



ESTUDO GEOELÉTRICO EM SEQUÊNCIA ULTRAMÁFICA MINERALIZADA EM CROMO, MUNICÍPIO DE SÃO SEPE - RS.

Adriano da Rosa Seixas*, César Augusto Moreira & William Ribeiro Lopes

*Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. Avenida Pedro Anunciação, s/n, Vila Batista, CEP 96570-000, Caçapava do Sul - RS

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

This paper presents the results of Electrical Resistivity method applied in characterization of metamorphosed ultramafic body in chrome mineralization, located in the São Sepé city (RS). The study area occur rocks of Vacacaí Metamorphic Complex and Basic-ultrabasic Metamorphic Complex. These complexes bring together a wide range of lithotypes, predominantly ultrabasic terms in the form of magnesian serpentinites and schists, with subordinate terms metabasic. The method of the Electrical Resistivity allowed to relate the results of pseudoseções with ultramafic bodies in depth, it was possible to visualize the intervals of the rocks due to the contrast in physical properties between the host rock and the mineralized bodies in chrome. The inversion models were masked by smoothing, not allowing a clear understanding of the format as the resistive zones pseudosections.

Introdução

Aplicações de técnicas modernas, por vezes altamente refinadas, permitem descobrir, obter e transformar bens minerais em bens industrializados que tornaram a vida mais agradável (TEIXEIRA *et al.*, 2000).

Uma jazida mineral é formada pelo minério, envolvido por partes estéreis correspondentes às rochas encaixantes. O minério consiste num mineral economicamente aproveitável, enquanto que minerais sem nenhum valor comercial são denominados ganga (PEREIRA, 2003).

Desde os primórdios da busca, pelo homem, dos recursos minerais de interesse, são feitas observações a respeito das relações entre certos tipos de mineralizações e determinados tipos litológicos. A partir disso foi estabelecida uma série de associações entre litologias e mineralizações tais como: granito e cassiterita; rochas ultrabásicas e cromita. Contudo, nem todos os granitos apresentam mineralizados em estanho, e que nem todas as rochas ultrabásicas demonstram depósitos de cromita (PEREIRA, 2003).

A cromita é usada tanto como mineral metálico quanto não metálico, sendo considerado um dos mais importantes minerais industriais em todo o mundo. Os minérios de cromita são empregados como fonte de

cromo para as indústrias metalúrgicas, química, de refratários e como areia nos processos de fundição. A indústria metalúrgica desponta como o maior consumidor dos produtos de cromita, comparada às demais (CHATTERJEE, 2007).

Não há substituto para o cromo na fabricação de aços inoxidáveis. Os produtos capazes de substituir o cromo na fabricação de ligas, produtos químicos e refratários são de custo elevado e de aplicações restritas (CHATTERJEE, 2007).

O cromo é o quinto elemento metálico de maior consumo industrial. As maiores reservas mundiais de cromita estão assim distribuídas: Cazaquistão (26,1%), África do Sul (15%), Índia (3,2%) e outros países (59%). O total das reservas brasileiras é de 15 milhões de toneladas, que equivale a 4.992 mil toneladas de Cr₂O₃ contido, distribuídas entre os estados: Bahia (79,7%), nos municípios de Campo Formoso, Andorinha, Uauá e Santa Cruz; Amapá (7,2%), no município de Mazagão; Minas Gerais (3,1%), no município de Alvorada de Minas.

A cromita é o único mineral de cromo economicamente aproveitável. O cromo é encontrado em vários minerais nas formas de óxidos e silicatos e não há conhecimento da ocorrência de cromo metálico na natureza. Isso é devido ao caráter oxidante da atmosfera e à elevada reatividade do cromo metálico com o oxigênio. A composição química da cromita (FeO.Cr₂O₃) pertencente ao grupo dos espinélios, contém 68% de Cr₂O₃ e 32% de FeO. Entretanto, estes valores não são encontrados nos minerais naturais, em decorrência das impurezas.

Segundo Luiz & Silva (1995), os métodos geofísicos são altamente aplicáveis em prospecção mineral, pois a partir do contraste de propriedades físicas entre alvo potencialmente mineralizado e a rocha encaixante permite a detecção de acumulações minerais economicamente significativas. O uso da geofísica em prospecção mineral visa essencialmente o reconhecimento de variações do parâmetro físico medido, em relação aos valores naturais para a região de estudo. Tais variações podem estar associadas a atributos locais, gerados a partir de materiais de subsuperfície com propriedades físicas distintas.

