

MAPEAMENTO GEOELÉTRICO NO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE BLUMENAU, SC

FERNANDO DA FONTOURA XAVIER ¹
PAULO EGYDIO BERKENBROCK ²

¹ TECGEO Sondagens Geofísicas – Rua Maria Popper, 120 – Bairro Asilo – Blumenau – CEP 89037-300. fone/fax: 47-328.3253. E-mail: tecgeofisica@tecgeofisica.com.br

² UNIVALI – Curso de Engenharia Ambiental – Rua Maria Popper, 120 – Bairro Asilo – Blumenau – CEP 89037-300. fone/fax: 47-328.3253. E-mail: paulo_egydio@universiabrasil.net

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo determinar as características físicas do depósito de resíduos no aterro sanitário da cidade de Blumenau-SC (figura 01), utilizando o método Geofísico da Eletrorresistividade. Especificamente foram definidas as espessuras dos materiais (cobertura e resíduo), posição da rocha, pluma de contaminação e a direção do fluxo subterrâneo. Foram realizadas Sondagens Elétricas Verticais – SEVs, para controle das camadas e suas profundidades e Caminhamentos Elétricos para determinação das dimensões da cava e fluxo subterrâneo. Os resultados obtidos em 2D e 3D orientam os métodos diretos de investigação, assim como, a locação de poços de monitoramento na área. O método mostra-se uma ferramenta importante no diagnóstico geoambiental tanto na fase de implantação quanto na fase de desativação de aterros sanitários.

Palavras-Chave: Imageamento Elétrico, Contaminação, Resíduo.

ABSTRACT

The present work has for objective determine the physical characteristics of the deposit of residue in sanitary land of the city of Blumenau-SC (figure 01), utilizing the Geophysical method of the electrical resistivity. Specifically they were defined the thickness of the stuff (cover, residue), position of the rock, feather of contamination and the direction of the subterranean stream. They were carried out Vertical Electric Surveys for control of the layers and their depths and Electric Profiling for determination of the dimensions of the armhole and subterranean stream. The method shows himself an important tool in the diagnosis geoambiental so much in the phase of implant how much in the phase of deactivate of I land sanitary.

Key Words: *Imaging Electric, Contamination, Residue.*

INTRODUÇÃO

A utilização de métodos geofísicos na caracterização de áreas afetadas por poluentes, tem apresentado resultados positivos. Através da geofísica temos informações a respeito da detecção e mapeamento da extensão da área afetada, profundidade da zona saturada, direção do fluxo, profundidade (contaminação e substrato rochoso). A geofísica apresenta diferentes métodos e o método utilizado neste trabalho é o da eletrorresistividade, classificado segundo Vogelsang, 1995 citado por Elis, 2002, como próprio para este tipo de estudo. Através do método geoeletrico apresentamos os resultados obtidos na aplicação de dez sondagens elétricas verticais - SEV e oito caminhamentos elétricos – CE (totalizando 2.260m) com imageamento elétrico 2D e 3D na

área do aterro sanitário da Itoupava Central no município de Blumenau, SC (Figuras 1 e 2). A área possui aproximadamente 10ha e situa-se sobre solos residuais predominantemente argilo-arenosos, derivados de intemperismo de gnaisses do Complexo Granulítico de Santa Catarina. Este local foi alvo de depósitos de resíduos domésticos por aproximadamente trinta anos. Atualmente existe um sistema de drenagem que capta o resíduo líquido mais superficial e um sistema de liberação de gases. Existem também três poços de monitoramento localizados na direção onde estaria o fluxo dos resíduos líquidos. A sistemática de depósito era a tradicional, uma camada de argila selante sobre uma camada de resíduo. A espessura total de resíduos não era conhecida até então, sendo que atualmente o local não é mais utilizado para este tipo de deposição. Este aterro sanitário atualmente serve como local para o tratamento mecânico-biológico, onde os resíduos são dispostos em leiras e aerados naturalmente levando cerca de oito meses para decomposição e desidratação (metodologia alemã).

