

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Geologia

ESTUDO GEOFÍSICO PARA PESQUISA MINERAL
DE DIABÁSIO NA REGIÃO DA PEDREIRA FAZENDA VELHA, NOVA
ODESSA (SP)

Igor Matheus Ferreira

Prof. Dr. César Augusto Moreira (orientador)

Rio Claro (SP)

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

IGOR MATHEUS FERREIRA

ESTUDO GEOFÍSICO PARA PESQUISA MINERAL DE
DIABÁSIO NA REGIÃO DA PEDREIRA FAZENDA VELHA,
NOVA ODESSA (SP)

Trabalho de Conclusão de curso
apresentado ao Instituto de Geociências e
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau em
Geologia.

Rio Claro – SP

2025

F383e

Ferreira, Igor Matheus

Estudo geofísico para pesquisa mineral de diabásio na região da Pedreira Fazenda Velha, Nova Odessa (SP) / Igor Matheus Ferreira. -- Rio Claro, 2025

43 p. : il., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: César Augusto Moreira

1. Mineração. 2. Geofísica. 3. Eletroresistividade. 4. Diabásio. 5. Nova Odessa. I. Título.

IGOR MATHEUS FERREIRA

ESTUDO GEOFÍSICO PARA PESQUISA MINERAL DE
DIABÁSIO NA REGIÃO DA PEDREIRA FAZENDA VELHA,
NOVA ODESSA (SP)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Geociências e
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,
da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do grau
de Geólogo.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. César Augusto Moreira

Dra Marina Fernandes Sanches Barros

Dr. Leonides Guireli Neto

Rio Claro, 25 de junho de 2025.

RESUMO

A mineração é fundamental no desenvolvimento econômico e social, por fornecer matérias-primas essenciais a diversas indústrias, como construção civil, eletrônica, energia e transportes. Dentro desse contexto, a pesquisa mineral é a fase inicial do processo minerário, englobando estudos geológicos e geofísicos que permitem avaliar o potencial de áreas específicas para exploração mineral, otimizando investimentos e minimizando riscos. A geofísica aplicada é amplamente empregada nesta etapa, possibilitando a identificação de anomalias geofísicas associadas a variações nos contrastes físicos entre diferentes tipos de rochas, sendo uma ferramenta eficaz na localização de corpos mineralizados. O presente estudo foi realizado em uma área situada no município de Nova Odessa, Estado de São Paulo, caracterizada pela ocorrência de intrusões de diabásios associados ao Evento Magmático Serra Geral, que intrudiram os sedimentos do Grupo Itararé, pertencente à Bacia do Paraná. Essas intrusões máficas possuem grande relevância econômica, especialmente para a indústria da construção civil, por serem fontes de material britado. Assim, o objetivo principal deste trabalho foi investigar a presença e a extensão dos corpos de diabásio na pedreira Fazenda Velha, utilizando técnicas geofísicas do método de eletrorresistividade. A pesquisa visa avaliar o potencial mineral da área, fornecendo informações técnicas que subsidiem o planejamento de futuras operações de extração, contribuindo de maneira significativa para o aproveitamento racional e sustentável dos recursos minerais disponíveis.

Palavras-chave: Mineração; Geofísica; Eletrorresistividade; Diabásio; Nova Odessa.

ABSTRACT

Mining plays a crucial role in economic and social development by providing essential raw materials to various industrial sectors, including construction, electronics, energy, and transportation. In this context, mineral exploration represents the initial stage of the mining process, encompassing geological and geophysical studies that allow for the evaluation of the mineral potential of specific areas, aiming to optimize investments and minimize associated risks. Applied geophysics is widely used in this phase, enabling the identification of geological anomalies through the analysis of physical contrasts between different rock types, serving as an effective tool for locating mineralized bodies. This study was carried out in an area located in the municipality of Nova Odessa, in the state of São Paulo, characterized by the occurrence of diabase intrusions related to the Serra Geral Magmatic Event, which intruded the sediments of the Itararé Group, part of the Paraná Basin. These mafic intrusions have significant economic relevance, especially for the construction industry, as they constitute an important source of crushed stone aggregates. Therefore, the main objective of this work is to investigate the presence and extent of diabase bodies in the Fazenda Velha quarry area through the use of geophysical electrical resistivity techniques. The research aims to assess the mineral potential of the area, providing technical data to support the planning of future extraction operations, thus contributing significantly to the rational and sustainable exploitation of available mineral resources.

Keywords: Mining; Geophysics; Electrical Resistivity; Diabase; Nova Odessa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área.....	10
Figura 2 – Área requerida para pesquisa mineral (820.567/2023) e processos minerários ativos	11
Figura 3 – Arcabouço regional da Bacia do Paraná	12
Figura 4 – Princípio da eletrorresistividade medida com uma matriz de quatro eletrodos.....	16
Figura 5 – Arranjo de campo Schlumberger	18
Figura 6 – Resistímetro Terrameter LS usado nas aquisições de campo	19
Figura 7 – Localização da área de estudos, com destaque para as linhas de tomografia elétrica realizadas em estudo prévio	20
Figura 8 – Localização da área de estudos, com destaque para as linhas de tomografia elétrica realizadas em estudo posterior	21
Figura 9 – Modelo de inversão para a Linha 1, com realce das principais rochas ...	24
Figura 10 – Modelo de inversão para a Linha 2, com realce das principais rochas.	25
Figura 11 – Modelo de inversão para a Linha 3, com realce das principais rochas..	25
Figura 12 – Modelo de inversão para a Linha 4, com realce das principais rochas.	26
Figura 13 – Modelo de inversão para a linha 5, com realce das principais rochas...	27
Figura 14 – Modelo de inversão para a Linha 6, com realce das principais rochas.	27
Figura 15 – Modelo de inversão para a Linha 7, com realce das principais rochas.	28
Figura 16 – Modelo de inversão para a Linha 8, com realce das principais rochas.	29
Figura 17 – Modelo de inversão para a Linha 9, com realce das principais rochas.	30
Figura 18 – Modelo de inversão para a Linha 10, com realce das principais rochas.	30
Figura 19 – Modelo de inversão para a Linha 11, com realce das principais rochas.	31
Figura 20 – Modelo de inversão para a Linha 12 com realce das principais rochas.	32
Figura 21 – Modelo de inversão para a Linha 13, com realce das principais rochas.	32
Figura 22 – Modelo de inversão para a Linha 14, com realce das principais rochas.	33
Figura 23 – Solo com fragmentos de hematita e magnetita.	34

Figura 24 – Modelo de inversão para a Linha 15, com realce das principais rochas.	34
Figura 25 – Modelo de inversão para a Linha 16, com realce das principais rochas.	35
Figura 26 – Modelo de inversão para a Linha 17, com realce das principais rochas.	36
Figura 27 – Modelo de inversão para a Linha 18, com realce das principais rochas.	36
Figura 28 – Modelo de inversão para a Linha 19, com realce das principais rochas.	37
Figura 29 – Limite do diabásio a partir dos contatos e áreas de ocorrência reconhecidos nas seções geofísicas.	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVO	9
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS	10
3.1	Localização	10
3.2	Geologia Regional	12
3.3	Contexto geológico local	14
3.4	Recursos minerais	15
4	MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.1	Fundamentação teórica da Eletorresistividade	16
4.2	Técnica e arranjo	18
4.3	Aquisição de dados	19
4.4	Processamento dos dados	22
5.	APRESENTAÇÃO E DISCUSÃO DOS RESULTADOS	23
6.	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade essencial para o desenvolvimento econômico e social, pois fornece matérias-primas indispensáveis para diversas indústrias, como construção civil, eletrônica, energia e transportes (Parrotti, 2021; Bortolozzo & Porsani, 2016). Esses recursos naturais são fundamentais para a produção de bens de consumo, infraestrutura e tecnologias que impulsionam o crescimento global (Moura et al., 2022).

Na fase de pesquisa mineral, diversas metodologias são empregadas para caracterizar o potencial de uma área, incluindo o mapeamento geológico detalhado, análises geoquímicas e sondagens diretas. Essas técnicas fornecem informações fundamentais sobre a geologia local, a composição química dos materiais e a estrutura do subsolo. Nesse contexto, os métodos geofísicos se destacam como ferramentas complementares, capazes de ampliar a compreensão espacial e estrutural dos alvos de interesse mineral (Nogueira, 2022).

Já a geofísica desempenha um papel fundamental durante a fase de prospecção mineral, contribuindo para a identificação e compreensão das características geológicas dos depósitos minerais, além de auxiliar no estudo da viabilidade econômica das ocorrências (Schorcht, 2020). Os métodos elétricos e eletromagnéticos são amplamente empregados em investigações preliminares nas pesquisas minerais devido ao contraste entre o minério e as rochas encaixantes, gerado por meio das variações nas propriedades físicas entre os diferentes litotipos, permitindo a detecção de anomalias (Lopes, 2023; Moreira & Ilha, 2011).

Neste contexto, a área de estudo está localizada em Nova Odessa, no centro-leste do estado de São Paulo, especificamente em uma região requerida para pesquisa mineral na pedreira Fazenda Velha. O contexto geológico da área inclui rochas intrusivas básicas correlacionadas ao Evento Magmático Serra Geral, que fazem parte da Formação Serra Geral (Parrotti, 2021; Bortolozzo & Porsani, 2016). Essas rochas intrusivas estão intrudidas em sedimentos pré-vulcânicos do Grupo Itararé, que pertence à Bacia do Paraná.

Ademais, as ocorrências de rochas intrusivas básicas na Bacia do Paraná apresentam grande potencialidade para fins de prospecção, sendo que as extrações dessas rochas são, em grande parte, utilizadas na produção de brita e agregados destinados à construção civil (Schorcht, 2020). Essas rochas intrusivas básicas, como

o diabásio, apresentam altos valores de resistividade, ao contrário das rochas sedimentares encaixantes, que possuem baixos valores de resistividade. Esse contraste torna a aplicação dos métodos geométricos eficiente, favorecendo a detecção e distinção das litologias (Moreira, 2009).

2 OBJETIVO

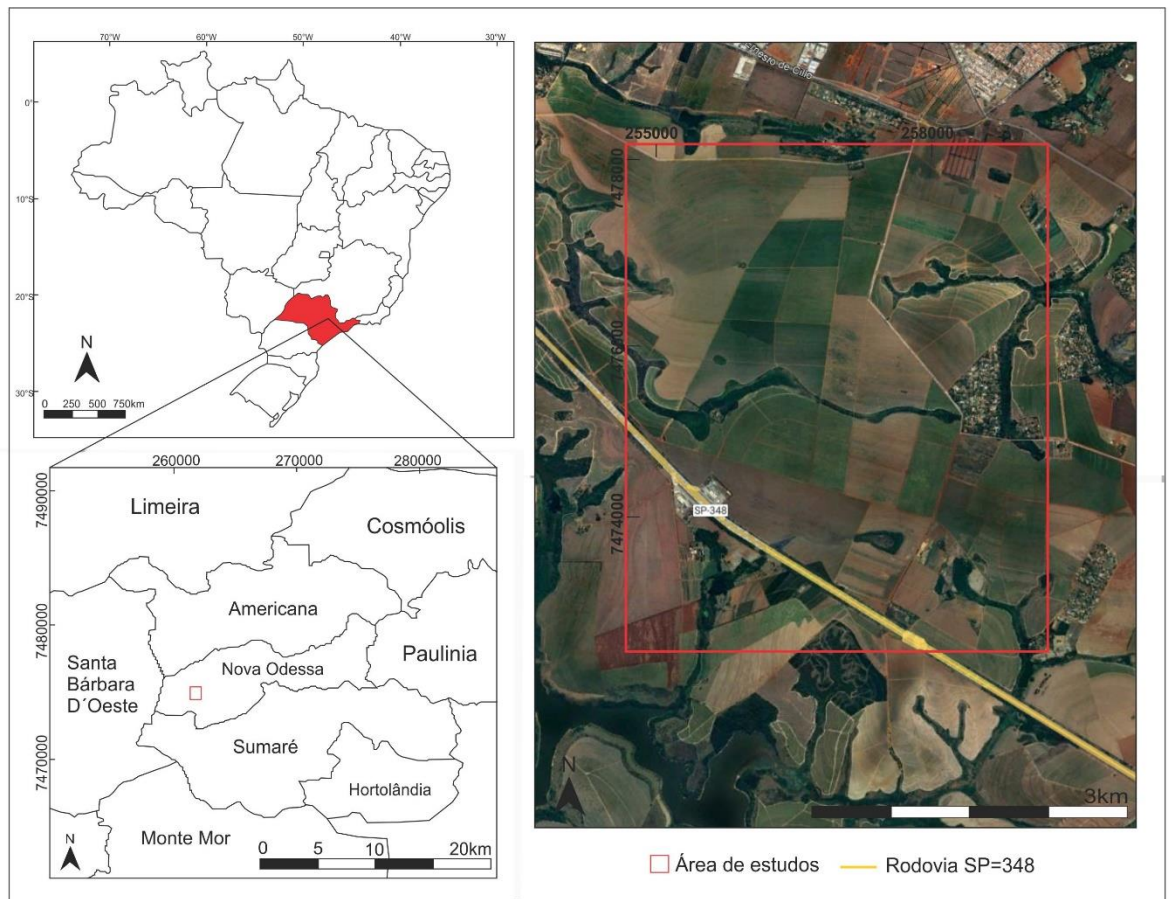
Este trabalho tem como objetivo determinar a possível ocorrência de diabásio na área requerida para pesquisa mineral em Nova Odessa-SP, além de identificar a continuidade dos limites laterais da rocha e sua profundidade, por meio do método geofísico da Eletrorresistividade.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