A geofísica pode ser utilizada na localização de vários tipos de depósitos, com destaque para prospecção geofísica em rochas ultramáficas. O método da Eletroresistividade pode ser utilizado neste tipo de rochas devido à presença de óxidos que são amplamente condutivos, além da Magnetometria pela presença de minerais altamente magnéticos como a magnetita.

A aplicação de métodos elétricos possibilita a caracterização de depósitos minerais a partir de anomalias em parâmetros físicos, devido ao contraste frequentemente apresentado entre a rocha encaixante e o corpo oxidado. O método da Polarização Induzida pode ser aplicado na prospecção de óxidos, devido ao fenômeno de polarização eletrônica produzido em minerais metálicos presentes em rochas.

Caracterização da área de estudo

A área de estudos está localizada na zona rural do município de São Sepé (RS), distante 7 km do viaduto no entroncamento entre a BR392 e a BR290. O acesso à área é possível por estrada de terra (Figura 1).



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2010.

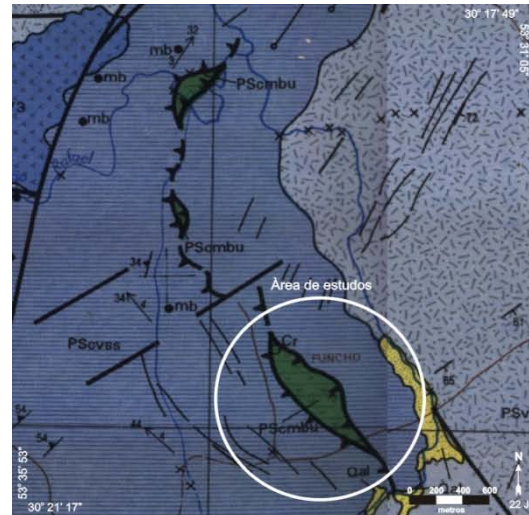
Figura 1 – Localização da área de estudos.

Esta área é coberta pelo Programa de Levantamentos Básicos Geológicos (PLBG) Passo do Salsinho, que consiste num estudo sistemático em termos geológicos, geofísicos, geoquímicos e metalogenéticos em escala 1:50.000, que cobrem os municípios de Caçapava do Sul, São Sepé e Vila Nova do Sul, Estado do Rio Grande do Sul.

Neste estudo são descritos algumas sequências máficas/ultramáficas metamorizadas, uma das quais selecionadas para estudos por meio do presente projeto. Nas proximidades desta ocorrência, foram obtidas amostras de rocha para posteriores análises químicas, que indicaram teores de cromo que permitem classificar uma ocorrência em cromo na área (PORCHER, 1995).

A área investigada está inserida no segmento meridional da Província Mantiqueira, mais precisamente no setor centro-sul do estado do Rio Grande do Sul, delimitada pelas províncias Paraná e Costeira, constituindo o denominado Escudo Sul-Rio-Grandense. O Escudo Sul-Rio-Grandense, que compreende rochas metamórficas, ígneas e evolução diversas, caracterizada por uma compartimentação em blocos limitados por grandes falhamentos regionais de direção NE-SW (PORCHER, 1995).

Na área estudada apresenta rochas reunidas no Complexo Metamórfico Básico-ultrabásico, Complexo Metamórfico Vacacaí e Coberturas Vulcanossedimentares representadas pelos Grupos Maricá e Cerro do Bugio (Fig. 2).



LEGENDA

Convenções Cartográficas

- Drenagens
- Estradas

Convenções Geológicas

- Depósitos Aluvionares (Quaternário)
- Cascalhos, areias, silte e argilas
- GRUPO CERRO DO BUGIO**
- Formação Acampamento Velho (Neoproterozóico)
- Derrames riolíticos alcalinos a peralcalinos
- GRUPO MARICÁ**
- Formação São Rafael (Neoproterozóico)
- Arenitos, ritmitos e tempestitos
- Complexo Metamórfico Vacacaí (Neoproterozóico)**
- Unidade Vulcano-sedimentar
- Metavulcânicas, metatufos e metapelíticas subordinadas
- Complexo Máfico-Ultramáfico Cerro Mantiqueira**
- Metamafito, metagabro, metadiorito, xisto magnesiano
- Falha
- Fratura
- Falha encoberta
- Falha de empurrão aproximada

Fonte: Adaptado de Porcher, 1995.

