

# Levantamento Geofísico por Tomografia Geométrica como Subsídio aos Estudos Geotécnicos e Geológicos de Furo Direcional para Implantação de Gasoduto – Monte Mor/SP

Allex Raiol Cardoso Medeiros\*, Fabiano das Neves, Franklim Roberto - Geoprospecto – Soluções em Geofísica

Copyright 2014, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no VI Simpósio Brasileiro de Geofísica, Porto Alegre, 14 a 16 de outubro de 2014. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VI SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

## Resumo

O presente trabalho apresenta a aplicabilidade do método da eletrorresistividade (tomografia geométrica) como subsídio aos estudos geotécnicos e geológicos de furo direcional na identificação da variação litoestratigráfica da área estudada para implantação de gasoduto no município de Monte Mor/SP.

Com o resultado do estudo geofísico foi possível identificar os seguintes estratos geológicos: Argiloso, Argilo Arenoso, Areno Argiloso, Arenoso Saturado, Arenoso Insaturado, Intevalo solo/rocha, Maciço rochoso pouco alterado, Rocha Sã, Blocos de rocha. A identificação da litoestratigráfica foi importante para saber qual tipo de broca a ser utilização do furo direcional para a instalação do gasoduto.

## Introdução

No Brasil com o crescimento do mercado de Petróleo e Gás, aumentaram conseqüentemente, os investimentos nas atividades *downstream*, ou seja, no transporte (por exemplo, através de gasodutos) e distribuição de produtos da indústria de petróleo, desde a refinaria até as empresas de distribuição. Uma das formas de transporte do chamado “Ouro Negro”, o petróleo, seja na forma de óleo ou gás, pode ser através de duto. Associado a este contexto existe a necessidade, do conhecimento geológico das camadas em subsuperfície por onde os dutos passaram, pois auxiliaram no tipo de broca a ser utilizada, quando realizado o furo direcional, para instalação dos dutos.

Em meio a este cenário, os métodos geofísicos de características não invasivas têm apresentado bons resultados em tais aplicações. Campanhas geofísicas vêm sendo bastante utilizadas em estudos de suporte geotécnicos e geológicos, em projetos de engenharia.

Dentro deste contexto, o presente trabalho apresenta os resultados da aplicação de levantamentos geofísicos, por meio do método da eletrorresistividade (tomografia geométrica) para caracterização geométrica dos estratos litológicos de uma área localizada as margens à Rodovia Jornalista Francisco Aguirra Proença, no município de Monte Mor, Estado de São Paulo. Com a geofísica foi possível delimitar as camadas litológicas, topo rochoso e possíveis zonas anômalas, como por exemplo, rochas inconsolidadas. O objetivo do estudo de caracterização geotécnica e geológica na área estudada

foi de fornecer informações e subsídios para o projeto de implantação dos dutos.

Na área de estudo, foram executados 08 perfis com os seguintes comprimentos: Perfil 01 (195 m), 02 (330 m), 03 (150 m), 04 (130 m), 05 (390 m), 06 (390 m), 07 (285 m) e 08 (195 m). Os trabalhos foram executados no mês de Maio/2013.

## Metodologia - Eletrorresistividade

O método geofísico da eletrorresistividade baseia-se na determinação da resistividade aparente do substrato a partir da resposta ao fluxo de uma corrente elétrica (Ward, 1990). O princípio básico do método consiste na aplicação de uma corrente elétrica artificial, contínua ou alternada, no solo por meio de um eletrodo localizado na superfície, com o objetivo de medir o potencial elétrico gerado nas proximidades do fluxo de corrente (usando um equipamento conhecido como eletrorresistímetro). Utilizando um par de eletrodos de corrente (A-B) e um par de eletrodos de potencial (M-N), pode-se obter a diferença de potencial gerada, sendo possível associá-la à resistividade elétrica das rochas em subsuperfície e, posteriormente relacionar com variações

Dentre os diversos tipos de arranjos de campo disponíveis para a técnica do caminhamento elétrico, o presente trabalho utiliza o arranjo dipolo-dipolo, devido à disposição dos eletrodos em arranjo simétrico, facilidade operacional durante a aquisição, baixa razão sinal/ruído, além de uma resolução lateral adequada aos objetivos do trabalho. Ver Figura 1.