METODOLOGIA

O método geoeletrico foi aplicado através de dez SEVs, arranjo Schlumberger e distância entre os eletrodos de corrente, AB/2, máxima de 150m e oito caminhamentos elétricos, arranjo dipolo-dipolo, seis níveis de investigação, espaçamento entre os eletrodos de corrente (AB) e potencial (MN) de 30m para os CEs 1, 2 e 3 e espaçamento de 20m para os demais, dispostos perpendicularmente nos sentidos sul-norte e leste-oeste (CE1 – 450m, CE2 – 330m, CE3 – 480m, CE4 – 200m, CE5 – 200m, CE6 – 200m, CE7 – 200m e CE8 – 200m) (figura 02). Os equipamentos utilizados no estudo incluem um completo sistema de resistividade (transmissor, fonte e receptor) e acessórios. O processamento dos dados foi realizado através dos softwares *RES2D INV*, *RES3D INV*, *RESIX* e *SURFER*.

ESTUDOS GEOELÉTRICOS

A partir de informações obtidas junto ao órgão responsável (SAMAE - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto - Blumenau, SC) pelo funcionamento do aterro sanitário foi concebido um modelo geoeletrico preliminar do local, o qual foi fundamental para o planejamento dos trabalhos de sondagem geofísica elétrica.

O perfil do aterro apresentado é composto por uma cobertura de material grosseiro do tipo saibro com aproximadamente 0,80m de espessura, seguida de uma camada argilosa de aproximadamente 2,0m. A camada seguinte diz respeito aos resíduos depositados ao longo de pelo menos 30 anos, sem informação precisa de sua extensão em profundidade. O resíduo é doméstico e formado por materiais orgânicos e inorgânicos.

A geologia da área diz respeito aos gnaisses do Complexo Granulítico de Santa Catarina.

Os estudos geoeletricos foram realizados para determinar as camadas de cobertura, espessura do resíduo, posição da rocha, o nível do lençol freático e a direção do fluxo subterrâneo. Os resultados serão demonstrados através de perfis geoeletricos, imagens elétricas em 2D e 3D como também em bloco diagrama.

Sondagem Elétrica Vertical – SEV

Foram realizadas dez sondagens elétricas verticais – SEVs, distribuídas na área (Figuras 3 e 4) de modo a obter as espessuras das camadas de cobertura e do resíduo e conseqüentemente os limites verticais do aterro sanitário. Com os dados das SEVs também foi possível programar os trabalhos de caminhamento elétrico identificando os espaçamentos dos eletrodos em função das profundidades exigidas. A sondagem SEV 10 foi realizada fora da área do aterro para fins de monitoramento futuro e o reconhecimento das resistividades dos materiais sem a influência do

aterro.

O modelo proposto apresenta três e quatro camadas, dependendo da espessura do material saibroso podendo estar suprimida pela camada argilosa.

A primeira camada corresponde ao material de cobertura de composição saibrosa com valores de resistividades entre 70 e 200 Ω .m. A segunda camada corresponde ao material argiloso que apresentou valores de resistividade entre 30 e 100 Ω .m. A terceira camada corresponde ao resíduo doméstico com valores de resistividade entre 6 e 45 Ω .m. A quarta camada corresponde a rocha consolidada (gnaiesses) onde as resistividades variaram de 60 e 1.000 Ω .m. A porção saturada foi definida entre as profundidades de 7 e 10m nas SEVs 5, 6, 7 e 8, nos 15m nas SEVs 2 e 4 e nos 25m nas SEVs 1, 3 e 9. Para simplificar exemplificamos as SEVs através da SEV 1, realizada dentro do aterro sanitário (Figuras 3 e 4).

Imageamento Elétrico 2D

As imagens elétricas em 2D foram geradas no software RES2D INV, através dos caminhamentos elétricos CE1 até o CE8 (Figuras 5 e 6). Estas imagens indicaram claramente os limites laterais e em alguns casos os limites verticais do aterro sanitário. Foram identificadas três camadas geoelétricas, sendo uma cobertura resistiva não saturada, uma camada de resíduo doméstico parcialmente saturado e o substrato rochoso.