3.1 Localização

A área de estudos está localizada no município de Nova Odessa (Figura 1), na porção centro-leste do estado de São Paulo, distante cerca de 119 Km da cidade de São Paulo, e pode ser acessada através da rodovia Bandeirantes (SP-348). O município de Nova Odessa possui uma população de 62.019 habitantes, segundo o censo de 2022 do IBGE, e uma área territorial total de 73,788 km², totalizando em uma densidade demográfica de 840,5 hab./km².

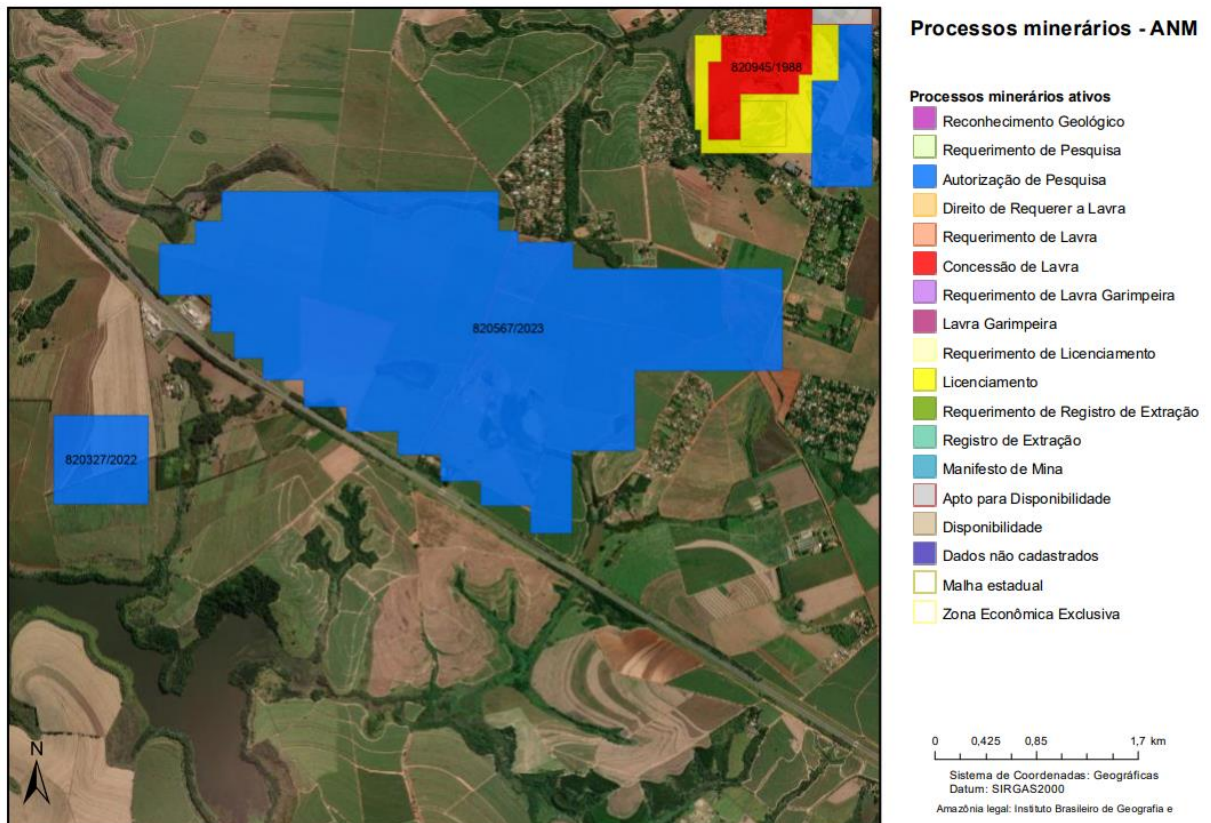
Figura 1 – Mapa de localização da área.



Fonte: Autoria própria.

A área requerida para pesquisa mineral abrange aproximadamente 6,81 km² e está situada em uma região rural de cultivo de cana-de-açúcar, próxima à pedreira Fazenda Velha (Figura 2), onde ocorre a extração de diabásio.

Figura 2 – Área requerida para pesquisa mineral (820.567/2023) e processos minerários ativos.

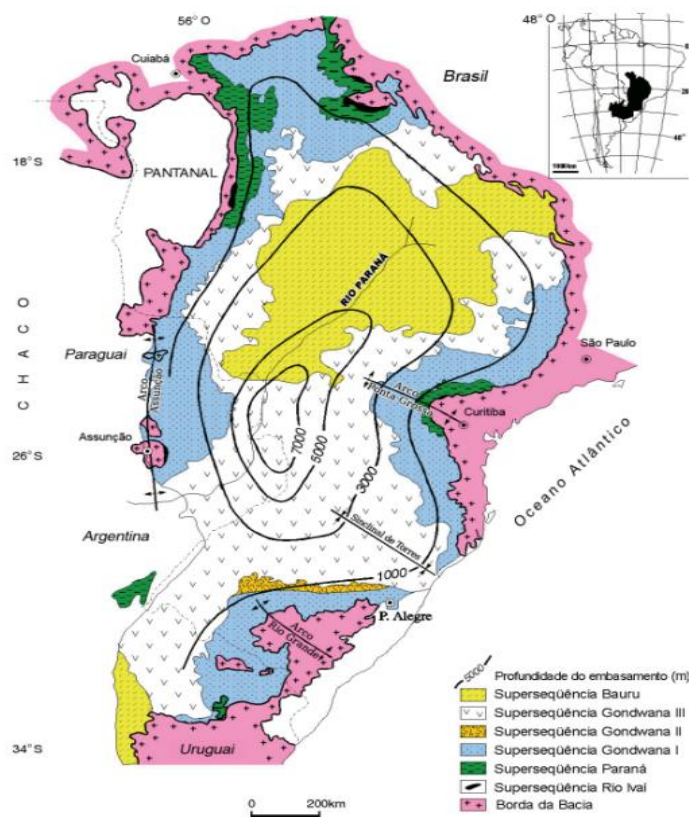


Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (2024).

3.2 Geologia Regional

O município de Nova Odessa – SP está inserido no contexto geológico da Bacia do Paraná, cujo registro estratigráfico abrange rochas sedimentares e vulcânicas, depositadas do Paleozóico até o Cenozoico (Milani et al., 2007). A bacia possui uma forma ovalada, e suas margens resultam principalmente de processos erosivos relacionados à história geotectônica meso-cenozoica do continente (Milani et al., 2007), que registra o ciclo de fragmentação do Gondwana Central. Segundo Milani et al. (2007), no centro da bacia, encontra-se um espesso pacote de rochas sedimentares e magmáticas, com uma espessura estimada em cerca de 7.000 metros (Figura 3). A análise tectono-estratigráfica da bacia revela uma complexa interação entre fenômenos orogênicos nas bordas da Placa Sul-Americana e eventos epirogênicos, que se manifestaram através de períodos de subsidência, soerguimento e atividade magmática no interior da placa (Milani & Ramos, 1998).

Figura 3 – Arcabouço regional da Bacia do Paraná



Fonte: MILANI et al. (2007).

Em relação à estratigrafia, a evolução da Bacia do Paraná pode ser associada a seis seqüências de sedimentação, definidas por Milani et al. (2007) e separadas por descontinuidades erosivas:

(1) Rio Ivaí, considerado o primeiro ciclo transgressivo-regressivo, com máxima inundação e presença de sedimentos marinhos, relacionados às Formações Vila Maria, Iapó e Alto Garças; (2) Paraná, o segundo ciclo transgressivo-regressivo, marcado por uma grande inundação que deu origem à base da Formação Ponta Grossa, com pelitos, e à Formação Furnas; (3) Gondwana I, que registra um ciclo completo de transgressão-regressão, com sedimentos que refletem o máximo de inundação resultante do degelo, gerando o Grupo Itararé, Guatá (Formações Palermo/Tatuí) e Passa Dois (Formações Irati e Corumbataí); (4) Gondwana II, caracterizado pela formação de grabens assimétricos e pela deposição alternada de sedimentos lacustres e fluviais, correspondendo à Formação Piramboia; (5) Gondwana III, marcado por sedimentos eólicos e atividade magmática, que formam os arenitos da Formação Botucatu e os derrames vulcânicos da Formação Serra Geral; e, por fim, (6) Bauru, com sedimentações mais rasas em condições semiáridas, formando o Grupo Bauru (Milani et al., 2007; Milani & Ramos, 1998).

No flanco nordeste da bacia, onde se localiza a área de estudo, é encontrada a sucessão estratigráfica composta pelo Grupo Itararé e pelas Formações Tatuí, Irati e Corumbataí, que pertencem ao Grupo Passa Dois, de idade Permiana (Soares & Landin, 1973). Também estão presentes as Formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, que integram o Grupo São Bento e foram depositadas durante o Mesozóico (Soares & Landin, 1973), além das Formações Itaqueri e Rio Claro, que se depositaram durante o Cenozóico (Figura 4).

3.3 Contexto geológico local

Na região de estudo, ocorrem rochas intrusivas básicas associadas ao Evento Magmático Serra Geral (Formação Serra Geral) e sedimentos pertencentes ao Grupo Itararé.

A Formação Serra Geral faz parte da supersequência Gondwana III e é composta por derrames de basaltos toleíticos, caracterizados por corpos de grande continuidade lateral, que podem atingir cerca de 100 metros de espessura no interior do estado de São Paulo, com variações ao longo do estado (Nardy et al., 2002; Soares, 1975). Esses derrames estão associados aos eventos de ruptura do continente Gondwana e à abertura do Atlântico Sul, o que gerou diversos episódios de vulcanismo fissural, resultando em uma espessa sucessão vulcânica com sills e diques de diabásio (Milani, 1998). Esses eventos vulcânicos foram mais intensos no Cretáceo, estendendo-se até o Terciário, entre cerca de 137 e 127 milhões de anos. As rochas dessa unidade possuem coloração que varia do cinza médio ao escuro, com texturas afaníticas, apresentando juntas verticais e horizontais, e podem estar intercaladas com arenitos finos a médios na base da unidade (Schneider et al., 1974).

