



Prefeitura Municipal de Estiva

ESTADO DE MINAS GERAIS

ANEXO V – ESTUDO HIDROGEOLÓGICO E GEOFÍSICO

**CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS ESPECIALIZADOS PARA
EXECUÇÃO DE PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS**



ESTUDO HIDROGEOLÓGICO E GEOFÍSICO

PREFEITURA DE ESTIVA, MG

BAIRROS: BOA VISTA, GROTEINHA E PINHAL II

Maio/2021

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO.....	5
1.1.	Identificação do Projeto	5
2.	INTRODUÇÃO E OBJETIVO.....	6
3.	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	6
4.	ASPECTOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS.....	8
5.	METODOLOGIA.....	13
5.1.	Eletrorresistividade	13
5.1.1	Técnicas de aquisição de dados.....	16
6.	LEVANTAMENTO DE CAMPO	18
6.1.	Equipamentos Utilizado.....	18
6.2.	Procedimentos.....	18
6.3.	Processamento dos Dados.....	26
7.	RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
	APÊNDICE 01 –LOCAÇÕES PROPOSTAS	36
	APÊNDICE 02 – PROJETO DE POÇO.....	41

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		N° GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		N° CONTRATO	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem do Google Earth com localização das áreas de estudo.	7
Figura 2. Mapa geológico da área de estudo (CPRM, 2004).	8
Figura 3. Modelo hidrogeológico conceitual de Aquífero Cristalino (IRITANI & EZAKI, 2009). ..	9
Figura 4. Imagem do Google Earth com a localização da área de estudo e poços perfurados próximo à área.	10
Figura 5. Perfil construtivo do Poço 6 com a descrição das feições geológicas em profundidade. Fonte: SIAGAS, 2020.	11
Figura 6. Perfil construtivo do Poço 7 com a descrição das feições geológicas em profundidade. Fonte: SIAGAS, 2020.	12
Figura 7. Perfil construtivo do Poço 10 com a descrição das feições geológicas em profundidade. Fonte: SIAGAS, 2020.	12
Figura 8. Esquema como medir a resistividade elétrica do subsolo através de eletrodos de corrente e de potencial.	14
Figura 9. Princípio dos métodos elétricos, circulação das linhas de corrente e de potencial no solo.	14
Figura 10. Exemplo de disposições de eletrodos em alguns tipos arranjos.	16
Figura 11. Disposição eletródica Sondagem Elétrica Vertical com arranjo Schlumberger.	17
Figura 12. Disposição dos eletrodos de corrente e de potencial para o arranjo gradiente.	17
Figura 13. Resistímetro utilizado para coleta de dados de campo.	18
Figura 14. Localização Sondagem Elétrica Vertical (SEVs) e Linhas de Caminhamentos Elétricos (CE) realizadas Bairro Boa Vista Área 1.	19
Figura 15. Localização Linhas de Caminhamentos Elétricos (CE) realizadas Bairro Boa Vista Área 2.	20
Figura 16. Localização Sondagem Elétrica Vertical (SEVs) e Linhas de Caminhamentos Elétricos (CE) realizadas Bairro Grotinha.	21
Figura 17. Localização Sondagem Elétrica Vertical (SEVs) e Linhas de Caminhamentos Elétricos (CE) realizadas Bairro Pinhal II.	22
Figura 18. Fotos ilustrando a aquisição de dados em campo Área 1 Bairro Boa Vista.	23
Figura 19. Fotos ilustrando a aquisição de dados em campo Área 2 Bairro Boa Vista.	24
Figura 20. Fotos ilustrando a aquisição de dados em campo Área Bairro Pinhal II.	25
Figura 21. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico A. ..	26
Figura 22. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico B. ..	26
Figura 23. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico C. ..	27
Figura 24. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico D. ..	27
Figura 25. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico E.	28
Figura 26. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico F.	28

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

Figura 27. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico G. ..	29
Figura 28. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico H. ..	29
Figura 29. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico I.....	30
Figura 30. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico J. ...	30
Figura 31. Curva de resistividade aparente obtido para SEV 1, Bairro Boa Vista.	31
Figura 32. Curva de resistividade aparente obtido para SEV 2, Bairro Grotinha.	32
Figura 33. Curva de resistividade aparente obtido para SEV 3, Bairro Pinhal II.	32
Figura 34. Perfil construtivo do poço Bairro Boa Vista.	Erro! Indicador não definido.
Figura 35. Perfil construtivo do poço Bairro Grotinha.	Erro! Indicador não definido.
Figura 36. Perfil construtivo do poço Bairro Pinhal II.	Erro! Indicador não definido.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

1. APRESENTAÇÃO

1.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Nome do Projeto:	Estudo hidrogeológico e geofísico para avaliar a situação dos recursos hídricos subterrâneos em áreas do município de Estiva – MG
Contrato:	GA 2021-01-24B
Contratante:	REFEITURA MUNICIPAL DE ESTIVA CNPJ: 18.675.918/0001-04 Endereço: Avenida Prefeito Gabriel Rosa, nº 177 Centro, Estiva – MG
Contratada:	GEO ANALISYS SERVIÇOS GEOLÓGICOS EIRELI CNPJ: 28.725.915/0001-83 Endereço: Rua Euclides Miragaia, nº 394. Sala 1805 Centro, São José dos Campos - SP
Gestor do Projeto - Contratante:	Joaquim Francisco Pereira engenharia@estiva.mg.gov.br Tel.: (35) 3462-1122 (35) 99143-2157
Gestor/Resp. Técnico – Contratada:	Edgar Pane edgar.pane@geoanalysis.com Tel.: (12) 3941-9005 (12) 981566182
Início do Projeto:	10/05/2021
Término do Projeto:	25/05/2021

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		N° GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		N° CONTRATO	

2. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

A disponibilidade de água constitui importante fator para o desenvolvimento de uma região. Nesse contexto, os recursos hídricos subterrâneos se apresentam como uma importante alternativa para o abastecimento de água e a avaliação hidrogeológica prévia é etapa de grande importância para locação e construção de poços profundos para esse abastecimento.

Segundo FEITOSA, F. A. C. *et al.*, 2008 os critérios de locação de poços são baseados em informações e aspectos morfológicos superficiais observados em imagens de satélite e no campo que refletem a ocorrência e circulação de água no subsolo. Essas estruturas apresentam traços superficiais que podem ser observados em imagens ou nos levantamentos de campo, entretanto, na maioria das vezes, esses traços superficiais podem sofrer deslocamentos em profundidade em função de “mergulhos” das estruturas alvo. Dessa forma faz-se necessário a utilização de um método indireto, neste caso um levantamento geofísico, para indicar os pontos favoráveis à locação de poços em superfície.

Este relatório apresenta o resultado dos estudos hidrogeológicos e levantamento geofísico realizados no mês de Maio de 2021 pela Geo Analysis Serviços Geológicos EIRELE, em três bairros de interesse da Prefeitura do Município de Estiva, Estado de Minas Gerais.

Os estudos tiveram por objetivo a caracterização hidrogeológica, a partir de um prognóstico das características geológicas e hidrogeológicas locais e levantamento geofísico visando a definição das áreas favoráveis à perfuração de poços tubulares profundos.

Para atingir o objetivo proposto os trabalhos envolveram pesquisa bibliográfica de dados geológicos e estruturais, hidrogeológicos, cadastro de poços na região e levantamento geofísico pelo método da Eletroresistividade utilizando a técnica de Caminhamento Elétrico com arranjo gradiente objetivando melhor compreender as características das unidades aquíferas nos locais pré determinados pela contratante.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As áreas de estudo estão localizadas no município de Estiva, situado ao sul do Estado de Minas Gerais, as margens da BR 381, Fernão Dias Km 881.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

O município tem área territorial de 243,872 Km² e limita ao sul com o município de Cambuí, a leste com os municípios de Consolação e Cachoeira de Minas, ao norte Pouso Alegre e a oeste os municípios de Borba da Mata, Tocos do Moji e Bom Repouso.

As áreas estão localizadas em três bairros do município: **Bairro Boa Vista, Bairro Garotinha e Bairro Pinhal II**. A figura a seguir ilustra a localização dos bairros em relação a sede do município de Estiva.



Figura 1. Imagem do Google Earth com localização das áreas de estudo.