Nas imagens elétricas do CE1 e CE3 podemos identificar uma possível estrutura geológica de direção sudoeste-nordeste entre os 270 e os 340m dos CEs. Os baixos valores de resistividade nestas porções também corroboram com a identificação da estrutura geológica.

Os caminhamentos elétricos CE5 a CE8 indicam, através das suas imagens, porções com baixos valores de resistividade (em vermelho na imagem) onde podemos inferir a presença de um material saturado e possivelmente contaminado por choroume.

Imageamento Elétrico 3D

As imagens elétricas em 3D foram geradas no software RES3D INV, utilizando-se os dados dos oito caminhamentos elétricos realizados em uma área de 450m x 200m (Figura 7). Foram investigados seis níveis (profundidades) diferentes. O nível 1 entre 0 e 7,0m de profundidade, o nível 2 entre 7,0m e 15,1m, o nível 3 entre 15,1m e 24,3m, o nível 4 entre 24,3m e 35,0m, o nível 5 entre 35,0m e 47,2m e o nível 6 entre 47,2m e 61,3m de profundidade.

O nível 1 demonstra basicamente os materiais de cobertura (saibro + argila), não sendo possível a identificação clara dos limites do aterro sanitário e do fluxo subterrâneo.

O nível 2 apresenta os limites laterais do aterro, onde o resíduo está relacionado aos baixos valores de resistividade (1,1 Ω .m a 50,0 Ω .m) e o substrato gnáissico aos valores mais elevados (> 100,0 Ω .m).

Os níveis 3, 4 e 5 além de mostrarem os limites laterais do aterro mostram claramente a direção do fluxo subterrâneo. A direção principal do fluxo é de norte para sul de acordo com a topografia, também apresentam duas direções secundárias para noroeste e para nordeste. Nas imagens, a porção de cor avermelhada (valores de resistividade entre 1,1 e 5,0 Ω .m) indica uma provável concentração elevada de líquidos e que o mesmo pode estar contaminado (choroume).

O nível 6 representa basicamente o substrato do aterro e a direção preferencial do fluxo subterrâneo que era de norte para sul passa a ser de sudoeste para nordeste, indicando a possibilidade de se tratar de uma fratura geológica no substrato rochoso.

Modelo Geoelétrico em Bloco Diagrama

Utilizando-se do software Surfer e a partir de dados topográficos e coordenadas UTM dos locais

de sondagem geofísica, foi elaborado o bloco diagrama em 3D da área estudada (Figura 8). Após, os dados geofísicos dos caminhamentos elétricos, nível 2, foram plotados sobrepondo a topografia, gerando um bloco geoeletrico. Neste bloco pode-se observar claramente a direção do fluxo subterrâneo, confirmando as três direções principais (S, NE e NW). Nas imagens, as porções em vermelho, com valores de resistividade entre 3 e 9 Ω .m, indicam a presença do fluxo concentrado e possivelmente contaminado por chorume. Os dois altos resistivos, com valores de resistividade entre 100 e 500 Ω .m indicam a presença da rocha gnáissica. Podemos também identificar as dimensões da cava de deposição tanto lateralmente como em profundidade.

CONCLUSÕES

As primeiras informações a serem consideradas dizem respeito à espessura do depósito de resíduo, nível do lençol freático e posição do maciço. Estas informações são obtidas através das SEVs. A espessura média da cobertura (saibro + argila) é de 3,0m. O depósito de resíduo possui espessura variável ao longo da área, nas porções sul e central a espessura varia de 15 a 23m, já na porção norte atinge os 40m. O nível do lençol variou de acordo com o volume de resíduo depositado. Nas porções sul e central ficou entre 7 e 15m de profundidade, respectivamente. Na porção norte o nível ficou nos 25m de profundidade. A rocha consolidada marca o substrato do depósito de resíduo, sendo resistente eletricamente imprimindo na Curva de Resistividade uma ascensão positiva a 45° do eixo horizontal.