Na área de estudo, a Formação Serra Geral é representada por diabásio colunar, maciço e fraturado, com porções secas e áreas onde há infiltração de água através das fraturas. A intrusiva básica é coberta por saprolito, que contém fragmentos de rocha alterados e solo argiloso avermelhado, cuja espessura e continuidade lateral são variáveis. A rocha encaixante é um arenito de granulação média a fina, pertencente ao Grupo Itararé.

O Grupo Itararé é composto por sedimentos flúvio-glaciais e marinho-glaciais relacionados ao Neopaleozóico, de idade permocarbonífera (Vesely, 2004), podendo alcançar até 800 metros de espessura. São identificados arenitos, diamictitos, folhelhos, varvitos e outras litologias, refletindo a variação de sistemas deposicionais, que vão desde ambientes continentais (glaciais), podendo ser aluviais, fluviais ou lacustres, até transicionais (deltas) e marinhos (glácio-marinho), do tipo plataforma. Superfícies erosivas formadas por paleogeleiras, com pavimentos estriados, estão associadas a tilitos e diamictitos do Carbonífero. De acordo com Petri (1992), o contato com a Formação Tatuí é transicional, marcado pela passagem gradual de siltitos de cor cinza-amarelada a esverdeada.

3.4 Recursos minerais

As ocorrências minerais da Bacia do Paraná são, de modo geral, de minerais industriais, utilizadas principalmente como matéria-prima básica na indústria e na construção civil (Luz & Lins, 2005), sendo que as substâncias minerais extraídas são destinadas, em sua maior parte, para abastecer o estado de São Paulo (Junior et al., 2008).

Em termos gerais, os bens minerais do flanco nordeste da Bacia do Paraná são prospectados em diferentes unidades geológicas. As principais unidades fornecedoras de areia para a construção civil e indústria são a Formação Rio Claro e a Formação Pirambóia, que também funcionam como importantes reservatórios de águas subterrâneas (Zaine, 1994). A argila é amplamente explorada na Formação Corumbataí, sendo destinada principalmente à indústria cerâmica, e na Formação Tatuí, utilizada na fabricação de telhas e blocos (Christofoletti, 2003). Já na Formação Irati, especialmente no Membro Assistência, são extraídos calcários dolomíticos para correção de solo na agricultura. Rochas básicas intrusivas correlacionadas ao Evento Magmático Serra Geral, são exploradas para a produção de brita destinada à construção civil (Junior et al., 2008).

O presente estudo visa avaliar o potencial da área requerida para pesquisa mineral com foco na exploração de brita. "Brita" é o termo genérico para definir pequenos grãos de rocha dura, como o diabásio, obtidos através de processos de britagem, nos quais a rocha é triturada conforme faixas de tamanho específicas para diferentes aplicações (DNPM, 2018). A rocha britada é o segundo item de produção mineral mais expressivo no Brasil, segundo o DNPM (2018), devido à sua importância como matéria-prima essencial na construção civil.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

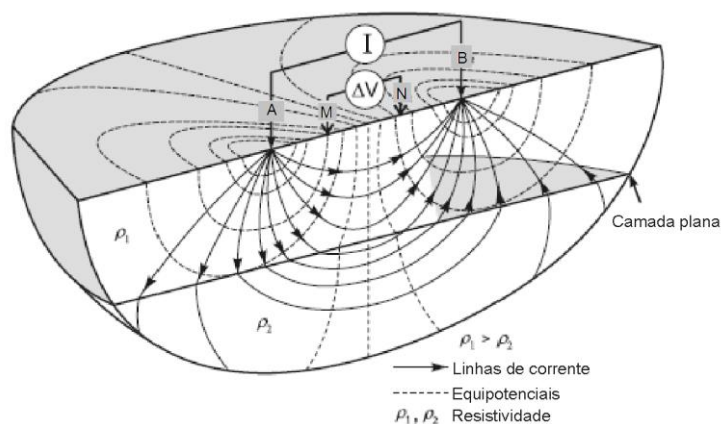
4.1 Fundamentação teórica da Eletroresistividade

A resistividade de um material é uma propriedade física que indica o grau de dificuldade que a corrente elétrica enfrenta para atravessá-lo. A definição matemática da resistividade elétrica (ρ), expressa na Equação 1, considera um cilindro sólido e depende do comprimento L do material através do qual a corrente elétrica flui, além da resistência elétrica R , que representa a oposição à passagem da corrente, relacionada tanto à natureza do material quanto à área da seção transversal A do condutor (Lowrie, 2007).

$$\rho = \frac{R \cdot A}{L} \text{ (Eq. 1)}$$

O método utiliza uma fonte artificial de corrente elétrica, que é injetada no subsolo através de dois eletrodos de corrente (A e B). A diferença de potencial elétrico gerada é medida por outro par de eletrodos de potencial (M e N), permitindo a determinação da resistividade efetiva do subsolo (Figura 4).

Figura 4 – Princípio da eletroresistividade medida com uma matriz de quatro eletrodos.



Fonte: KNODEL et al. (2007).

Na prática, o meio geológico é heterogêneo e raramente apresenta comportamento homogêneo e isotrópico. Por isso, as medições em um levantamento de resistividade elétrica refletem uma média das diferentes resistividades elétricas presentes, conhecida como resistividade elétrica aparente (ρ_a).

A resistividade elétrica aparente pode ser calculada com base na intensidade de corrente (I) injetada pelos eletrodos A e B, na diferença de potencial (ΔV) medida pelos eletrodos de potencial M e N, e no fator geométrico (K). A fórmula é dada por:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (\text{Eq. 2})$$

O fator geométrico (K) pode ser calculado da seguinte maneira:

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}\right)} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde AM, BM, AN e BN representam as distâncias entre os eletrodos.

Os principais fatores que influenciam a resistividade elétrica do solo e das rochas incluem a composição mineralógica, a porosidade, a saturação e o teor de sais dissolvidos no líquido intersticial (Souza, 2007). A quantidade de água e sua salinidade são particularmente relevantes, pois um aumento nesses valores resulta em uma diminuição da resistividade elétrica. A condutividade elétrica nas rochas é predominantemente eletrolítica, com a corrente elétrica sendo conduzida pelo deslocamento de íons dissolvidos na água presente nos poros, já que os minerais formadores de rochas, como o quartzo e o feldspato, são, em geral, isolantes elétricos. Assim, rochas mais porosas e saturadas tendem a apresentar menor resistividade elétrica (Kearey et al., 2002).

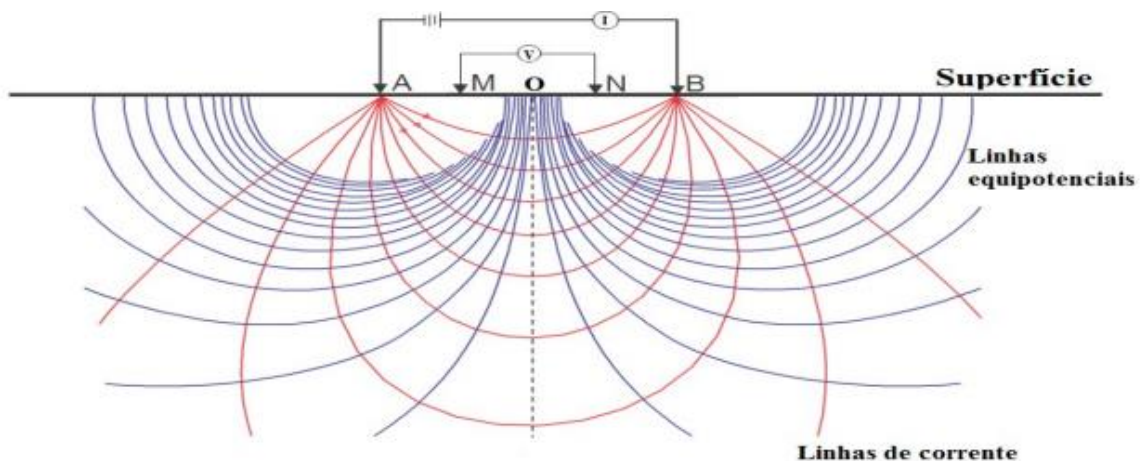
Além disso, a condutividade elétrica em rochas sedimentares é geralmente atribuída à sua porosidade intergranular, resultante do processo de compactação dessas rochas. Em contrapartida, nas rochas ígneas, a condutividade elétrica pode ser afetada por fraturas resultantes de rupturas mecânicas que permitem a circulação de água. A presença de grandes juntas ou poros interligados pode aumentar a condutividade elétrica local das rochas (McNeill, 1980).

4.2 Técnica e arranjo

A aplicação da técnica de tomografia elétrica (ERT) é adequada para a investigação lateral de discontinuidades em elementos geológicos, permitindo avaliar o potencial mineral de forma bidimensional com resolução apropriada (Braga, 2016). Os ensaios de tomografia elétrica podem ser realizados com diferentes arranjos de eletrodos na superfície, variando a posição da fonte e do receptor.

Um arranjo de campo para os eletrodos, configurado de maneira mais adequada para os objetivos do método de eletrorresistividade na prospecção geofísica, é o arranjo Schlumberger. Este arranjo consiste em quatro eletrodos dispostos em linha, onde um eletrodo (A) atua como fonte de corrente elétrica e o outro (B) como ponto de retorno da corrente. Além disso, dois eletrodos de potencial (M e N) são posicionados o mais próximo possível dos eletrodos de corrente, garantindo uma boa relação sinal/ruído. Embora o arranjo apresente a desvantagem de perder rapidamente a cobertura em profundidade à medida que o espaçamento entre os eletrodos aumenta, isso ocorre porque, conforme os eletrodos de corrente (A e B) são distanciados, a corrente elétrica que passa pelo solo se dispersa por uma área mais ampla (Figura 5).

Figura 5 – Arranjo de campo Schlumberger.



Fonte: FIGUEROLA (1973).

4.3 Aquisição de dados

As aquisições de dados de campo foram realizadas utilizando o resistímetro Terrameter LS da ABEM (Figura 6). O resistímetro possui uma potência de 250 W, corrente máxima de 2,5 A e resolução de 1 μ V, sendo responsável por injetar a corrente elétrica na subsuperfície e realizar a leitura dos potenciais do meio geológico.

Figura 6 – Resistímetro Terrameter LS usado nas aquisições de campo.



Fonte: Autoria Própria.

O resistímetro é conectado a uma bateria para fornecer energia ao sistema, e, a partir dele, são ligados os cabos transmissores de corrente, que se conectam, por meio de garras metálicas, aos eletrodos. Quando os eletrodos são introduzidos no solo ocorre a injeção do fluxo da corrente elétrica. Esse conjunto de equipamentos forma as linhas tomográficas utilizadas para realizar os levantamentos da área.

A coleta de dados ocorreu em uma área de plantio de cana-de-açúcar na região da Pedreira Velha, em Nova Odessa-SP. Os trabalhos de campo foram realizados durante o mês de maio de 2024, durante um período de baixa precipitação, e foram divididos em duas campanhas, devido à necessidade de delimitar com mais precisão o limite máximo de ocorrência do diabásio.

No estudo inicial, foram realizadas 11 linhas de tomografia elétrica (Figura 7), todas dispostas em um arranjo Schlumberger. As 11 linhas apresentavam comprimentos individuais de 420 m e profundidade de aquisição de 80 m, totalizando 4.620 m de aquisição. No estudo posterior, realizado para delimitar a continuidade do diabásio, foram feitas 8 linhas de tomografia elétrica (Figura 8), utilizando o mesmo arranjo, comprimento individual e profundidade de aquisição do estudo inicial, totalizando mais 3.360 m de levantamento.

Figura 7 – Localização da área de estudos, com destaque para as linhas de tomografia elétrica realizadas em estudo prévio.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 8 – Localização da área de estudos, com destaque para as linhas de tomografia elétrica realizadas em estudo posterior.