FIGURA 2 - Mapa geológico da área de estudos.

Método

No método da Eletroresistividade, correntes elétricas artificialmente geradas são introduzidas no solo e as diferenças de potencial resultantes são medidas na superfície (KEAREY, 2009). Os desvios do padrão de diferenças de potencial esperado do solo homogêneo fornecem informações sobre a forma e as propriedades elétricas das inhomogeneidades de subsuperfície. Este método é baseado na Lei de Ohm, a qual descreve que a razão entre voltagem e corrente é constante num condutor linear.

Este trabalho apresenta os resultados da aplicação dos métodos de Eletroresistividade, através da técnica de

caminhamento elétrico em arranjo Wenner-Schlumberger, na caracterização de um corpo ultramáfico metamorfizado e mineralizado em cromo. Foi utilizado o resistivímetro SYSCAL PRO, fornecido pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Este equipamento realiza leituras de resistividade elétrica, cargabilidade elétrica e voltagem, possui 250W de potência e 2,5A de corrente. Foram utilizados eletrodos não polarizáveis a base de uma solução saturada de sulfato de cobre (CuSO_4). Os dados foram processados no programa RES2DINV (Loke & Barker, 1996).

Resultados e Discussão

Os resultados são apresentados sob a forma de pseudosseções, seção calculada e modelo de inversão em termos de resistividade elétrica.

Para a aquisição de dados foram realizadas 3 linhas de caminhamento elétrico, com 960 m de extensão cada, dispostas paralelamente sobre a ocorrência mineral, espaçamento de 40m entre eletrodos e 10 níveis de investigação em profundidade.

As figuras 3, 4 e 5 apresentam as pseudosseções de resistividade, seção calculada e modelo de inversão em termos de resistividade elétrica para as linhas 1, 2 e 3 respectivamente. As pseudosseções de resistividade de um modo geral apresentam valores que são amplamente variáveis, com presença de duas zonas inclinadas de alta resistividade entre 750.000 $\Omega\cdot\text{m}$ e 1.500.000 $\Omega\cdot\text{m}$, localizadas entre as posições 400m a 660m (Fig. 3), 360 a 680 (Fig.4) e 440 m a 720 m (Fig. 5).

A linha 1 apresenta claramente uma zona resistiva com comprimento em superfície de 120 metros, seguida por outra zona com comprimento em superfície de 100 metros, com resistividade entre 750.000 $\Omega\cdot\text{m}$ a 1.500.000 $\Omega\cdot\text{m}$. Há ainda intercalado entre ambas, um intervalo de menor resistividade, com comprimento em superfície de 40 metros, limitada a profundidade de 100 metros, com resistividade em torno de 300.000 $\Omega\cdot\text{m}$. Tais zonas resistivas apresentam formato de cunha.

A linha 2 também apresenta uma zona resistiva com comprimento em superfície de 140 metros, seguida por outra zona apresentando comprimento em superfície de 120 metros, com resistividade entre 750.000 $\Omega\cdot\text{m}$ a 1.500.000 $\Omega\cdot\text{m}$. Também há intercalado entre ambas, um intervalo de menor resistividade, com comprimento em superfície de 80 metros, com tendência de continuidade para além dos 155m de profundidade investigados e resistividade em torno de 300.000 $\Omega\cdot\text{m}$. Por tanto, a linha 2 apresenta a parte mais espessa do corpo ultramáfico.

A linha 3 apresenta apenas uma zona resistiva com comprimento aproximado em superfície de 300 metros, com resistividade entre 750.000 $\Omega\cdot\text{m}$ a 1.500.000 $\Omega\cdot\text{m}$. Intercalado por uma pequena zona de menor resistividade, contida entre a zona resistiva com comprimento em superfície de 20 metros, com resistividade em torno de 300.000 $\Omega\cdot\text{m}$. Esta zona de baixa resistividade possui formato de cunha e é limitada a profundidade de 50 metros.