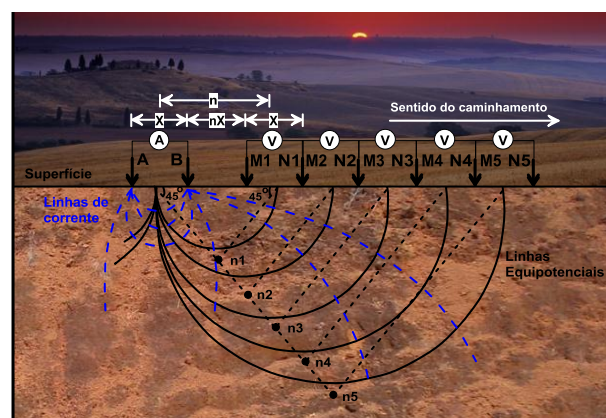


Figura 1 – Arranjo Dipolo-Dipolo – CE.

## Levantamento de campo

Para esta campanha geofísica utilizou-se o Caminhamento Elétrico – CE, arranjo dipolo-dipolo. Neste tipo de arranjo a grande vantagem é a investigação lateral do parâmetro físico em subsuperfície em vários

níveis de profundidade. Foram executados 08 perfis no sentido NWSE com os seguintes comprimentos: Perfil 01 (195 m), 02 (330 m), 03 (150 m), 04 (130 m), 05 (390 m), 06 (390 m), 07 (285 m) e 08 (195 m), com espaçamento entre estações de 15 m para todos os perfis, exceto o perfil 04, cujo espaçamento foi de 10 m. Alcançou uma profundidade real de 25,5 m (com 6 níveis investigados em cada perfil), exceto o perfil 04 que atingiu 17 m.

A Figura 2 mostra a distribuição dos perfis da área em estudo, através da plotagem dos eletrodos de cada perfil. Está sendo apresentado o mapa de localização dos perfis sobre a imagem do Google Earth, mas é importante ressaltar que devido à diferença no sistema de coordenadas geográficas os mesmos podem não coincidir totalmente com a realidade.

Realizou-se um levantamento topográfico com Estação Total em todos os eletrodos, com o objetivo de explorar a precisão deste tipo de levantamento (precisão centimétrica) e fornecer tais informações. Para o levantamento geofísico é imprescindível obter essas coordenadas geográficas com sua cota, cujo DATUM utilizado foi o SIRGAS 2000, pois auxiliaram na correção topográfica dos dados geofísicos.

Foram realizadas 05 sondagens mistas, denominadas S01, S02, S03, S04 e S05 e 02 sondagens a percussão, denominadas SP32 e SP34. Ambas encontram-se plotadas no mapa da Figura 2. Tais sondagens serão utilizadas como parâmetro de correlação com os dados de Tomografia Geométrica coletados ao longo da rodovia Jornalista Francisco Aguirra Proença (SP101).