Fonte: Autoria Própria.

4.4 Processamento dos dados

A etapa seguinte à obtenção dos dados de resistividade elétrica em campo consiste no tratamento e na análise dos dados. Os resultados coletados foram organizados em tabelas, juntamente com as coordenadas geográficas dos pontos amostrados, e processados no software Res2Dinv (2D), versão 3.53 (Geotomo software).

O Res2Dinv gera um modelo bidimensional com base nas características geológicas do substrato por meio de imageamento elétrico, sendo projetado para interpolar grandes volumes de dados através de métodos estatísticos que minimizam as anomalias, visando obter um modelo mais fiel à realidade geológica. O resultado do processamento é uma seção denominada modelo de inversão.

Conforme descrito por Moreira et al. (2016), os modelos de inversão apresentam os parâmetros observados dispostos em função da profundidade e da distância, convertidos em uma escala gráfica logarítmica. O software elabora o modelo de inversão ao dividir o subsolo em um conjunto de blocos, nos quais esses blocos são dispostos pelo próprio programa por meio de técnicas estatísticas e da disposição dos pontos de dados coletados (Loke, 2001). É a partir do modelo de blocos que a resistividade elétrica aparente é calculada, por meio da comparação entre os valores medidos e os modelados.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados são apresentados e analisados de forma direta por meio do modelo de inversão 2D em termos de resistividade elétrica, com destaque para as zonas de interesse e interpretação direta baseada no contexto geológico, considerando as características das rochas e o grau de saturação em água.

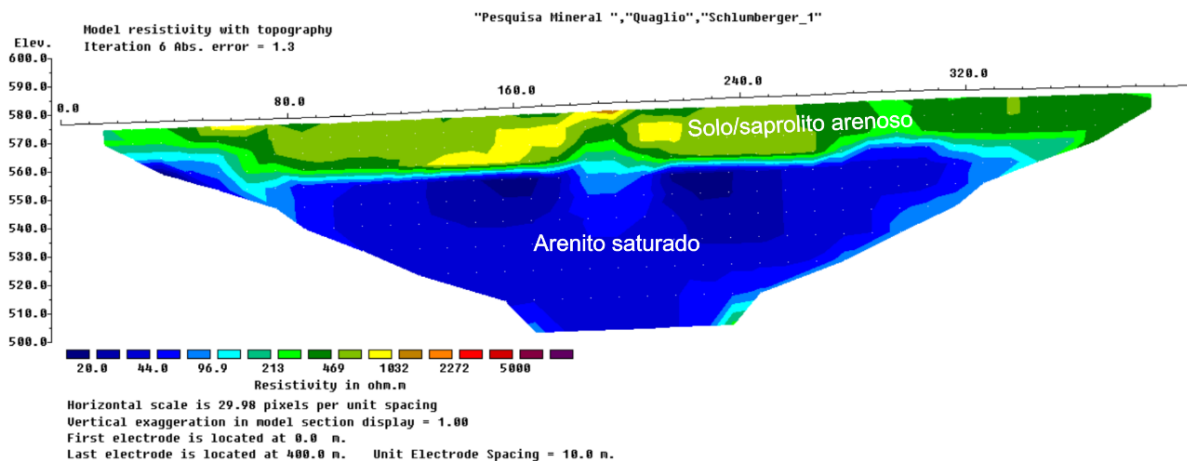
O contexto geológico da área de estudo permite a classificação e interpretação dos dados em quatro grupos distintos: solo/saprólito, arenito saturado, diabásio seco e diabásio saturado. O grau de saturação em água é um fator determinante na resposta geofísica obtida por métodos elétricos e eletromagnéticos (Draskovits et al., 1990). Embora o arenito e o diabásio apresentem diferenças significativas em relação à origem, composição química e permeabilidade, a resposta geoeletrica pode ser semelhante em ambos os casos, dependendo do nível de saturação em água.

Dessa forma, a interpretação dos dados se baseia em aspectos litológicos e estruturais, nas evidências de campo verificadas durante a aquisição dos dados geofísicos e na geometria provável do corpo intrusivo, considerando os condicionantes geológicos e estruturais regionais.

Linha 1

A linha 1 apresenta um horizonte superficial com profundidade de até 15 metros, composto por solo/saprólito parcialmente arenoso e parcialmente saturado, com valores de resistividade entre 200 Ω .m e 1000 Ω .m. Abaixo dessa camada, ocorre um arenito saturado homogêneo que se estende até aproximadamente 80 metros de profundidade, apresentando resistividade inferior a 100 Ω .m (Figura 9). A baixa resistividade indica a presença de água nos poros da matriz sedimentar, reduzindo a resistividade elétrica do meio. Não há evidências da presença de diabásio nessa seção.

Figura 9 – Modelo de inversão para a Linha 1, com realce das principais rochas.

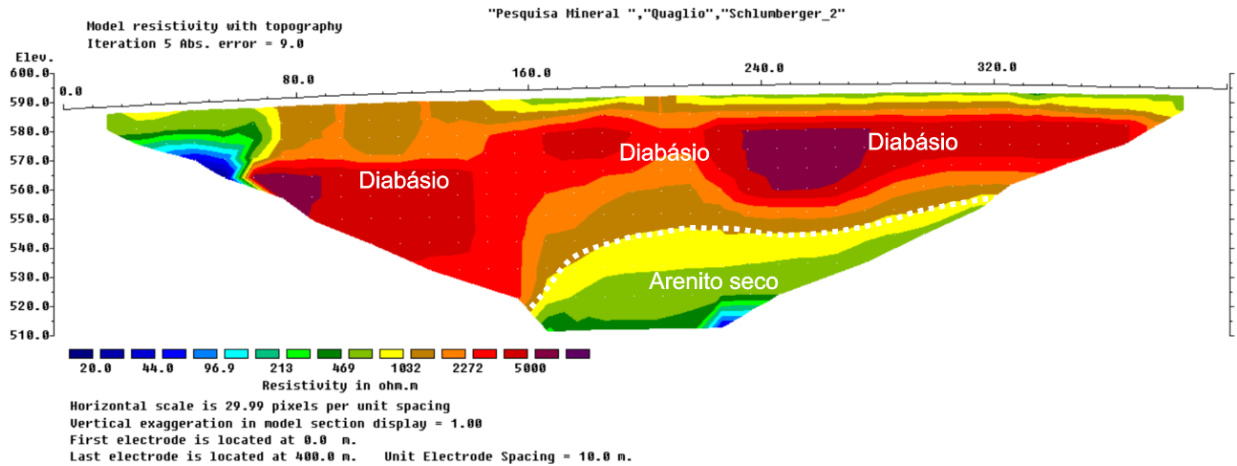


Linha 2

A linha 2 apresenta uma extensa área com valores de resistividade superiores a 2200 Ω .m, o que indica a presença de diabásio seco a parcialmente saturado. Esses valores elevados de resistividade são característicos de rochas ígneas máficas, como o diabásio, devido à sua baixa porosidade e permeabilidade intrínseca, além da menor presença de fluidos condutivos em seus espaços porosos. A variação na saturação de água pode estar relacionada ao fraturamento secundário que afeta a capacidade do meio de armazenar e conduzir fluidos.

A partir de 50 metros de profundidade, os valores de resistividade diminuem para menos de 1000 Ω .m, o que sugere um aumento significativo na saturação de água. Essa mudança pode ser atribuída à transição para um meio sedimentar mais poroso, no caso, o arenito seco (Figura 10).

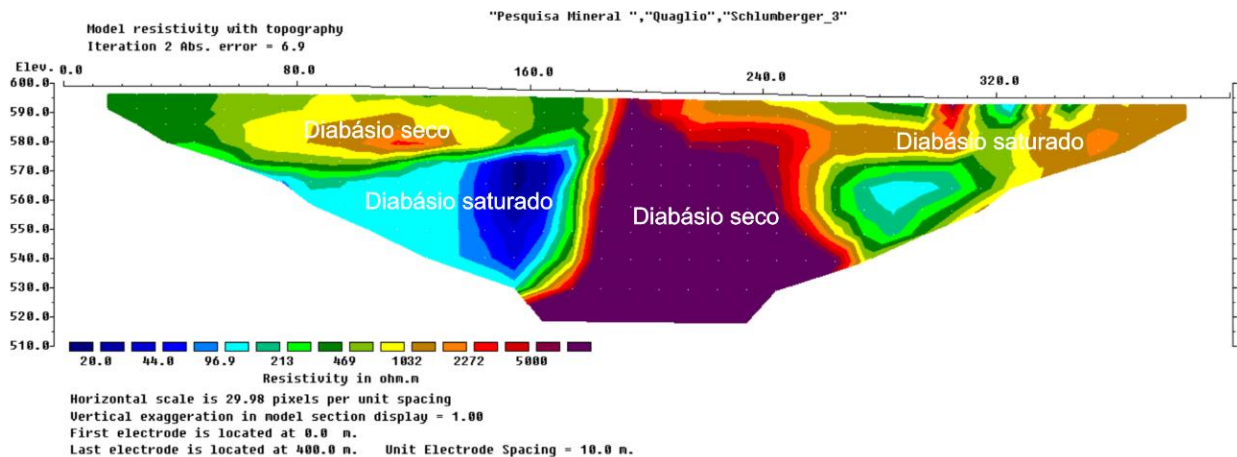
Figura 10 – Modelo de inversão para a Linha 2, com realce das principais rochas.



Linha 3

A linha 3 também apresenta uma ampla extensão com valores de resistividade superiores a 2200 $\Omega.m$, indicando a presença de diabásio seco a parcialmente saturado. Além disso, ocorrem intervalos alternados com resistividade inferior a 100 $\Omega.m$, possivelmente associados a zonas fortemente fraturadas e saturadas em água no diabásio (Figura 11). Essas zonas de baixa resistividade podem indicar a presença de fraturas abertas ou falhas que atuam como condutos para o fluxo de água subterrânea. A infiltração de água ao longo dessas discontinuidades altera a assinatura geofísica da rocha, reduzindo sua resistividade devido à presença de fluidos condutivos nos espaços porosos.

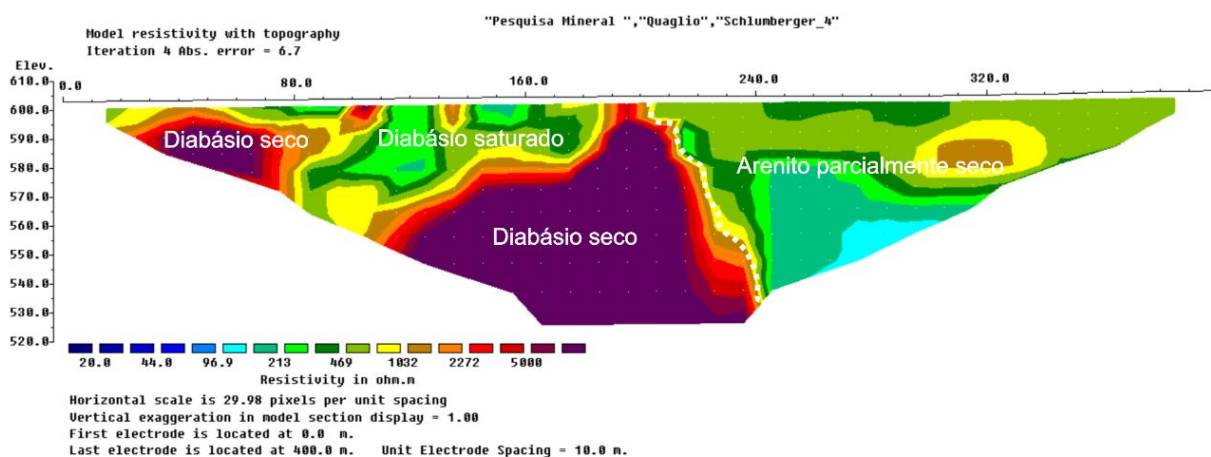
Figura 11 – Modelo de inversão para a Linha 3, com realce das principais rochas.