Os imageamentos elétricos 2D e 3D (obtidos através dos CEs) forneceram as informações para a definição da direção preferencial do fluxo da água subterrânea e os limites laterais da cava. A direção geral é para sul e secundariamente para NW e NE;

Os baixos valores de resistividade, aliados à forma das anomalias geoeletricas nos leva a considerar como pluma de contaminação a área demarcada em vermelho nas imagens elétricas. Observa-se que a influência da pluma, possivelmente contaminada, persiste até o nível 5 (35 a 47,2m de profundidade). A partir desta profundidade a influência da possível contaminação torna-se gradativamente menor, chegando até os 61,3m. A forma concêntrica da anomalia indica também um local onde possivelmente temos uma fonte de alimentação. Esta se situa na porção norte sob as atuais “leiras” de deposição;

O bloco diagrama geoeletrico 3D da área resume e confirma as informações obtidas nas interpretações das SEVs e dos CEs. Neste bloco geoeletrico torna-se claro a direção do fluxo subterrâneo e sua delimitação em área e em profundidade. Também é possível inferir a provável delimitação da pluma de contaminação, demarcada através dos baixos valores de resistividade, em vermelho nas imagens.

O método aplicado da eletrorresistividade, através das sondagens elétricas verticais e dos caminhamentos elétricos se mostrou extremamente eficiente nas definições do material de cobertura, da espessura do resíduo, do nível do lençol freático, do fluxo subterrâneo, da profundidade da rocha e da provável pluma de contaminação.

A partir deste trabalho pode-se projetar corretamente as demais ações de diagnóstico e remediação, orientando os métodos diretos de investigação, assim como, a locação de poços de monitoramento na área.

AGRADECIMENTOS

Os autores do presente trabalho gostariam de registrar os seus agradecimentos ao SAMAE – Blumenau, SC, na pessoa do Eng. James Polz pela liberação de divulgação dos dados aqui presentes e todo apoio para realização do mesmo, a Deisy Schulz Xavier pela logística, dicas e correções e a José Júlio de Oliveira pela participação nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

ELIS, V. R. (coordenador). **IV Escola de verão de geofísica**. São Paulo, IAG/USP, 2002.



Figura 1. Localização da área de estudo.