A área **Bairro Boa Vista**, dista cerca de 4,4 km a Sudeste da sede do município, e pode ser localizada pelas seguintes coordenadas geográficas:

LATITUDE: 22°29'53.95"SUL | LONGITUDE: 45°59'37.57"OESTE

A área **Bairro Grotinha**, dista cerca de 5,4 km a Sudoeste da sede do município, e pode ser localizada pelas seguintes coordenadas geográficas:

LATITUDE: 22°29'45.01"SUL | LONGITUDE: 46° 3'32.99"OESTE

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

A área **Bairro Pinhal II**, dista cerca de 8,7 km a Sudoeste da sede do município, e ser localizada pelas seguintes coordenadas geográficas:

LATITUDE: 22°29'8.44"SUL | LONGITUDE: 46° 6'0.52"OESTE

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

Nas áreas de estudo ocorrem litologias associadas ao Complexo Varginha-Guaxupé: unidade ortognaíssica migmatítica intermediária. Essa unidade é composta por Hornblenda biotita ortognaisses e Biotita ortognaisse, de composição granodiorítica a tonalítica. Estes gnaisses possuem granulometria fina, localmente com porfiroclastos, originalmente fenocristais, de feldspato. Geralmente apresentam aspecto migmatítico com textura estromática. Ambos os litotipos possuem intercalações de lentes de anfibolitos com espessura variando de centimétrica a métrica e granulometria fina a grossa. Estes anfibolitos são compostos por hornblenda, plagioclásio e clinopiroxênio (CPRM, 2008) (figura 2).

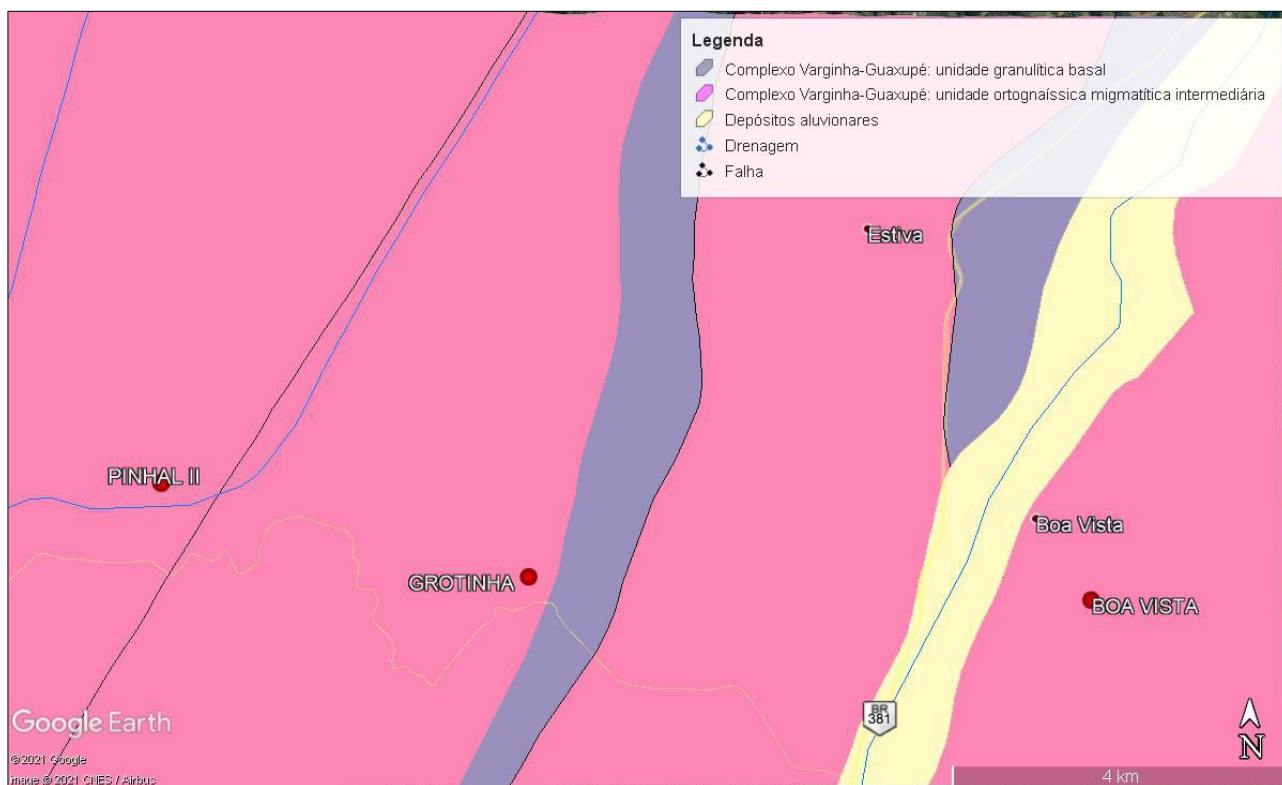


Figura 2. Mapa geológico da área de estudo (CPRM, 2004).

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

Na área de estudo predomina a unidade hidrogeológica denominada Aquífero Cristalino, que é caracterizado como um aquífero fraturado em rochas ígneas ou metamórficas, onde a matriz do maciço rochoso não apresenta espaços intergranulares.

Esse domínio de rochas cristalinas apresenta zonas de fissuras, fraturas, juntas, que são os locais favoráveis ao fluxo e armazenamento da água subterrânea. Estas zonas fraturadas originam-se da ruptura da rocha, devido a esforços físicos que ocorrem naturalmente na crosta terrestre ao longo da história geológica. Quanto maior a quantidade de fraturas na rocha, interligadas e preenchidas com água, maior será a potencialidade do aquífero em fornecer água (IRITANI & EZAKI, 2009) (figura 3).

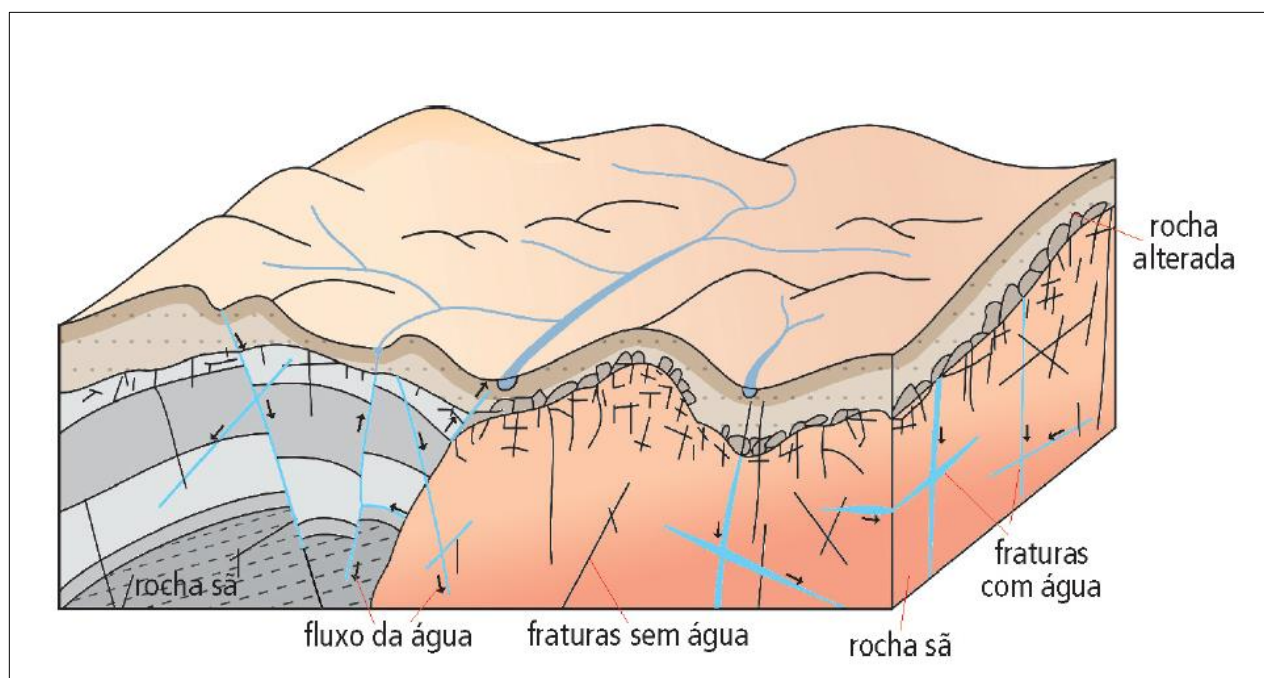


Figura 3. Modelo hidrogeológico conceitual de Aquífero Cristalino (IRITANI & EZAKI, 2009).

Outro fator que também influencia é a granulação dos cristais da rocha, pois quanto maiores e mais desenvolvidos, mais quebradiça é a rocha. Considerando os principais tipos de rochas cristalinas a relação decrescente de potencialidade (condições de armazenamento em suas fraturas) é a que segue: pegmatito; gnaiss, migmatito, quartzitos e cataclastos; micaxistos e calcários cristalino; granitos, dioritos, sienitos, gabros, migmatitos homogêneos; e ardósia, filito, sericita-xisto (FEITOSA, F. A. C. *et al.*, 2008).

