

GEODECON – Geologia e Geofísica Ltda.

MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ S.A.

**CENTRO HÍPICO – ALMIRANTE TAMANDARÉ**  
**LEVANTAMENTOS GEOFÍSICOS**

CURITIBA, maio de 2005

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	pg 1
<b>2. DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS UTILIZADOS</b>	pg 7
<b>2.1 Magnetometria</b>	pg 7
<b>2.2 Eletrorresistividade</b>	pg 10
<b>3. RESULTADOS</b>	pg 15
<b>3.1 Magnetometria</b>	pg 15
<b>3.2 Eletrorresistividade</b>	pg 22
<b>3.2.1 Modelagem numérica 2D e representação pseudo-3D da Área I</b>	pg 25
<b>3.2.2 Modelagem numérica 2D e representação Pseudo-3D da Área II</b>	pg 37
<b>4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	pg 45

## ANEXOS

**ANEXO I :** Mapas Base

**ANEXO II:** Pseudo-seções de Resistividade Aparente

**ANEXO III:** Resultados da Inversão 2D de Resistividade

**ANEXO IV:** Seções Modelo de Resistividade

**ANEXO V :** Área I Depth – slices de Resistividade

**ANEXO VI:** Área II Depth – slices de Resistividade

**MINEROPAR - MINERAIS DO PARANÁ S.A.**

**CENTRO HÍPICO – ALMIRANTE TAMANDARÉ  
LEVANTAMENTOS GEOFÍSICOS**

**1. INTRODUÇÃO**

Conforme contrato celebrado com a MINEROPAR - Minerais do Paraná S.A., a GEODECON Geologia e Geofísica Ltda. executou levantamentos geofísicos em área denominada Centro Hípico, no município de Almirante Tamandaré, estado do Paraná, cujos resultados são aqui relatados. O objetivo principal dos ensaios geofísicos foi dar suporte, através de investigação da subsuperfície, a estudos de uso e ocupação do solo, sendo conduzidos pela Mineropar. A maior preocupação geotécnica e ambiental diz respeito ao carste, com seus possíveis vazios causados por dissolução das rochas calcárias (termo geral utilizado neste relatório para as rochas calcíticas e dolomíticas metamorfizadas) que ocorrem na região.

O métodos geofísicos de eletrorresistividade e magnetometria foram selecionados para o estudo. O primeiro, faz parte da família de métodos elétricos ou geoeletricos, que freqüentemente recebe o nome do parâmetro que investiga, eletrorresistividade ou resistividade elétrica. O segundo, na técnica do campo total utilizada, mapeia a variação na intensidade magnética, que reflete diretamente a variação na suscetibilidade magnética das rochas.

A resistividade elétrica, termo simplificado a partir daqui por resistividade, é muito sensível ao conteúdo em água no solo e rocha. Este conteúdo por sua vez reflete porosidade ou espaços preenchidos pela água. A água com íons dissolvidos representa um caminho fácil para a corrente elétrica se propagar. Sua presença então se reflete como queda na resistividade. Daí a escolha deste método de investigação para o presente estudo. A rocha sã, sem fraturamento, sem alteração, sem dissolução, tem pouco espaço vazio para a água preencher. E mesmo a pequena quantidade de água que possa conter não permite que os íons viajem por

distâncias que caracterizem uma real condução elétrica, porque não existe permeabilidade, os espaços estão isolados uns dos outros.

Justifica-se assim a escolha de um método que mapeia a variação da resistividade no presente estudo, visando em primeiro lugar determinar zonas de possível dissolução nas rochas calcárias e, secundariamente, auxiliar na determinação da espessura de coberturas sedimentares (solo e regolito) e, dependendo de aferição geológica, diferenciar rochas calcárias de filitos e diques de rochas básicas que também ocorrem na região.

A maior dificuldade na análise da distribuição da resistividade para os objetivos do presente estudo reside no fato que, tanto a cobertura sedimentar como as zonas de dissolução e vazios do carste, quando se encontram acima do nível d'água (NA), na zona aerada, apresentam alta resistividade, pela óbvia falta de água para conduzir a corrente elétrica. Isto naturalmente dificulta a separação entre a cobertura e a rocha em profundidade, que também pode ser resistente. Por outro lado um solo argiloso pode reter suficiente quantidade de água para mostrar-se condutor mesmo acima do NA. Apesar destas dificuldades, os resultados do levantamento de resistividade apresentam contribuição significativa ao estudo do uso e ocupação do solo no Centro Hípico de Almirante Tamandaré.

Quanto à magnetometria, a única dificuldade significativa que o método encontra na área de estudo é a presença de linhas de transmissão de energia elétrica, cujo campo magnético interfere com o de interesse ao mapeamento dos diques de rochas básicas. Livre deste ruído, o mapeamento de diques de rochas básicas em meio às rochas calcárias através da magnetometria é das aplicações mais simples e bem sucedidas da geofísica. Os diques esperados na área de levantamento foram bem caracterizados, apesar da existência de linhas de transmissão de energia elétrica, porque buscaram-se perfis alternativos quando os programados iam de encontro às mesmas.

Os levantamentos foram feitos em duas áreas denominadas Área I e Área II. Em ambas as áreas a malha foi regular, com espaçamento de 20m tanto entre linhas como entre estacas ao longo das linhas. Nas figuras 1.1 e 1.2 mostram-se os mapas base das duas áreas, que se encontram em escala 1:1000 no Anexo I. Estes mapas base foram fornecidos pela contratante Mineropar e incluem as linhas de

ensaio, a topografia, acessos e edificações. Foram ainda acrescentados a estes mapas os diques de rochas básicas (generalizadas por diabásio neste relatório), como mapeados pela magnetometria. Apenas para uma visão geral, a figura 1.3 mostra o conjunto dos levantamentos, incluindo as duas áreas e os dois perfis magnetométricos que cruzam da Área I para a Área II. No extremo norte da Área II mostram-se também os perfis magnetométricos que visaram mapear o dique que ali ocorre, uma vez que os dois perfis longos programados pela Mineropar deram de encontro a linhas de transmissão de energia elétrica.

Na figura 1.3, as malhas das duas áreas apresentam-se cobertas por imagens de distribuição de resistividade que serão discutidas adiante no relatório e os perfis magnetométricos são apresentados em tons de cinza, com cinza mais escuro para os valores de campo total acima do nível médio de referência e cinza claro para os valores abaixo deste nível. Como esperado, as anomalias causadas pelos diques são bipolares, com o baixo magnético para o lado sul e o alto magnético para o lado norte. A modelagem numérica indica que o pico do alto magnético fica muito próximo do limite norte dos diques. Para melhor definir os picos de máximo e mínimo, o espaçamento que na parte mais calma dos perfis foi de 20m, nos intervalos anômalos chegou a 2,5m.

A extensão linear levantada cumpriu os 10km para o caminhamento elétrico e 2,5km para a magnetometria conforme contrato.

O resistímetro utilizado foi o modelo TDC 1.000/24R2A, de fabricação Tectrol, com 1000 watts de potência, que possibilitou trabalhar com sinal suficiente para medidas confiáveis das diferenças de potencial que, associadas às medidas da corrente transmitida fornecem as bases para cálculo da resistividade elétrica, como se mostra no item 2 do relatório.

O magnetômetro de campo total (também chamado de precessão de prótons) utilizado foi o modelo GSM19, de fabricação GEM Systems, com sensibilidade de 0,01 nanoteslas. A base teórica dos métodos utilizados e procedimentos de campo são discutidos no item 2 adiante.

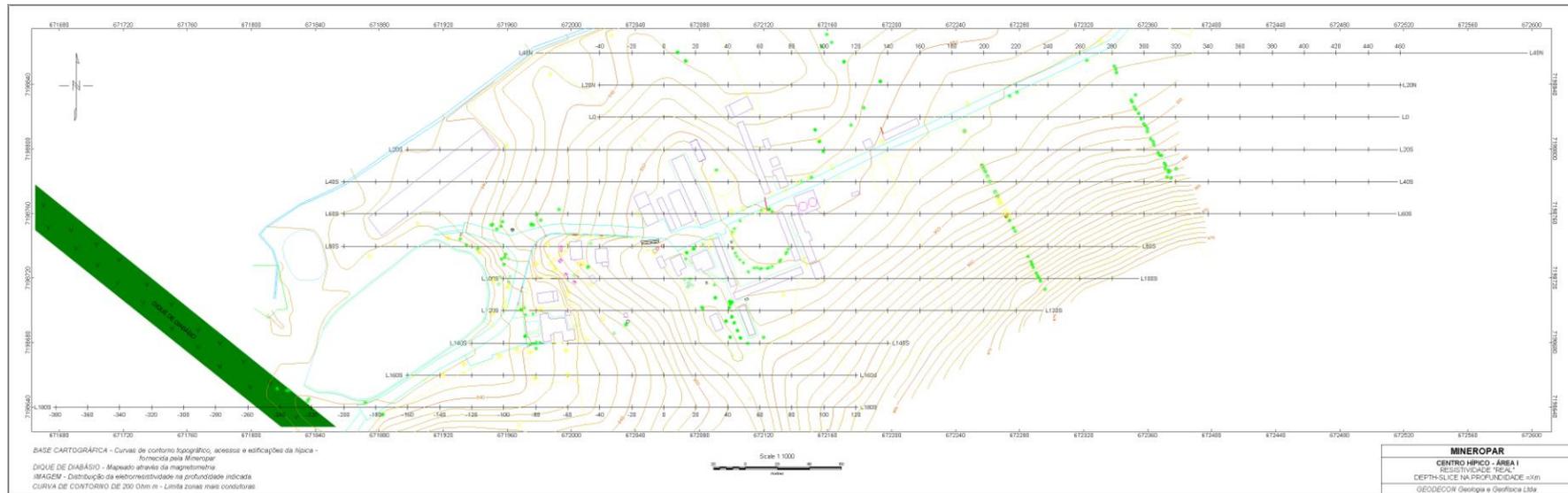


Figura 1.1: Ilustração do mapa base da Área I que é apresentado em escala 1:1000 no Anexo I.

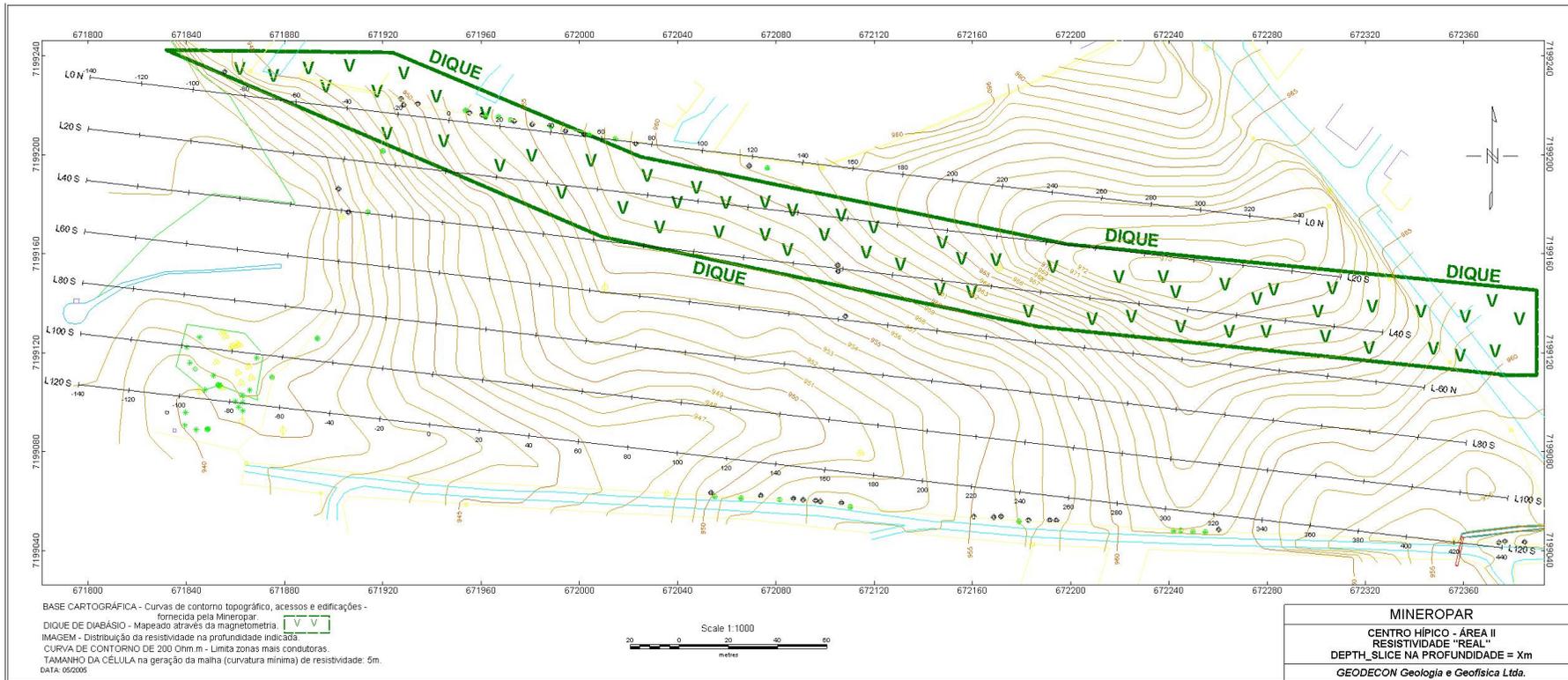
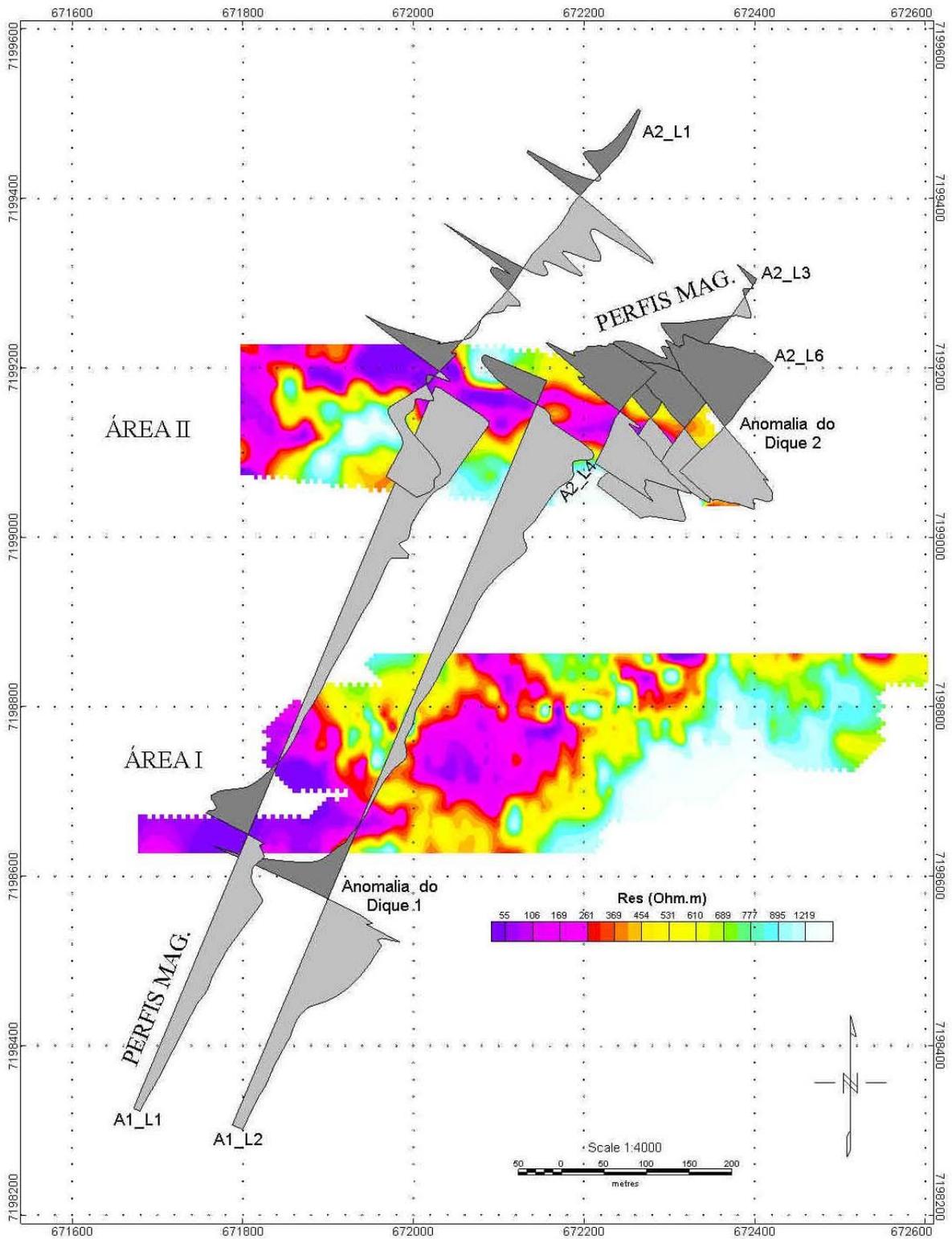


Figura 1.2: Ilustração do mapa base da Área II que é apresentado em escala 1:1000 no Anexo I.



**Figura 1.3:** Vista geral dos levantamentos geofísicos. As imagens que recobrem as Áreas I e II são referentes à distribuição da resistividade. Os perfis magnetométricos em tons de cinza têm como nível de referência o valor médio observado.

## 2. DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS UTILIZADOS

### 2.1 Magnetometria

A magnetometria se vale do poder de magnetização do campo magnético terrestre e da susceptibilidade magnética diferenciada dos materiais da Terra para auxiliar o mapeamento geológico-estrutural e a prospecção mineral. A resposta magnética das unidades geológicas e corpos de minério é função da presença de magnetita, óxidos de ferro-titânio como titano-magnetita e titano-hematita e do sulfeto de ferro pirrotita, que são minerais de alta susceptibilidade magnética.

Embora a prospecção magnética direta se limite ao minério de ferro, como os de magnetita ou formações ferríferas, a magnetometria é uma ferramenta importante para mapeamento diagnóstico de litologias e estruturas não aflorantes.

A susceptibilidade magnética ( $k$ ) é a medida do grau de magnetização ( $M$ ) que um material pode sofrer na presença de um campo magnético indutor ( $H$ ), segundo a relação

$$M = kH,$$

em que  $M$  e  $H$  são grandezas vetoriais. A magnetização  $M$  é em geral a soma vetorial das magnetizações induzida e remanescente, medida em Ampere/metro (A/m) ou Tesla (T). A susceptibilidade magnética  $k$  (Tabela 2.1) expressa a maior ou menor facilidade que um material tem de se imantar ou magnetizar. É uma quantidade adimensional, mas devido à diferença de definição, no sistema SI e no cgs, tem-se que  $k$  (SI) =  $4\pi k$  (cgs). Observe-se na Tabela 2.1 que o diabásio, que pode ser assumido como a rocha constituinte dos diques de rochas básicas detectados no presente estudo, tem  $k=55 \times 10^3$  (SI) enquanto que os calcários têm  $k=0,3 \times 10^3$  (SI) e os filitos têm  $k=1,5 \times 10^3$  (SI). Isto evidencia que o contraste de suscetibilidade entre os diques e suas encaixantes é muito forte, facilitando a detecção e mapeamento dos mesmos.

**Tabela 2.1 – Susceptibilidade magnética de rochas.**

Tipo de rocha	Susceptibilidade x 10 <sup>3</sup> (SI)	
	Faixa de variação	Média
<b>Sedimentares</b>		
Dolomito	0 - 0,9	0,1
Calcários	0 - 3	0,3
Arenitos	0 - 20	0,4
Folhelhos	0,01 - 15	0,6
Média de 48 exemplares	0 - 18	0,9
<b>Metamórficas</b>		
Anfibolito		0,7
Xisto	0,3 - 3	1,4
Filito		1,5
Gnaisse	0,1 - 25	
Quartzito		4
Serpentinito	3 - 17	
Ardósia	0 - 35	6
Média de 61 exemplares	0 - 70	4,2
<b>Ígneas</b>		
Granitos	0 - 50	2,5
Riolito	0,2 - 35	
Augita-sienito	30 - 40	
Olivina-diabásio		25
Diabásio	1 - 160	55
Pórfiros	0,3 - 200	60
Gabro	1 - 90	70
Basalto/Dolerito	0,2 - 175	70
Diorito	0,6 - 120	85
Piroxenito		125
Peridotito	90 - 120	150
Andesito		160
Média de ígneas ácidas	0 - 80	8
Média de ígneas básicas	0,5 - 97	25

O que se mede na prospecção, com instrumentos chamados magnetômetros, é alguma componente (horizontal ou vertical, ou ainda o campo total como escalar) da intensidade magnética total, que engloba:

- a. o campo magnético terrestre, de origem interna à Terra;
- b. um campo externo, produzido por correntes induzidas na ionosfera por mecanismo de dínamo (íons em movimento através do campo magnético terrestre) e atividades magnéticas originadas na magnetosfera, a exemplo das tempestades magnéticas e micropulsões magnéticas;

- c. um campo local, gerado pelos minerais e rochas magnetizadas, cuja magnetização pode ser devida ao campo magnético terrestre semelhante ao atual ou a um campo magnético existente no passado geológico (magnetismo remanescente), que pode ter sido inclusive de polaridade reversa com relação à atual, como atesta o paleomagnetismo;

As medidas magnéticas podem envolver:

- a. intensidade magnética total, como medida pelo magnetômetro de precessão de prótons utilizado no presente estudo;
- b. intensidade magnética direcional, como medida pelos magnetômetros Fluxgate;
- c. susceptibilidade magnética, medida in situ em afloramentos ou em amostras orientadas (ensaios de laboratório).

A unidade de medida da intensidade magnética utilizada na geofísica é o nanotesla (nT) que é igual à unidade gama ( $\gamma$ ) ainda muito utilizada apesar do esforço da sociedade científica para que seja utilizada a unidade nT condizente ao sistema SI.