Linha 4

A linha 4 apresenta valores de resistividade superiores a 2200 $\Omega.m$ desde o início até a posição de 200 metros, indicando a presença de diabásio seco a parcialmente saturado. Além disso, ocorrem intervalos alternados com resistividade inferior a 200 $\Omega.m$, possivelmente associados a zonas fortemente fraturadas e saturadas em água no diabásio. A partir dos 200 metros, observa-se uma redução acentuada nos valores de resistividade, que passam a ser inferiores a 1500 $\Omega.m$, acompanhada por homogeneidade lateral e estratificação das camadas, o que sugere a presença de arenito parcialmente saturado a seco (Figura 12).

Figura 12 – Modelo de inversão para a Linha 4, com realce das principais rochas.

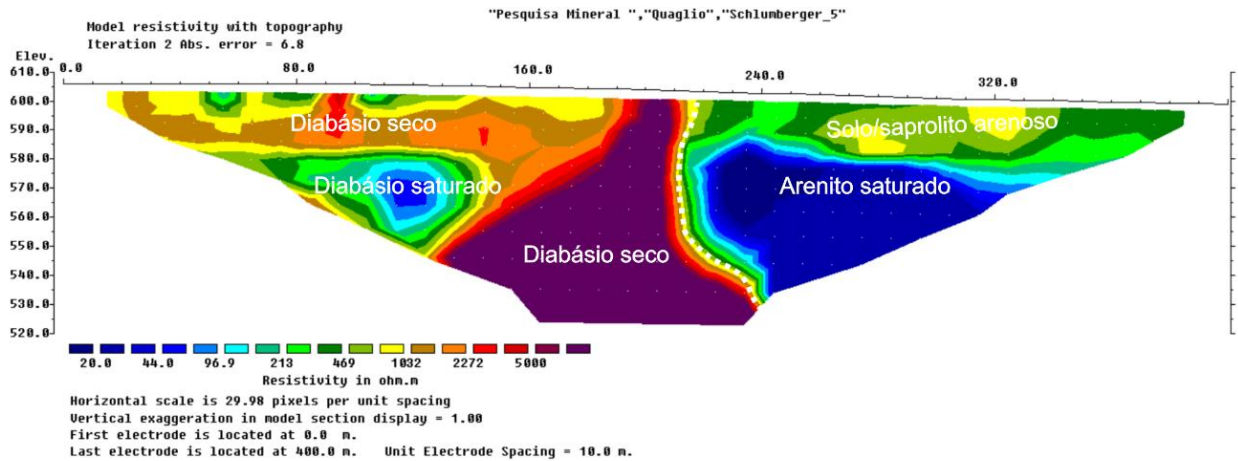


Linha 5

A linha 5 apresenta características semelhantes à linha anterior, com valores de resistividade superiores a 2200 $\Omega.m$ desde o início até a posição de 220 metros, indicando a presença de diabásio seco a parcialmente saturado. Além disso, ocorrem intervalos alternados com resistividade inferior a 200 $\Omega.m$, possivelmente associados a zonas fortemente fraturadas e saturadas em água no diabásio.

A partir dos 220 metros, ocorre uma redução acentuada nos valores de resistividade, que passam a ser inferiores a 1500 $\Omega.m$, em um horizonte superficial com até 20 metros de profundidade. Esse horizonte é composto por solo/saprólito parcialmente saturado, sobreposto por arenito saturado homogêneo (Figura 13).

Figura 13 – Modelo de inversão para a linha 5, com realce das principais rochas.

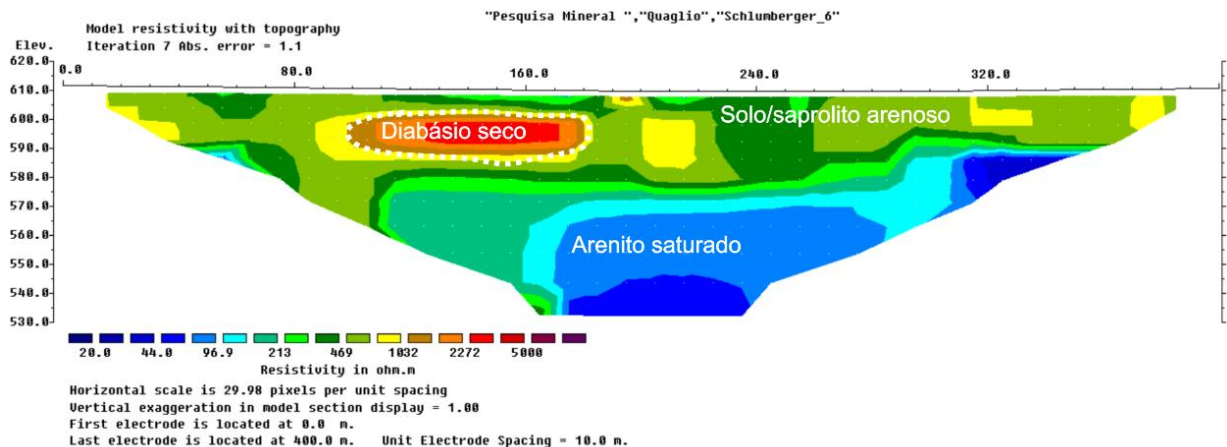


Linha 6

A linha 6 apresenta um horizonte de aproximadamente 20 metros composto por solo/saprolito arenoso, com resistividade entre 200 Ω .m e 1000 Ω .m, sobreposto a uma camada com resistividade inferior a 200 Ω .m, caracterizada pela presença de arenito saturado em água.

Nesta linha, entre as posições de 100 metros e 170 metros na superfície, e entre 5 metros e 25 metros de profundidade, ocorrem valores de resistividade superiores a 2200 Ω .m, indicando a presença de diabásio. Essa ocorrência pode representar a extremidade final de um corpo intrusivo maior ou um bloco isolado (Figura 14).

Figura 14 – Modelo de inversão para a Linha 6, com realce das principais rochas.

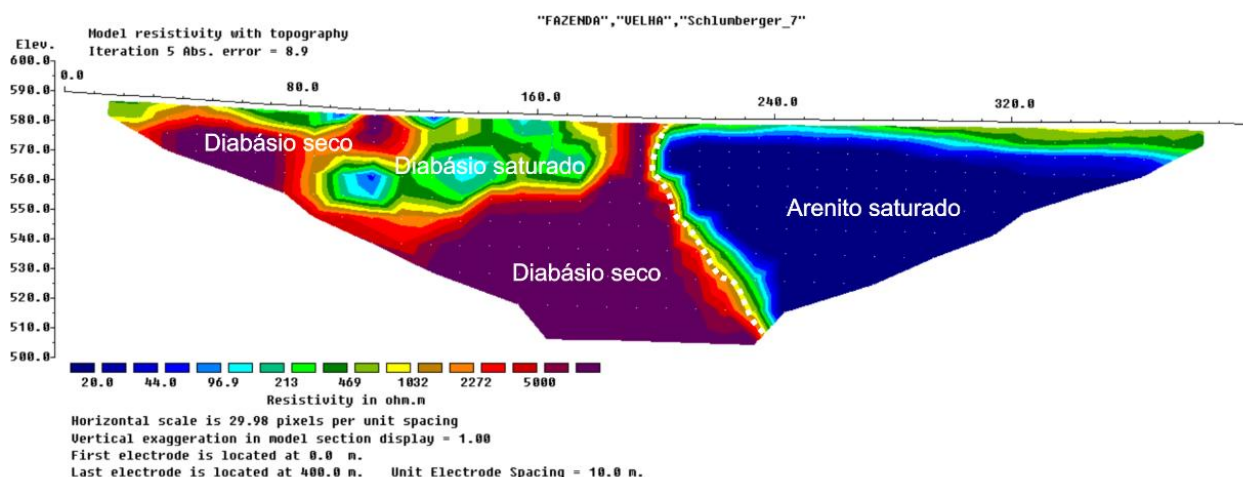


Linha 7

A linha 7 apresenta uma divisão bem definida entre sua metade inicial e final. Na metade inicial, predominam áreas com resistividade superior a 2200 $\Omega.m$, o que indica a presença de diabásio. No entanto, há intercalações de zonas com resistividade variando entre 100 $\Omega.m$ e 1000 $\Omega.m$, características típicas de diabásio saturado. A alternância entre essas zonas pode estar relacionada ao grau de fraturamento e à presença de água nas descontinuidades da rocha, o que reduz sua resistividade e permite a infiltração de fluidos, principalmente em regiões com maior fraturamento ou alteração.

Na metade final da seção, observa-se uma ampla área homogênea com resistividade inferior a 30 $\Omega.m$, sugerindo a presença de arenito saturado (Figura 15).

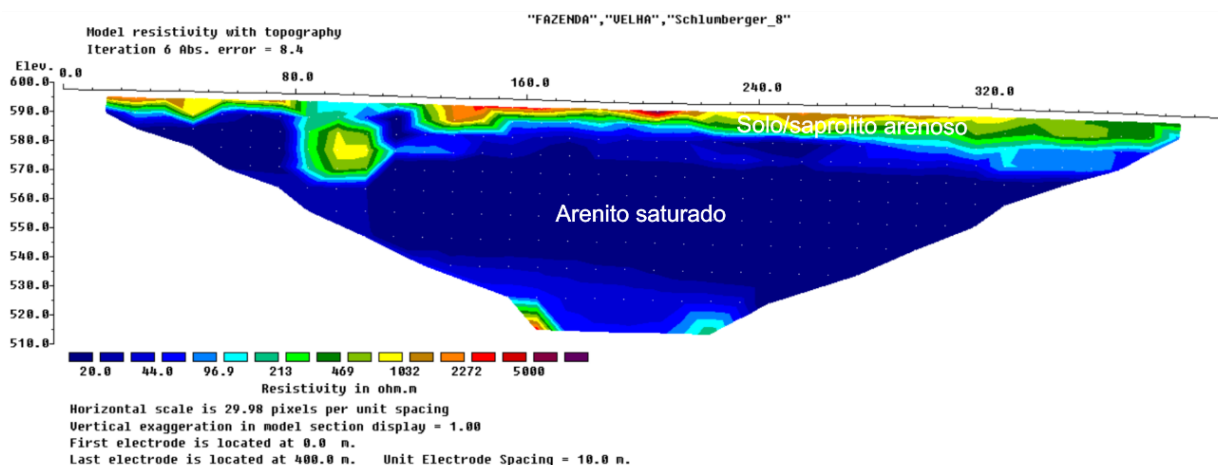
Figura 15 – Modelo de inversão para a Linha 7, com realce das principais rochas.



Linha 8

A linha 8 apresenta um horizonte superficial com espessura de até 10 metros, composto por solo/saprólito arenoso, sobreposto a um amplo intervalo homogêneo com resistividade inferior a 60 $\Omega.m$, o que indica a presença de arenito saturado. Nesta seção, não há evidências da presença de diabásio (Figura 16).

Figura 16 – Modelo de inversão para a Linha 8, com realce das principais rochas.