De acordo com o cadastro do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (SIAGAS - CPRM), os poços próximos a área de estudo, apresentam as seguintes características:

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

DENOMINAÇÃO	PROFUNDIDADE (m)	VAZÃO (m³/h)
POÇO 1 – COPASA	76	20.56
POÇO 2 – COPASA	70	26.64
POÇO 3 – COPASA	75	8.64
POÇO 4 – COPASA	79	10.73
POÇO 5 – COPASA	120	5.04
POÇO 6 – COPASA BOA VISTA	72	12.0
POÇO 7 – LAGOA	60.50	18.43
POÇO 8 – COPASA BAIRRO DA GROTINHA	66	18.0
POÇO 9 – COPASA SEDE	103	14.4
POÇO 10 – COPASA PINHAL II	120	2.92
POÇO 10 – COPASA CONGONHAL	84.0	10.91

Os poços destacados em azul, correspondem aos poços mais próximos das áreas de estudo.

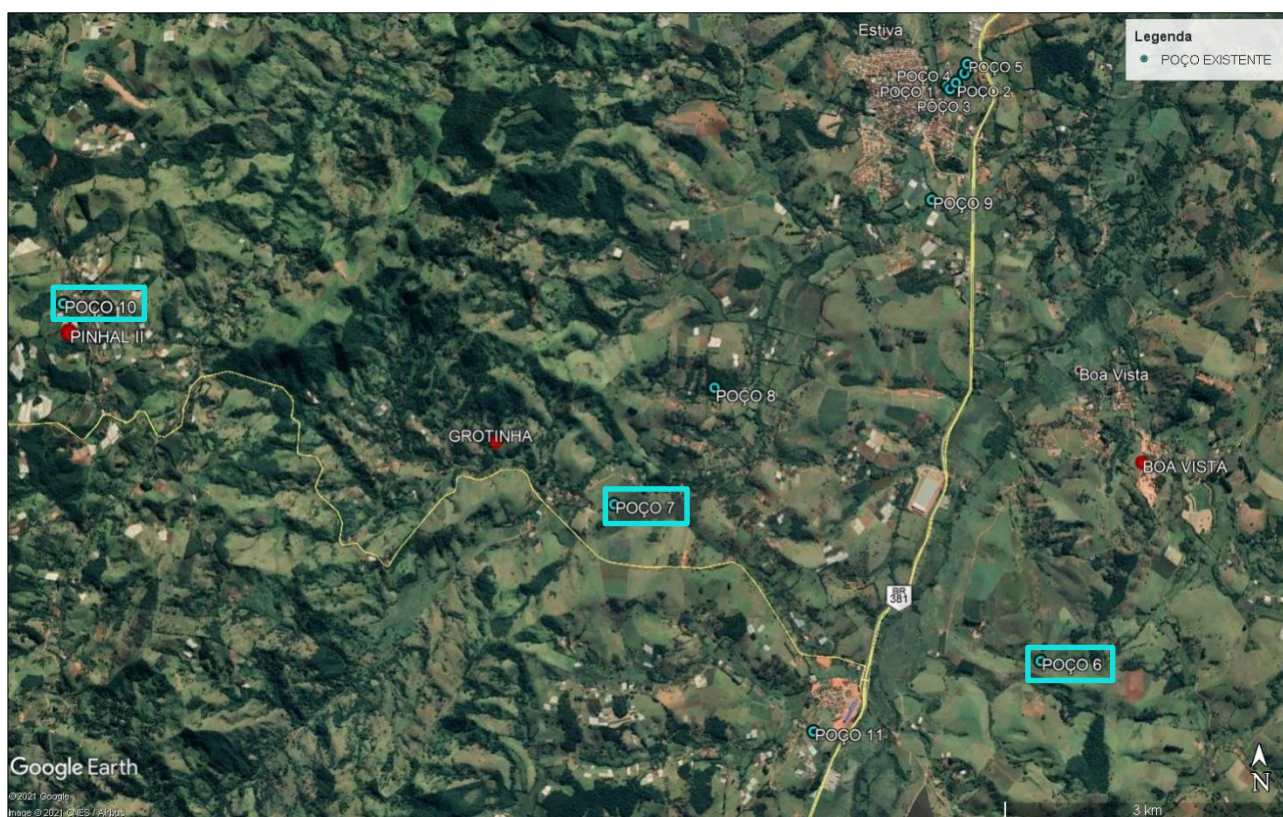


Figura 4. Imagem do Google Earth com a localização da área de estudo e poços perfurados próximo à área.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

As figuras a seguir apresentam o perfil construtivo dos poços 6, 7 e 10, poços que se encontram mais próximos as áreas de estudo, cerca de 2 km, 1,3 Km e 300 metros dos Bairros Boa Vista, Grotinha e Pinhal II, respectivamente.

Os poços 6 e 10 apresentam camada de solo com profundidade de até 24 metros, seguida por camada de rochas intemperizadas e decompostas até cerca de 28 metros e na porção basal a ocorrência de Gnaisses.

O poço 7, mais próximo ao Bairro Grotinha, apresenta uma camada de solo arenoso e siltoso menos espessa, com o ocorrência de rocha gnáissica em 10 metros.

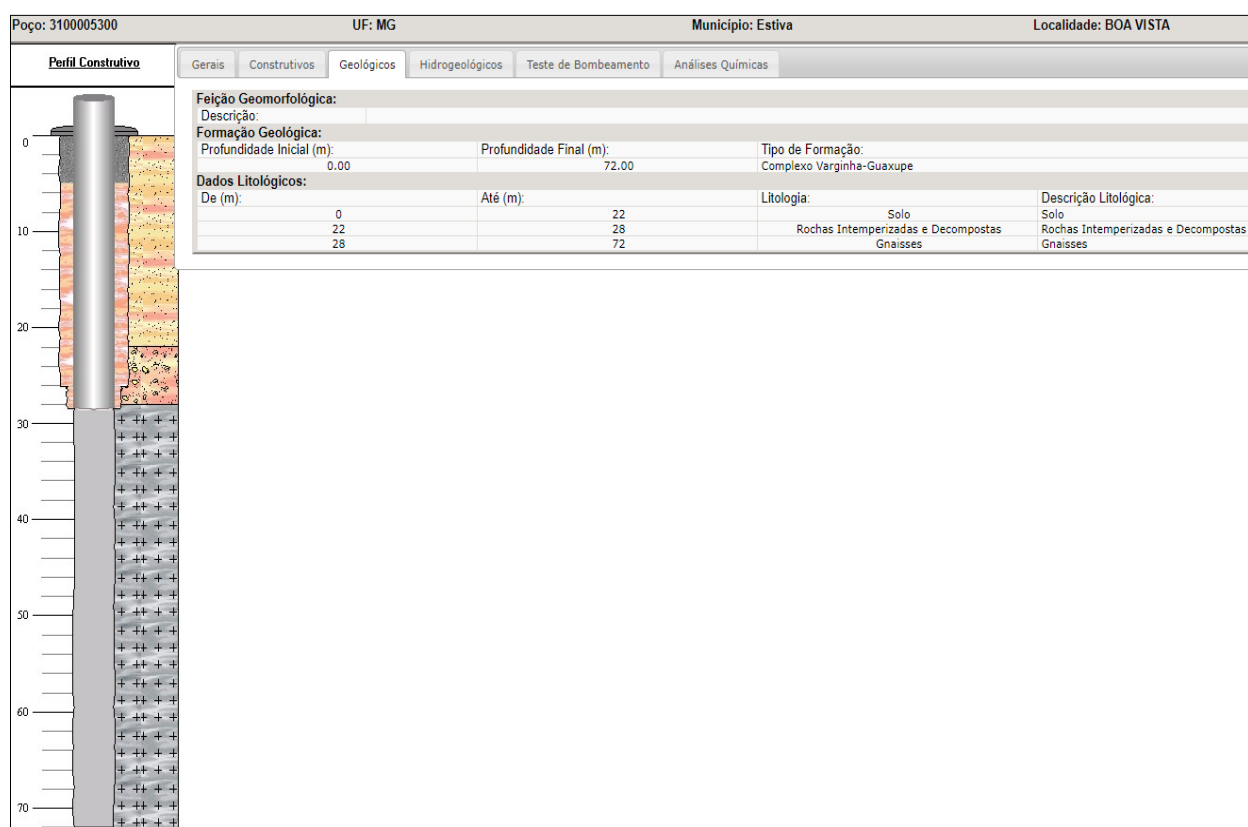


Figura 5. Perfil construtivo do Poço 6 com a descrição das feições geológicas em profundidade. Fonte: SIAGAS, 2020.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
		N° GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		N° CONTRATO	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG			