Dependendo da precisão requerida num levantamento, as variações temporais rápidas do campo magnético externo, provenientes da ionosfera e magnetosfera, precisam ser registradas e corrigidas para que não distorçam ou mascarem as anomalias de interesse. Como as correntes ionosféricas são geradas pelo efeito ionizante do sol, elas geram uma variação magnética diurna, com intensidade máxima (algumas dezenas de nT) em torno do meio-dia, quando a ação ionizante dos raios ultravioleta do sol é mais intensa. Tempestades magnéticas geradas na magnetosfera podem ser muito intensas (perturbações magnéticas podem chegar a centenas de nT). Em períodos críticos de uma tempestade magnética, levantamentos magnetométricos podem ser impraticáveis. As variações temporais do campo magnético externo são corrigidas através do registro da curva de variação diurna em uma ou mais estações base, nas quais são feitas leituras periódicas ou registro contínuo no decorrer do dia.

Uma correção de caráter espacial que pode ser também necessária nos dados magnetométricos refere-se à morfologia do campo Magnético terrestre, com base no IGRF – “International Geomagnetic Reference Field”, que é previsível e

calculável. A remoção do IGRF se faz necessária se a área levantada é muito grande como em levantamentos aéreos regionais.

Devido ao caráter dipolar e direção espacialmente variável do campo magnético, a magnetometria envolve uma complexidade maior do que a gravimetria que faz uso de um campo monopolar e de direção vertical invariável. Enquanto um mapa gravimétrico se caracteriza por um relevo suave com domínio de respostas regionais, um mapa magnetométrico freqüentemente exhibe um relevo muito perturbado, evidenciando grande quantidade de anomalias locais.

Ambos os fatores intensidade e direção de magnetização precisam ser assumidos na interpretação de anomalias magnéticas. A intensidade controla a amplitude, enquanto a direção de  $M$  governa a forma da anomalia, que depende também da geometria e posição do corpo magnetizado. Na ausência de outras informações, assume-se que  $M$  é paralela ao campo magnético terrestre atual. Contudo, deve-se sempre admitir que uma magnetização remanescente pode estar presente e dar a ela oportunidade de ser testada na interpretação.

No presente estudo foi utilizado um magnetômetro que mede o campo total como escalar. O controle da variação diurna foi feito apenas na medida necessária para manter um nível de referência para perfis feitos em diferentes dias, porque as anomalias fornecidas pelos diques de rochas básicas na região são suficientemente fortes, para que a variação magnética diurna possa ser desconsiderada.

## **2.2 Eletroresistividade**

Condutividade elétrica diz respeito à facilidade (sua recíproca, resistividade, refere-se à dificuldade) com que a corrente se propaga num meio qualquer. A condução elétrica em sedimentos e rochas próximas à superfície é basicamente eletrolítica, ao longo de poros interconectados. Os íons que conduzem a corrente resultam da dissociação de sais na água. A salinidade das águas de percolação é dos fatores mais determinantes da condutividade elétrica de uma rocha ou sedimento.

Quanto maior a porosidade, maior a quantidade de água que pode percolar o meio e maior a quantidade de íons livres para se movimentar na água que preenche os poros.

A textura da rocha ou sedimentos é um forte condicionante da resistividade elétrica do meio. Um arenito bem selecionado (grãos de igual tamanho) apresenta maior volume de espaços vazios para percolação pelo eletrólito de formação e conseqüentemente, menor resistividade. Um arenito mal selecionado apresenta menor porosidade e conseqüentemente maior resistividade.

Um fator importante para a prospecção geoeletrica é o efeito dos minerais de argila sobre a eletrorresistividade. As partículas de argila constituem um caminho adicional de condução de corrente elétrica, além do caminho pelo eletrólito. A resistência deste caminho adicional é muito baixa. A razão para esta alta condutividade está na dupla camada de cátions dos minerais de argila. Uma das camadas catiônicas, adjacente à superfície do mineral, é *fixa*; a outra, *camada difusa*, apresenta um decréscimo exponencial de densidade com a distância a partir da camada fixa. A camada difusa de cátions, ao contrário da fixa, é livre para se movimentar sob a influência de um campo elétrico. A adição dos cátions da camada difusa à concentração iônica normal, aumenta a densidade global dos transportadores de carga. O resultado final é um aumento na condutividade do meio. Este efeito dos minerais de argila é muito significativo, devido à grande capacidade de troca iônica destes minerais.

Mesmo em áreas não sedimentares, a condutividade dos sedimentos é importante ao menos para caracterizar a cobertura sobreposta às rochas cristalinas que constituem o embasamento. O nome embasamento refere-se tanto ao uso geológico, para caracterizar um substrato mais antigo, como ao uso geofísico, para caracterizar o embasamento geoeletrico, eletricamente contrastante e muito espesso com relação às camadas sobrepostas. Nem sempre o embasamento geológico para um determinado problema prospectivo coincide com o embasamento geoeletrico. Anomalias de condutividade (estruturas condutoras) podem ocorrer em rochas não permeáveis como rochas graníticas e calcárias, devido a zonas de fraturamento por onde a percolação se torna possível, ou em conseqüência de dissolução nas rochas calcárias. Tais estruturas podem se caracterizar em

problemas para a engenharia e meio ambiente ou podem se constituir em aquíferos importantes para captação de águas subterrâneas, ou ainda são alvos de interesse à prospecção mineral.

### O parâmetro resistividade elétrica

Os métodos de eletrorresistividade medem uma impedância, cuja interpretação permite avaliar a distribuição da resistividade elétrica no subsolo e conseqüentemente, a geologia de subsuperfície. Uma corrente é injetada no solo entre dois eletrodos e a voltagem é medida entre dois outros eletrodos. A razão entre a voltagem medida e a corrente transmitida é entendida como a impedância da porção da terra através da qual a corrente se propaga.

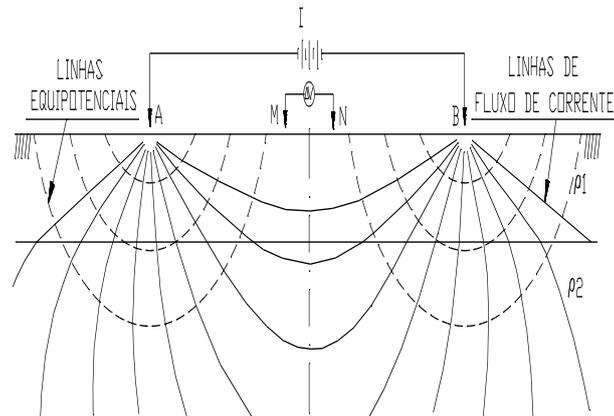
Na determinação da resistividade de um semi-espaço são necessários dois eletrodos para transmitir a corrente para a terra e dois eletrodos para medir uma diferença de potencial; por um dos eletrodos de corrente (A ou B na fig. 2.2.1) a corrente entra e pelo outro sai da terra, fechando circuito. M e N (fig. 2.2.1) são os eletrodos de potencial, entre os quais se mede uma diferença de potencial  $\Delta V$ , que pode ser expressa como:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[ \frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} + \frac{1}{r_{BN}} - \frac{1}{r_{AN}} \right],$$

em que  $r_{AM}$  é a distância entre A e M,  $r_{BM}$  é a distância entre B e M e  $r_{BN}$ ,  $r_{AN}$  são as distâncias entre o eletrodo de potencial N e os eletrodos de corrente B e A respectivamente. A resistividade do semi-espaço homogêneo e isotrópico é então dada por:

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \cdot K,$$

$I$  sendo a corrente,  $\Delta V$  a diferença de potencial medida, e  $K$  o fator geométrico, que depende do arranjo específico de eletrodos.



**Figura 2.2.1:** Arranjo de 4 eletrodos ilustrando a medida de  $I$  e  $\Delta V$ .

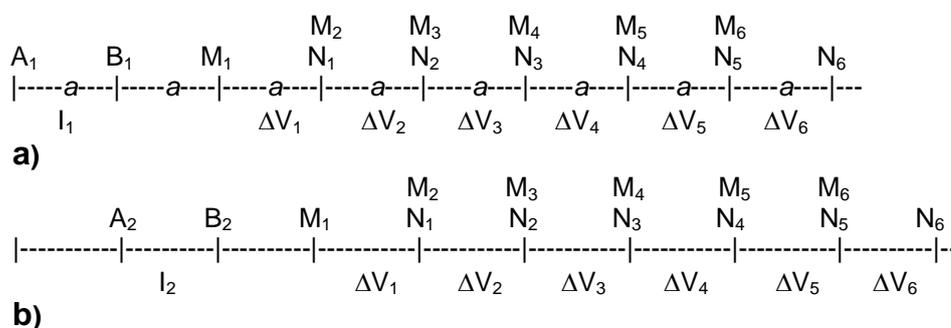
Na superfície da terra heterogênea e anisotrópica, no lugar de uma resistividade real do semi-espaço, mede-se uma *resistividade aparente* dada por

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} \cdot K.$$

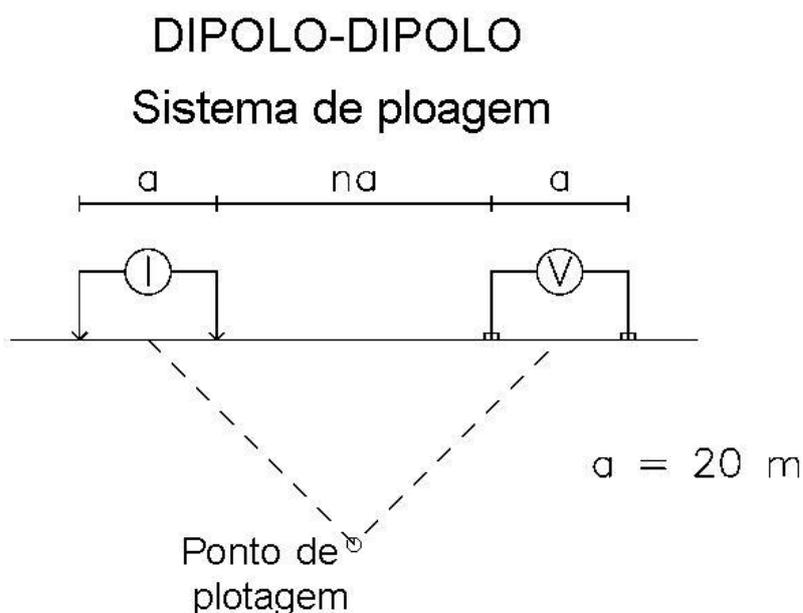
Para as técnicas ou arranjos eletródicos usuais, existe teoria bem desenvolvida para interpretar esta impedância medida e estimar o modelo geoeétrico que a produz. Contudo, a interpretação tem um certo grau de ambigüidade. É necessário incorporar um mínimo de informações geológicas ao processo de interpretação para que o modelo interpretado seja consistente com o modelo geoeétrico real.

No presente estudo, o arranjo de eletrodos utilizado foi o dipolo-dipolo, na técnica denominada caminhamento elétrico. Este nome decorre do fato que o arranjo caminha (desloca-se) sobre linhas demarcadas no campo, gerando seções de resistividade, que combinam a investigação de variações laterais e verticais ao longo das linhas ensaiadas. Na figura 2.2.2 ilustra-se em **a)** uma posição inicial dos eletrodos de corrente para a qual são medidas diferenças de potencial  $\Delta V_1$  a  $\Delta V_6$  em 6 pares de eletrodos de potencial afastados de  $n=1$  a  $n=6$  vezes o espaçamento “ $a$ ” e em **b)** a posição subsequente dos eletrodos de corrente e de potencial, para a qual são novamente lidas as diferenças de potencial entre 6 pares de eletrodos de potencial. O arranjo progride assim sucessivamente até cobrir a linha de

levantamento. Na figura 2.2.3 mostra-se o sistema de plotagem do dipolo-dipolo para uma dada posição dos eletrodos. No presente estudo o espaçamento “a” entre eletrodos foi de 20m e foram medidos 6 níveis (profundidades) de investigação. O sexto nível é sensível, de forma segura, a variações até uma profundidade de  $(1,7 \times a)$  que, no caso, resulta em  $(1,7 \times 20\text{m})$  cerca de 34m.



**Figura 2.2.2:** Arranjo eletrônico dipolo-dipolo; a) e b), duas posições consecutivas do arranjo que andou da posição (a) para (b).



**Figura 2.2.3:** Sistema de plotagem da medida de resistividade aparente nas pseudo-seções obtidas com arranjo dipolo-dipolo.

Apesar de a sensibilidade do dipolo-dipolo com 6 níveis e 20m de espaçamento chegar com segurança até a profundidade de 34m, foi selecionada a opção de estender a profundidade até 42m no programa de inversão utilizado para determinar o modelo 2D de resistividade (“seção real”). É importante ter isto em mente, para não supervalorizar informação contida em profundidade maior que 34m nas seções modelo.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Magnetometria**

Os dados magnetométricos são apresentados apenas na forma de perfis, uma vez que não houve amostragem suficiente para justificar o tratamento em mapas de curvas de contorno e imagens. Mas os perfis são apresentados na escala de mapa e assim também os diques modelados a partir das anomalias detectadas. Como fica evidente na análise da figura 1.3, apenas os dois diques esperados nas Áreas I e II foram detectados. O que ocorre na Área I foi denominado Dique 1 e o que ocorre na Área II foi denominado Dique 2.

O Dique 2, que ocorre no extremo norte da Área II, precisou ser investigado por vários perfis alternativos, para contornar o problema de ruído provocado por linhas de transmissão de energia elétrica, uma vez que daí para norte intensifica-se a urbanização. Também na proximidade do Dique 1 ocorre linha de transmissão, mas ainda assim foi possível modelar este dique a partir das anomalias detectadas nos dois perfis ali executados.

As figuras 3.1.1 e 3.1.2 mostram os resultados da modelagem numérica das anomalias provocadas pelo Dique 1, que tem direção N50W. Nestas figuras, o perfil observado é mostrado em traço contínuo, enquanto que o calculado a partir do modelo que se vê na base da figura é apresentado em símbolos (pequenos quadrados vazios). Na linha L1 (A1\_L1 na fig. 1.3), o modelo tem os seguintes parâmetros:

- Posição central: distância de 350m a partir do início sul da linha, que se traduz nas coordenadas UTM: 671.757,9 E e 7.198.607,1 N;

- Profundidade ao topo do dique: 22,4 metros;
- Espessura: 18,6 metros;
- Mergulho: 108<sup>0</sup> Sul.

Na linha L2 (A1\_L2 na fig. 1.3), o modelo do Dique 1 tem os seguintes parâmetros:

- Posição central: 314m a partir do início sul da linha, que se traduz nas coordenadas UTM: 671.851,9 E e 7.198.531,8 N;
- Profundidade ao topo do dique: 9,8 metros;
- Espessura: 20,0 metros;
- Mergulho: 109<sup>0</sup> Sul.

Deve-se atentar para o fato que o mergulho é mal resolvido na magnetometria e que existe sempre a possibilidade de uma magnetização remanescente desconhecida estar prejudicando sua estimativa. Por isto, apesar da determinação de um mergulho de 108-109 graus pela inversão 2D, deve-se entender, com mais cautela, que o mergulho mostra apenas tendência para sul. A espessura ficou em torno de 20 metros, mas se fixamos 90<sup>0</sup> para o mergulho, em detrimento de um certo desajuste entre os dados observados e os calculados, a espessura se aproxima de 30 metros. Se houver necessidade de conhecer com precisão a espessura, furos de investigação deverão checar a posição das bordas do dique. A profundidade ao topo é de cerca de 10 metros na L2, onde o dique modela o terreno, conservando-o elevado e é de 22 metros na baixada, na L1, onde o dique não tem expressão no terreno, tendo sido arrasado, com desenvolvimento de espesso manto de intemperismo.

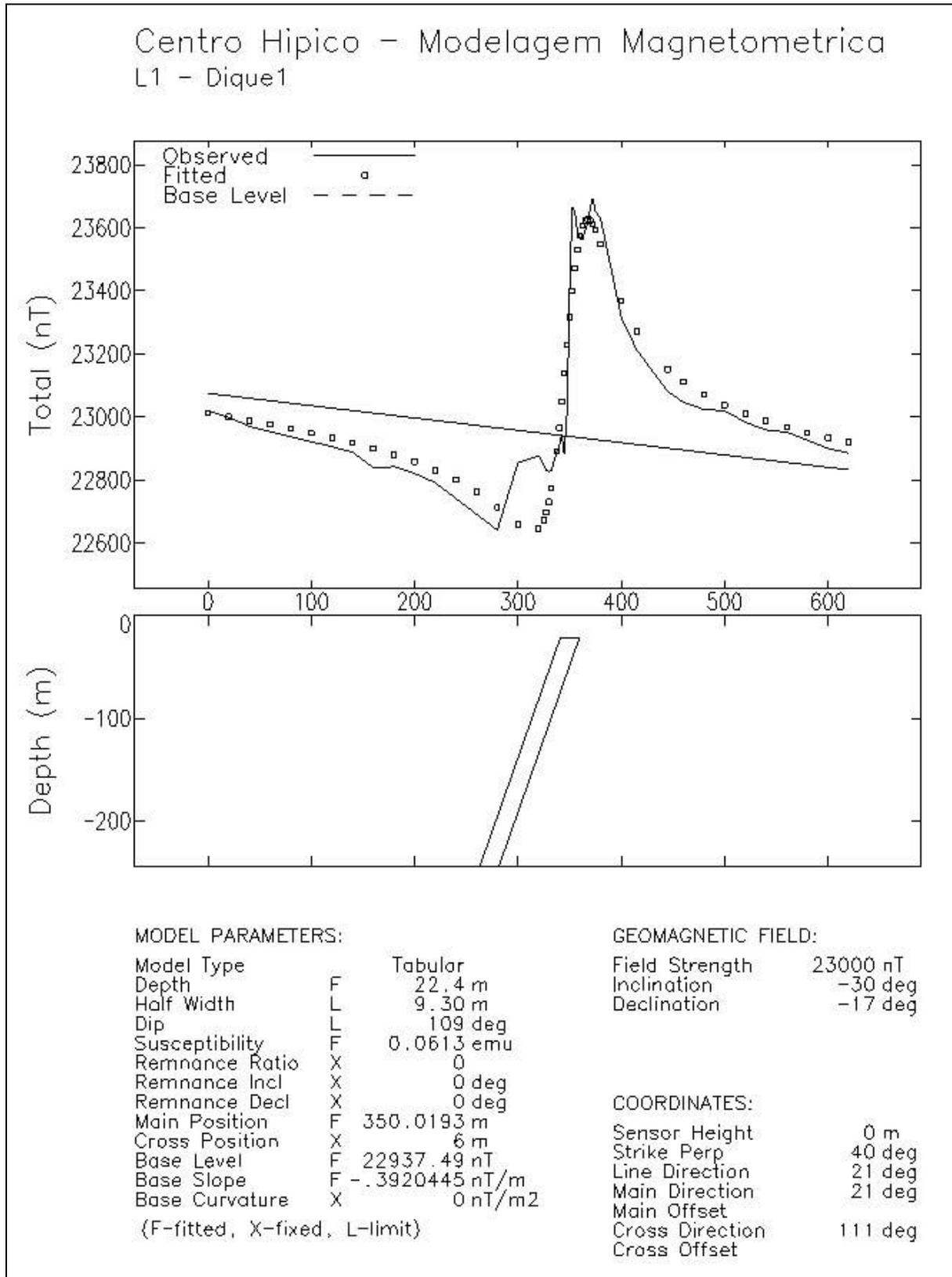
Nas figuras 3.3 e 3.4 mostram-se resultados da modelagem numérica para o Dique 2, que corta a Área II com direção N80W no intervalo investigado. Sua modelagem foi feita em 2 linhas escolhidas como as menos afetadas por ruídos, dentre as várias linhas alternativas que foram levantadas procurando evitar as linhas de transmissão de energia. Note-se que estas linhas não foram materializadas sobre o terreno. São identificadas apenas por coordenadas UTM obtidas através de GPS, no sistema SAD69, que concorda com o sistema de projeção adotado pelo projeto. O modelo do Dique 2 tem os parâmetros listados na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1:** Parâmetros do modelo do Dique 2

Parâmetros do Modelo	Linha	
	L4	L6
Posição Central UTM-E	672.207,8	672.363,9
Posição Central UTM-N	7.199.146,6	7.199.129,6
Profundidade ao topo (m)	14,1	19,2
Espessura (m)	38,4	38,6
Mergulho (graus a partir da horizontal, no sentido horário)	107	110

Novamente deve-se lembrar que o mergulho tem resolução pobre e que é recomendável tratá-lo como apenas uma tendência para sul. A espessura determinada mantém coerência nas duas linhas, enquanto que a profundidade ao topo apresenta variação de 14 a 19 metros. Embora a cobertura de solo e rocha alterada possa ser assim variável, deve-se considerar que existe uma certa equivalência de modelos na modelagem magnetométrica envolvendo profundidade e intensidade de magnetização, de forma que é preferível tomar como estimativa da profundidade ao topo do dique um valor que está entre 14 e 19 metros.

Os dados de posição central, espessura e direção dos dois diques foram entrados no mapa base de cada uma das duas áreas, Dique 1 na Área I e Dique 2 na Área II, de forma que eles aparecem em todos os mapas de resistividade que são discutidos na seqüência do texto.