Os modelos de inversão apresentam um formato aproximado das zonas resistivas com as mesmas intercalações descritas nas pseudosseções, porém,

mascaradas pela suavização, apresentando valores de resistividade altos acima de 750.000 não possibilitando a clara compreensão do formato das zonas resistivas como nas pseudosseções.

As descrições para as três linhas em termos de dimensões das áreas de alta resistividade indicam um formato de cunha, com tendência de continuidade para além dos 155m de profundidade investigados a partir dos dados de pseudosseção. Esta analogia também é válida para a área de menor resistividade contida entre as áreas descritas anteriormente.

O trabalho de Porcher (1995), diz que no complexo metamórfico básico-ultrabásico ocorre o predomínio dos termos ultrabásicos, na forma de serpentinitos e xistos magnesianos, com termos metabásicos subordinados. Essas rochas, por apresentarem grandes diferenças composicionais, texturais e petrogenéticas em relação às rochas metavulcânicas do cinturão metavulcanossedimentar, em que é intercalado tectonicamente, foram consideradas como uma associação petrotectônica distinta.

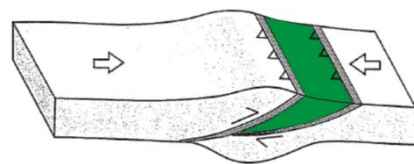
Em campo foi possível reconhecer os intervalos de rocha ultrabásica metamorfizada, sob a forma de serpentinitos, e a encaixante, representa por xistos. Estes litótipos coincidem com as áreas de alta e baixa resistividade, ou seja, alta resistividade para o domínio de serpentinitos e baixa resistividade para xistos. Desta forma, o trabalho adota apenas as pseudosseções para fins de análise e interpretação dos dados geofísicos.

Os dados de cartografia geológica obtidas em campo indicam relações de deslocamento de campo tangencial, para o corpo ultramáfico estudado, que ocasionaram sua imbricação nos metamorfitos vulcanossedimentares (PORCHER, 1995).

Em campo, as relações de contato entre os serpentinitos e os xistos encaixantes estão frequentemente mascaradas por zonas de cisalhamento transcorrentes. O trabalho de Wildner (1990) sugere que dois corpos são brechas tectônicas ultramáficas, litótipo interpretado como parte de uma mélangue tectônica, provavelmente associados à falhamentos do tipo cavalgamento (Fig.6).

Evidências claras de falhamentos de empurrão observados no âmbito do Cinturão Metavulcanossedimentar em outros setores da folha permite sugerir que a faixa de metamorfitos básico-ultrabásicos esteja cavalgada por sobre as rochas do cinturão. As anomalias apresentadas nas pseudosseções exibem formato de cunha, provavelmente representando os corpos ultramáficos.

No que diz respeito à evolução geotectônica das associações metamórficas de natureza básica-ultrabásica, ora têm sido consideradas como faixas ofiolíticas, ora como parte constituinte de cinturões vulcanossedimentares tipo greenstone belt (PORCHER, 1995).



Fonte: Modificado de Davis, 2006.

FIGURA 6 – Regime tectônico em zona de sutura, com movimento relativo.

Conclusões

Em acordo com os objetivos propostos, foi possível caracterizar o corpo metaultramáfico por meio de Geofísica. A aplicabilidade da Geofísica na detecção e caracterização de rochas metaultramáficas é comprovada pelos resultados do presente estudo e por diversos trabalhos anteriores.

A partir de reconhecimentos preliminares em campo, foi possível definir os principais litótipos presentes na área, essencialmente por meio da Eletrorresistividade, posteriormente reconhecidos em campo.

O método da Eletrorresistividade permitiu relacionar os resultados das pseudosseções com os corpos ultramáficos em profundidade, onde foi possível visualizar os intervalos das rochas devido ao contraste nas propriedades físicas entre a rocha encaixante e o corpo mineralizado.

As pseudosseções apresentadas neste trabalho possibilitaram uma noção bidimensional do provável formato de cunha do corpo mineralizado. Os intervalos de serpentinitos resultaram valores em torno de 1.000.000 Ω .m, considerados valores esperados para este tipo de rocha.

Os dados de pseudosseção obtidos neste estudo representados principalmente pela linha 2, não permitiram o estabelecimento da profundidade máxima dos corpos ultrabásicos e a encaixante, pois aparentemente existe uma tendência de continuidade para além dos 155m de profundidade investigados.