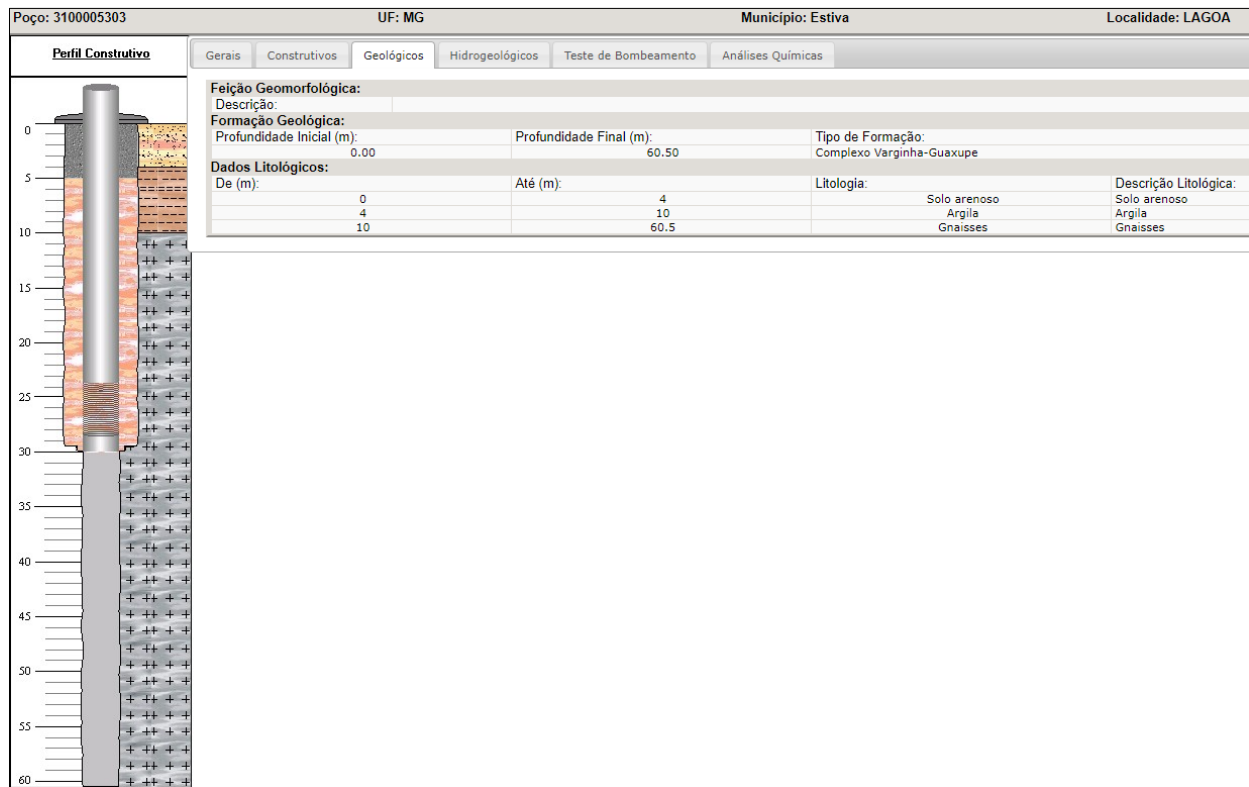


Figura 6. Perfil construtivo do Poço 7 com a descrição das feições geológicas em profundidade. Fonte: SIAGAS, 2020.

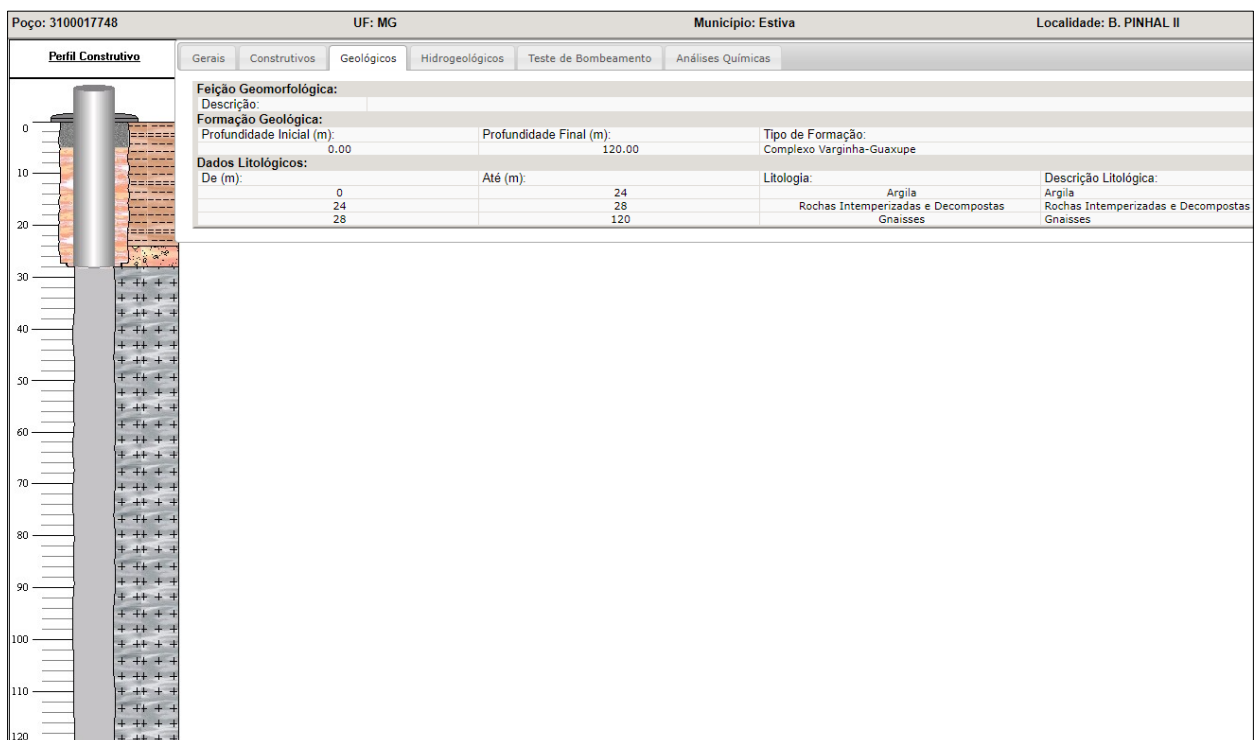


Figura 7. Perfil construtivo do Poço 10 com a descrição das feições geológicas em profundidade. Fonte: SIAGAS, 2020.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

5. METODOLOGIA

Segundo Orellana (1972) a prospecção geofísica é um ramo da física aplicada que estuda a localização e delimitação de estruturas em sub-superfície, devido ao contraste de alguma de suas propriedades físicas com relação ao meio circundante, por intermédio de observações realizadas na superfície da terra.

É uma ciência que apresenta uma íntima relação com a Física e a Geologia, procurando resolver, a partir da Física, problemas colocados em termos geológicos. Trabalhando em diferentes escalas, os métodos geofísicos podem ser aplicados a uma ampla gama de investigações, do estudo de toda a Terra à exploração de uma região localizada da crosta superior, fornecendo elementos e informações altamente significativos para a prospecção mineral, incluindo petróleo, gás, água subterrânea, para a engenharia civil, e, em questões ambientais (KEAREY,2002).

Na situação em questão foi empregada a metodologia elétrica, com a técnica de Caminhamento Elétrico (CE) com arranjo Gradiente e a técnica de Sondagem Elétrica Vertical com arranjo Schlumberger.

5.1. ELETRORRESISTIVIDADE

A eletorresistividade foi definida a partir do conceito fundamental da Lei de Ohm que estabelece uma relação empírica entre a corrente elétrica fluindo através de um condutor e o potencial de voltagem requerido para conduzir esta corrente. Esta lei conclui que a corrente (I) é proporcional a voltagem (V) e pode ser dada pela seguinte expressão: $V = R.I$, onde R é a resistência elétrica dos materiais e sua unidade é ohm (Ω).

No entanto, é necessário definir uma propriedade que descreva a habilidade dos materiais do subsolo em transmitir a corrente elétrica em função da distância, ou comprimento em metros L ao longo de uma superfície, ou área S . Desta maneira, é definida a resistividade elétrica (ρ) de um corpo como sendo expressa da seguinte forma: $\rho = R.S/L$ e a sua unidade no sistema SI será Ohm.m ($\Omega.m$).