**Figura 3.1.1:** Modelo resultante da inversão 2D para o Dique 1, interceptado pela linha L1 (A1\_L1 na fig.1.3).

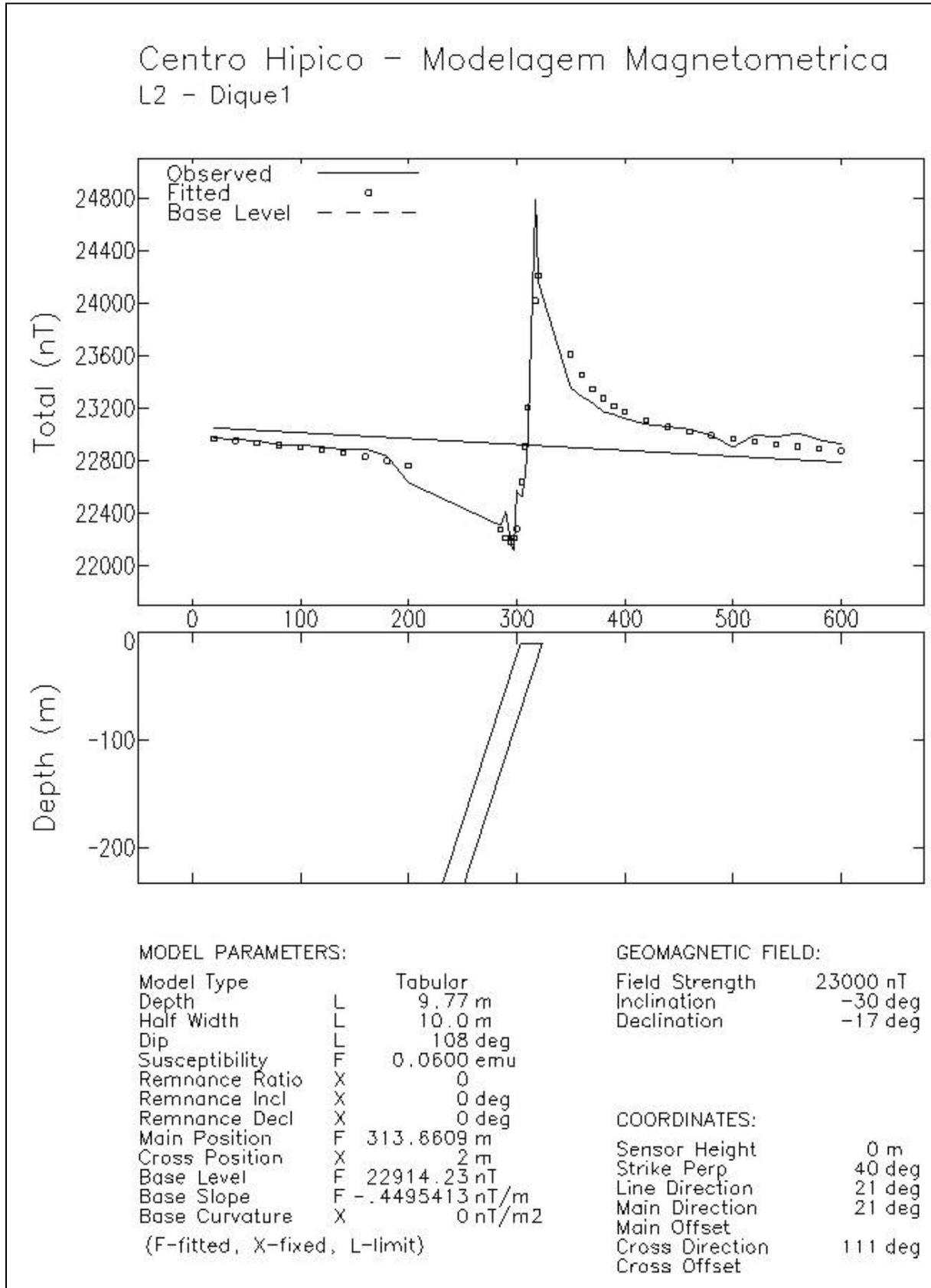
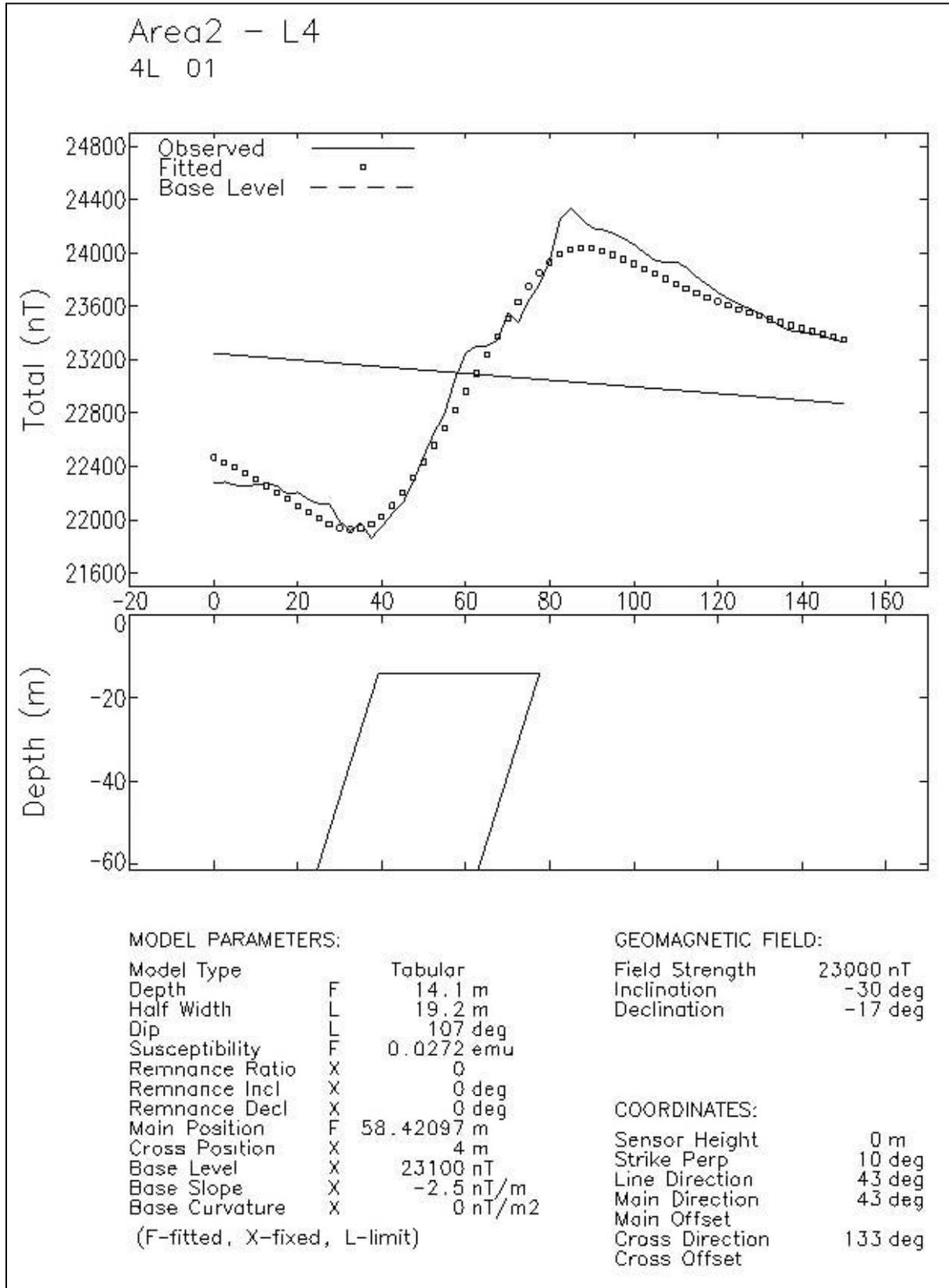


Figura 3.1.2: Modelo do Dique 1 na linha L2 (A1\_L2 na fig.1.3).



**Figura 3.1.3:** : Modelo resultante da inversão 2D para o Dique 2, interceptado pela linha L4 da Área II (A2\_L4 na fig.1.3).

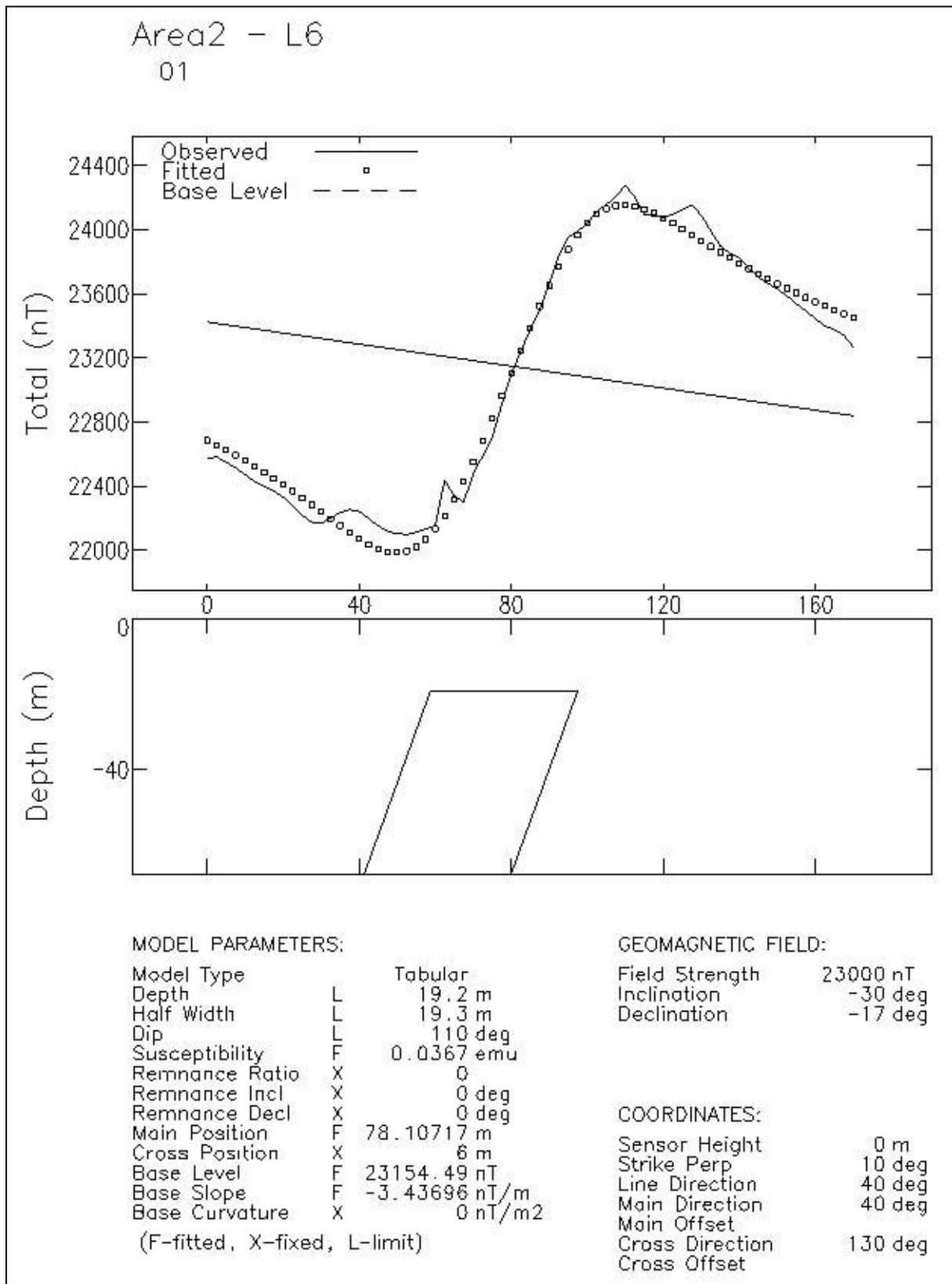
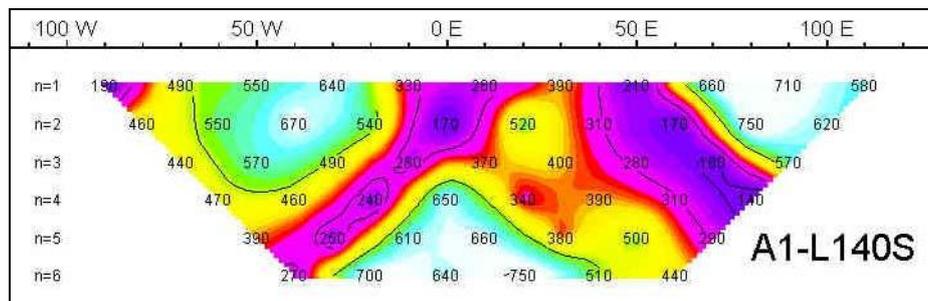


Figura 3.1.4: Modelo do Dique 2 na linha L6 da Área II (A2\_L6 na fig.1.3).

### 3.2 Eletrorresistividade

A partir das medidas da corrente transmitida nos eletrodos de corrente e da diferença de potencial elétrico recebida nos pares de eletrodos de potencial, conforme procedimento mostrado no item 2, foram calculados os valores de resistividade aparente do arranjo dipolo-dipolo. Estes valores foram inicialmente plotados em pseudo-seções de resistividade aparente, como se ilustra em detalhe na figura 3.2.1 e em quadros das seções justapostas nas figuras 3.2.2 e 3.2.3. As pseudo-seções embora contenham efeitos de eletrodos que podem ser de difícil interpretação, já revelam as variações laterais e verticais da resistividade, mas principalmente servem de um controle de qualidade. Para este controle ser mais efetivo é usual plotarem-se os valores medidos além do contorno em curvas e cores.

Os quadros de seções justapostas (figs. 3.2.2 - Área I e 3.2.3 - Área II) são apresentados em escala 1:2000 no Anexo II. Dada a sobreposição que ocorreria na plotagem real de mapa, a escala 1:2000 é observada apenas ao longo das linhas nestes quadros. Entre uma seção e outra o espaço é apenas o adequado para a separação de seções consecutivas.



**Figura 3.2.1:** Exemplo de pseudo-seção de resistividade aparente (Ohm.m).

O intérprete experiente observa a pseudo-seção da figura 3.2.1 e identifica em sua parte central os efeitos de eletrodos que são resposta de uma zona condutora localizada entre os dois eixos em tons vermelho-violeta que formam uma anomalia tipo “pernas de calça”. Mas como se mostra no próximo item, a interpretação é facilitada pela inversão que determina uma distribuição de resistividade mais próxima da real, capaz de reproduzir a pseudo-seção observada.

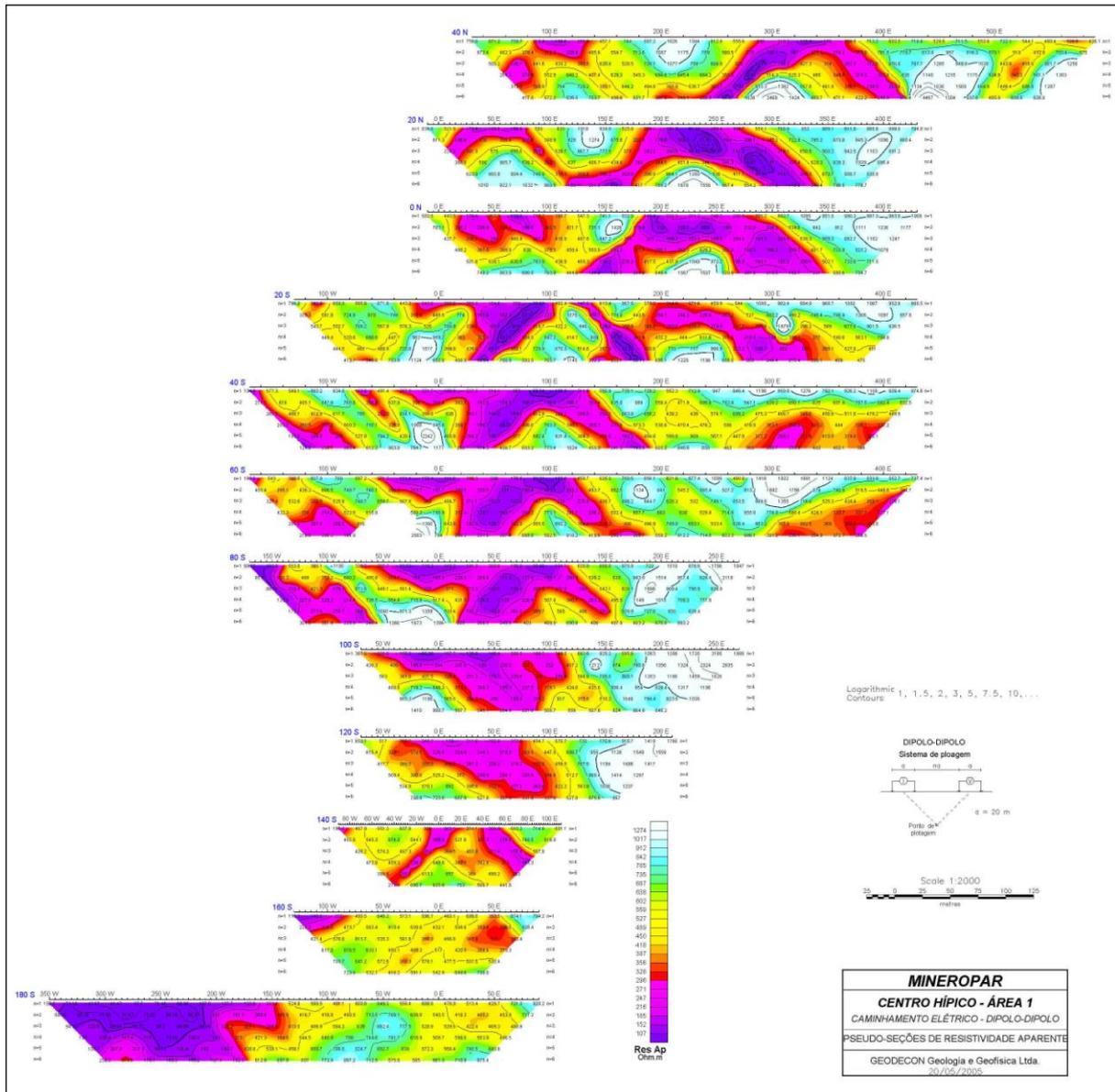


Figura 3.2.2: Área I – Pseudo-seções justapostas (quadro apresentado no Anexo II em escala 1:2000 ao longo das seções).

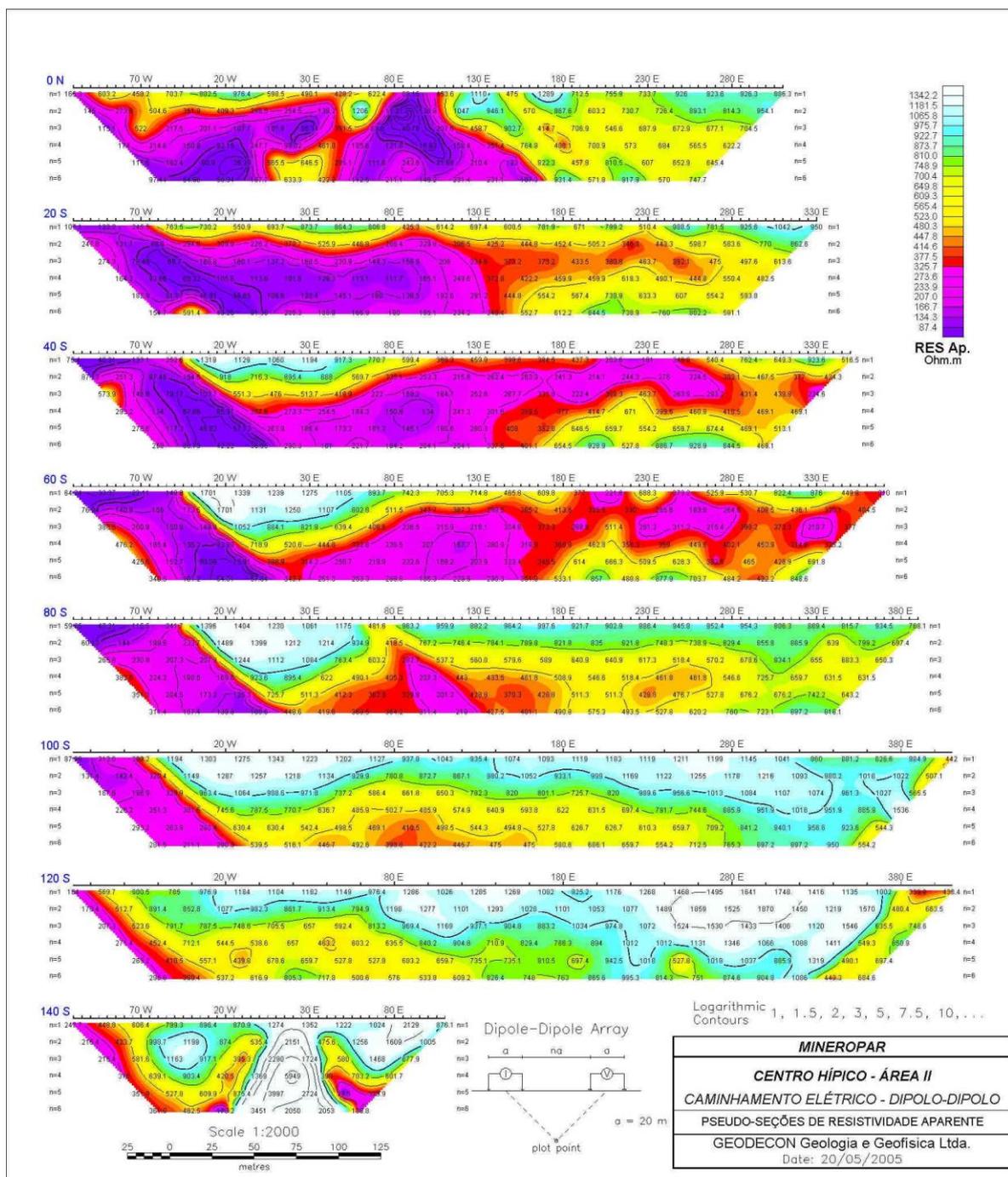


Figura 3.2.3: Área II - Pseudo-seções justapostas (quadro apresentado no Anexo II em escala 1:2000 ao longo das seções).