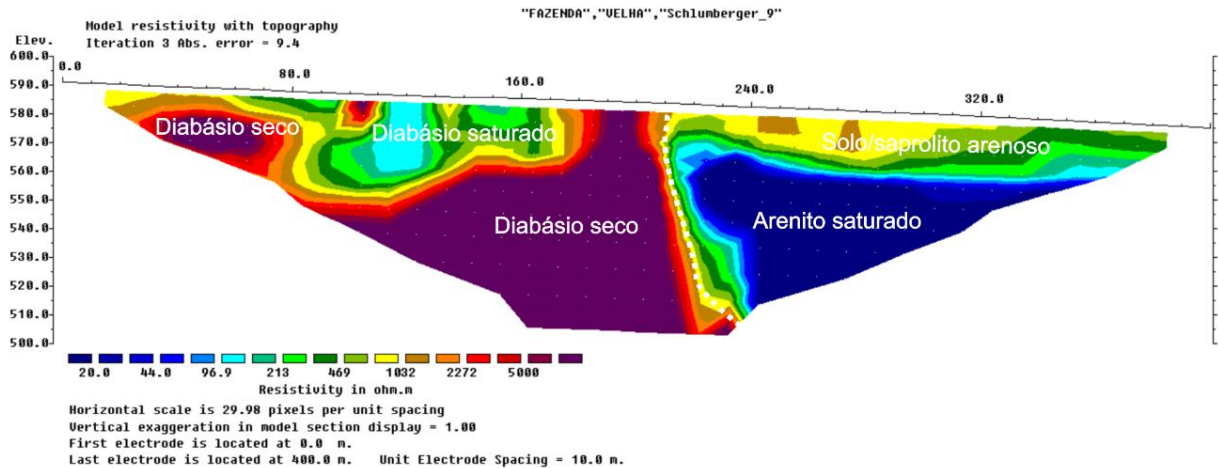


Linha 9

A linha 9 apresenta uma clara divisão entre sua metade inicial e final. Na metade inicial, predominam amplas áreas com resistividade superior a 2200 $\Omega.m$, indicando a presença de diabásio, intercaladas por zonas com resistividade entre 100 $\Omega.m$ e 1000 $\Omega.m$. Essas zonas com resistividade mais baixa caracterizam diabásio saturado, sugerindo que a rocha está fraturada ou alterada, permitindo a infiltração de água. A presença dessas alternâncias pode refletir variações no grau de fraturamento e na saturação da rocha ao longo da linha.

Na metade final da seção, há um horizonte aflorante com cerca de 25 metros de espessura, constituído por solo/saprolito arenoso. Esse horizonte é sobreposto por uma camada ampla e homogênea com resistividade inferior a 60 $\Omega.m$, indicando a presença de arenito saturado (Figura 17).

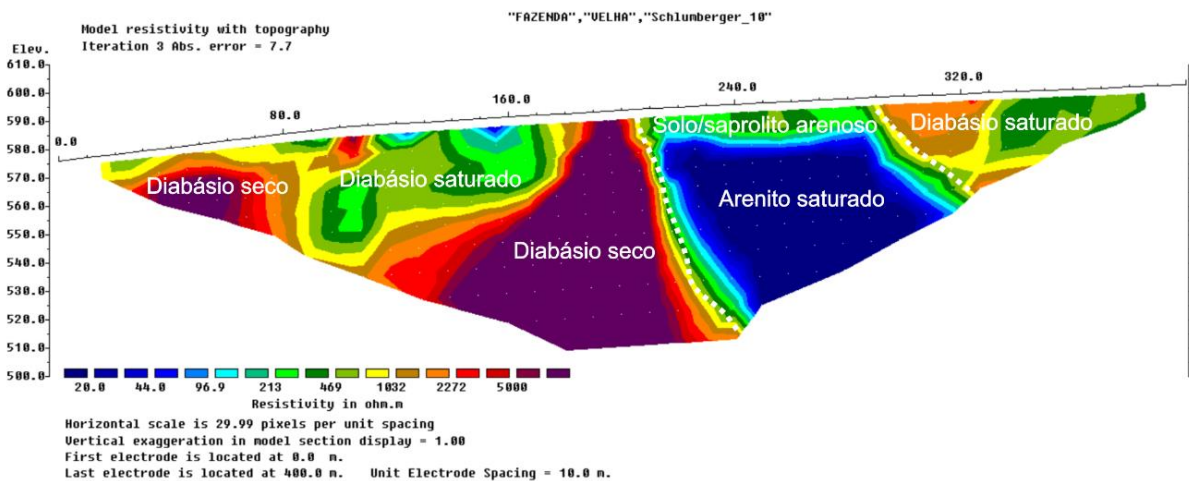
Figura 17 – Modelo de inversão para a Linha 9, com realce das principais rochas.



Linha 10

A linha 10 apresenta em sua metade inicial áreas com resistividade superior a 2200 Ω .m, indicando a presença de diabásio, intercaladas por zonas com resistividade entre 100 Ω .m e 1000 Ω .m, que caracterizam diabásio saturado. Na metade final, ocorre um padrão mais heterogêneo, marcado por intercalações de arenito saturado e uma nova ocorrência de diabásio saturado em sua posição final (Figura 18).

Figura 18 – Modelo de inversão para a Linha 10, com realce das principais rochas.

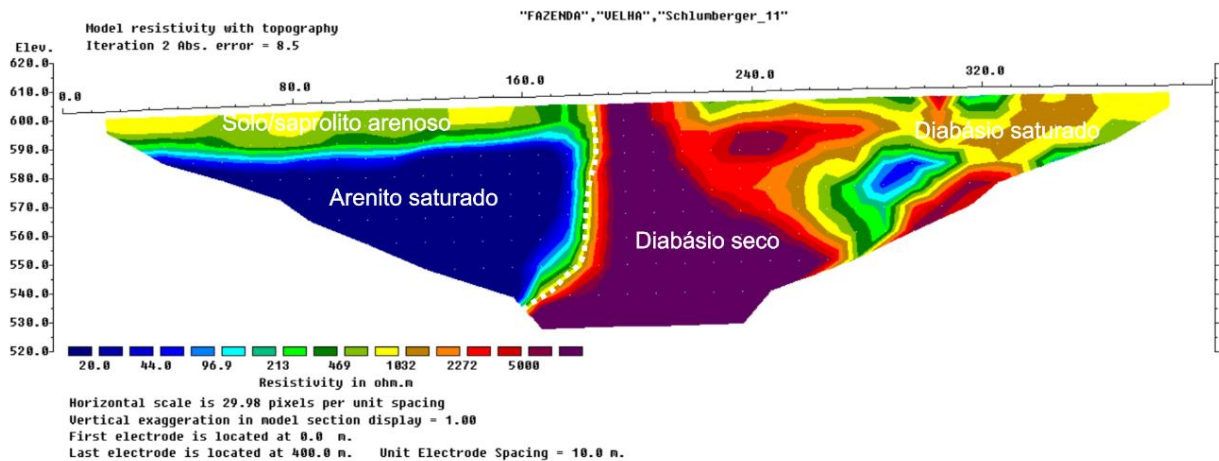


Linha 11

A linha 11 apresenta, em sua metade inicial, um horizonte aflorante com aproximadamente 15 metros de espessura, composto por solo/saprolito arenoso.

Logo abaixo, ocorre um intervalo com resistividade inferior a 100 Ω .m, característico de arenito saturado. Na metade final da seção, a geofísica revela um domínio com resistividade superior a 2200 Ω .m, indicando a presença de diabásio. Esse corpo intrusivo ocorre de forma intercalada com zonas de resistividade em torno de 1000 Ω .m, associadas a diabásio saturado (Figura 19).

Figura 19 – Modelo de inversão para a Linha 11, com realce das principais rochas.

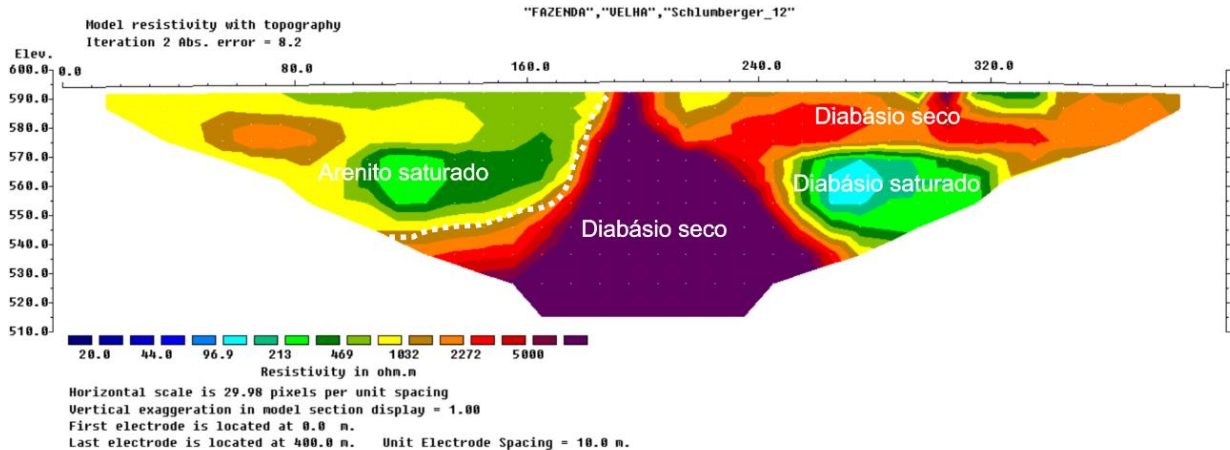


Linha 12

A linha 12 apresenta três compartimentos distintos em termos de resistividade elétrica. A porção inicial da seção, entre 0 m e 190 m, exibe valores de resistividade entre 200 Ω .m e 1500 Ω .m, indicando a presença de arenitos parcialmente saturados. Na porção central, os valores de resistividade ultrapassam 5000 Ω .m, o que sugere a ocorrência de diabásio maciço e seco. Em direção ao final da seção, esses valores gradualmente diminuem para aproximadamente 2500 Ω .m, caracterizando diabásio seco a levemente saturado.

No trecho final, observa-se um intervalo semicircular com resistividade inferior a 200 Ω .m, possivelmente associado a diabásio fraturado e completamente saturado (Figura 20). Os resultados desta seção possibilitaram a delimitação do contato entre arenito e diabásio.

Figura 20 – Modelo de inversão para a Linha 12 com realce das principais rochas.

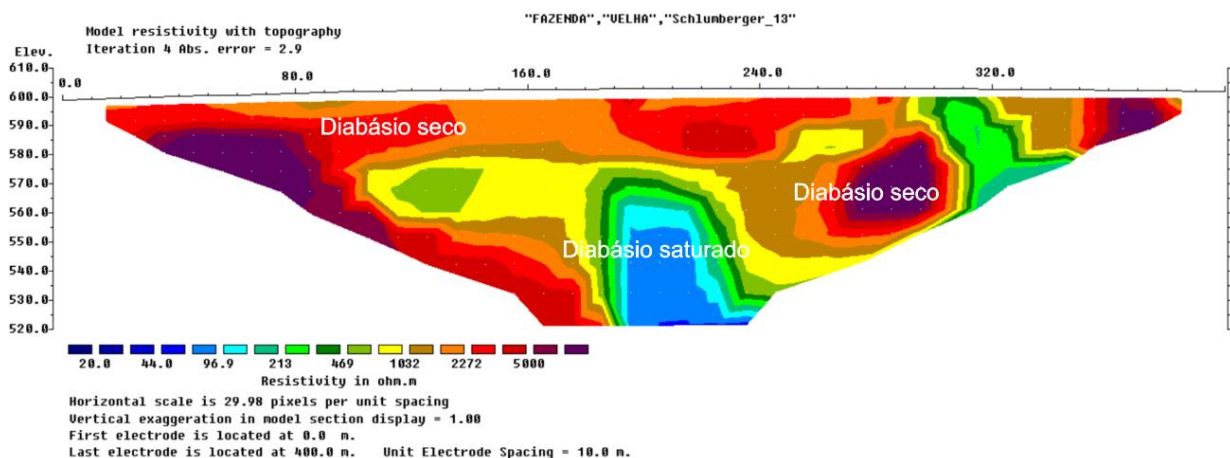


Linha 13

A linha 13 é caracterizada predominantemente por valores de resistividade superiores a 2200 Ω .m, indicando a ocorrência de variações de diabásio seco a parcialmente saturado. A distribuição dos valores de resistividade ao longo da seção sugere que o diabásio nessa região se apresenta de forma relativamente contínua, com possíveis variações em seu grau de saturação.