Figura 2. Localização das Sondagens Geofísicas



Figura 3

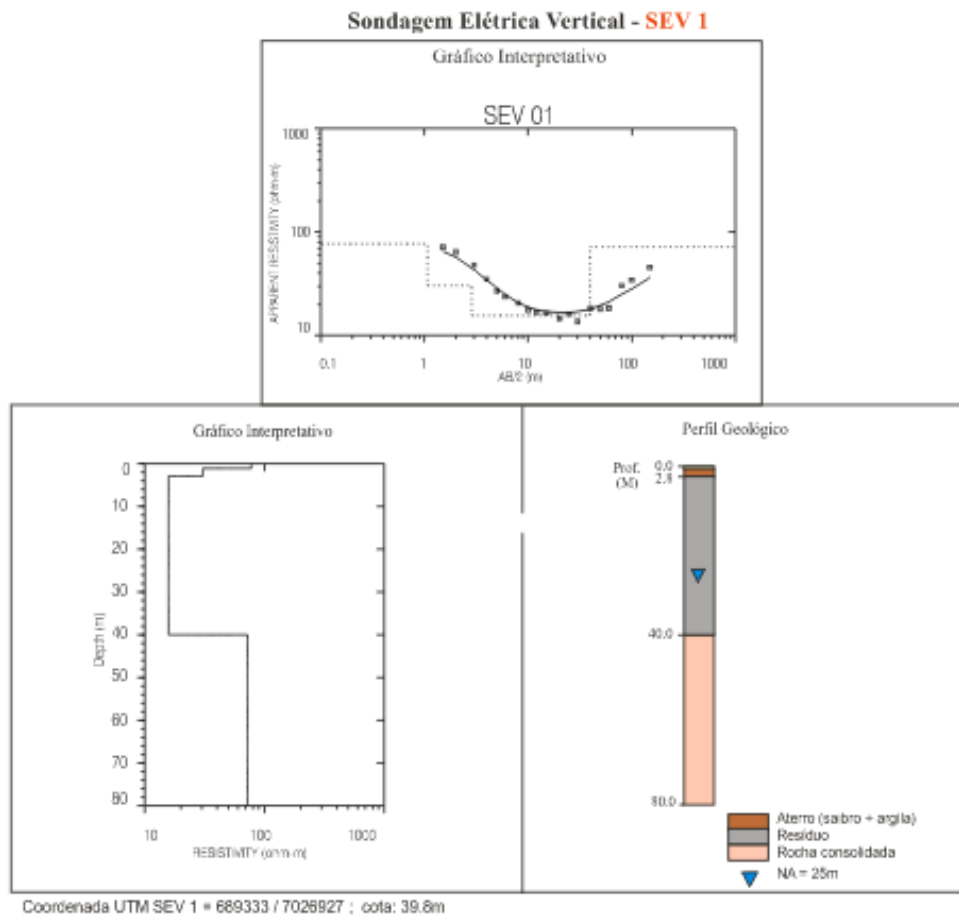
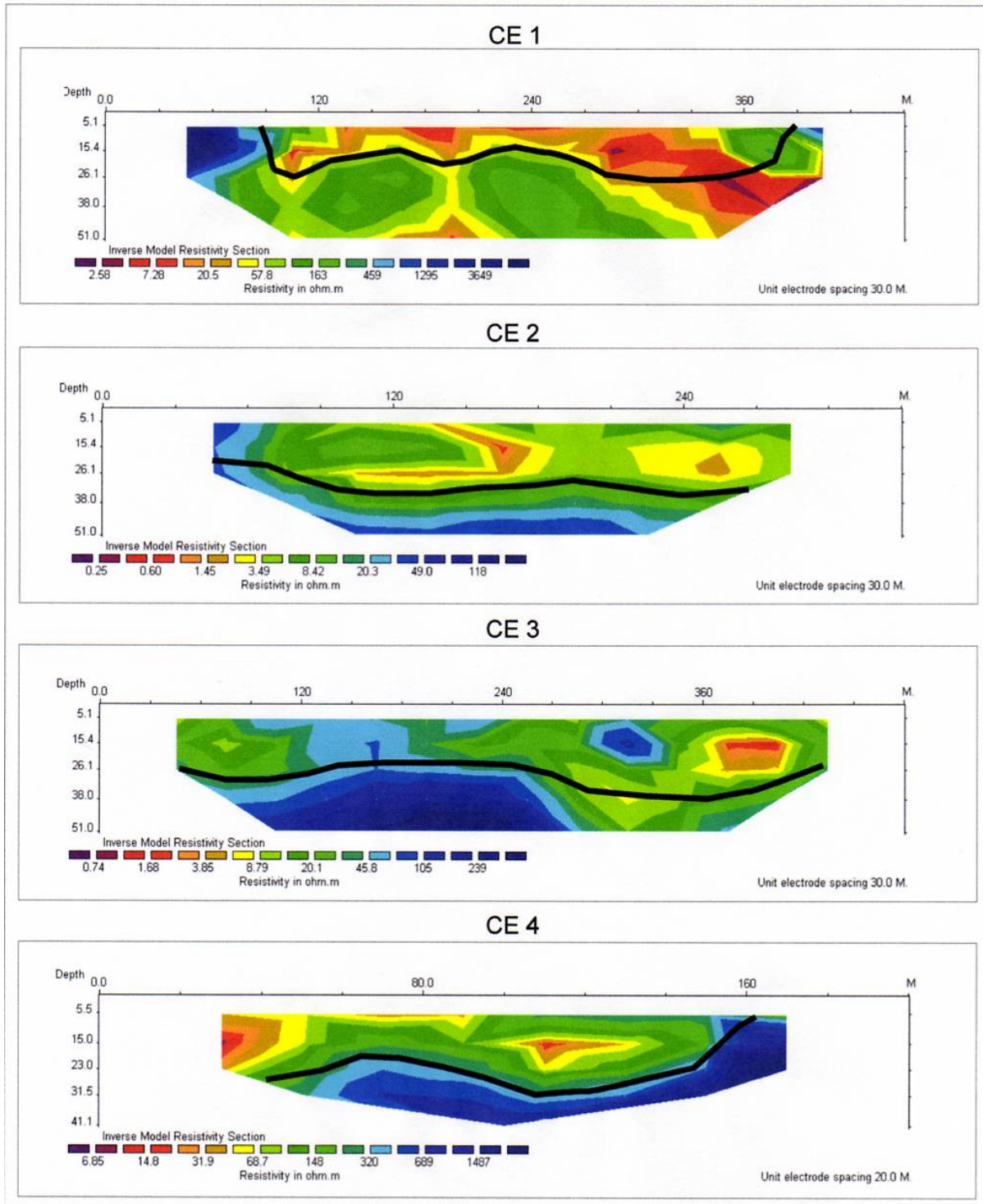