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

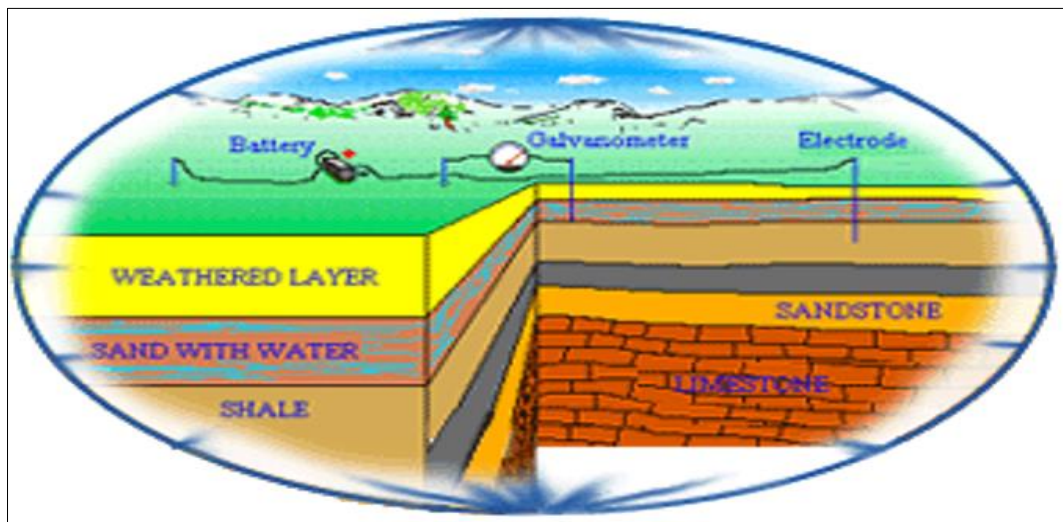


Figura 8. Esquema como medir a resistividade elétrica do subsolo através de eletrodos de corrente e de potencial.

Para a aplicação dos conceitos previamente definidos em estudos geofísicos é preciso entender a visão de semi-espço, o qual é representado por uma porção do subsolo no qual fluirá uma corrente elétrica através de eletrodos de corrente. Portanto, o princípio fundamental dos métodos elétricos é baseado na injeção, no terreno, de uma corrente I em ampère (A), através de dois eletrodos, **A** e **B**, e na medida da diferença de potencial ΔV em volts (V), entre outros dois eletrodos **M** e **N**, fechando um circuito como indicado na figura a seguir.

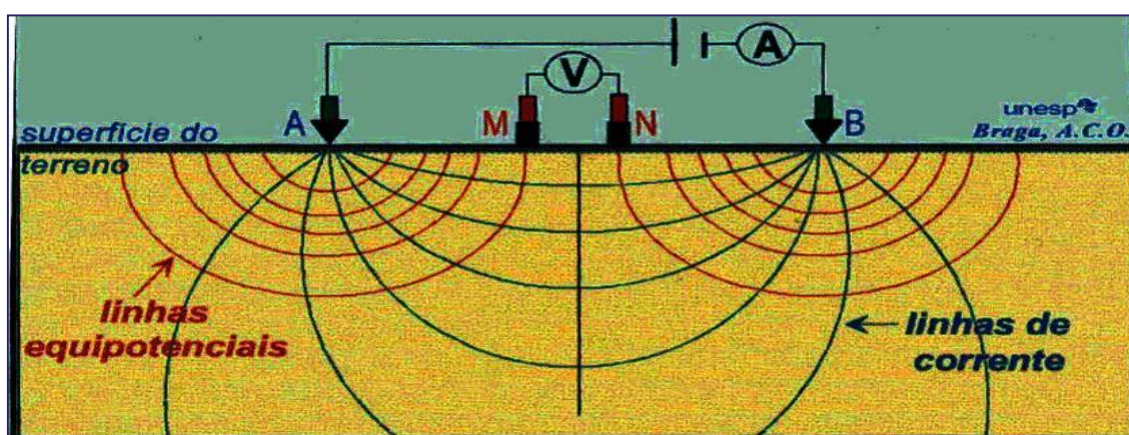


Figura 9. Princípio dos métodos elétricos, circulação das linhas de corrente e de potencial no solo.

Ao utilizar um mesmo arranjo de eletrodos para efetuar medições sobre um meio heterogêneo, a diferença de potencial (ΔV) será diferente da registrada sobre um meio homogêneo, pois o campo elétrico

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		N° GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		N° CONTRATO	

deverá sofrer modificações em função desta heterogeneidade. Como na prática o subsolo não pode ser considerado um meio homogêneo, o valor medido de resistividade não pode ser atribuído a apenas um ponto no subsolo, e sim uma média ponderada de todas as resistividades envolvidas dentro do semi-espaço amostrado, pois refletem a resposta de um volume de solo ou rocha por onde a corrente circula. Em função desta constatação é utilizado o termo resistividade aparente (ρ_a).

Em outras palavras, a resistividade aparente (ρ_a) não é um parâmetro físico do meio, mas um efeito integrado sobre um segmento do semi-espaço, para a qual contribuem os valores da resistividade em cada ponto, a geometria elétrica do terreno e a disposição geométrica dos eletrodos.

$$\rho_a = K * \Delta V / I \quad (1)$$

O fator K que multiplica $\Delta V / I$ é puramente geométrico e depende apenas da disposição dos eletrodos **A**, **B**, **M** e **N**. Como existem várias formas de arranjar os eletrodos no terreno, o fator K poderá ser calculado através de expressões específicas ou de acordo com a equação geral:

$$K = 2\pi \cdot (1/|AM| - 1/|BM| - 1/|AN| + 1/|BN|)^{-1} \quad (2)$$

Devido à grande heterogeneidade do meio geológico, é natural que cada tipo litológico apresente uma resposta diferente em relação ao parâmetro físico da resistividade elétrica. De outra maneira, este parâmetro pode refletir diferentes formas de ocorrência de um mesmo material geológico, servindo para caracterizar seus estados, em termos de alteração, fraturamento, saturação, conteúdo mineral, etc.

Uma rocha condutora de corrente elétrica pode ser considerada como sendo um agregado com estrutura de minerais sólidos, líquidos e gases, na qual sua resistividade é influenciada pelos seguintes fatores (Braga, 2002):

-  Resistividade dos minerais que formam a parte sólida da rocha;
-  Resistividade dos líquidos e gases que preenchem seus poros;
-  Umidade da rocha;
-  Porosidade da rocha;
-  Textura da rocha e a forma e distribuição de seus poros; e,
-  Processos que ocorrem no contato dos líquidos contidos nos poros e na estrutura mineral.

Assim, esta metodologia permite adotar várias modalidades, dentre elas o Caminhamento Elétrico (CE), que foi a metodologia proposta para esse estudo.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

5.1.1 TÉCNICAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS

O método da eletrorresistividade admite adotar várias modalidades de medições, dentre elas as técnicas de Caminhamento Elétrico (CE) que permite uma análise lateral da subsuperfície e a técnica de Sondagem Elétrica Vertical (SEV) que permite uma análise vertical das camadas em subsuperfície e com diferentes arranjos, como exemplificado na figura a seguir. Para esse trabalho foram utilizadas as técnicas de SEV com arranjo Schlumberger e CE com arranjo Gradiente.

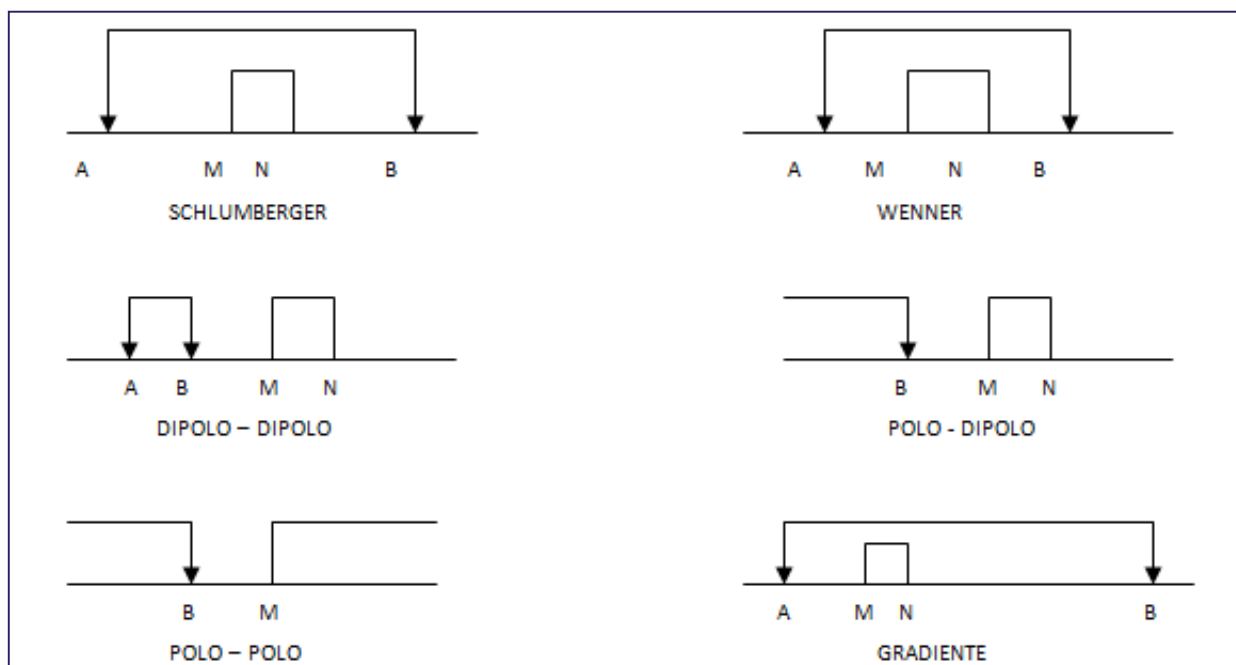


Figura 10. Exemplo de disposições de eletrodos em alguns tipos arranjos.