### 3.2.1 Modelagem numérica 2D e representação pseudo-3D da Área I

As pseudo-seções de resistividade aparente discutidas no ítem anterior foram invertidas para um modelo 2D de distribuição de resistividade. A partir de um modelo inicial, o processo de inversão busca iterativamente a distribuição teórica de resistividade que consegue reproduzir em termos físicos-matemáticos a pseudo-seção observada. Apesar de a solução do processo inverso não ser única, a seção modelo obtida se aproxima muito da situação real, a ponto de ser à vezes chamada de “seção real” de resistividade. O conhecimento do processo inverso, a experiência na interpretação e uso da informação geológica disponível contribuem muito para a obtenção de resultados confiáveis.

Os resultados da inversão são apresentados no Anexo III e exemplificados por exemplo nas figuras 3.2.4 a 3.2.6. Apresenta-se uma figura como estas para cada linha ensaiada com o dipolo-dipolo. No topo vê-se a pseudo-seção observada e no meio a pseudo-seção calculada a partir da seção modelo que se encontra na base da figura. Nas pseudo-seções tem-se a profundidade no eixo vertical, enquanto que na seção modelo tem-se a variação de altitude (cotas) conforme determinadas pelo levantamento topográfico contratado pela Mineropar. Pode-se observar ainda o erro RMS percentual que se refere ao erro quadrático médio entre as pseudo-seções observada e calculada. Em geral este erro foi satisfatório, mas uma certa edição dos dados durante as tentativas de inversão também é freqüente, resultando na eliminação de alguns valores de resistividade. Estes valores que precisam ser eliminados para facilitar à inversão chegar a um bom ajuste entre os dados calculados e observados não necessariamente refletem problema de medida, mas podem refletir dificuldade de ajuste de um modelo 2D a feições que resultam de distribuição 3D de resistividade. Exemplo evidente deste tipo de problema ocorre com a linha L140S da Área II a ser tratado adiante.

As 3 figuras que seguem (figs. 3.2.4 a 3.2.6) referem-se à linha L40 N da Área I. Sobre esta linha foram feitos testes iniciais para determinar o melhor espaçamento a ser utilizado. Para melhor julgamento, foi escolhida uma linha que passa sobre pequenas dolinas conhecidas (altura da estaca 40 – fig. 3.2.4), onde parece aflorar o nível d'água. Nota-se menor resolução na seção obtida com

espaçamento de 40m (fig. 3.2.5), perdendo-se parte do desenho da anomalia do extremo oeste e mal iniciando a do extremo leste. Contudo, a modelagem feita com a composição dos dois espaçamentos, 20 e 40m, que pode ser vista na figura 3.2.6, mostra que o espaçamento de 40m é interessante em termos de fechamento das zonas anômalas em profundidade. O projeto optou por ter uma maior resolução com o espaçamento de 20m, em detrimento de uma maior profundidade de investigação que poderia ser obtida com o espaçamento de 40m.

Em todas as plotagens (seções e mapas) procurou-se manter o limite da faixa do tom vermelho próximo de 200 Ohm.m, entendendo-se que em torno deste valor estaria a condição de saturação do solo e rocha quando porosa e permeável. Não há uma certeza neste nível, por isto deve-se considerar a condição de saturação em torno deste valor, que foi indicado com curva de contorno nas seções modelo que foram redesenhadas a partir dos resultados da inversão e são apresentadas justapostas, no Anexo IV. Procurou-se além disto manter um padrão de escala de cores, na medida que os softwares utilizados o permitem, para maior facilidade de comparação e análise. Nas seções modelo justapostas (Anexo IV), em escala 1:2000 ao longo das linhas, tem-se uma melhor resolução de imagem. Isto é exemplificado na figura 3.2.7 num detalhe que envolve as linhas L40N e L20N da Área I.

O quadro completo de seções modelo justapostas para a Área I é ilustrado na figura 3.2.8. Como visível no detalhe da figura 3.2.7, foram traçadas linhas em várias profundidades (3, 10, 17, 24, 33, e 42m). Em cada uma destas profundidades foram feitos mapas, cortes, que foram chamados “depth-slices”, preservando um termo muito comum no inglês técnico. Os mapas das várias profundidades e as seções modelo justapostas constituem representações que permitem visualização 3D. Contudo, como foram obtidas a partir de amostragem e modelagem 2D, elas são chamadas apenas pseudo-3D.

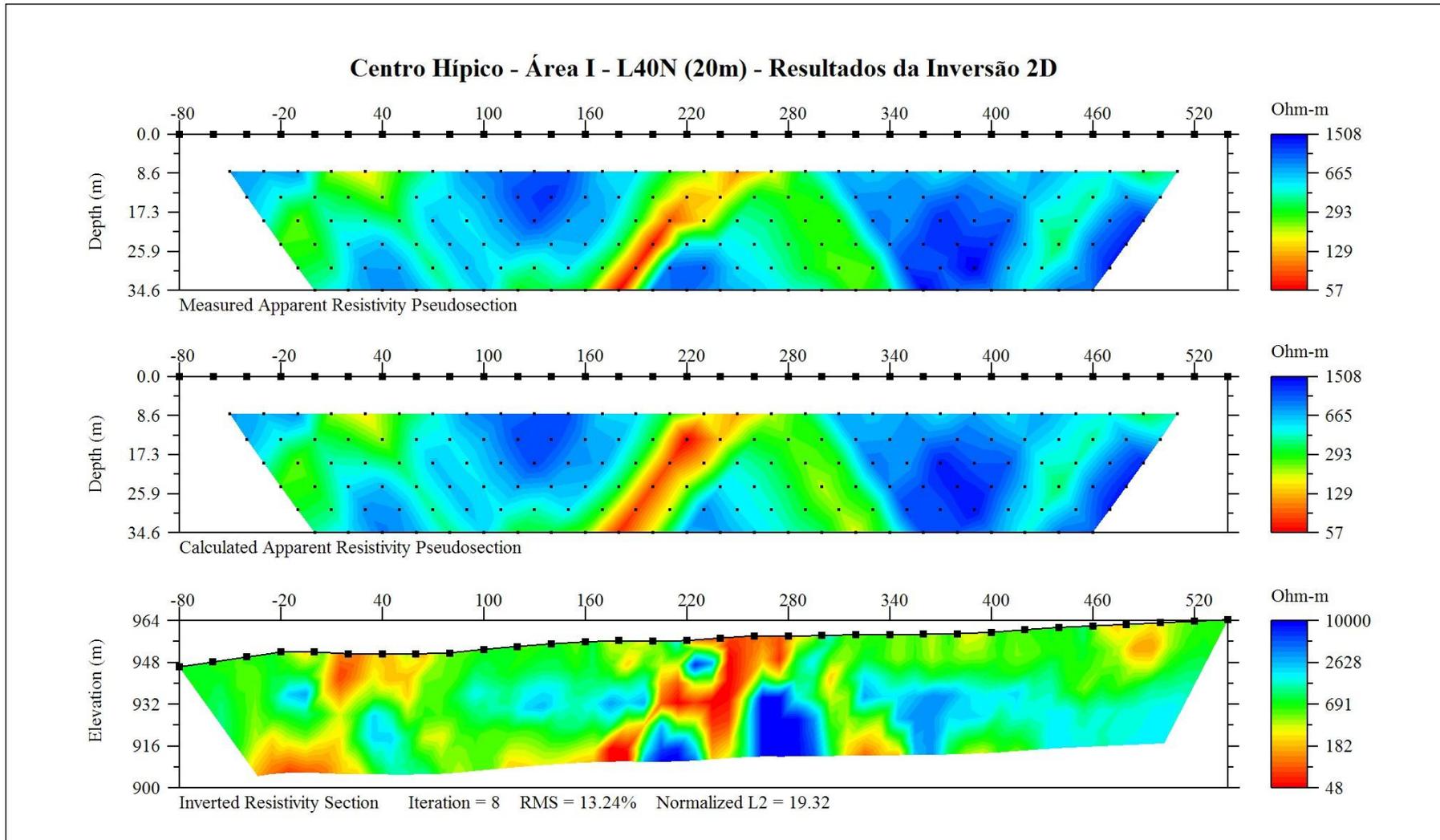
No quadro de seções modelo justapostas, notam-se faixas condutoras com direções aproximadamente N-S, cujas porções extremo norte podem ser vistas no detalhe da figura 3.2.7. Uma faixa fica entre as estacas 0 e 80 e a outra entre 180 e 280 nesta porção norte. Note-se que as estacas são denominadas com os símbolos E e W ou sinais positivo e negativo respectivamente para denotar Leste e Oeste.

Uma interpretação possível seria que fraturamento ao longo destas faixas tivessem propiciado a alteração e dissolução nas rochas calcárias. E, como se encontram em terreno arrasado de baixo topográfico, com o nível d'água raso, as faixas saturadas se manifestariam como condutoras, como indicado pelos tons vermelho-violeta ou roxo. Contudo, deve-se atentar para o fato que, no quadro de seções modelo justapostas, ao longo das linhas tem-se a escala 1:2000 mas entre linhas o espaçamento está muito exagerado, dando impressão de as faixas condutoras fazerem longos alinhamentos N-S. Quando se analisam os mapas de diferentes profundidades nota-se que aquela impressão é um tanto ilusória e que estas “faixas” na verdade são zonas condutoras.

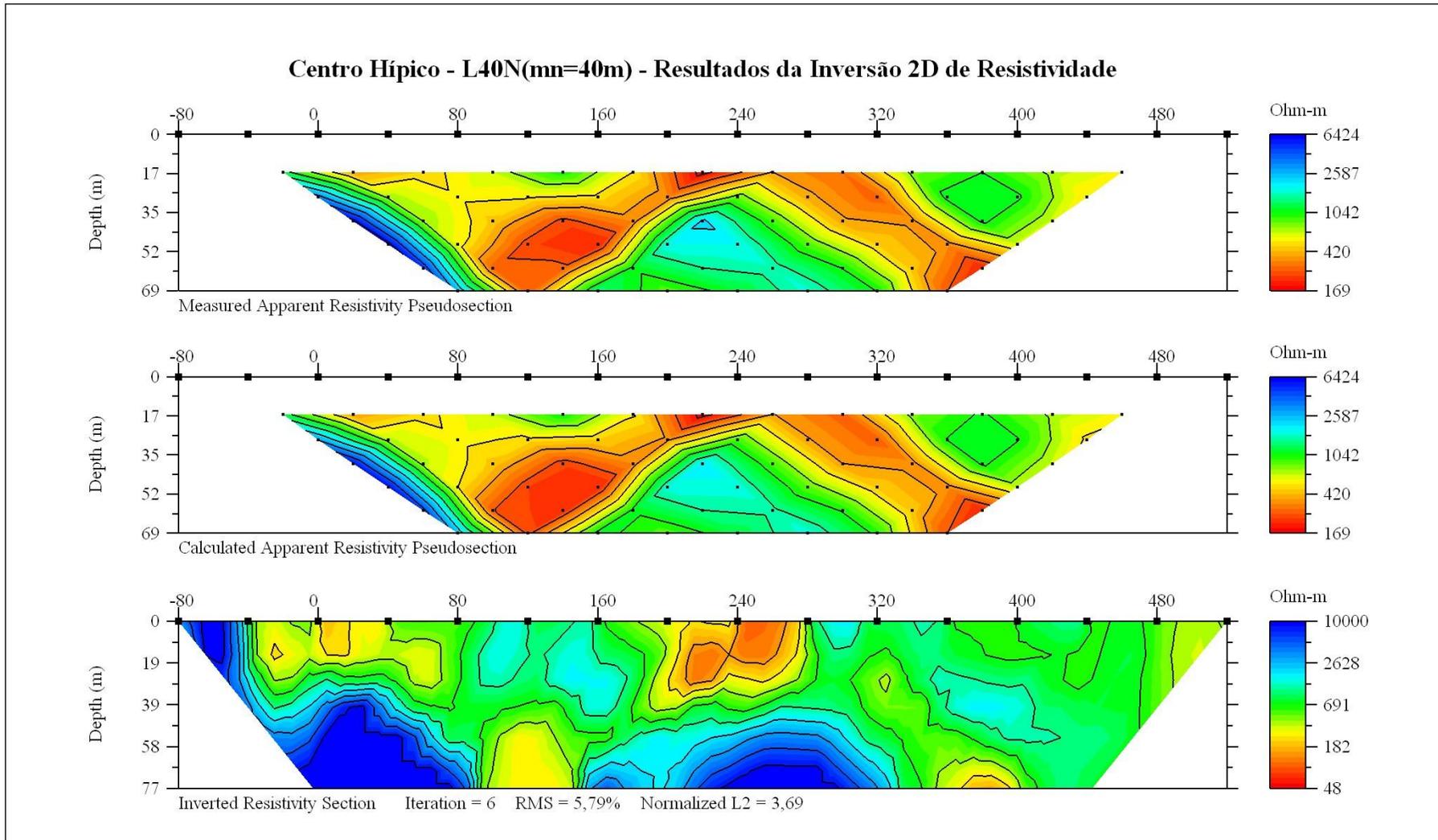
Nas figuras 3.2.9 e 3.2.10 ilustram-se os mapas de resistividade das profundidades 3m e 10m (fig. 3.2.9) e 17m e 24m (fig. 3.2.10) para a Área I. Eles são apresentados em escala 1:1000 no Anexo V. No mapa da profundidade de 17 metros nota-se uma possibilidade das duas faixas condutoras N-S ou NW-SE discutidas acima com base na análise das seções justapostas. De qualquer forma, as zonas condutoras refletem percolação por água. Se houve espaço para a água percolar, ele pode advir de simples porosidade dos solos e material de alteração do topo rochoso ou pode ser proveniente de dutos e cavidades nas rochas calcárias. Alguns locais de ocorrência das zonas condutoras mais pronunciadas como nas estacas 20 e 250 da linha L40N na Área I devem ser investigados com furos até a profundidade de preocupação geotécnica para o projeto. Nesta Área, as zonas de ocorrência das rochas calcárias encontram-se aparentemente nos baixos topográficos e dificilmente apresentariam vazios que não estivessem saturados. Por isto, o projeto pode preocupar-se principalmente com zonas condutoras. Locais como os apontados acima como sugestão para investigação direta na L40N, encontram-se em quase todas as linhas ensaiadas na Área I.

Para finalizar a análise dos resultados na Área I, deve-se mencionar que não se detectou uma manifestação clara de variação litológica, a não ser o dique de “diabásio” mapeado pela magnetometria como discutido no item 3.1 e visível nos mapas do Anexo V e as zonas de baixo topográfico ondulado (fig. 3.2.11), com resistividade mais baixa. Estas devem estar refletindo rochas calcárias com cobertura de solo e rocha alterada e eventualmente cavidades e dutos saturados. A

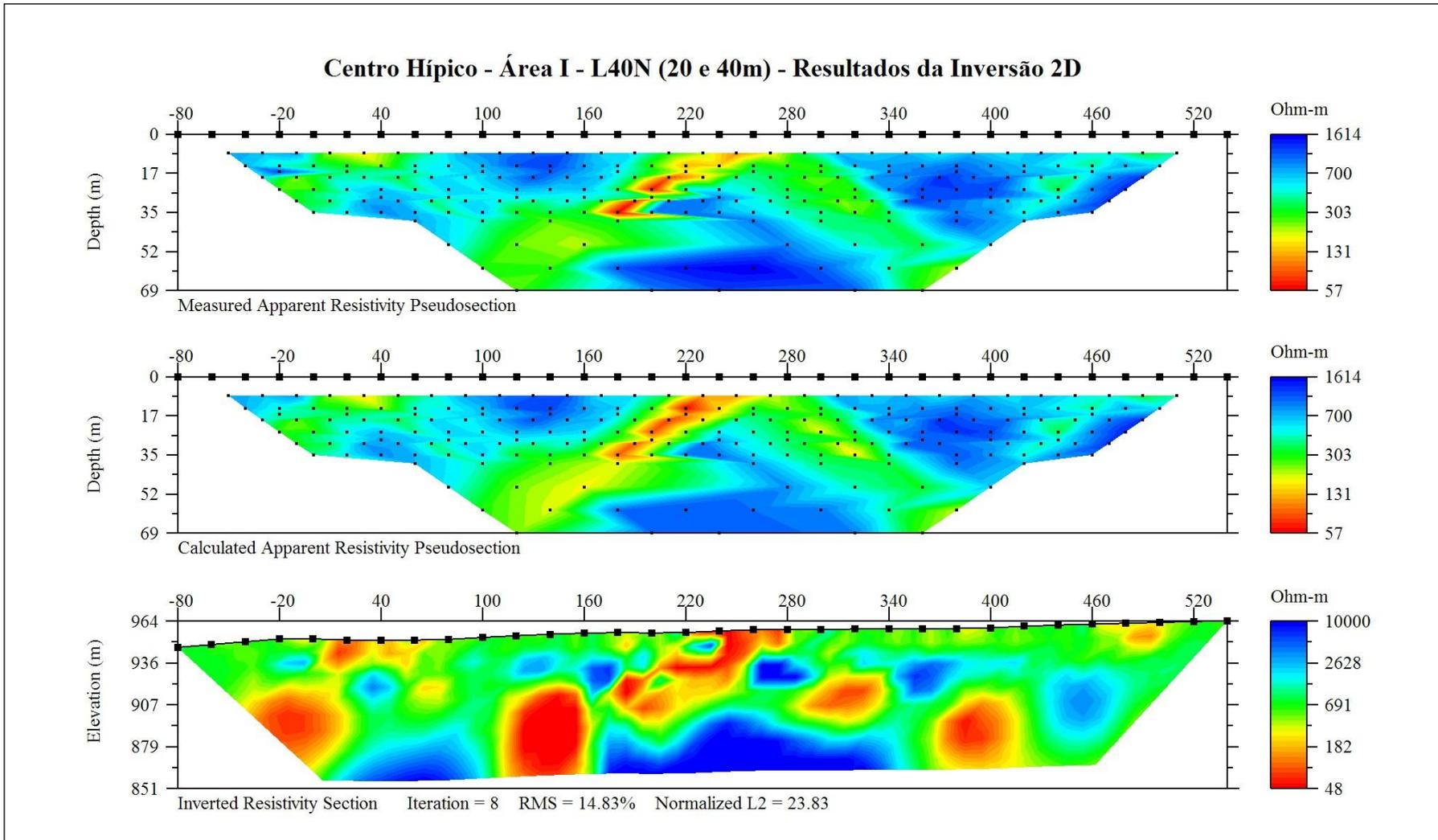
resistividade mais alta que ocorre nos altos topográficos tanto pode refletir rocha calcária sã, como filitos ou quartzitos. Nos altos topográficos pode ocorrer também que a cobertura aerada, que é resistente eletricamente, não permita que seja notada mudança de resistividade entre a cobertura e até mesmo vazios secos e a rocha sã. Aferições por furo em locais de alto topográfico podem definir a associação resistividade-litologia. A análise da figura 3.2.11, da vista 3D do relevo sobreposto pela resistividade em cores, sugere que, no máximo na meia encosta, dá-se o contato entre as rochas calcárias e os filitos e quartzitos que provavelmente sustentam o relevo mais pronunciado.



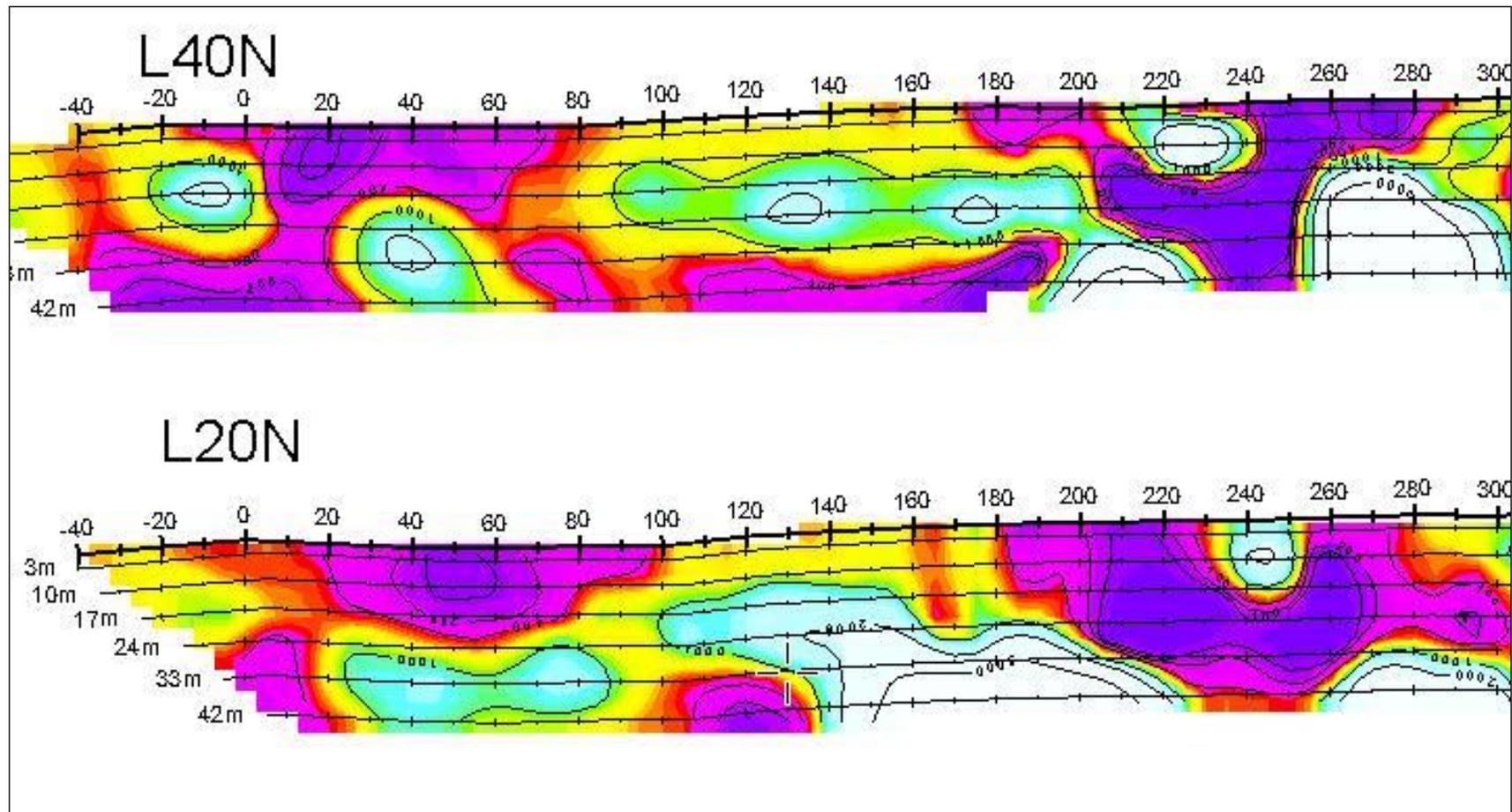
**Figura 3.2.4:** Exemplo de resultados da inversão 2D – L40N (espaçamento de 20m) – Área I.