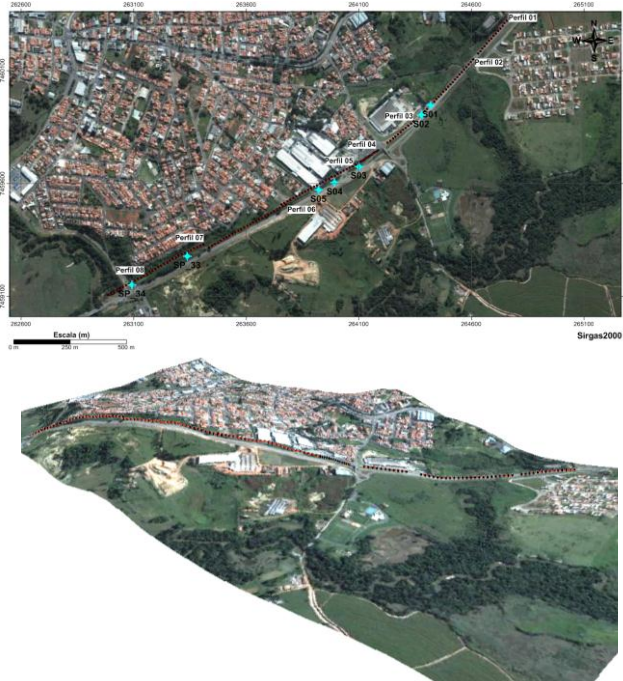


Figura 2 – Mapa de localização dos perfis geofísicos e sondagens.

### Inversão, Resultados e Interpretação

A inversão dos dados de Caminhamento Elétrico se deu por suavização, também conhecida por “Smooth Inversion” que utiliza algoritmos baseados em esquemas de células. A inversão foi efetuada sem que o usuário entre com o modelo geológico inicial conhecido, desta forma um processo automático de imageamento. O programa utilizado neste projeto é o RES2DINV que possibilitou a determinação de um modelo geológico invertido. Além disso, todos os perfis foram tratados com correção da topografia.

Para modo de visualização 2D dos dados geofísicos utilizou-se o programa SURFER 10 e para o modo 3D o VOXLER 2.

O critério de distribuição da resistividade das rochas existentes na área em estudo obtido, além de fundamentar-se na literatura pertinente, baseou-se, também, a partir de perfis que sobrepueram aos furos de sondagem S01, S02, S03, S04, S05, SP32 e SP34.

Diante disso foi possível convencionar uma representação para a escala cromática de resistividade elétrica para os perfis geofísicos, correlacionando com a geologia da área. A Figura 3 mostra a escala cromática de resistividade associada à interpretação geológica/geofísica da subsuperfície, que serviu como parâmetro de análise dos perfis. Desta forma, a integração com as informações das 07 sondagens realizadas possibilitou uma correlação dos valores das resistividades com os prováveis estratos geológicos (camadas).

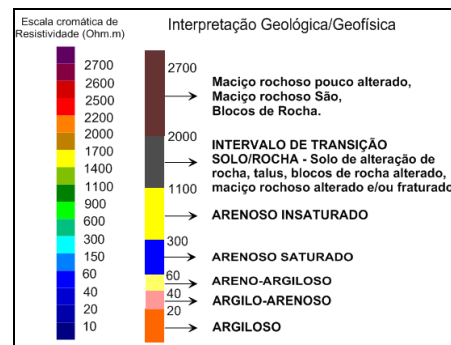


Figura 3 – Escala cromática de resistividade correlacionadas as camadas geológicas.

Esta síntese encontra-se na Figura 4, a qual apresenta as informações das sondagens que foram locadas ao longo dos perfis, em escala e nas reais posições, de modo a permitir uma comparação lateral eficiente com os estratos geológicos.

Observando os perfis 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07 e 08 nota-se um contraste nos valores de resistividades. Este contraste aliado às informações das sondagens permitiu o balizamento dos limites de ocorrências dos estratos geoeletricos, reforçando a integração entre estratos geoeletricos e tipos litológicos.

Interpretando visualmente a integração dos perfis (ver Figuras 05 a 12) é possível identificar a predominância de

um horizonte argiloso (cor laranja), podendo ser, também, interpretado como argilito, devido possuir uma faixa de variação da resistividade semelhante, variando de 1 a 20 ohm.m, o que foi comprovado pelas sondagens S04 e S05. Observa-se, também, que este horizonte encontra-se superficialmente e estende-se até uma profundidade de 26 m. É importante ressaltar que este horizonte é de caráter impermeável, ou seja, não ocorre percolação de água nesta camada.