Figura 4

CAMINHAMENTO ELÉTRICO - CE

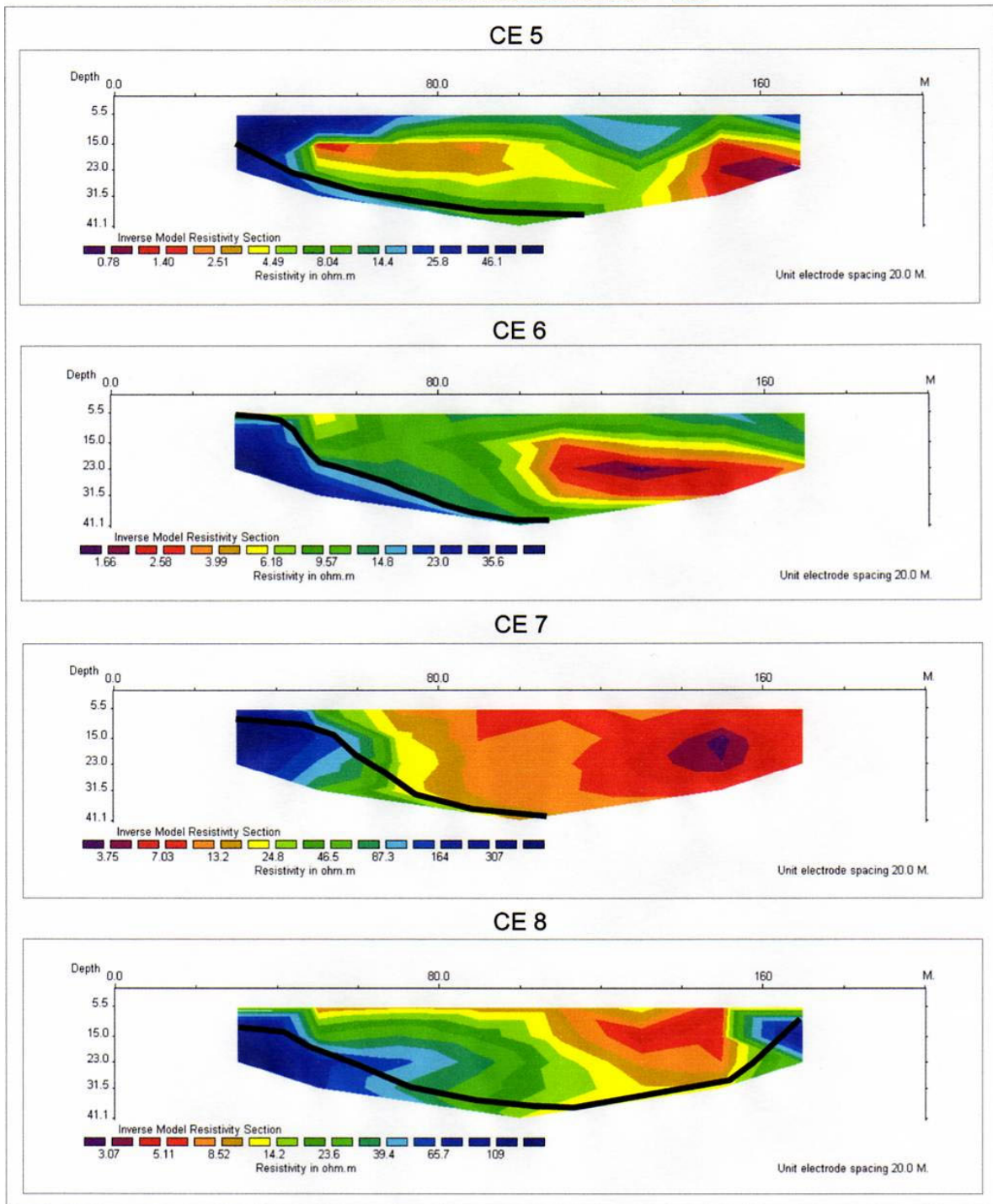


LEGENDA

— Base do aterro sanitário

Figura 5

CAMINHAMENTO ELÉTRICO - CE