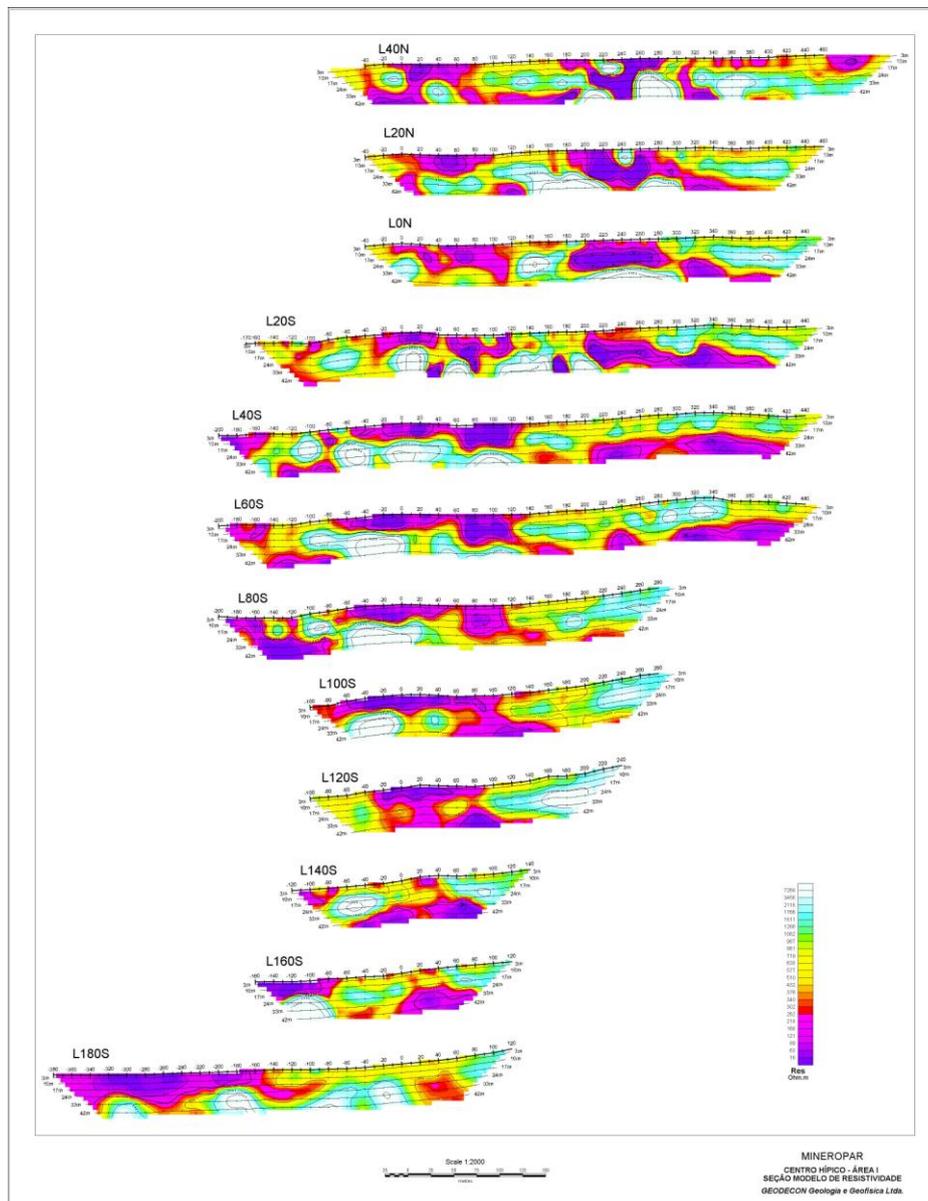
**Figura 3.2.5:** Resultados da Inversão 2D - Mesma linha L40N da fig, 3.2.4, levantada com espaçamento de 40m.



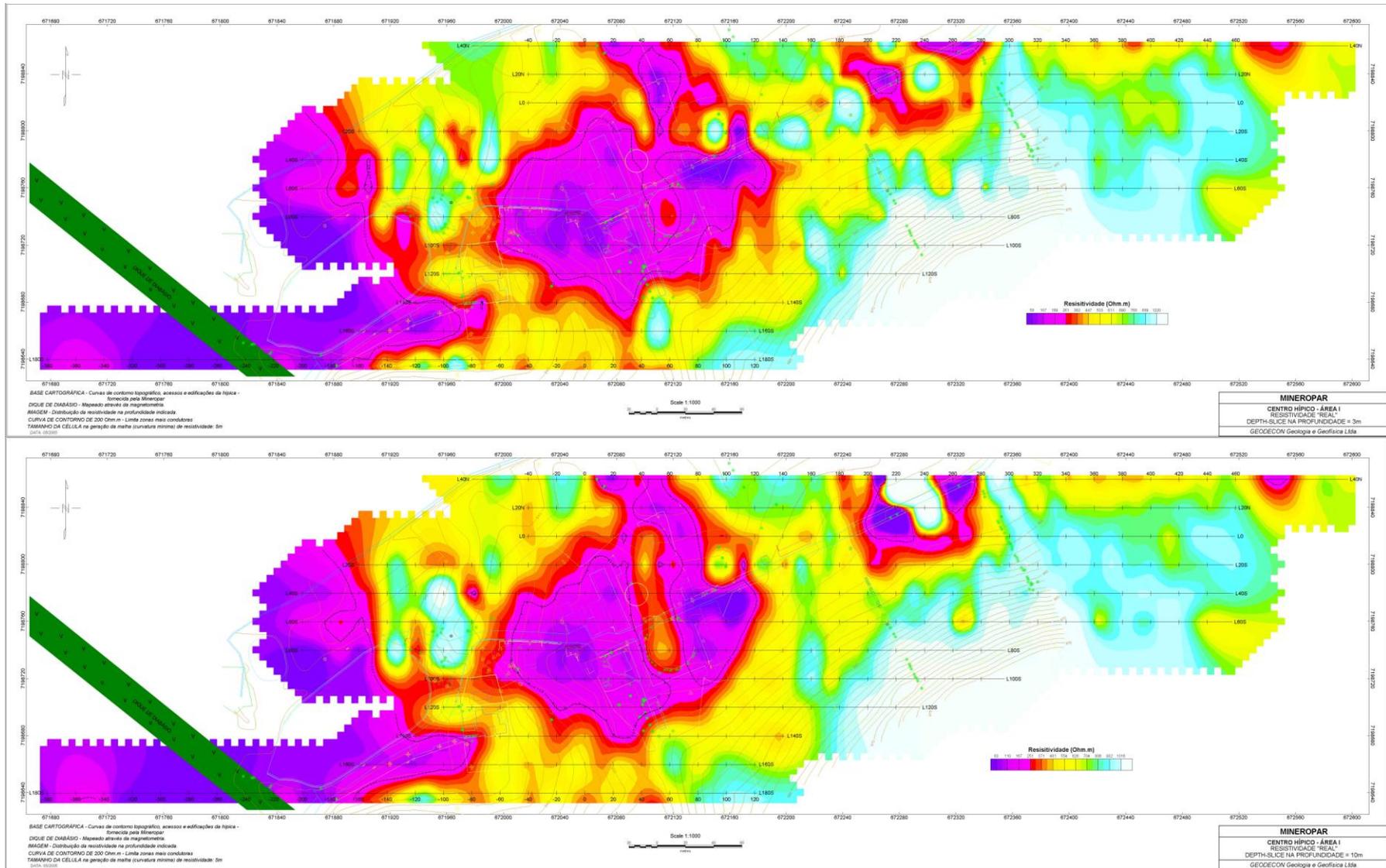
**Figura 3.2.6:** Resultados da Inversão 2D - Mesma linha L40N com ambos os espaçamentos de 20 e 40m.



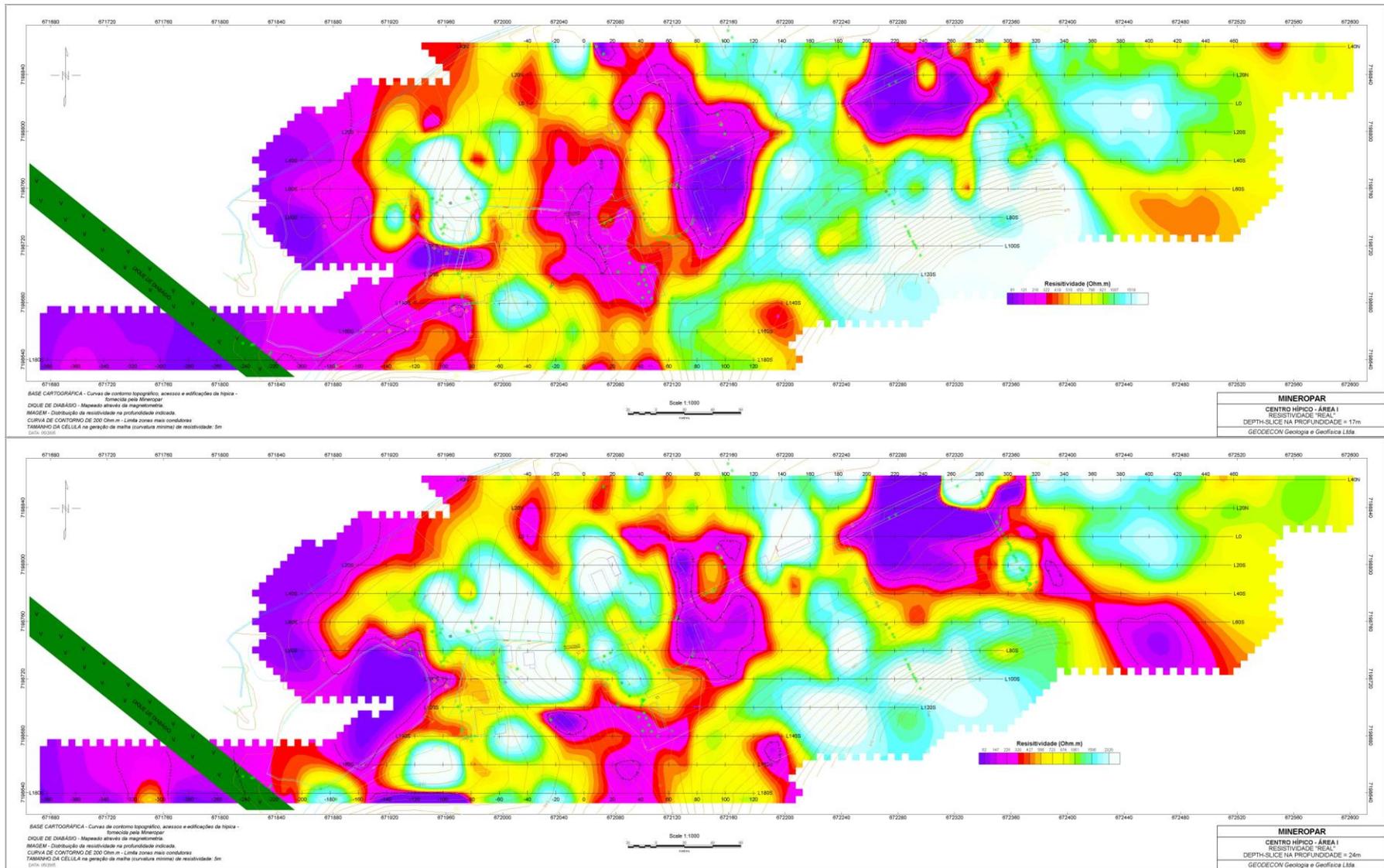
**Figura 3.2.7:** Detalhe das seções modelo redesenhadas - parte W das linhas L40N e L20N da Área I, extraída do quadro de seções modelo justapostas, contido no Anexo IV.



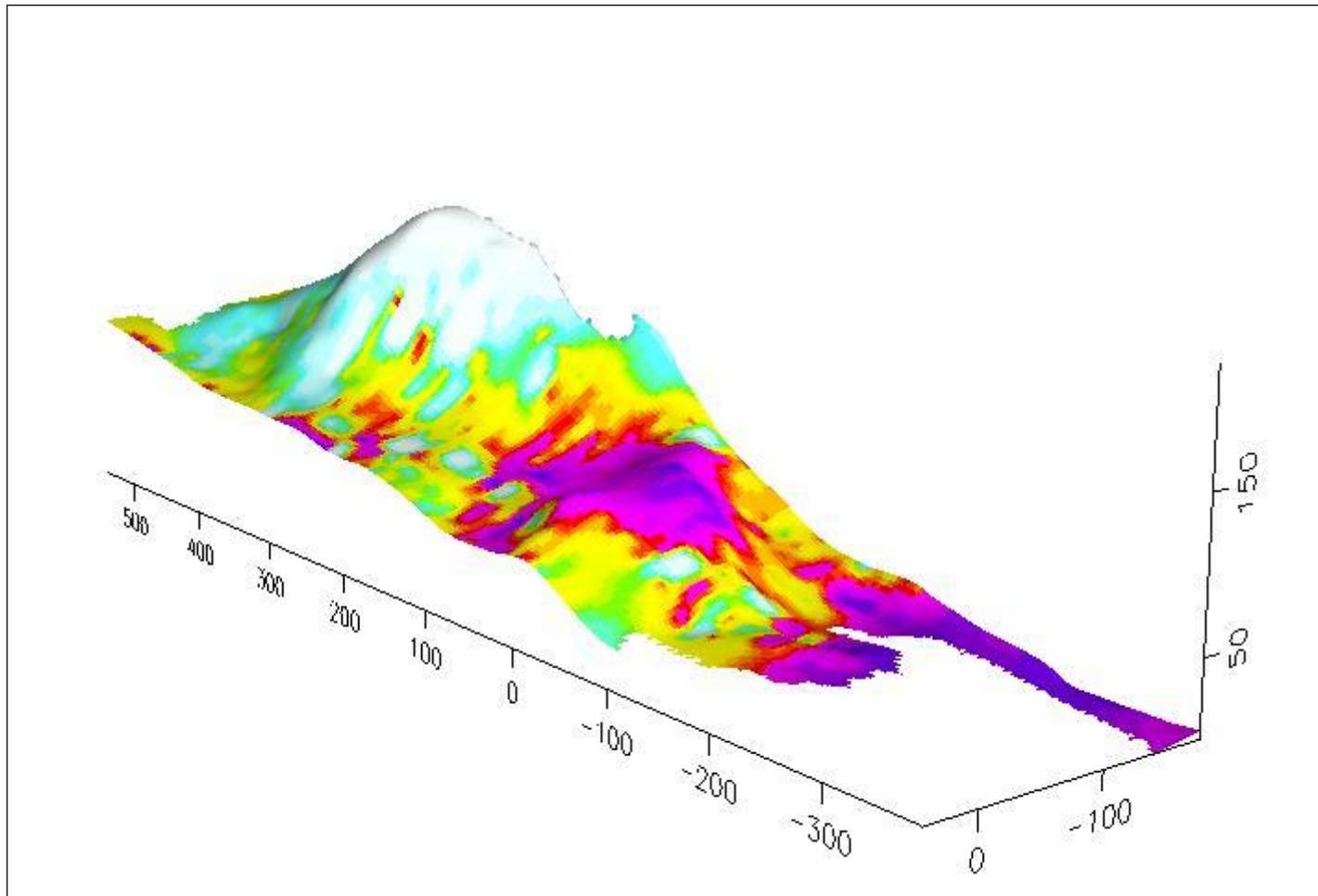
**Figura 3.2.8:** Área I – Seções modelo justapostas. Ilustração do quadro contido no Anexo IV, em escala 1:2000 ao longo das linhas.



**Figura 3.2.9:** Área I – Mapas de resistividade nas profundidades 3m (parte superior) e 10m (parte inferior) – Ilustração dos mapas contidos no Anexo V, em escala 1:1000.



**Figura 3.2.10:** Área I – Mapas de resistividade nas profundidades 17m (parte superior) e 24m (parte inferior) – Ilustração dos mapas contidos no Anexo V, em escala 1:1000.



**Figura 3.2.11:** Vista 3D (de NW para SE) do relevo da Área I, com a resistividade superficial em cores. As zonas condutoras (vermelho-violeta) nos baixos topográficos são associadas a zonas saturadas em água.

### 3.2.2 Modelagem numérica 2D e representação pseudo-3D da Área II

Muitos dos aspectos discutidos no ítem anterior para a Área I são válidos também para a Área II e não serão aqui repetidos. A diferença mais marcante entre as duas áreas é ausência da baixa resistividade superficial na Área II, que se deve em parte à maior profundidade ao nível d'água, uma vez que a maior parte da área se encontra em alto topográfico. Outra diferença está na distribuição da resistividade que aqui se comporta de forma acamadada, enquanto na Área I observam-se zonas de baixa resistividade que se propagam desde os primeiros níveis até os mais profundos.

Antes de discutir os resultados da modelagem 2D das pseudo-seções da Área II, salienta-se uma anomalia registrada na linha L140S que não possibilitou a modelagem 2D e que por isto não foi incluída nas apresentações pseudo-3D. A figura 3.2.12 mostra a pseudo-seção desta linha, que pode ser vista também justaposta às demais pseudo-seções no Anexo II e ilustração na figura 3.2.3. Nota-se que ela foge ao padrão das demais linhas como pode ser visto mesmo em comparação à linha L120S que lhe é justaposta na Fig. 3.2.12. A investigação da possível causa da anomalia deve ser feita na posição 20E.

Para as demais linhas, os resultados da inversão 2D são apresentados em no Anexo III e as seções modelo redesenhadas na escala 1:2000 e justapostas no Anexo IV juntamente com os resultados da Área I. O quadro das seções modelo redesenhadas é ilustrado na figura 3.2.13. Neste quadro mesmo pode-se observar os principais aspectos da distribuição da resistividade. Nos baixos topográficos do extremo W das linhas observa-se um padrão de baixa resistividade em tudo semelhante ao que ocorre na zona aluvionar da Área I, também no extremo W das linhas. O nível d'água que aflora neste extremo da área é visto conectar-se ao nível condutor intermediário que se observa nas seções modelo.

Tanto a pseudo-seção como a seção modelo da linha L0 mostra-se bastante perturbada e vários fatores contribuem para isto, como os limites do Dique 2, quintais de casas, barranco do fundo do colégio.

O comportamento geral da Área II em termos de resistividade é bastante regular, de forma que são sugeridos apenas 3 pontos de verificação com

investigação direta. O primeiro, pode ser visto na figura 3.2.14 na linha L40S entre 210 e 220, onde aflora o nível condutor que na maior parte da área se encontra em profundidade intermediária nas seções modelo. Embora muito provavelmente neste ponto deve-se comprovar a cobertura argilosa decorrente do dique de diabásio. O segundo, pode ser visto na figura 3.2.15 nas linhas L20S (entre -50 e -60) e L40S (entre -40 e -50) onde aflora nível resistente na vizinhança imediata do aluvião condutor. E o terceiro ponto é o que visa checar a anomalia observada na pseudo-seção da linha L140S (fig. 3.2.12) na estaca 20E. Dependendo dos resultados da investigação nestes pontos novas investigações poderão ser programadas.

Observa-se nas seções modelo justapostas que o nível condutor intermediário se aprofunda para sul da área. Os mapas da distribuição da resistividade em diferentes profundidades apresentados na escala 1:1000 no Anexo VI e ilustrados para as profundidade de 3m (fig. 3.2.16) e de 24m (fig. 3.2.17) mostram coincidência de uma faixa condutora com o dique de “diabásio” (Dique 2) mapeado nesta área. Para o nível superficial desde 3m até cerca de 20m, a cobertura argilosa que pode se desenvolver a partir do dique pode ser responsável pela baixa resistividade da faixa. Note-se que a modelagem do dique mostrou profundidade de 19m para o topo do mesmo. Mas não se pode descartar a hipótese de que calcários na borda do dique, alterados e percolados estejam contribuindo para caracterizar esta faixa condutora.