Observa-se que os horizontes Argilo-arenoso (resistividade variando de 20 a 40 ohm.m) e Areno-argiloso (resistividade variando de 40 a 60 ohm.m), caracterizados pelas cores salmão e bege, respectivamente. A camada argilo-arenosa pode ser interpretada como argilito, devido apresentar baixos valores de resistividade, o que se confirma com a análise da sondagem S05, visto no perfil geoeletrico 05. Devido este horizonte apresentar material arenoso apresenta pouca permeabilidade, por apresentar interstícios ou poros, os quais facilitam a passagem de água. O horizonte argilo-arenoso apresenta-se superficialmente, podendo atingir uma profundidade de até 26 m, considerando a profundidade máxima de investigação. Observa-se, também, que o estrato areno-argiloso possui uma pequena espessura, cerca de no máximo 3 m. A percolação de água nesta camada é maior do que na camada argilo-arenosa devido à predominância de areia.

O estrato arenoso saturado, caracterizado pela coloração azul, possui a presença de água em seus interstícios, cuja resistividade varia de 100 a 300 ohm.m, e identificado em todos os perfis, entretanto, no perfil 04 a ocorrência do mesmo foi apresentada em forma de lente, com espessura de aproximadamente 1 m. O perfil 01, por sua vez, apresentou esta camada bem evidente, devido estar localizado na região NW, a jusante.

A camada arenosa insaturada (coloração amarela) foi identificada nos perfis 02, 03, 05, 06 e 07. Já nos perfis 04 e 08 observa-se ausente. Esta camada apresenta baixo grau de compactação e homogênea, cuja resistividade varia de 300 a 1100 ohm.m. Encontra-se a uma profundidade de 12 a 26 m, predominantemente.

O intervalo de transição solo/rocha foi identificado nos perfis 02, 03, 05, 06 e 07, caracterizado pela coloração cinza. Encontra-se em profundidade entre 20 e 26 m, pouca quantidade e heterogêneo. Sua resistividade varia de 1100 a 2000 ohm.m.

Por fim, o estrato maciço rochoso pouco alterado/macico rochoso São/Blocos de rocha, foram identificados nos perfis 05, 06 e 07, cuja profundidade varia de 24 a 26 m e extensões de no máximo 30 m, observado no perfil 07. São blocos isolados que apresentaram variação de resistividade entre 2000 e 2700 ohm.m.

### **Conclusões**

Os resultados obtidos pelo Caminhamento Elétrico, arranjo dipolo-dipolo, referentes aos perfis 01 a 08 permitiram caracterizar os estratos geológicos. É importante frisar que as sondagens contribuíram para o balizamento da interpretação geológica/geofísica dos

perfis, coincidindo com as medidas geofísica e, assim, confirmando a eficiência do levantamento.

As informações apresentadas neste trabalho darão suporte ao planejamento da viabilidade para a implantação da rede distribuidora de gás natural, tendo em vista que finalidade do levantamento foi alcançada, ou seja, definiu a estrutura geológica do local, a partir da identificação da variação litoestratigráfica da área estudada.

### **Agradecimentos**

Agradecemos a todos que participaram direto e indiretamente neste projeto.

### **Referências**

Ward, S.H., 1990. Resistivity and Induced Polarization Methods. *In*: Ward, S. H. Editora: Geotechnical and Environmental Geophysics., SEG Special Publication. Vol.I.