A técnica da Sondagem Elétrica Vertical (SEV) consiste em uma sucessão de medidas efetuadas, a partir da superfície do terreno, mantendo-se uma separação crescente entre os eletrodos de emissão de corrente e recepção de potencial. O modelo geoeletrico obtido, é atribuído ao ponto central do arranjo, que permite observar a variação das camadas geológicas naquele ponto em profundidade.

O modelo geoeletrico obtido, é atribuído ao ponto central do arranjo, que permite observar a variação das camadas geológicas naquele ponto em profundidade. No arranjo Schlumberger os quatro eletrodos são dispostos em linha na superfície do terreno, com os eletrodos de potencial (M N) dispostos entre os eletrodos de corrente (A B) e distribuídos simetricamente em relação a um ponto central, à medida que são efetuadas as leituras aumenta-se a distância entre os eletrodos de corrente e potencial.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

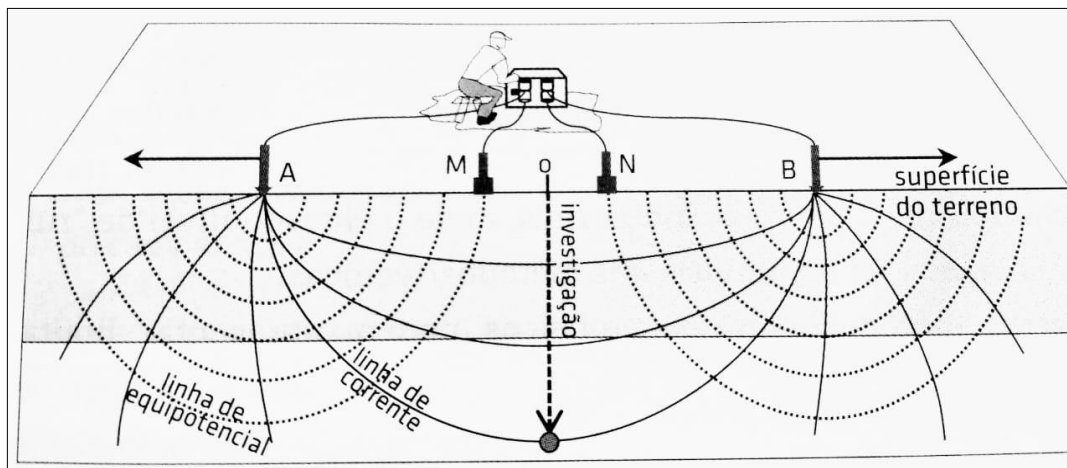


Figura 11. Disposição eletródica Sondagem Elétrica Vertical com arranjo Schlumberger.

Na verificação das variações laterais de resistividade elétrica a técnica utilizada é o Caminhamento Elétrico (CE), também conhecido como Imageamento Elétrico ou tomografia elétrica. O arranjo de campo utilizado foi o arranjo Gradiente. Nesse caso os eletrodos de corrente A e B são fixados a uma distância fixa um do outro, que é proporcional a profundidade que está sendo investigada, e com os eletrodos de potencial M e N espaçados a uma distância constante e bem menor do que AB, fazemos um caminhamento dentro desse alinhamento dos eletrodos de corrente.

Dessa maneira, as variações de valores para cada ponto na superfície estão refletindo as variações de resistividade elétrica das rochas em uma determinada profundidade, proporcional a abertura dos eletrodos de corrente AB, de um terço do valor da abertura de AB.

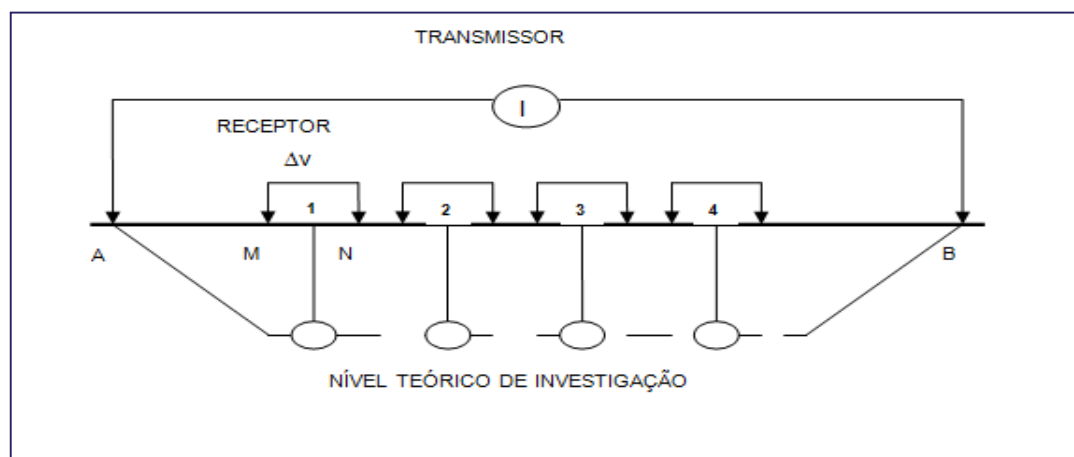


Figura 12. Disposição dos eletrodos de corrente e de potencial para o arranjo gradiente.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALYSIS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

6. LEVANTAMENTO DE CAMPO

6.1. EQUIPAMENTOS UTILIZADO

O equipamento utilizado foi um resistivímetro marca CRONI de 350 watts de potência, composto por uma fonte de corrente contínua (conversor AC/DC), alimentado por um conjunto de baterias. As leituras de potencial foram efetuadas através de um milivoltímetro com alta impedância.



Figura 13. Resistivímetro utilizado para coleta de dados de campo.

Como acessórios utilizaram-se fios de conexão, cabos e eletrodos metálicos para o envio de corrente e leitura das diferenças de potencial e GPS para locação das estações de leitura.

6.2. PROCEDIMENTOS

Foram realizadas 3 (três) Sondagens Elétricas Verticais (SEV) e 10 (dez) Caminhamento Elétricos (CE) com Arranjo Gradiente, distribuídos nos três bairros objetos do estudo da seguinte forma:

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

Bairro Boa Vista Área 1

- SEV1 e CE: A, B, C e D



Figura 14. Localização Sondagem Elétrica Vertical (SEVs) e Linhas de Caminhamentos Elétricos (CE) realizadas Bairro Boa Vista Área 1.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

Bairro Boa Vista Área 2

- CE: I e J



Figura 15. Localização Linhas de Caminhamentos Elétricos (CE) realizadas Bairro Boa Vista Área 2.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG	Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1	
	Nº CONTRATO		

Bairro Grotinha

- SEV 2 e CE: E



Figura 16. Localização Sondagem Elétrica Vertical (SEVs) e Linhas de Caminhamentos Elétricos (CE) realizadas Bairro Grotinha.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