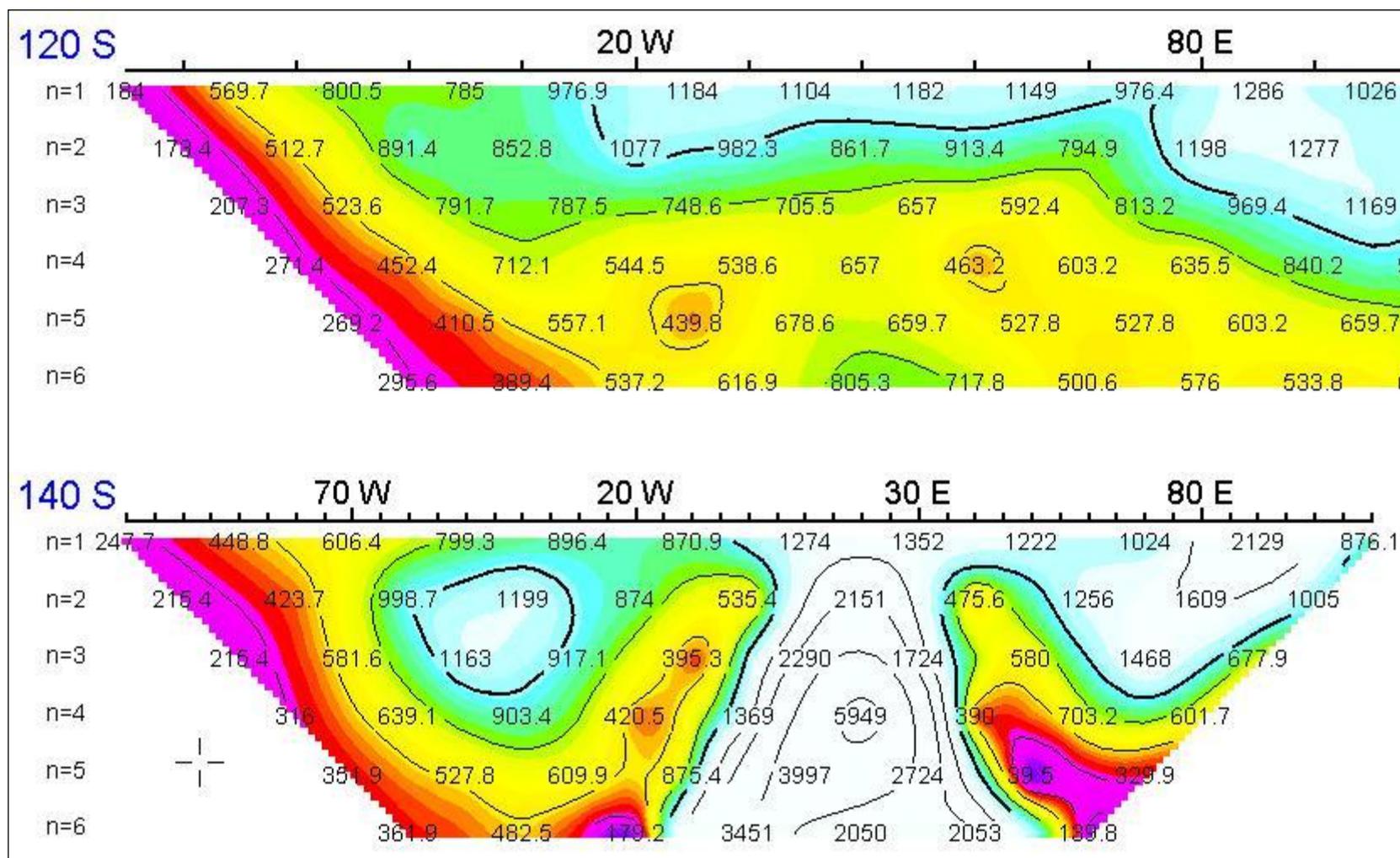


Figura 3.2.12: Área II – Pseudo-seção da linha L140S, justaposta ao mesmo intervalo da L120S.

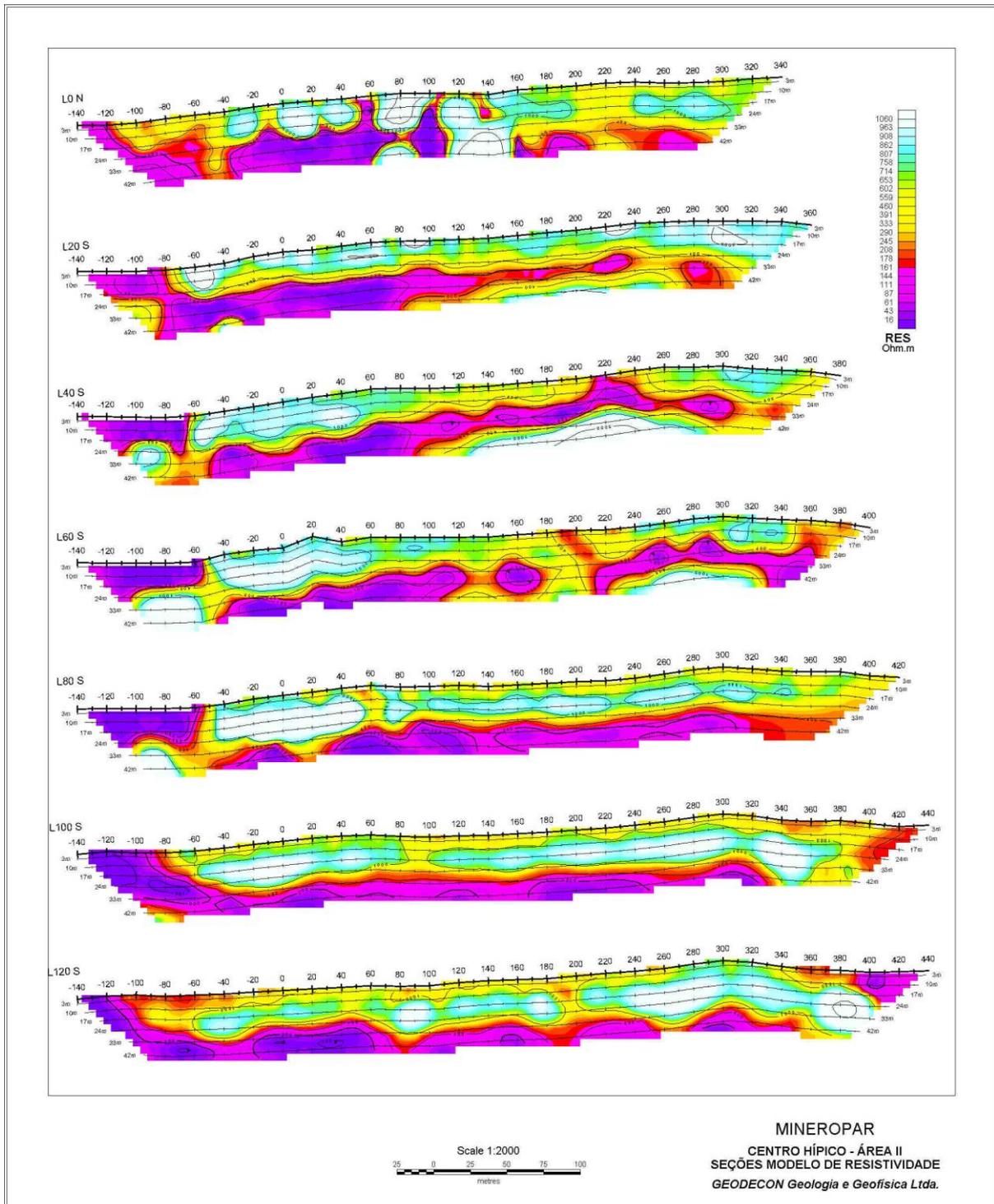


Figura 3.2.13: Área II – Seções modelo justapostas. Ilustração do quadro contido no Anexo IV, em escala 1:2000 ao longo das linhas.

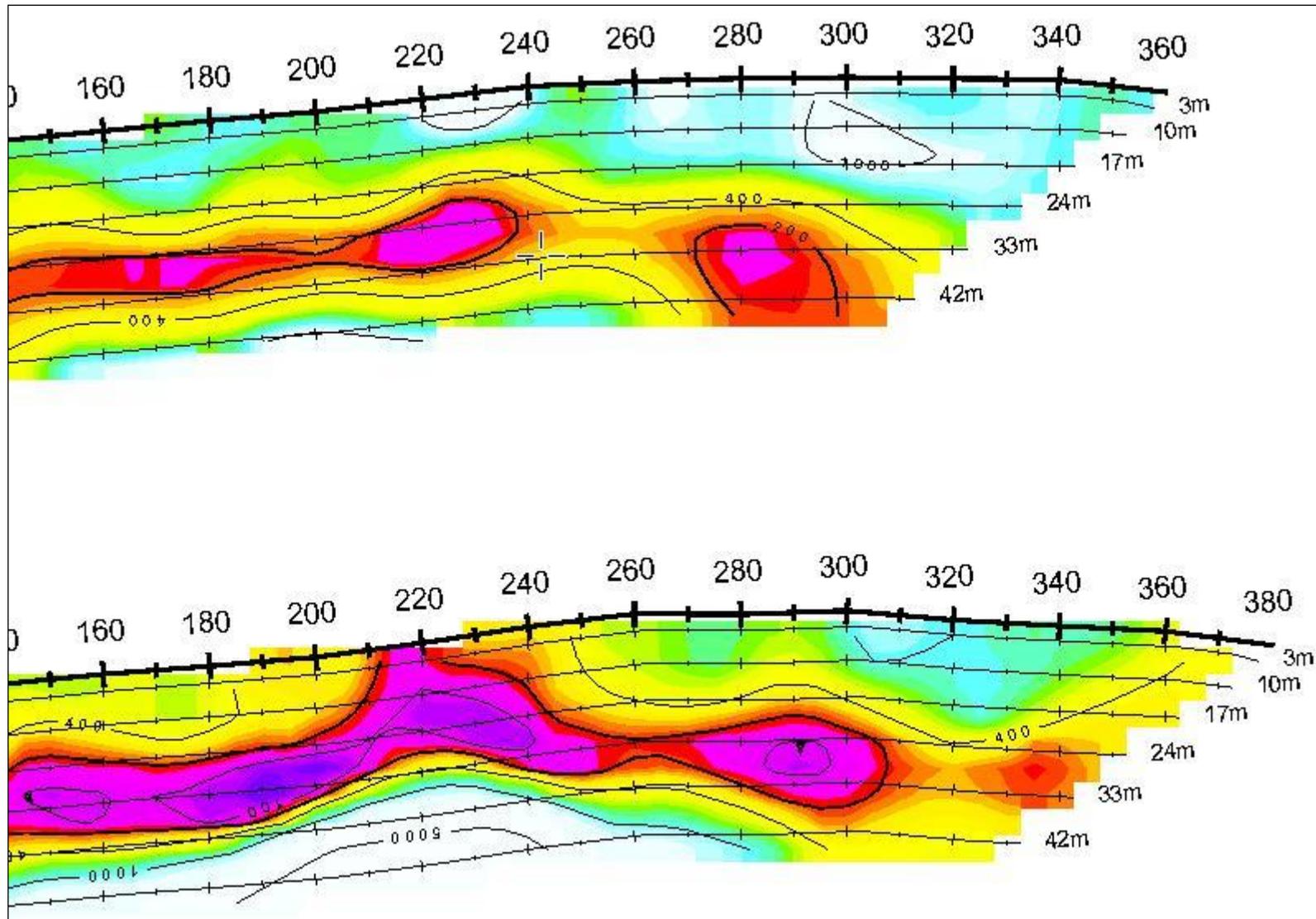
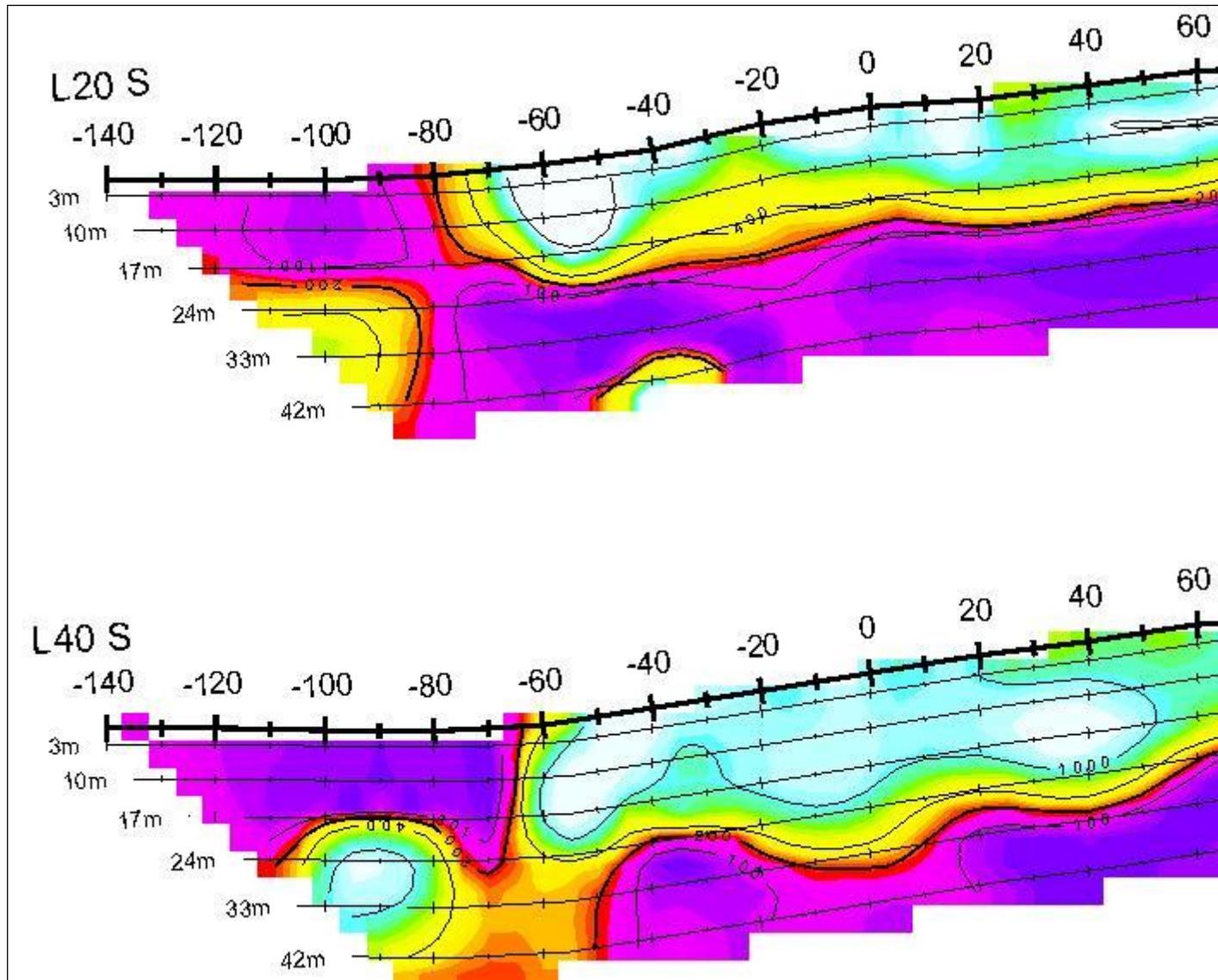


Figura 3.2.14: Área II – Detalhe da seção modelo da L40S (base da fig.) com afloramento do nível condutor entre 210 e 220.



**Figura 3.2.15:** Área II – Detalhe do afloramento do nível resistente entre -40 e -60.

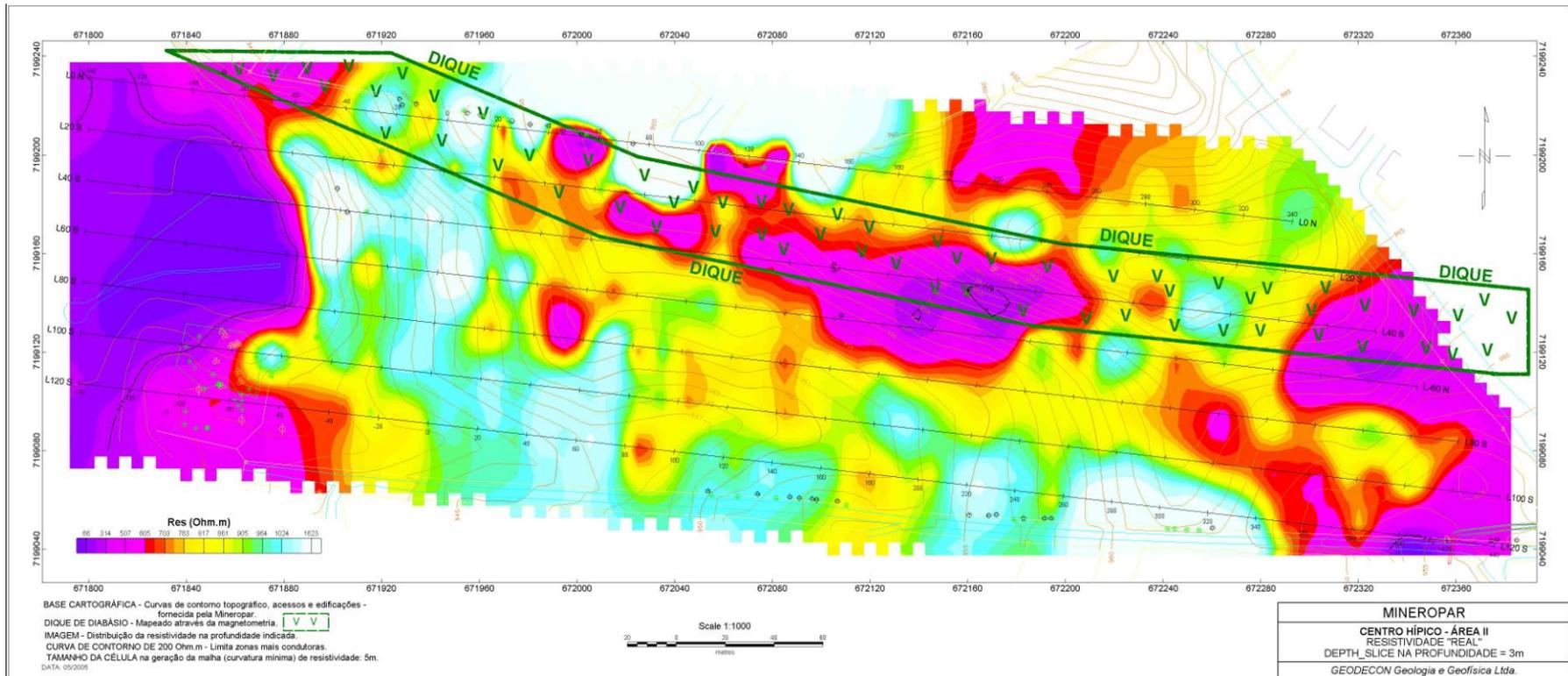


Figura 3.2.16: Área II – Mapa de resistividade na profundidade de 3m.

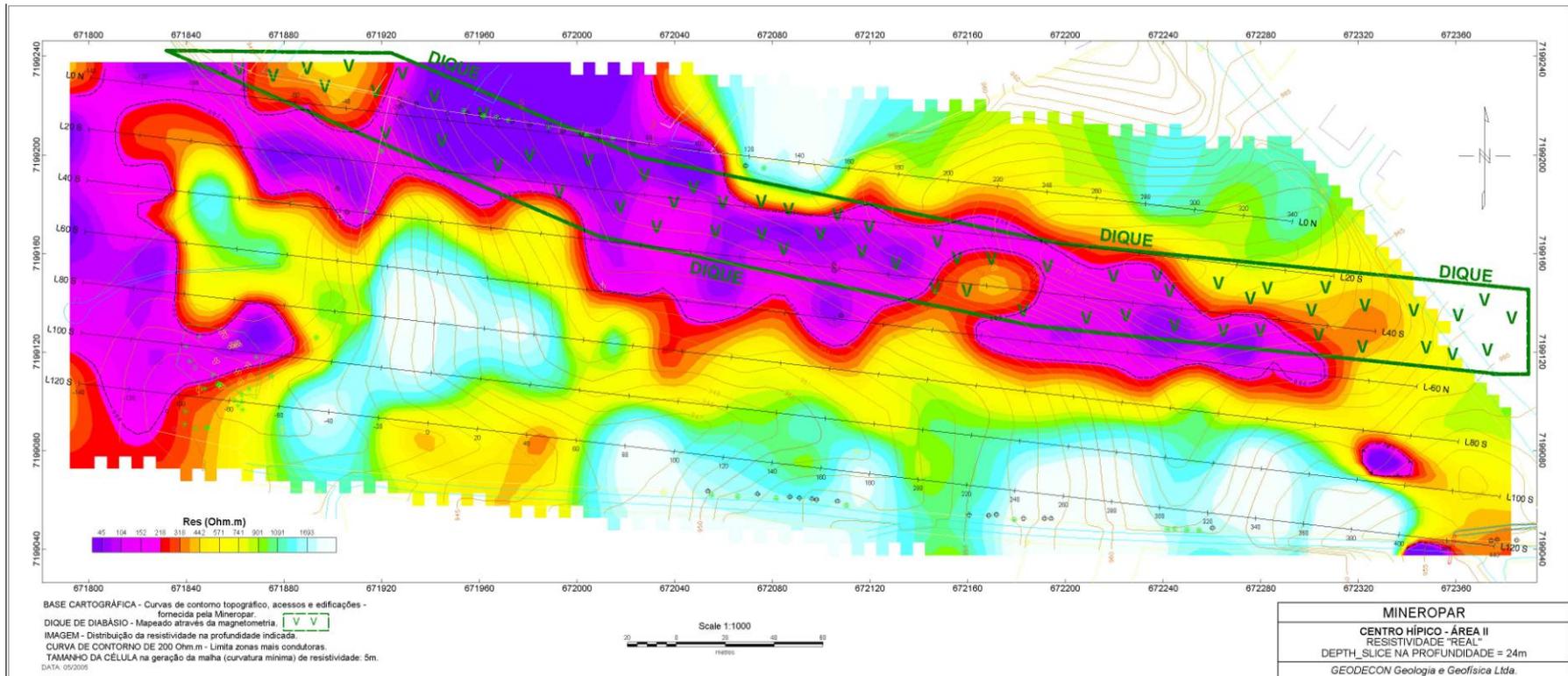


Figura 3.2.17: Área II – Mapa de resistividade na profundidade de 24m.

#### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Levantamentos com os métodos de eletrorresistividade e magnetometria foram realizados no Centro Hípico de Almirante Tamandaré em duas áreas que foram denominadas Área I e Área II. Perfis magnetométricos cortaram ambas as áreas e o intervalo entre elas, detectando apenas dois diques de rochas básicas denominados genericamente diques de diabásio 1 e 2. A modelagem numérica 2D conduzida sobre as anomalias menos afetadas por ruídos de linhas de transmissão de energia elétrica que eram comuns principalmente na Área II, foram bem sucedidas e os diques foram devidamente caracterizados quanto aos parâmetros mais importantes para o projeto.