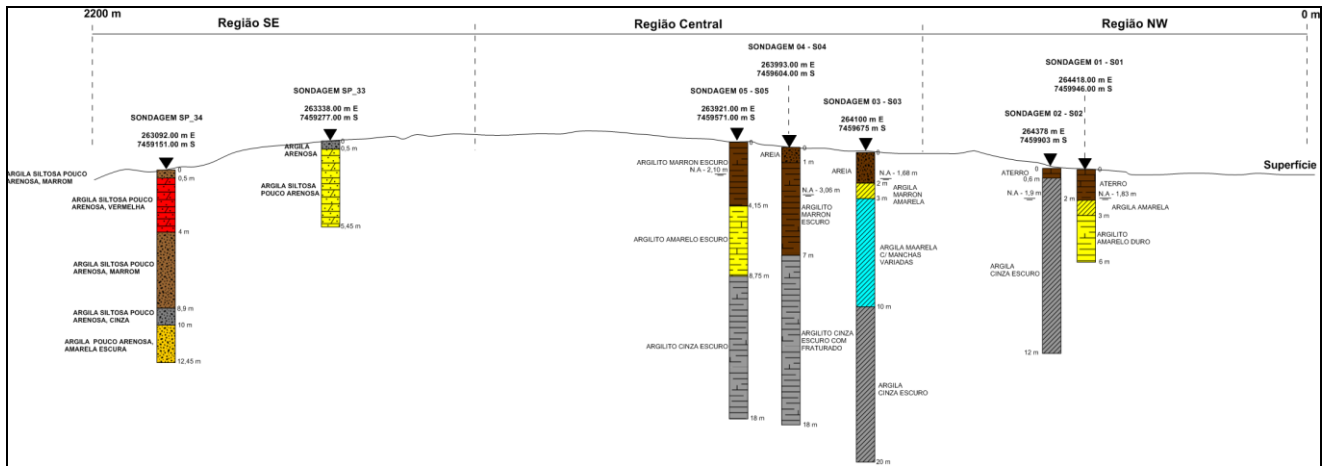


Figura 4 – Síntese de informações obtidas através das sondagens.

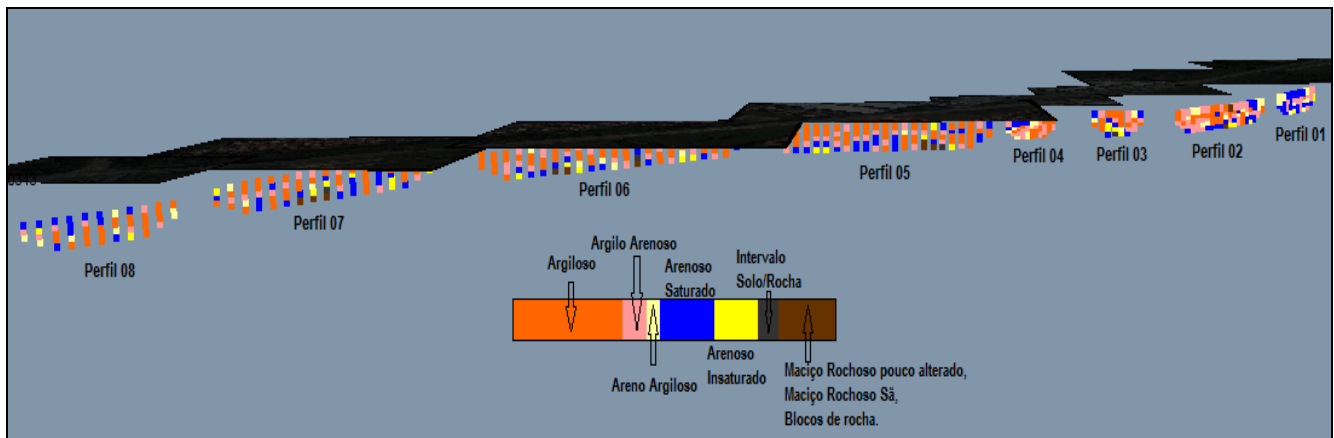


Figura 5 – Visualização 3D no Vortex, do resultado geofísico e sua interpretação.