Os dados dos modelos de inversão, foram mascaradas pela suavização, apresentando valores de resistividade altos acima de 750.000 Ω .m, porém, não possibilitando a clara compreensão do formato das zonas resistivas como nas pseudosseções.

Os dados de Polarização Induzida não coincidiram com a geologia reconhecida em campo e em profundidade não coincidiu com as estruturas reconhecidas em superfícies. O arranjo Wenner-Schlumberger aparentemente compensou a baixa potência do equipamento utilizado, ao menos em termos de resistividade elétrica, com redução da razão sinal/ruído. Entretanto, os dados de

cargabilidade provavelmente foram prejudicados devido a esta baixa potência do equipamento.

Referências

CHATTERJEE, K. K. Uses of Metals and Metallic Minerals. New Delhi: New Age International, 2007. 326 p.

DAVIS, George Herbert; REYNOLDS, Stephen J. Structural Geology of rocks and regions. Second Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2006. 776 p.

GOOGLE EARTH. Versão 4.3 (beta). Europa Technologies - US Dept. of state Geographer, 2010.

KEAREY, Philip; BROOKS, Michael; HILL, Ian. Geofísica de Exploração. Tradução: Maria Cristina Moreira Coelho. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 431 p. Tradução de: An introduction to geophysical exploration.

LOKE, Meng Heng & BARKER, Ron. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. Geophysical Prospecting, v. 44, p. 131 - 152, 1996.

PEREIRA, Ronaldo Mello; Fundamentos de Prospecção Mineral. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 167p.

PORCHER, Carlos Alfredo; et al. Passo do Salsinho – Folha SH.22-Y-A-1-4. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Brasília: CPRM, 1995.372 p.

TEIXEIRA, Wilson; TOLEDO, M. Cristina Motta; FAIRCHILD, Thomas Rich; TAIOLI, Fabio. Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568p.

TELFORD, William Murray; GELDART, Lloyd Phillip; SHERIFF, Robert Edward. Applied Geophysics. 2 ed. New York: Cambridge University Press, 1990.774 p.

WILDNER, W. Caracterização Geológica e Geoquímica das Sequências Ultramáficas e Vulcanossedimentares da região de Bossoroca-RS. 1990. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geociências - UFRGS. Porto Alegre.1990.

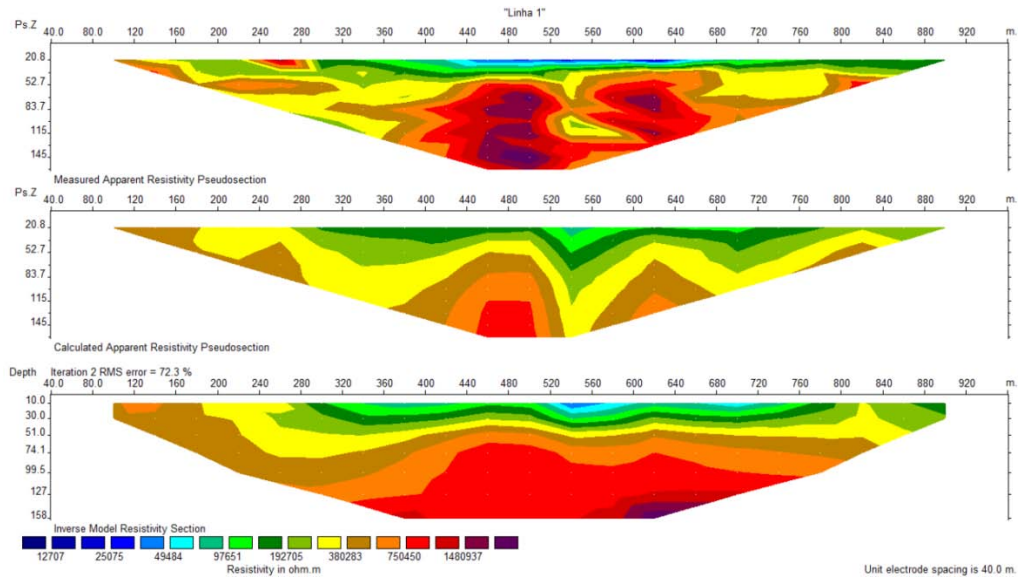


FIGURA 3 - Pseudosseção de resistividade aparente, seção calculada e modelo de inversão, referentes à linha 1.