Bairro Pinhal II

- SEV 3 e CE: F, G e H

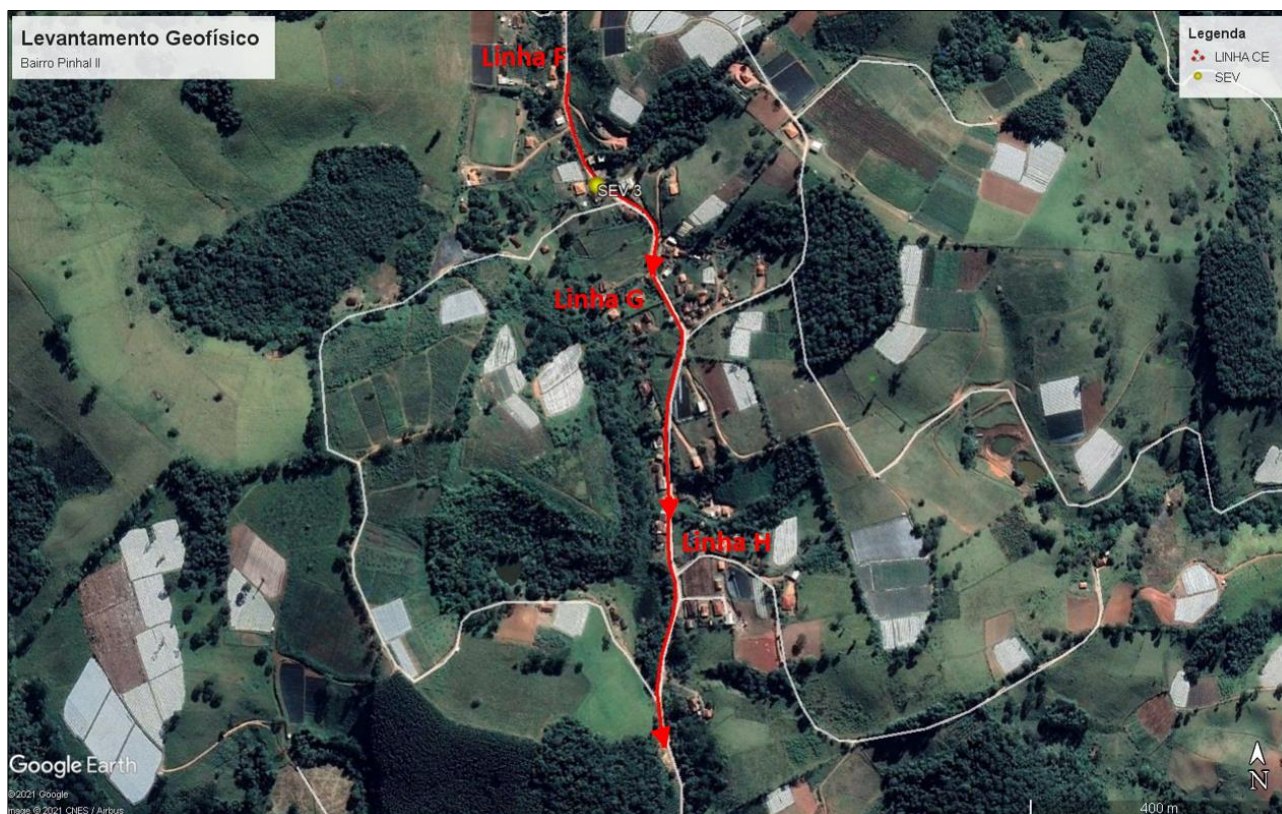


Figura 17. Localização Sondagem Elétrica Vertical (SEVs) e Linhas de Caminhamentos Elétricos (CE) realizadas Bairro Pinhal II.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	



Figura 18. Fotos ilustrando a aquisição de dados em campo Área 1 Bairro Boa Vista.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG	Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1	
	Nº CONTRATO		



Figura 19. Fotos ilustrando a aquisição de dados em campo Área 2 Bairro Boa Vista.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	



Figura 20. Fotos ilustrando a aquisição de dados em campo Área Bairro Pinhal II.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		N° GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		N° CONTRATO	

6.3. PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os dados de campo obtidos dos caminhamentos elétricos foram calculados ponto a ponto, transformados em valores de resistividade aparente e plotados conforme apresentados a seguir:

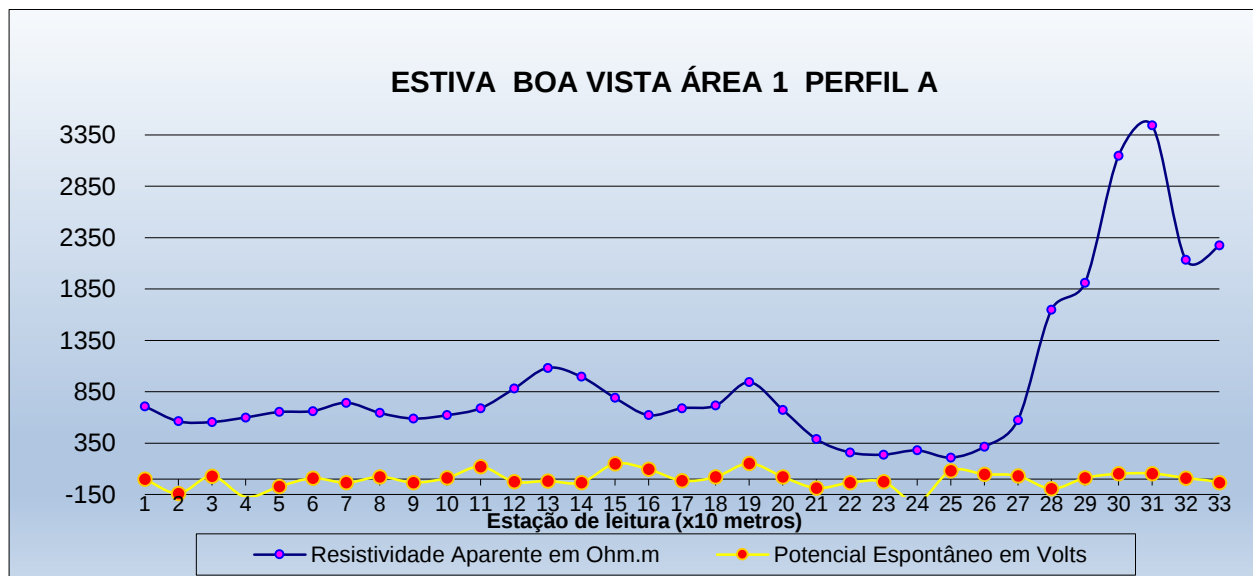


Figura 21. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico A.

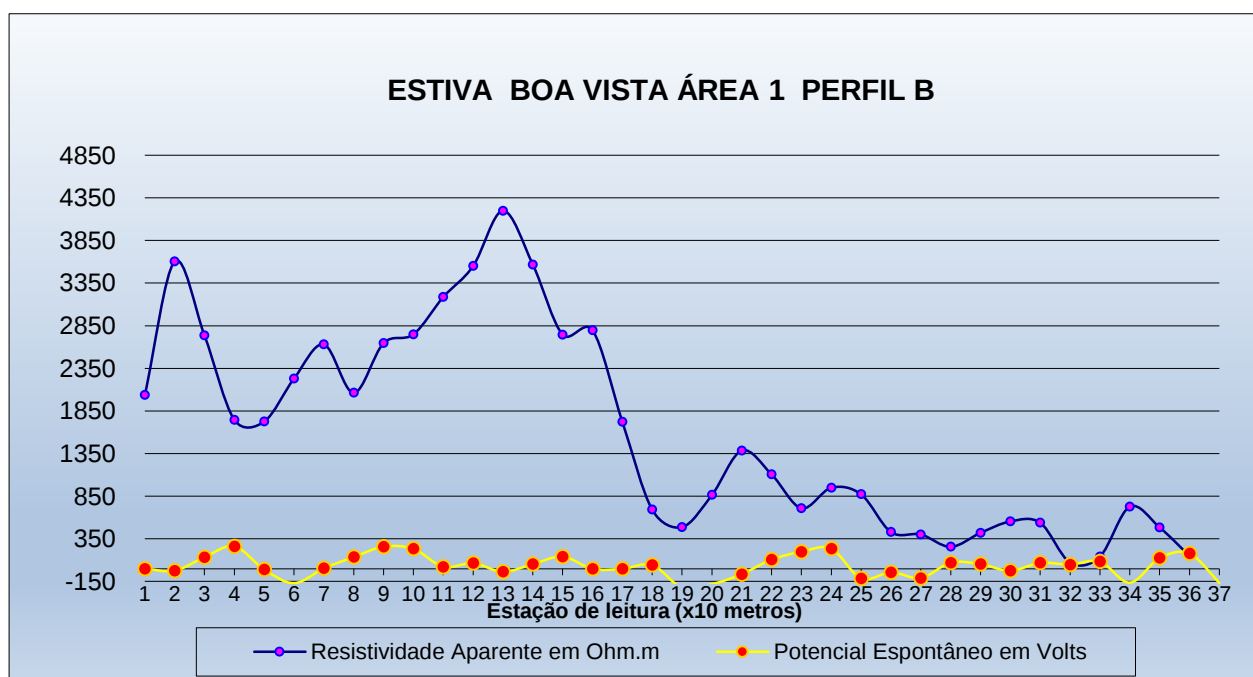


Figura 22. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico B.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		N° GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		N° CONTRATO	