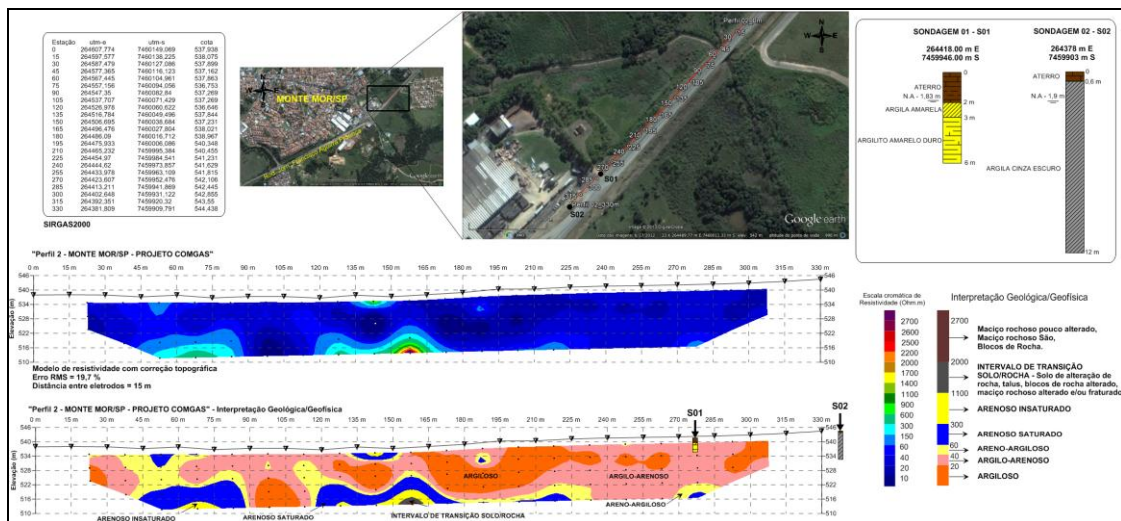


Figura 6 – Perfil 02 com sua interpretação geológica/geofísica detalhada.



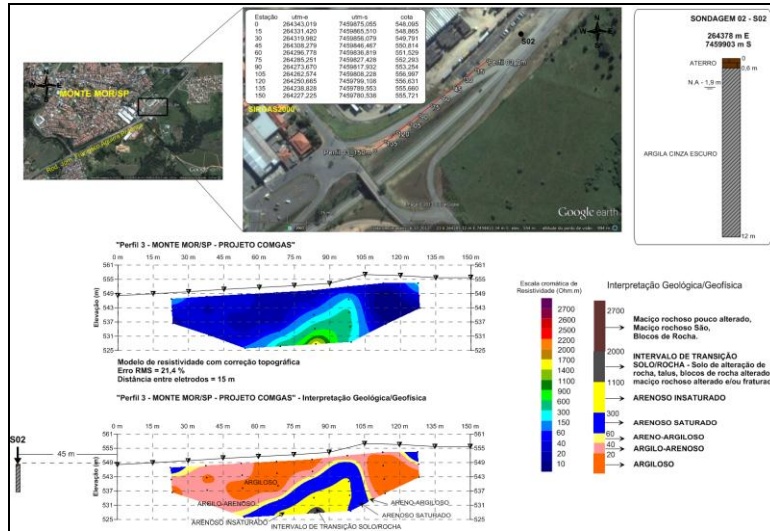


Figura 7 – Perfil 03 com sua interpretação geológica/geofísica detalhada.