Na porção central da seção, observa-se uma redução acentuada nos valores de resistividade para menos de 200 Ω .m, indicando a presença de uma zona de diabásio fraturado e saturado (Figura 21).

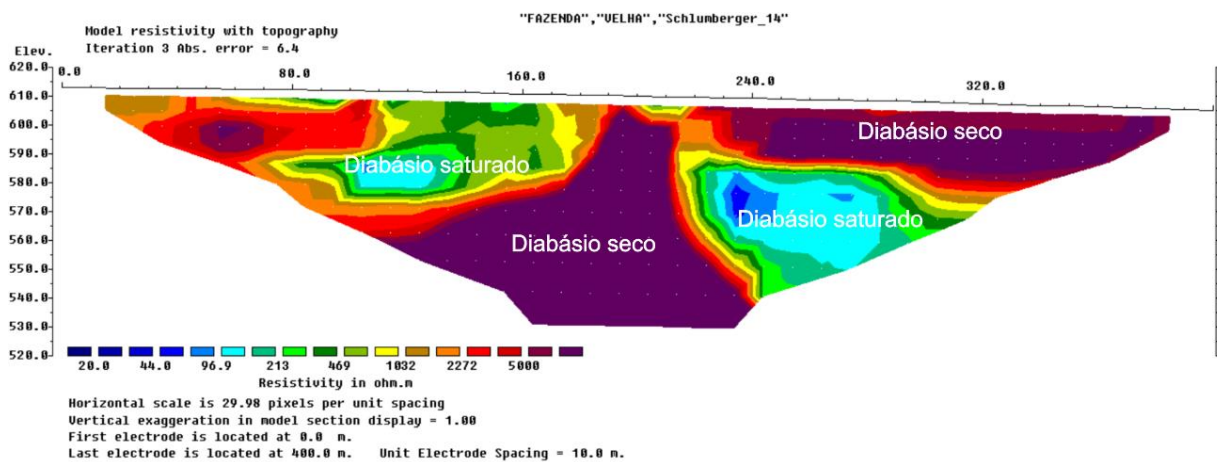
Figura 21 – Modelo de inversão para a Linha 13, com realce das principais rochas.



Linha 14

A linha 14 é caracterizada por valores de resistividade superiores a 2200 $\Omega.m$, compatíveis com a presença de diabásio seco a parcialmente saturado. Além disso, ocorrem intervalos alternados com resistividade inferior a 100 $\Omega.m$, possivelmente relacionados a zonas de fraturamento intenso e elevada saturação em água, indicando setores de maior permeabilidade dentro do corpo intrusivo (Figura 22).

Figura 22 – Modelo de inversão para a Linha 14, com realce das principais rochas.



Durante a aquisição de dados nesta linha, foi identificada a presença de magnetita na superfície, além de solo argiloso de coloração vermelho-escuro, característico do intemperismo de basaltos e diabásios. Além disso, essa linha está situada na porção mais elevada da área de estudo (Figura 23).

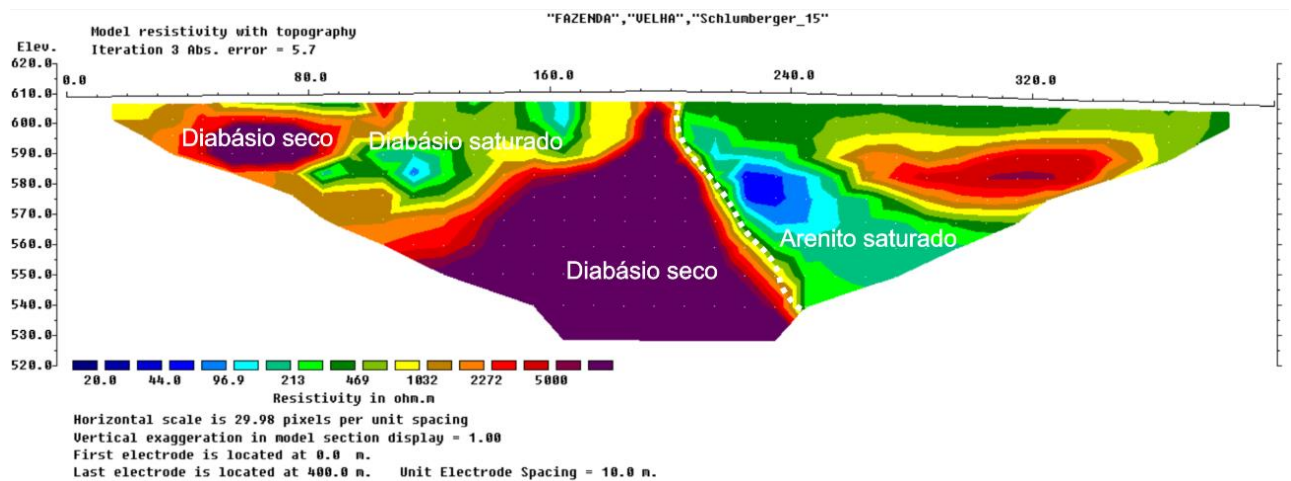
Figura 23 – Solo com fragmentos de hematita e magnetita.



Linha 15

A linha 15 apresenta valores de resistividade superiores a 2200 Ω .m desde o início até a posição de 200 metros, indicando a presença de diabásio seco a parcialmente saturado. Além disso, ocorrem intervalos alternados com resistividade inferior a 500 Ω .m, característicos de arenito saturado (Figura 24).

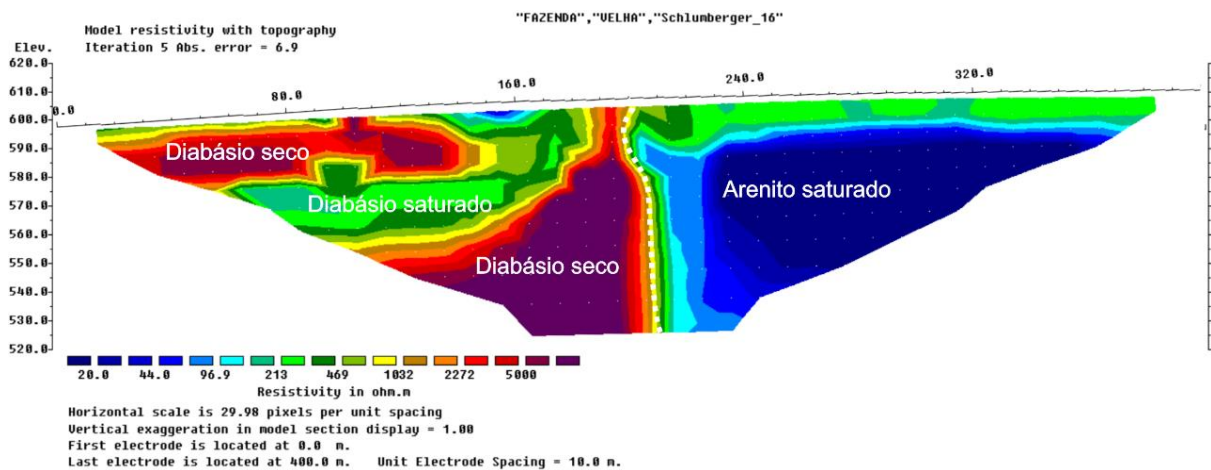
Figura 24 – Modelo de inversão para a Linha 15, com realce das principais rochas.



Linha 16

A linha 16 apresenta um contraste evidente entre suas metades inicial e final. Na metade inicial, valores de resistividade superiores a 2200 $\Omega.m$ indicam a presença de diabásio seco a parcialmente saturado. Já na metade final, predominam resistividades abaixo de 200 $\Omega.m$, caracterizando arenito saturado. Essa transição bem definida permitiu uma delimitação clara do corpo de diabásio na área de estudo (Figura 25).

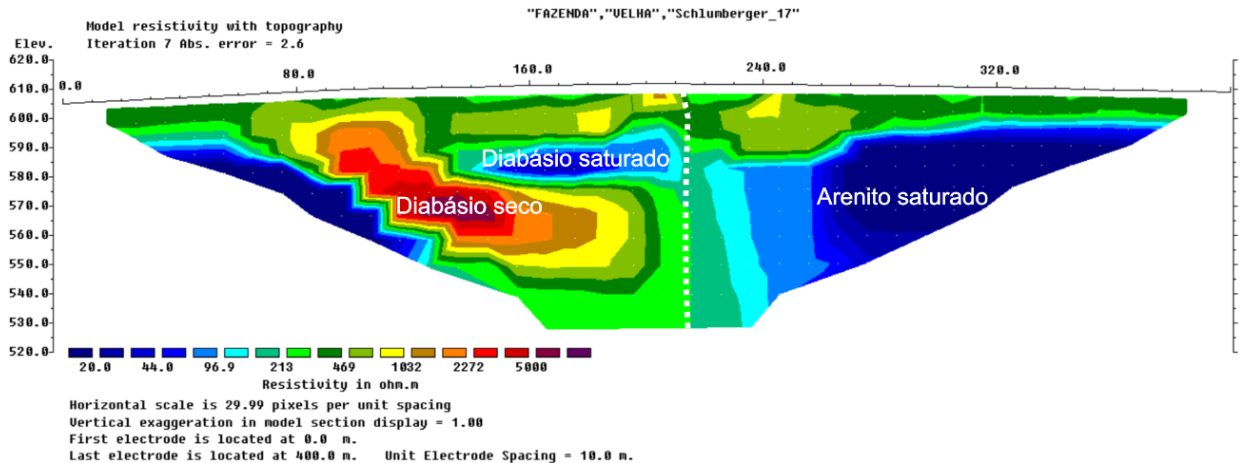
Figura 25 – Modelo de inversão para a Linha 16, com realce das principais rochas.



Linha 17

A linha 17 exibe elevados valores de resistividade, variando entre 200 $\Omega.m$ e 5000 $\Omega.m$, até a posição de 210 metros, indicando a presença de diabásio maciço seco e de setores fraturados e saturados. A partir desse ponto, predominam resistividades abaixo de 200 $\Omega.m$, com grande homogeneidade lateral, sugerindo a transição para um domínio de arenito parcialmente a completamente saturado. Essa seção também permitiu delimitar com precisão a extensão do diabásio na área de estudo (Figura 26).

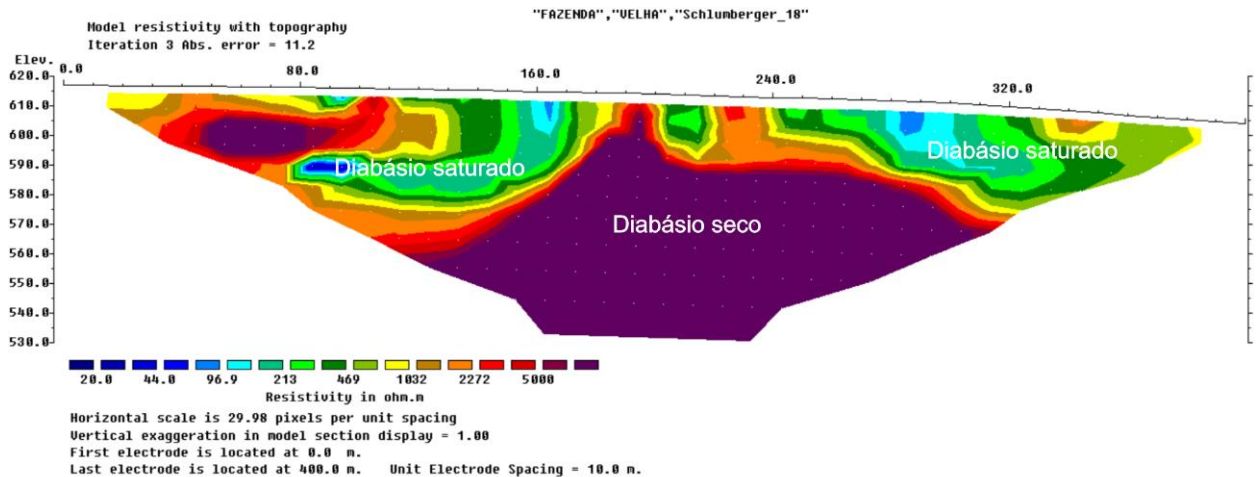
Figura 26 – Modelo de inversão para a Linha 17, com realce das principais rochas.