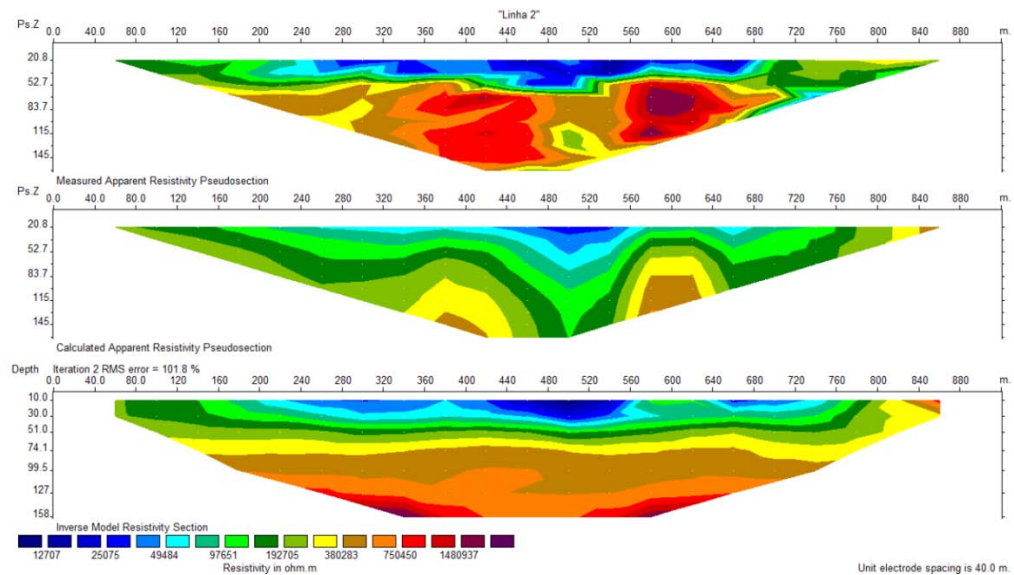


FIGURA 4 - Pseudosseção de resistividade aparente, seção calculada e modelo de inversão, referentes à linha 2.

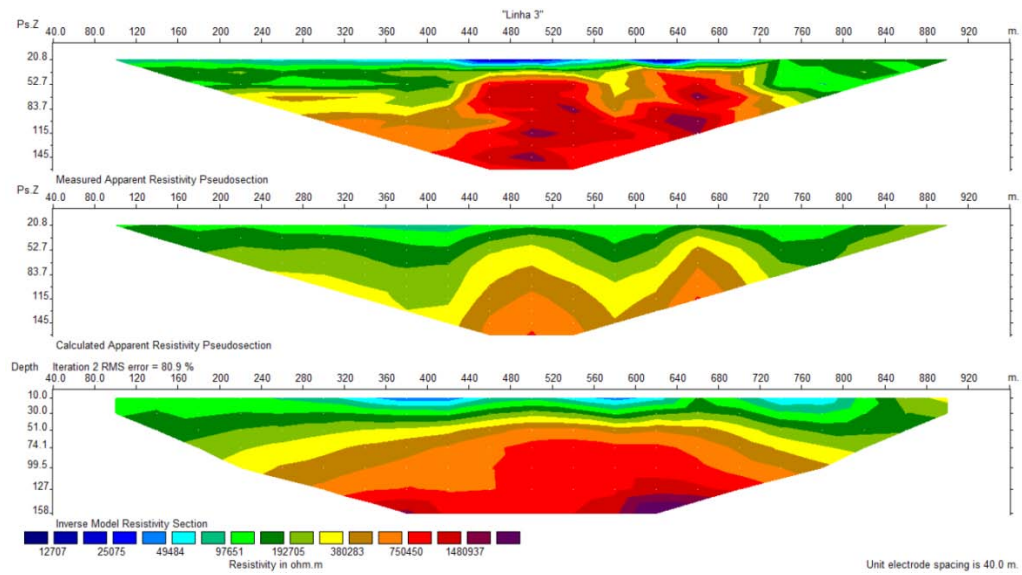


FIGURA 5 - Pseudosseção de resistividade aparente, seção calculada e modelo de inversão, referentes à linha 3.