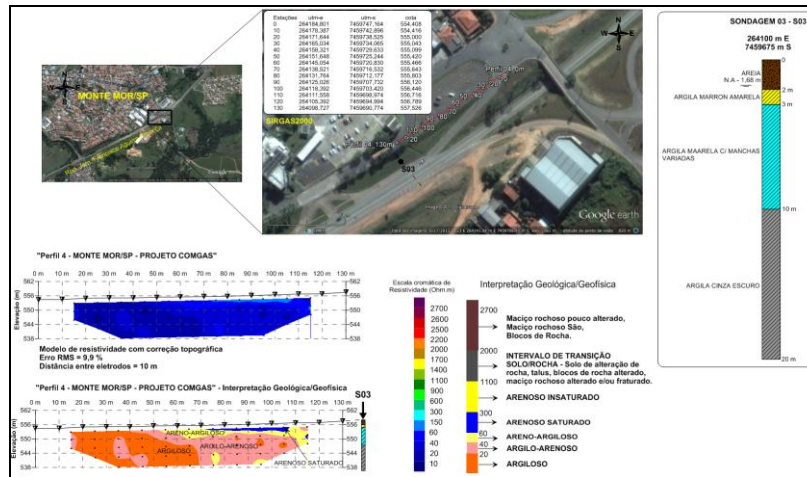


Figura 8 – Perfil 04 com sua interpretação geológica/geofísica detalhada.

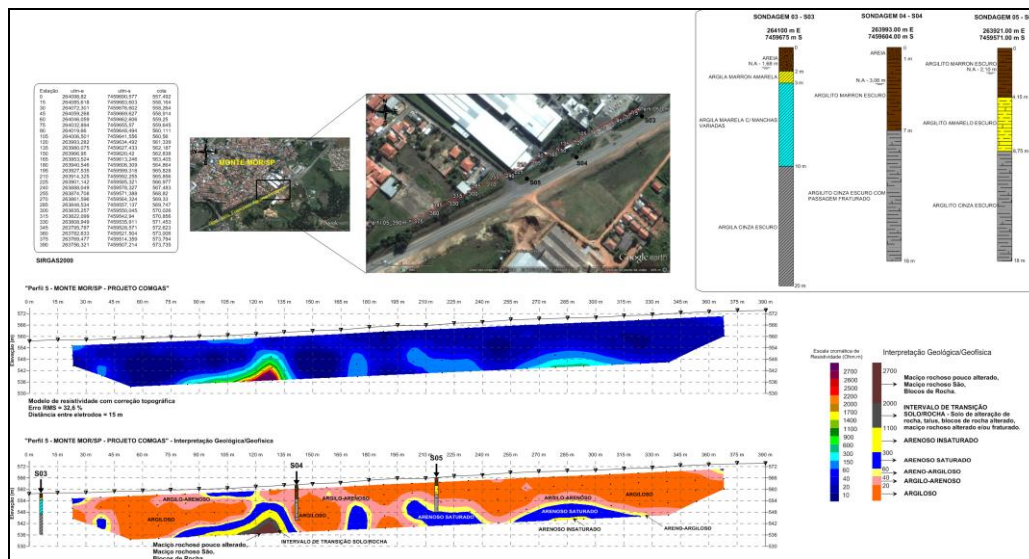


Figura 9 – Perfil 05 com sua interpretação geológica/geofísica detalhada.