O levantamento de resistividade foi conduzido com a técnica do caminhamento elétrico e arranjo de eletrodos dipolo-dipolo, com espaçamento entre eletrodos de 20m e 6 níveis (profundidades) de investigação. O espaçamento de 20 metros foi escolhido em função de testes iniciais conduzidos com este espaçamento e o de 40m. Os dados originais foram apresentados na forma de pseudo-seções que servem ao propósito de controle de qualidade dos dados. Estas foram invertidas, gerando seções 2D que foram chamadas seções modelo ou seções “reais” de resistividade. A justaposição das seções modelo e mapas da distribuição da resistividade em diferentes profundidades forneceram uma visualização 3D, que foi chamada modelo pseudo-3D.

A interpretação das seções modelo e dos mapas da distribuição da resistividade em diferentes profundidades conduziu à associação de zonas condutoras com percolação por água nos baixos topográficos ondulados da Área I. Assumiu-se que se houve espaço para a água percolar, ele pode advir de simples porosidade dos solos e material de alteração do topo rochoso ou pode ser proveniente de dutos e cavidades nas rochas calcárias. Recomenda-se que alguns locais de ocorrência das zonas condutoras mais pronunciadas como nas estacas 20 e 250 da linha L40N na Área I sejam investigados com furos até a profundidade de preocupação geotécnica para o projeto. Nesta Área, as zonas de ocorrência das rochas calcárias encontram-se aparentemente nos baixos topográficos e dificilmente apresentariam vazios que não estivessem saturados. Por isto, o projeto pode preocupar-se principalmente com zonas condutoras. Locais semelhantes aos apontados acima como sugestão para investigação direta na L40N, encontram-se

em quase todas as linhas ensaiadas na Área I, de forma que, dependendo dos primeiros resultados, outros locais com estas mesmas características podem ser selecionados para investigação. Concluiu-se ainda que a resistividade mais alta que ocorre nos altos topográficos tanto pode refletir rocha calcária sã, como filitos ou quartzitos. Nos altos topográficos pode ocorrer também que a cobertura aerada, que é resistente eletricamente, não permita que seja notada mudança de resistividade entre a cobertura e até mesmo vazios secos e a rocha sã. Sugere-se que aferições por furo em locais de alto topográfico podem definir a associação resistividade-litologia.

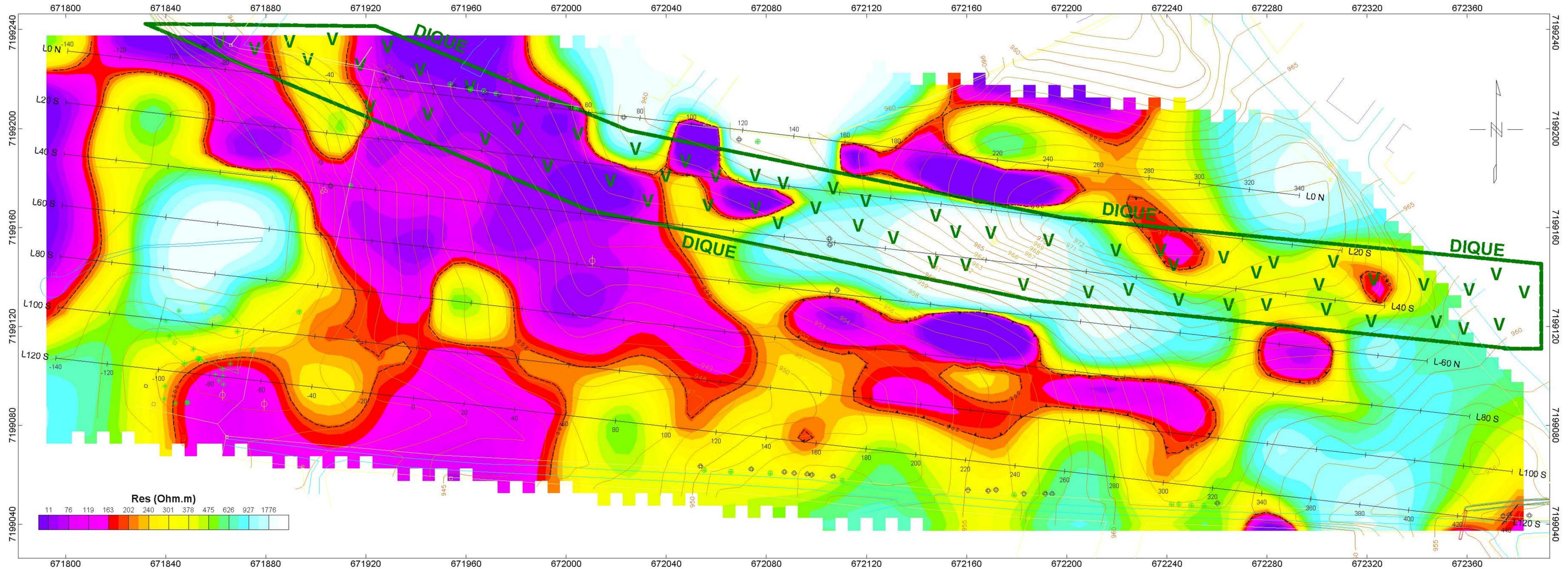
Na Área II não se observa a baixa resistividade superficial que se viu na Área I, devido em parte à maior profundidade ao nível d'água, uma vez que a maior porção da área se encontra em alto topográfico. Outra diferença está na distribuição da resistividade que na Área II se comporta de forma acamadada, enquanto na Área I observam-se zonas de baixa resistividade que se propagam desde os primeiros níveis até os mais profundos.

Como o comportamento geral da Área II em termos de resistividade é bastante regular, são sugeridos apenas 3 pontos de verificação com investigação direta. O primeiro, embora muito provavelmente se encontre sobre cobertura argilosa decorrente do dique de diabásio (Dique 2), situa-se na linha L40S entre 210 e 220, onde aflora o nível condutor que na maior parte da área se encontra em profundidade intermediária nas seções modelo. O segundo, objetiva investigar nível resistente na vizinhança imediata do aluvião condutor nas linhas L20S (entre -50 e -60) e L40S (entre -40 e -50). O terceiro ponto visa checar a anomalia observada na pseudo-seção da linha L140S na estaca 20E.

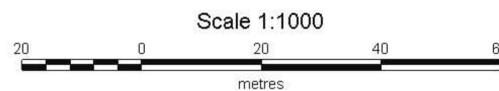
Conforme evoluir o conhecimento geológico das áreas estudadas e estiverem disponíveis resultados de investigações nos pontos sugeridos, a Geodecon poderá retomar os dados do presente estudo e reavaliá-los à luz das novas informações.

Curitiba, 23 de maio de 2005

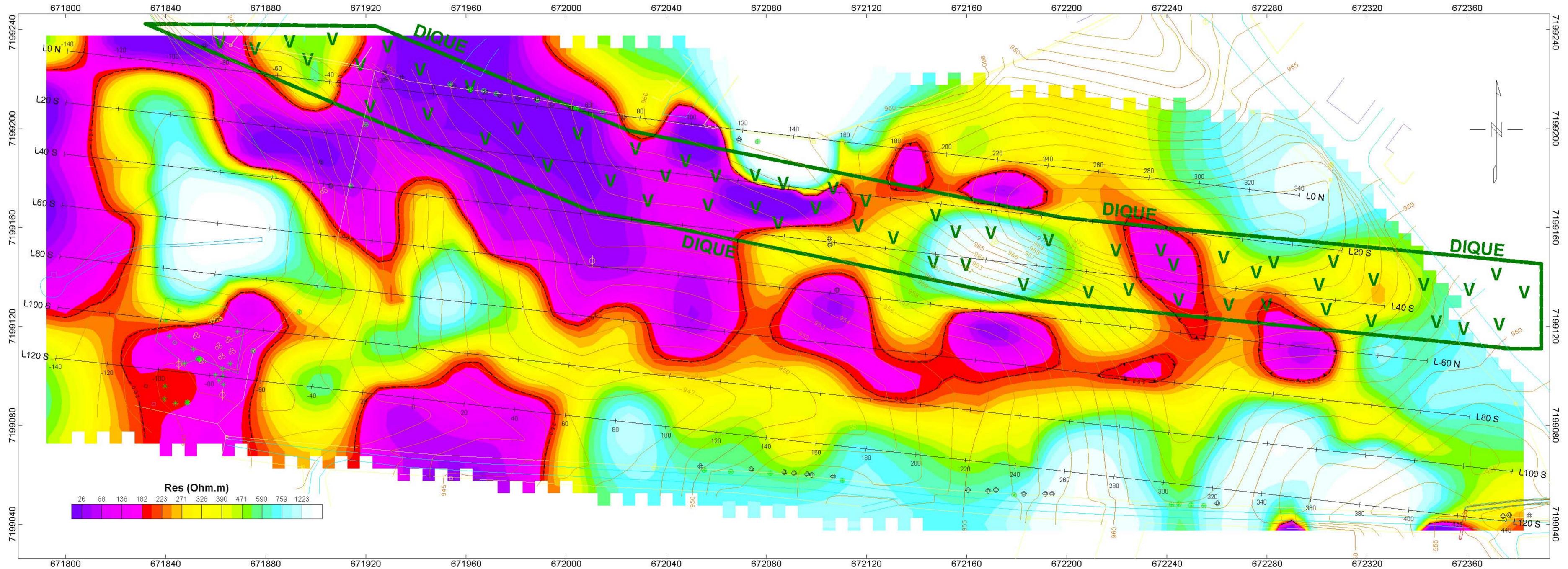
Caesar Augusto Rigoti  
CREA: 75.464/D  
GEODECON – Geologia e Geofísica Ltda.



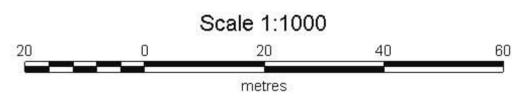
BASE CARTOGRÁFICA - Curvas de contorno topográfico, acessos e edificações - fornecida pela Mineropar.  
 DIQUE DE DIABÁSIO - Mapeado através da magnetometria. V V  
 IMAGEM - Distribuição da resistividade na profundidade indicada.  
 CURVA DE CONTORNO DE 200 Ohm.m - Limita zonas mais condutoras.  
 TAMANHO DA CÉLULA na geração da malha (curvatura mínima) de resistividade: 5m.  
 DATA: 05/2005



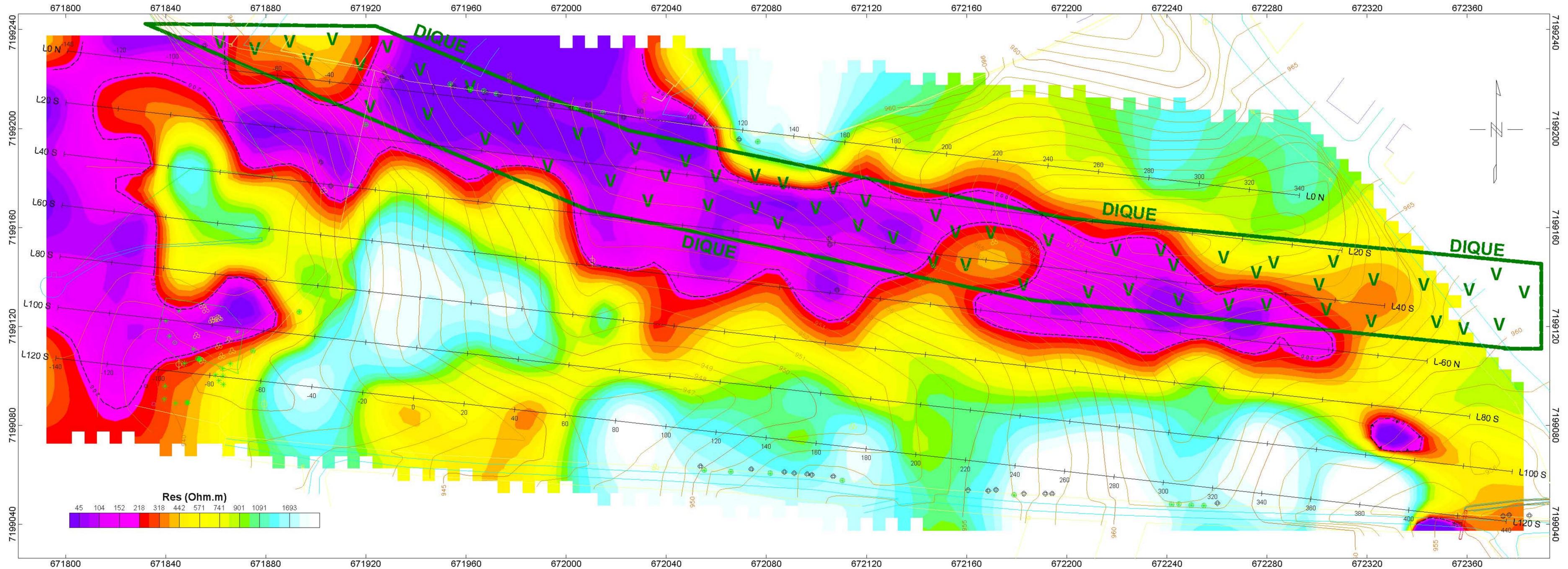
**MINEROPAR**  
 CENTRO HÍPICO - ÁREA II  
 RESISTIVIDADE "REAL"  
 DEPTH\_SLICE NA PROFUNDIDADE = 42m  
 GEODECON Geologia e Geofísica Ltda.



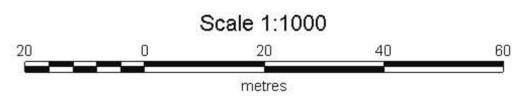
BASE CARTOGRÁFICA - Curvas de contorno topográfico, acessos e edificações -  
 fornecida pela Mineropar.  
 DIQUE DE DIABÁSIO - Mapeado através da magnetometria. V V  
 IMAGEM - Distribuição da resistividade na profundidade indicada.  
 CURVA DE CONTORNO DE 200 Ohm.m - Limita zonas mais condutoras.  
 TAMANHO DA CÉLULA na geração da malha (curvatura mínima) de resistividade: 5m.  
 DATA: 05/2005



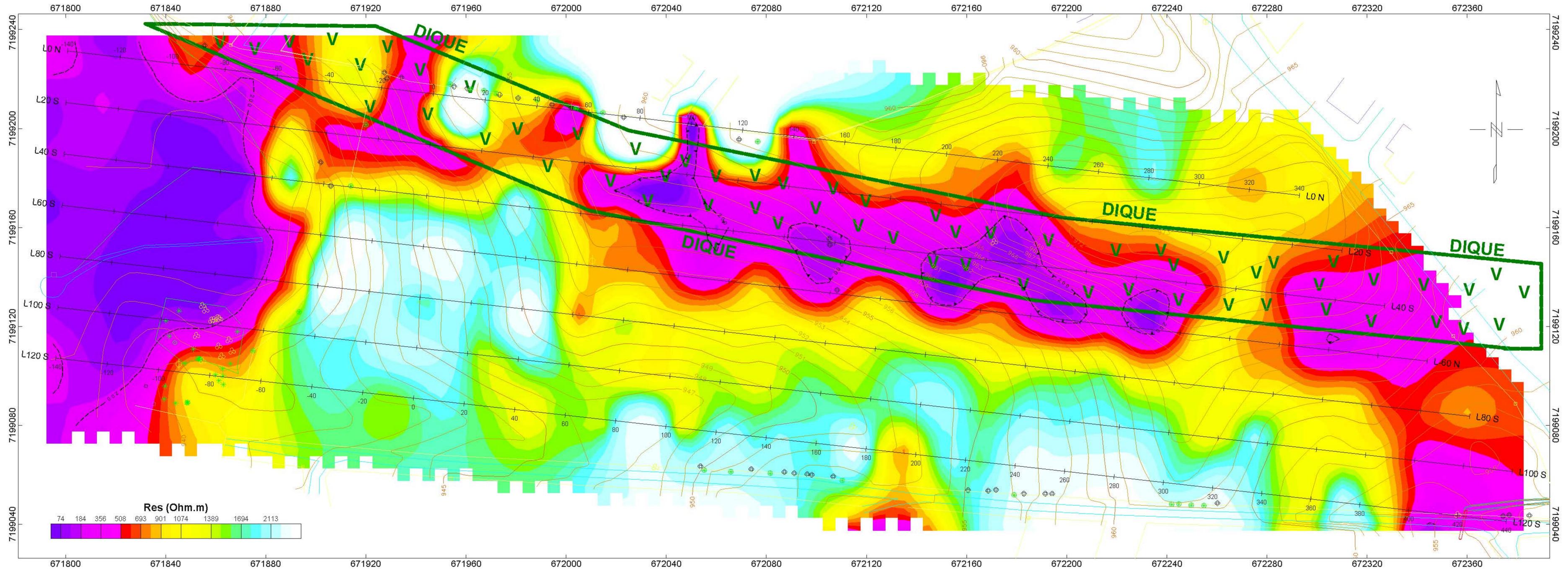
<b>MINEROPAR</b>
<b>CENTRO HÍPICO - ÁREA II</b> RESISTIVIDADE "REAL" DEPTH_SLICE NA PROFUNDIDADE = 33m
<i>GEODECON Geologia e Geofísica Ltda.</i>



BASE CARTOGRÁFICA - Curvas de contorno topográfico, acessos e edificações -  
 fornecida pela Mineropar.  
 DIQUE DE DIABÁSIO - Mapeado através da magnetometria. V V  
 IMAGEM - Distribuição da resistividade na profundidade indicada.  
 CURVA DE CONTORNO DE 200 Ohm.m - Limita zonas mais condutoras.  
 TAMANHO DA CÉLULA na geração da malha (curvatura mínima) de resistividade: 5m.  
 DATA: 05/2005



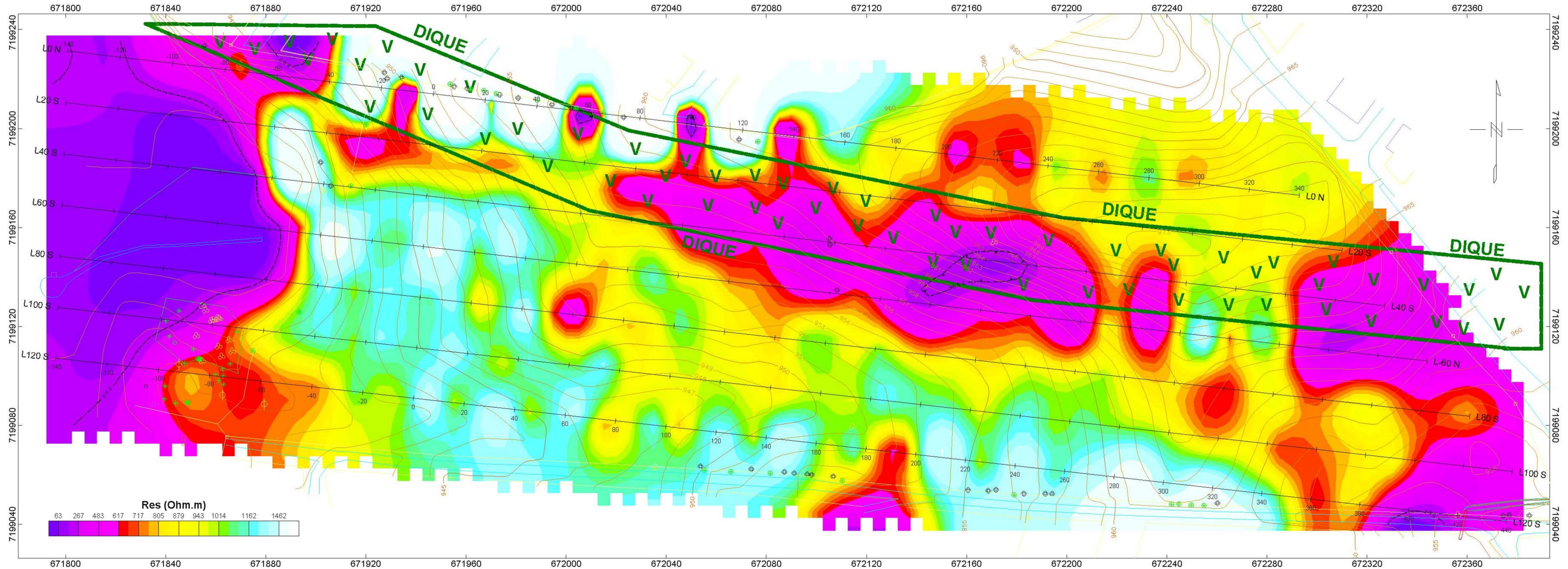
<b>MINEROPAR</b>
<b>CENTRO HÍPICO - ÁREA II</b> RESISTIVIDADE "REAL" DEPTH_SLICE NA PROFUNDIDADE = 24m
<i>GEODECON Geologia e Geofísica Ltda.</i>



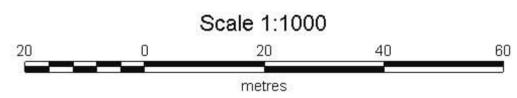
**MINEROPAR**

**CENTRO HÍPICO - ÁREA II**  
RESISTIVIDADE "REAL"  
DEPTH\_SLICE NA PROFUNDIDADE = 17m

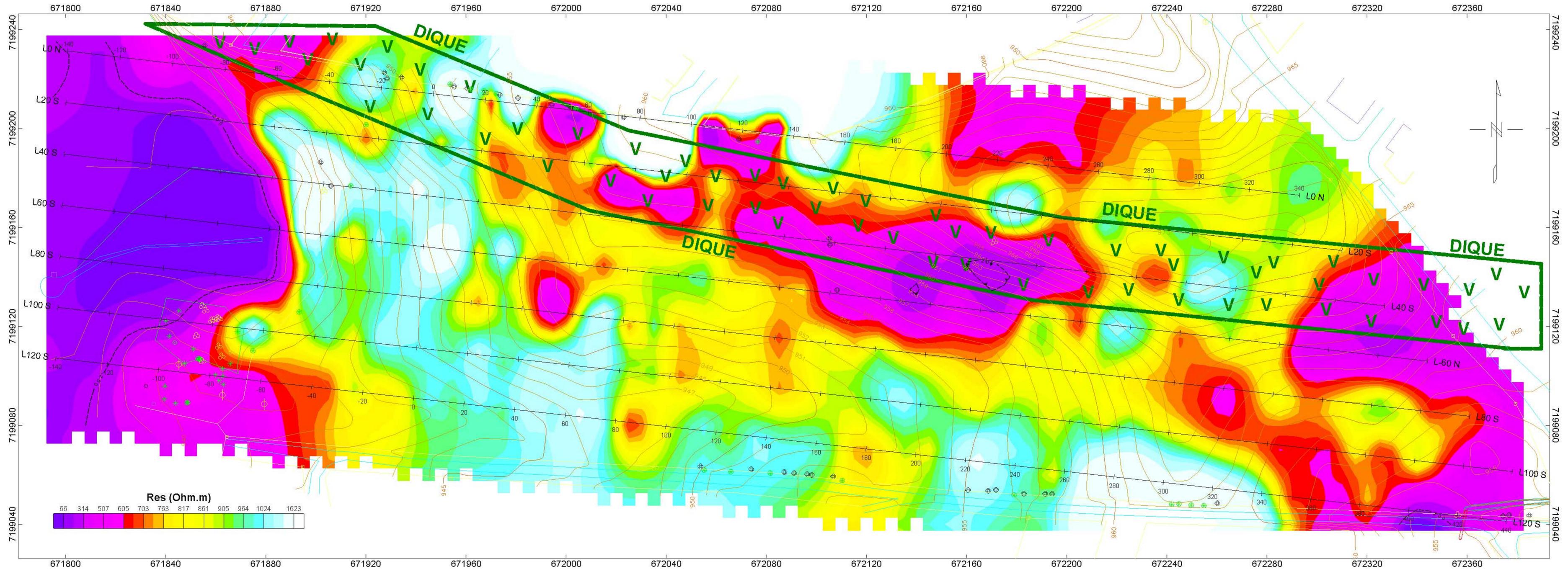
GEODECON Geologia e Geofísica Ltda.