LEGENDA


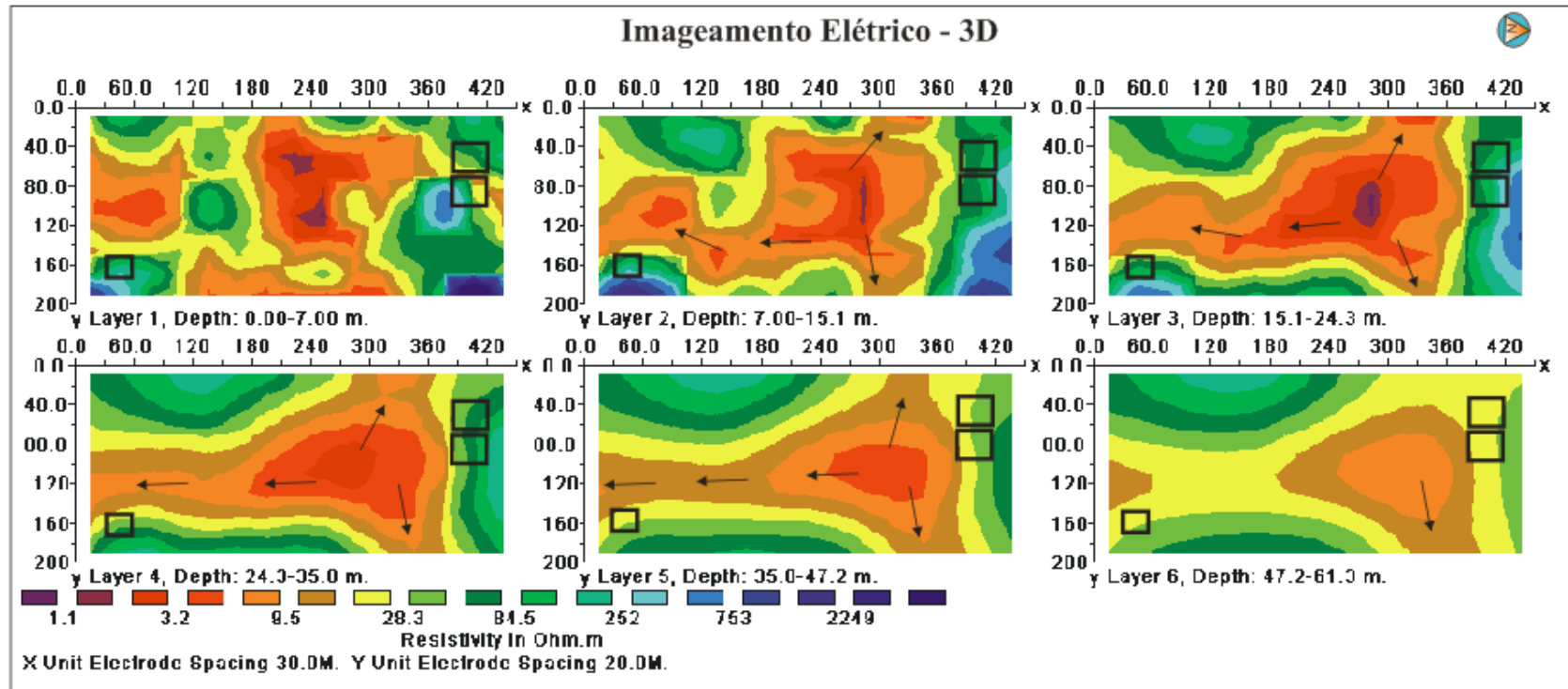
 Base do aterro sanitário

Figura 06



Legenda



-  Direção do fluxo subterrâneo
-  Instalações

Figura 7