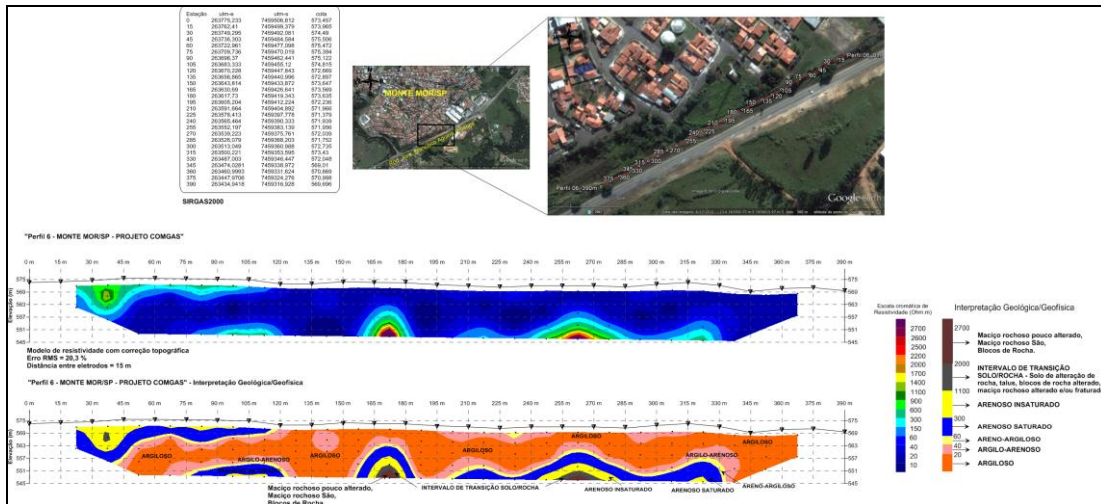


Figura 10 – Perfil 06 com sua interpretação geológica/geofísica detalhada.

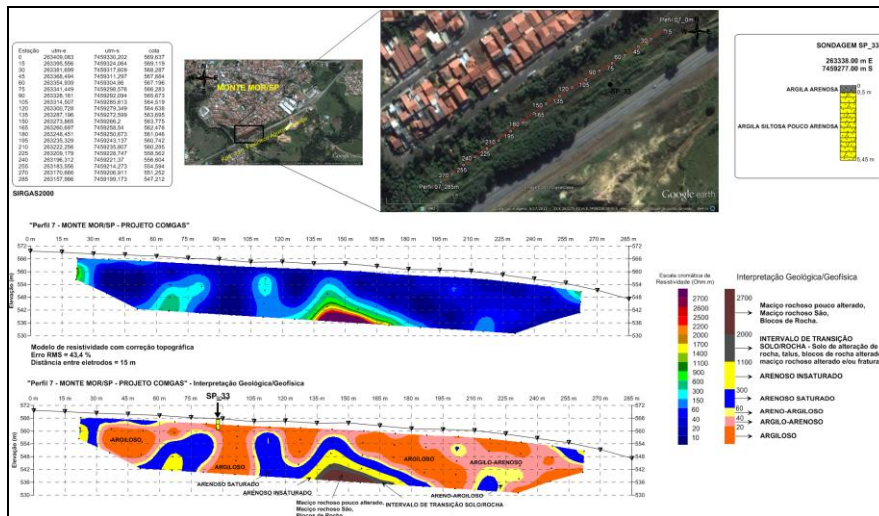


Figura 11 – Perfil 07 com sua interpretação geológica/geofísica detalhada.

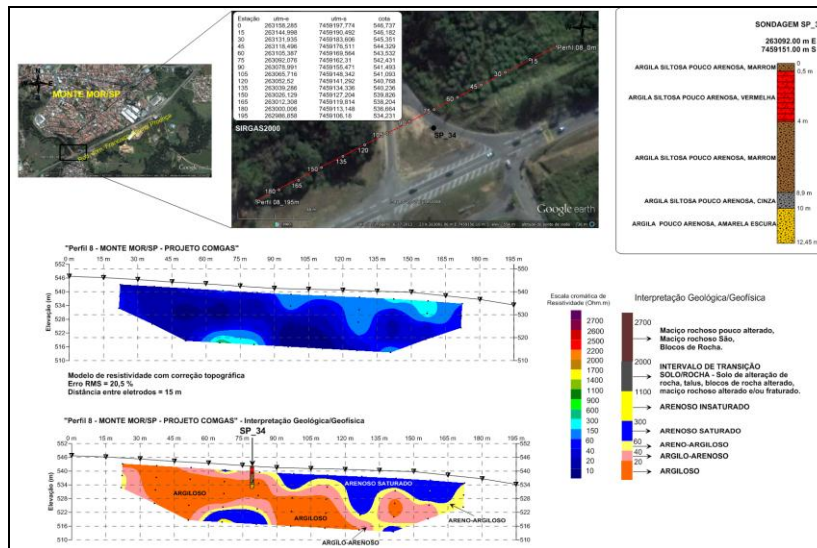


Figura 12 – Perfil 08 com sua interpretação geológica/geofísica detalhada.