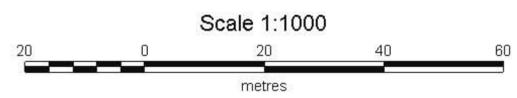
BASE CARTOGRÁFICA - Curvas de contorno topográfico, acessos e edificações -  
 fornecida pela Mineropar.  
 DIQUE DE DIABÁSIO - Mapeado através da magnetometria. V V  
 IMAGEM - Distribuição da resistividade na profundidade indicada.  
 CURVA DE CONTORNO DE 200 Ohm.m - Limita zonas mais condutoras.  
 TAMANHO DA CÉLULA na geração da malha (curvatura mínima) de resistividade: 5m.  
 DATA: 05/2005



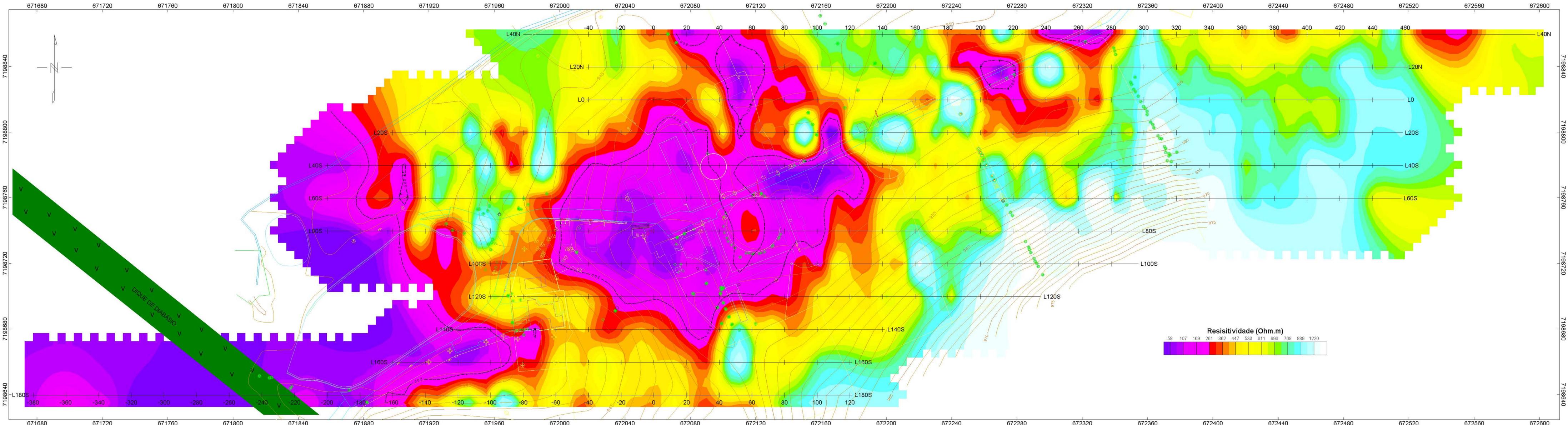
<b>MINEROPAR</b>
<b>CENTRO HÍPICO - ÁREA II</b>
<b>RESISTIVIDADE "REAL"</b>
DEPTH_SLICE NA PROFUNDIDADE = 10m
GEODECON Geologia e Geofísica Ltda.



BASE CARTOGRÁFICA - Curvas de contorno topográfico, acessos e edificações -  
 fornecida pela Mineropar.  
 DIQUE DE DIABÁSIO - Mapeado através da magnetometria. V V  
 IMAGEM - Distribuição da resistividade na profundidade indicada.  
 CURVA DE CONTORNO DE 200 Ohm.m - Limita zonas mais condutoras.  
 TAMANHO DA CÉLULA na geração da malha (curvatura mínima) de resistividade: 5m.  
 DATA: 05/2005



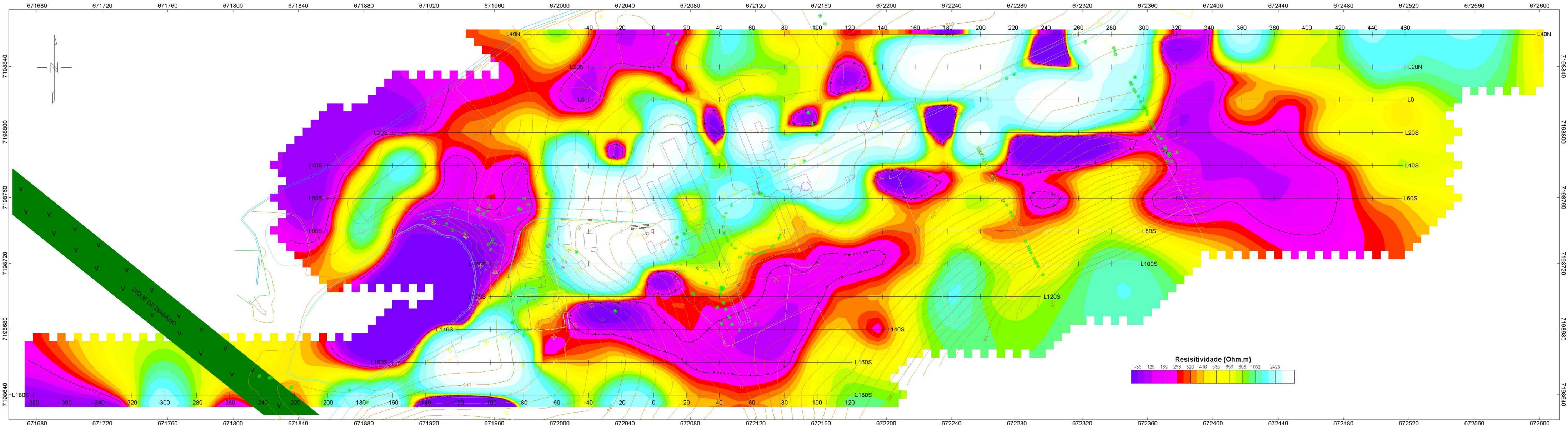
<b>MINEROPAR</b>
<b>CENTRO HÍPICO - ÁREA II</b>
RESISTIVIDADE "REAL"
DEPTH_SLICE NA PROFUNDIDADE = 3m
GEODECON Geologia e Geofísica Ltda.



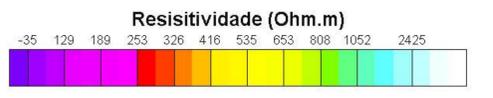
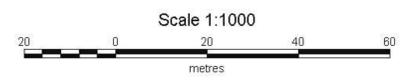
BASE CARTOGRÁFICA - Curvas de contorno topográfico, acessos e edificações da hípica - fornecida pela Mineropar  
 DIQUE DE DIABÁSIO - Mapeado através da magnetometria.  
 IMAGEM - Distribuição da resistividade na profundidade indicada.  
 CURVA DE CONTOURNO DE 200 Ohm.m - Limita zonas mais condutoras  
 TAMANHO DA CÉLULA na geração da malha (curvatura mínima) de resistividade: 5m  
 DATA: 05/2005



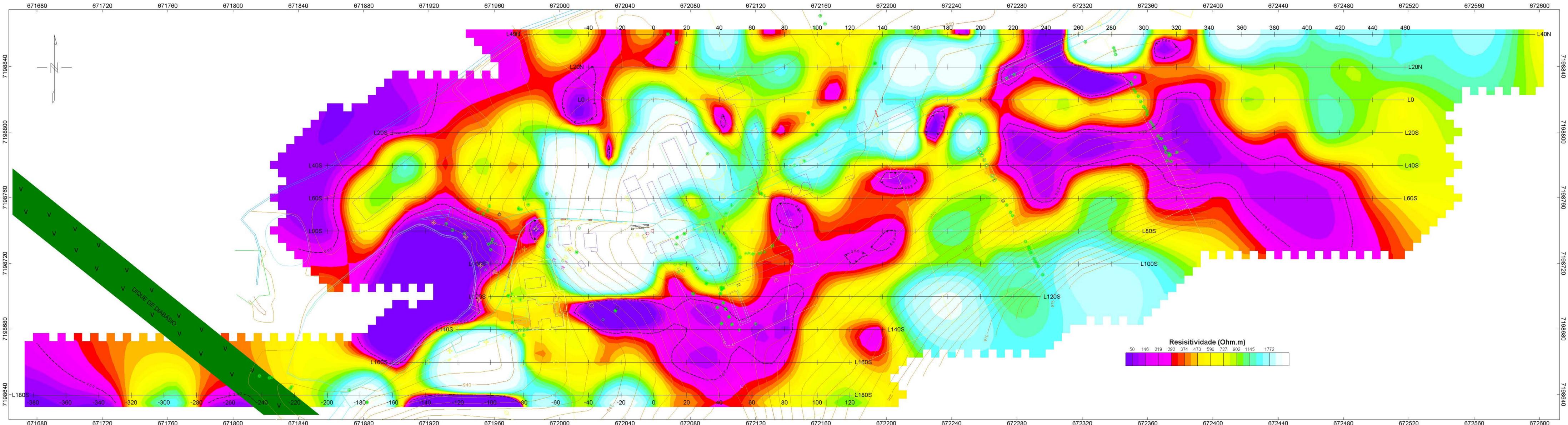
**MINEROPAR**  
 CENTRO HÍPICO - ÁREA I  
 RESISTIVIDADE "REAL"  
 DEPTH-SLICE NA PROFUNDIDADE = 3m  
 GEODECON Geologia e Geofísica Ltda.



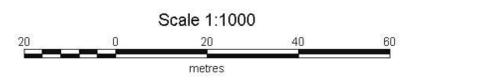
BASE CARTOGRÁFICA - Curvas de contorno topográfico, acessos e edificações da hipica - fornecida pela Mineropar  
 DIQUE DE DIABÁSIO - Mapeado através da magnetometria.  
 IMAGEM - Distribuição da resistividade na profundidade indicada.  
 CURVA DE CONTOURNO DE 200 Ohm.m - Limita zonas mais condutoras  
 TAMANHO DA CÉLULA na geração da malha (curvatura mínima) de resistividade: 5m  
 DATA: 05/2005



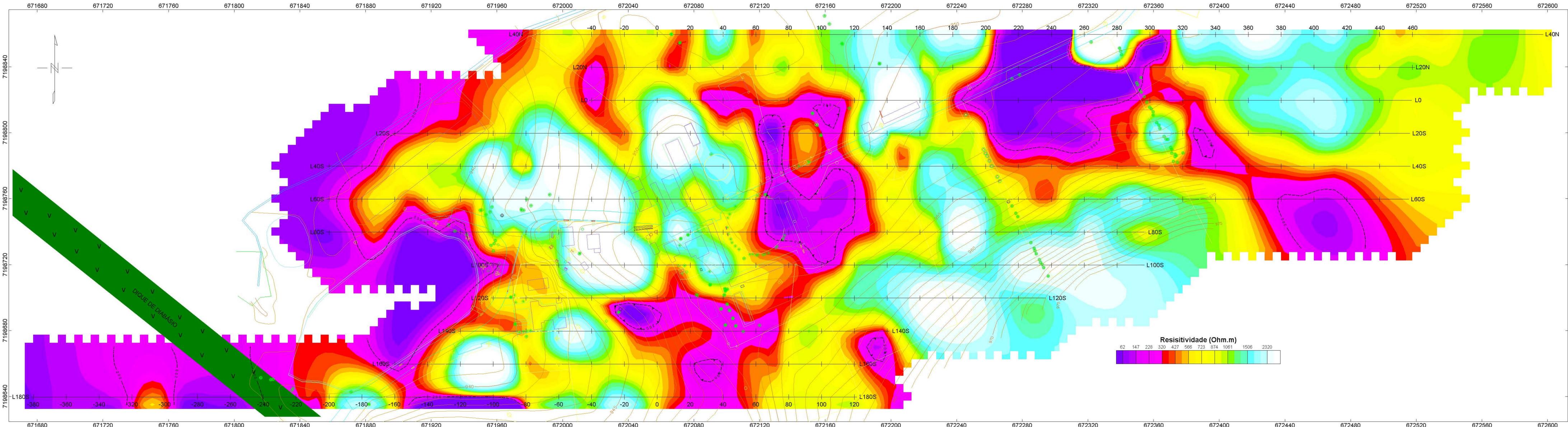
**MINEROPAR**  
 CENTRO HÍPICO - ÁREA I  
 RESISTIVIDADE "REAL"  
 DEPTH-SLICE NA PROFUNDIDADE = 42m  
 GEODECON Geologia e Geofísica Ltda.



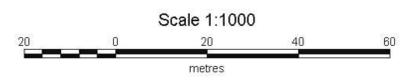
BASE CARTOGRÁFICA - Curvas de contorno topográfico, acessos e edificações da hipica - fornecida pela Mineropar  
 DIQUE DE DIABÁSIO - Mapeado através da magnetometria.  
 IMAGEM - Distribuição da resistividade na profundidade indicada.  
 CURVA DE CONTOURNO DE 200 Ohm.m - Limita zonas mais condutoras  
 TAMANHO DA CÉLULA na geração da malha (curvatura mínima) de resistividade: 5m  
 DATA: 05/2005



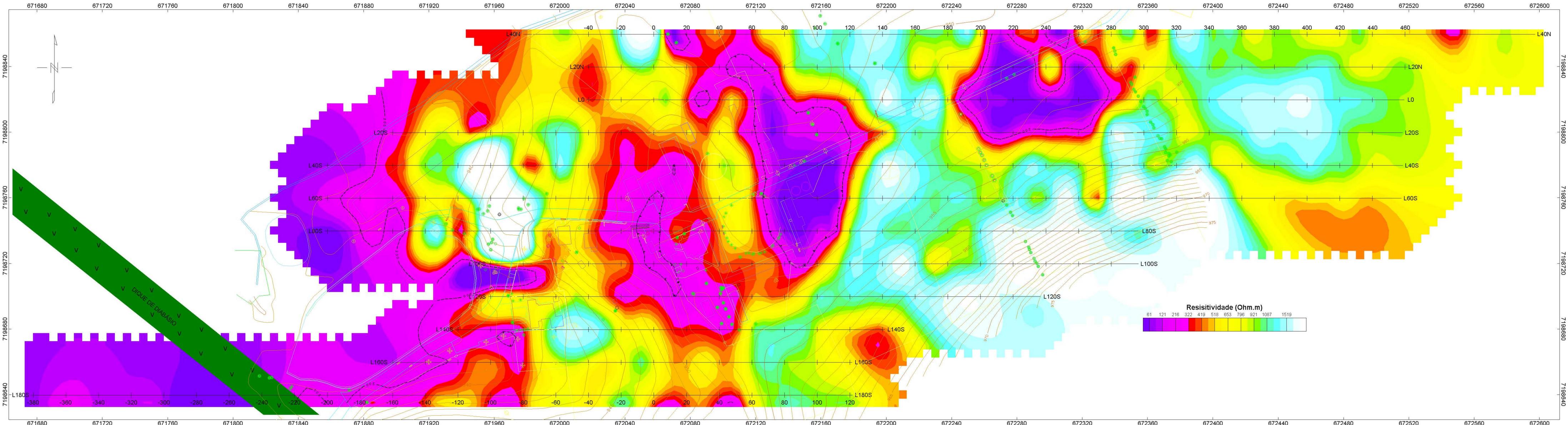
**MINEROPAR**  
 CENTRO HÍPICO - ÁREA I  
 RESISTIVIDADE "REAL"  
 DEPTH-SLICE NA PROFUNDIDADE = 33m  
 GEODECON Geologia e Geofísica Ltda.



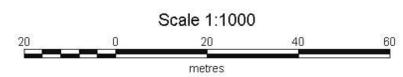
BASE CARTOGRÁFICA - Curvas de contorno topográfico, acessos e edificações da hipica - fornecida pela Mineropar  
 DIQUE DE DIABÁSIO - Mapeado através da magnetometria.  
 IMAGEM - Distribuição da resistividade na profundidade indicada.  
 CURVA DE CONTOURNO DE 200 Ohm.m - Limita zonas mais condutoras  
 TAMANHO DA CÉLULA na geração da malha (curvatura mínima) de resistividade: 5m  
 DATA: 05/2005



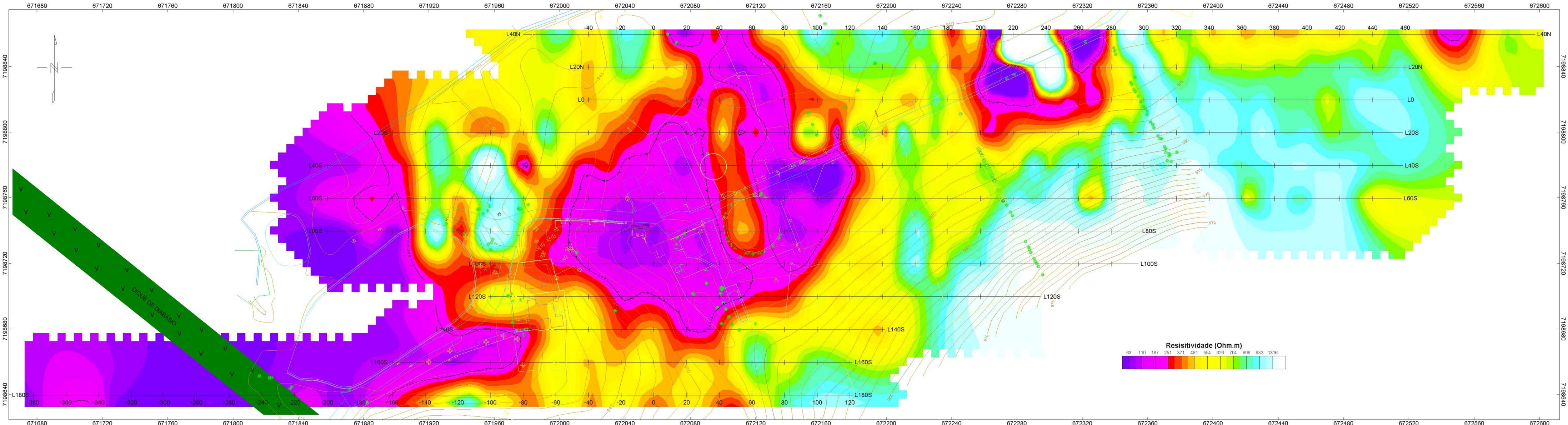
**MINEROPAR**  
 CENTRO HÍPICO - ÁREA I  
 RESISTIVIDADE "REAL"  
 DEPTH-SLICE NA PROFUNDIDADE = 24m  
 GEODECON Geologia e Geofísica Ltda.



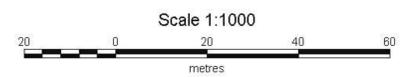
BASE CARTOGRÁFICA - Curvas de contorno topográfico, acessos e edificações da hípica -  
 fornecida pela Mineropar  
 DIQUE DE DIABÁSIO - Mapeado através da magnetometria.  
 IMAGEM - Distribuição da resistividade na profundidade indicada.  
 CURVA DE CONTOURNO DE 200 Ohm.m - Limita zonas mais condutoras  
 TAMANHO DA CÉLULA na geração da malha (curvatura mínima) de resistividade: 5m  
 DATA: 05/2005



<b>MINEROPAR</b>
CENTRO HÍPICO - ÁREA I
RESISTIVIDADE "REAL"
DEPTH-SLICE NA PROFUNDIDADE = 17m
GEODECON Geologia e Geofísica Ltda.



BASE CARTOGRÁFICA - Curvas de contorno topográfico, acessos e edificações da hipica -  
 fornecida pela Mineropar  
 DIQUE DE DIABÁSIO - Mapeado através da magnetometria.  
 IMAGEM - Distribuição da resistividade na profundidade indicada.  
 CURVA DE CONTORNO DE 200 Ohm.m - Limita zonas mais condutoras  
 TAMANHO DA CÉLULA na geração da malha (curvatura mínima) de resistividade: 5m  
 DATA: 05/2005



<b>MINEROPAR</b>
CENTRO HÍPICO - ÁREA I
RESISTIVIDADE "REAL"
DEPTH-SLICE NA PROFUNDIDADE = 10m
GEODECON Geologia e Geofísica Ltda.