |       |                     |     |              |       |      |
| 20               |   | *423  | *203  | *752  | *470                |     | *410         | *1504 | *410 |
| 30               |   | *1017 |       | *1068 | *376                |     | *180         | *803  |      |
| 40               |   |       | *3391 | *3240 | *753                |     | *226         | *3007 |      |
| 50               |   |       | *4615 | *5732 | *1224               |     | *3014        |       |      |
| 60               |   |       |       | *6782 | *6165               |     | *3238        |       |      |

|       |                               |                   |
|-------|-------------------------------|-------------------|
| GEOSF | CLIENTE: FRIGORÍFICO ÁGUA BOA | ESCALA: Indicada  |
|       | LOCAL: ZONA DA FRATURA        | DATA: Setembro/97 |
|       | Seção: Geométrica             | FIGURA: 02        |
|       | Resistividade: Ohm.m          | OBRA: GEOSF25/97  |

Figura 3 - Seção geométrica do Frigorífico.

## SEÇÃO GEOELÉTRICA

CLIENTE: FRIGORÍFICO ÁGUA BOA

LOCAL: FAZENDA

| 10               | 9 | 8 | 7     | ZONA FAVORÁVEL<br>6 | ↑ 5   | 4     | 3     | 2    | 1 |
|------------------|---|---|-------|---------------------|-------|-------|-------|------|---|
| Profundidade m   |   |   |       |                     |       |       |       |      |   |
| Espaçamento 20 m |   |   |       |                     |       |       |       |      |   |
| 20               |   |   |       |                     | *432  | *752  | *1504 | *410 |   |
| 30               |   |   |       |                     | *1252 | *2411 | *2572 | *821 |   |
| 40               |   |   |       | *1559               | *1028 | *2165 | *1548 |      |   |
| 50               |   |   | *1937 | *538                | *692  | *1627 |       |      |   |
| 60               |   |   | *1883 | *697                | *1659 |       |       |      |   |

|       |                               |                   |
|-------|-------------------------------|-------------------|
| GEOSF | CLIENTE: FRIGORÍFICO ÁGUA BOA | ESCALA: Indicada  |
|       | LOCAL: FAZENDA                | DATA: Setembro/97 |
|       | Seção: Geométrica             | FIGURA: 03        |
|       | Resistividade: Ohm.m          | OBRA: GEOSF25/97  |

Figura 4 - Seção geométrica da Fazenda.