Bloco diagrama e mapa de resistividade aparente elaborado com os dados do nível 2 do dipolo-dípolo.

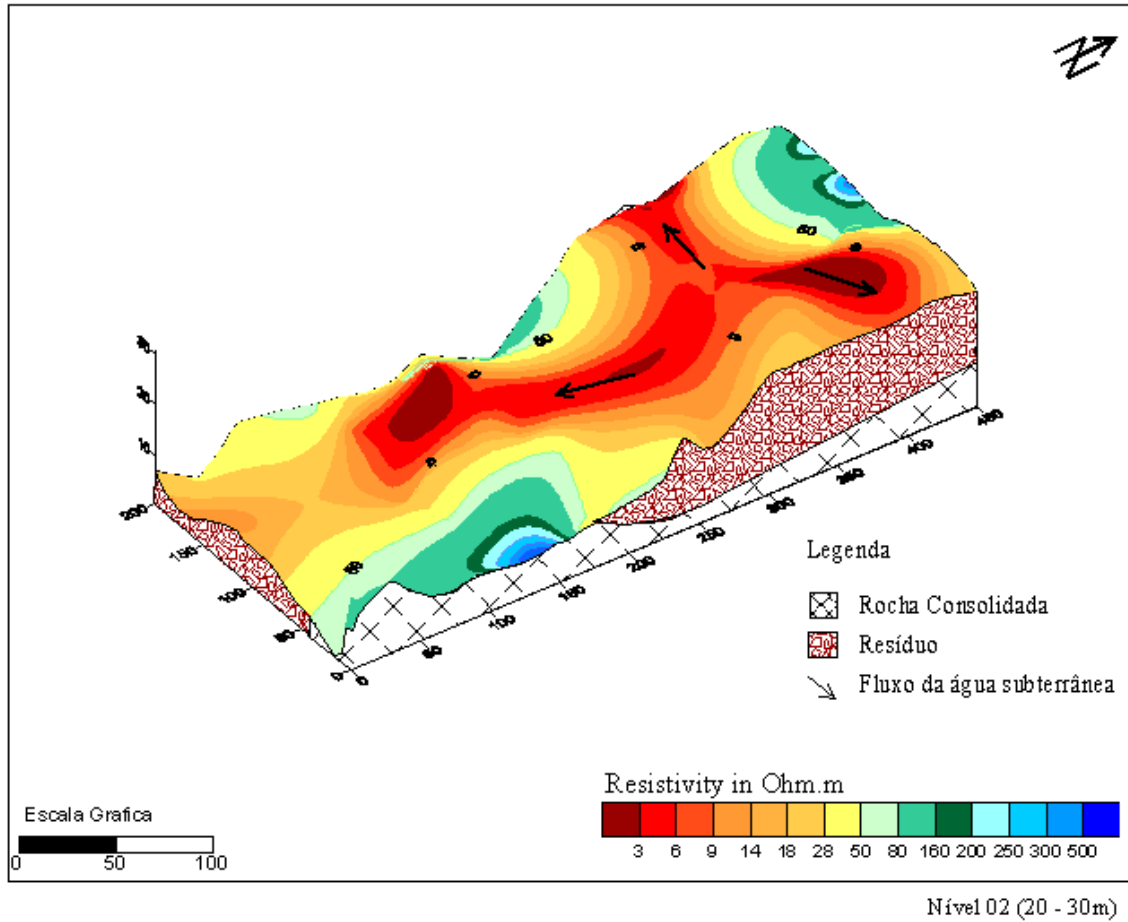


Figura 8