Linha 18

Na linha 18, predominam valores de resistividade superiores a 2200 Ω .m, indicando a presença de variações de diabásio seco a parcialmente saturado. Além disso, duas porções com resistividade inferior a 200 Ω .m sugerem a existência de zonas fraturadas e saturadas em água (Figura 27).

Figura 27 – Modelo de inversão para a Linha 18, com realce das principais rochas.

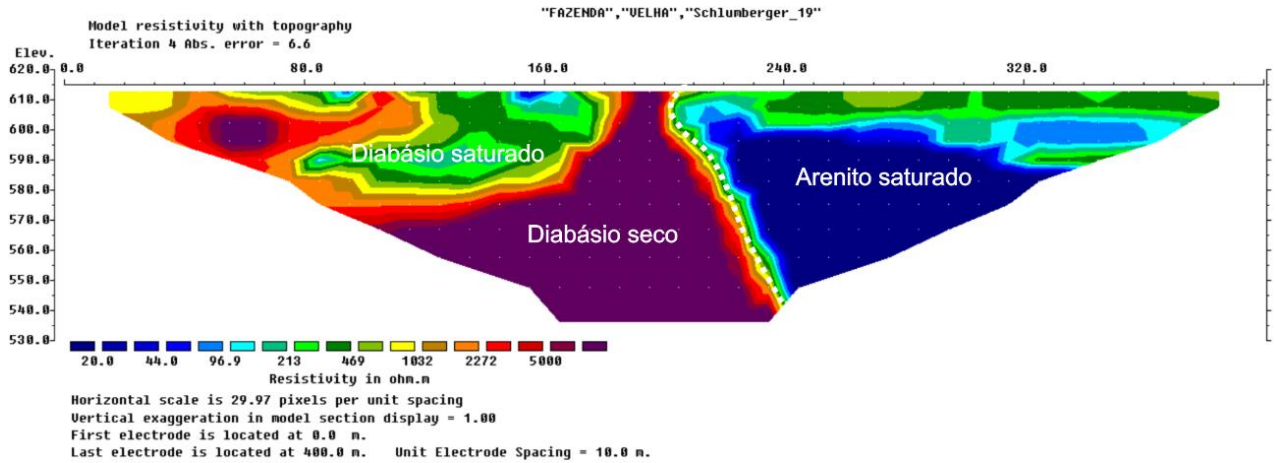


Linha 19

A linha 19 apresenta um contraste evidente entre suas metades inicial e final. Na metade inicial, valores de resistividade superiores a 2200 Ω .m indicam diabásio seco a parcialmente saturado, com uma região em torno de 400 Ω .m, sugerindo

diabásio fraturado e saturado. Na metade final, predominam valores inferiores a 200 $\Omega.m$, caracterizando arenito saturado. Essa seção também permitiu delimitar claramente o corpo de diabásio na área de estudo (Figura 28).

Figura 28 – Modelo de inversão para a Linha 19, com realce das principais rochas.



A análise conjunta das 19 linhas de investigação geofísica possibilitou a delimitação da extensão máxima e a identificação de um único corpo contínuo de rocha básica (Figura 29).

Figura 29 – Limite do diabásio a partir dos contatos e áreas de ocorrência reconhecidos nas seções geofísicas.



Fonte: Autoria Própria.

6. CONCLUSÃO

A utilização da geofísica pelo Método de Eletrorresistividade aplicado à região da Pedreira Fazenda Velha em Nova Odessa -SP se mostrou eficaz, visto que uma análise detalhada da subsuperfície, com a identificação de importantes características geológicas e a caracterização das litologias presentes, permitiu a delimitação precisa do corpo intrusivo de rocha básica na área de estudos.

A partir das medições de resistividade elétrica, foi possível observar um contraste claro entre os intervalos de arenito saturado, com resistividade inferior a 200 Ω .m, e diabásio seco, com resistividade superior a 2200 Ω .m. A análise também revelou zonas de fratura no diabásio, onde a resistividade é inferior a 400 Ω .m, associadas a fraturas saturadas com água proveniente de contatos com arenitos saturados.

Os corpos de diabásio foram identificados com continuidade até profundidades de até 80 metros, que foi o limite de investigação geofísica utilizado. As variações na espessura do solo/saprolito foram encontradas entre 5m e 15m, com destaque para as linhas 13 e 14, onde o solo vermelho argiloso com fragmentos de magnetita indicou uma espessura mais rasa, de cerca de 5m. Nas linhas 2, 3 e 13, a presença de relevo plano e forte infiltração das águas pluviais contribuiu para a formação de solos mais espessos, alcançando até 15m de profundidade.

Em regiões com topografia inclinada para o sul, como nas linhas 16, 17 e 18, foi observada uma variação nas espessuras de solo, com maiores espessuras nas porções elevadas e uma redução nas áreas mais baixas.

REFERÊNCIAS

BITAR, O. Y.; SHOJI, W.; CABRAL JUNIOR, M. Geotecnologia: tendências e desafios. *São Paulo em Perspectiva*, v. 14, n. 3, p. 78-90, 2000.

BORTOLOZO, C. A., & PORSANI, J. L. (2016). Inversão conjunta 1D e 2D de dados de Eletrorresistividade e TDEM aplicados em estudos de hidrogeologia na bacia do Paraná. ResearchGate.

BRAGA, A. C. O. (2016). Geofísica aplicada: métodos geoeletricos em hidrogeologia. São Paulo: Oficina de Textos

CABRAL JUNIOR, M.; ALMEIDA, E. B. Geologia e principais aplicações dos minerais industriais no Estado de São Paulo. In: *ENCONTRO DE MINERADORES E CONSUMIDORES*, 7., 1999, Rio Claro. Resumos Expandidos... São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 1999, p. 1-3.

CHRISTOFOLETTI, S. R. Um modelo de classificação geológico-tecnológica das argilas da Formação Corumbataí utilizadas nas indústrias do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes. 2003. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 2003.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Sumário Mineral 2012. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://antigo.anm.gov.br/portal/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2012/view>. Acesso em: 27/02/2020

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Cadastro Nacional de Produtores de Brita – Ano Base 2015. Diretoria de Planejamento e Desenvolvimento da Mineração. Brasília (DF), 2018 em <http://www.dnpm.gov.br>

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Informe Mineral, 2º semestre 2019. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serieestatisticas-e-economia-mineral/informe-mineral/publicacoes-nacionais>.

DRASKOVITS, P; HOBOT, J.; VERO, L; SMITH, B. 1990. Induced – polarization survey applied to evaluation of groundwater resources, Pannonian Basin, Hungary.

EDWARDS, L. S. A modified pseudosection for resistivity and induced polarization. *Geophysics*, v. 42, p. 1020-1036, 1977.

FIGUEROLA C. J. (1973). Tratado de Geofísica Aplicada. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. Aproximadamente 400–500 páginas.

KEAREY, P.; MICHAEL, B.; IAN, H. Geofísica de exploração. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

KNODEL, K., LANGE, G., & VOIGHT, H.-J. (2007). Environmental Geology: Handbook of Field Methods and Case Studies. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

LOPES, W. R. (2023). Método de eletrorresistividade integrado com dados aeromagnéticos e sondagem mecânica aplicado ao estudo de mármore calcítico na área da Mina Cerro da Pedra. UNIPAMPA.

LOKE, M. H.; BARKER, R. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, n. 44, p. 131-152, 1996.

LOKE, M. H. Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. A practical guide to 2-D and 3-D surveys. Online, 2001.

LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. Rochas & minerais industriais: usos e especificações. CETEM/MCT, 2005.

Lowrie, W. (2007). Fundamentals of Geophysics (2nd edition). Cambridge University Press. ISBN: 978-0521702719.

McNEILL, J. D. Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers. Nota Técnica n. 6, Geonics, 15 p., 1980.

MILANI, E. J.; RAMOS, V. A. Orogenias Paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 28, n. 4, p. 473-484, 1998.

MILANI, E. J., Melo, J. H. G., Souza, P. A., Fernandes, L. A., & França, A. B. (2007). Bacia do Paraná. In: Milani, E. J. et al. (Eds.), *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2), 265–287.

MILSON, J. Field Geophysics. England: Wiley, 232 p., 2003. NARDY, A. J. R.; OLIVEIRA, M. A. F.; BETANCOURT, R. H. S.; VERDUGO, D. R. H.; MACHADO, F. B. Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral. *Revista Geociências*, v. 21, n. 2, p. 15-32, 2002.

MOREIRA, C. A. (2009). Geofísica aplicada no monitoramento de área de disposição de resíduos sólidos domiciliares. UNESP.

MOREIRA, C. A.; ILHA, L. M. Prospecção geofísica em ocorrência de cobre localizada na bacia sedimentar do Camaquã (RS). Rem: Revista Escola de Minas, v. 64, p. 305-311, 2011.

MOREIRA, C. A., LAPOLA, M. M., CARRARA, A. Comparative analyzes among electrical resistivity tomography arrays in the characterization of flow structure in free aquifer. *Geofísica Internacional*, vol. 55, 2, p. 119 – 129, 2016.

MOURA, R., FRANÇA, M., & QUINTELLA, C. O. V. (2022). Desenvolvimento da exploração de recursos não-convencionais no Brasil. *FGV Energia*.

NARDY, A. J. R., Machado, F. B., & Oliveira, M. A. F. (2002). Litoestratigrafia das rochas vulcânicas mesozóicas da porção centro-leste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(4), 533–544.

NOGUEIRA, C. E. C. (2022). Utilização do levantamento de eletrorresistividade para prospecção de gemas em pegmatitos. *UFVJM*.

PARROTTI, D. D. (2021). Modelamento geofísico de diabásio para planejamento de lavra por meio da técnica de tomografia elétrica. *UNESP*.

PETRI, SETEMBRINO; PIRES, FERNANDO A. O Subgrupo Itararé (Permocarbonífero) na região do Médio Tietê, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 22, n. 3, p. 301-310, 1992.

SCHNEIDER, R. L., Fülöp, R. H., & Tommasi, E. (1974). Grupo São Bento. In: Projeto RADAM – Levantamento de Recursos Naturais, Folha SG.22, Porto Alegre e SG.22 Araguaiana. Volume 28. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM.

SCHORCHT, S. F. (2020). Caracterização do fluxo subterrâneo em reverso de cuesta por meio de análise estrutural e método geofísico de eletrorresistividade. *UNESP*.

SOARES, P. C. Divisão Estratigráfica do Mesozóico no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 5, p. 229-251, 1975.

SOARES, P. C. O Mesozóico Gonduânico no Estado de São Paulo. 1973. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia, Departamento de Geologia e Mineralogia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, Rio Claro, 1973.

SOUZA, G. C. Aplicação dos métodos eletromagnético indutivo, eletrorresistividade e IP domínio do tempo em caracterização Geoambiental. 2007. Dissertação de Mestrado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 103 p.

SUSLICK, Saul Barisnik et al. A mineração no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas e desafios para o aproveitamento dos recursos minerais. *Geosciences=Geociências*, v. 27, n. 2, p. 171-192, 2008.

USA. Investigations in Geophysics, n. 4 – Induced Polarization Applications and Case Histories. Society of Exploration Geophysicists, Ed Stanley H. Ward, p.379 – 396.

VESELY, Fernando Farias et al. Seqüências e tratos de sistemas deposicionais do Grupo Itararé, norte do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 34, n. 2, p. 219-230, 2004.

WILLIAM, L. *Fundamentals of Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

ZAINE, J. E. Geologia da Formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP). Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Rio Claro, 90 p.