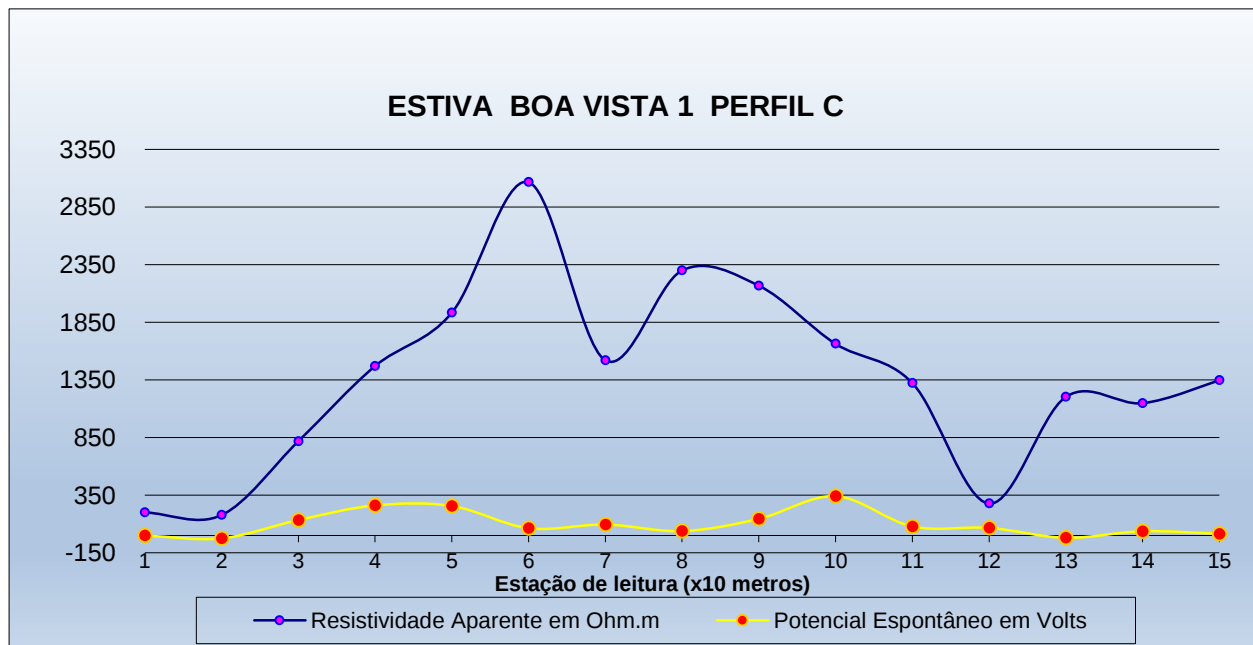


Figura 23. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico C.

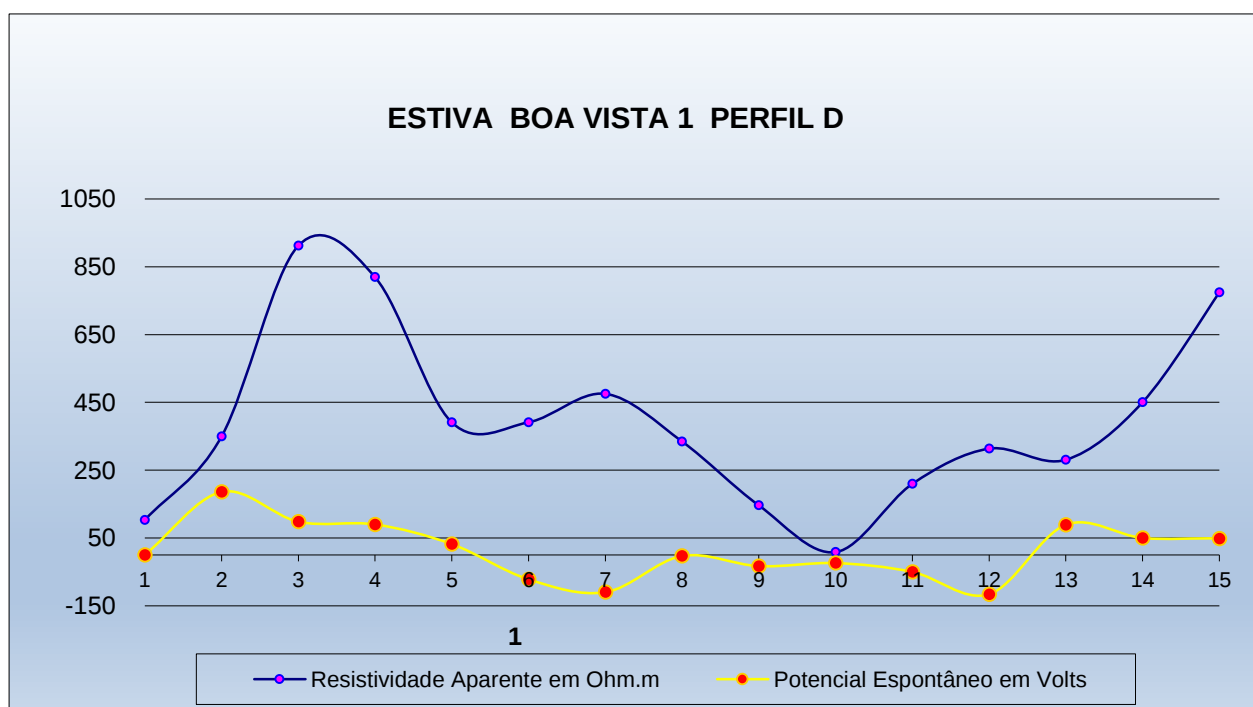


Figura 24. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico D.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		N° GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		N° CONTRATO	

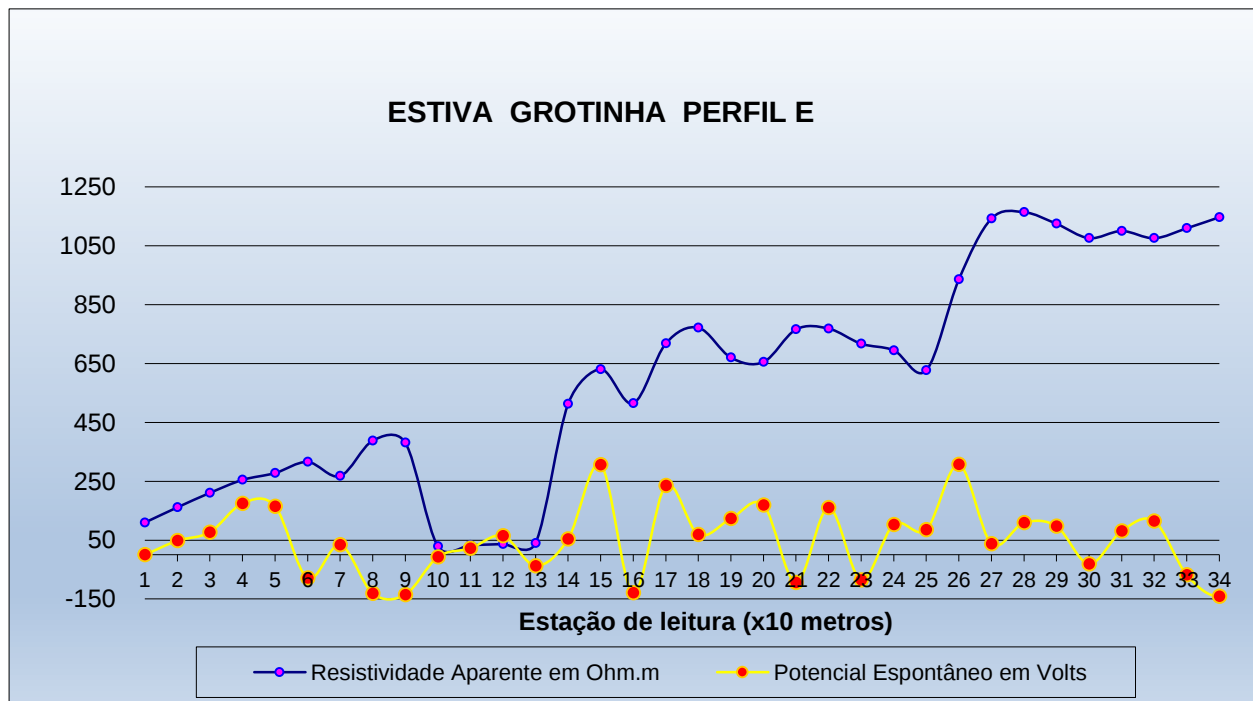


Figura 25. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico E.

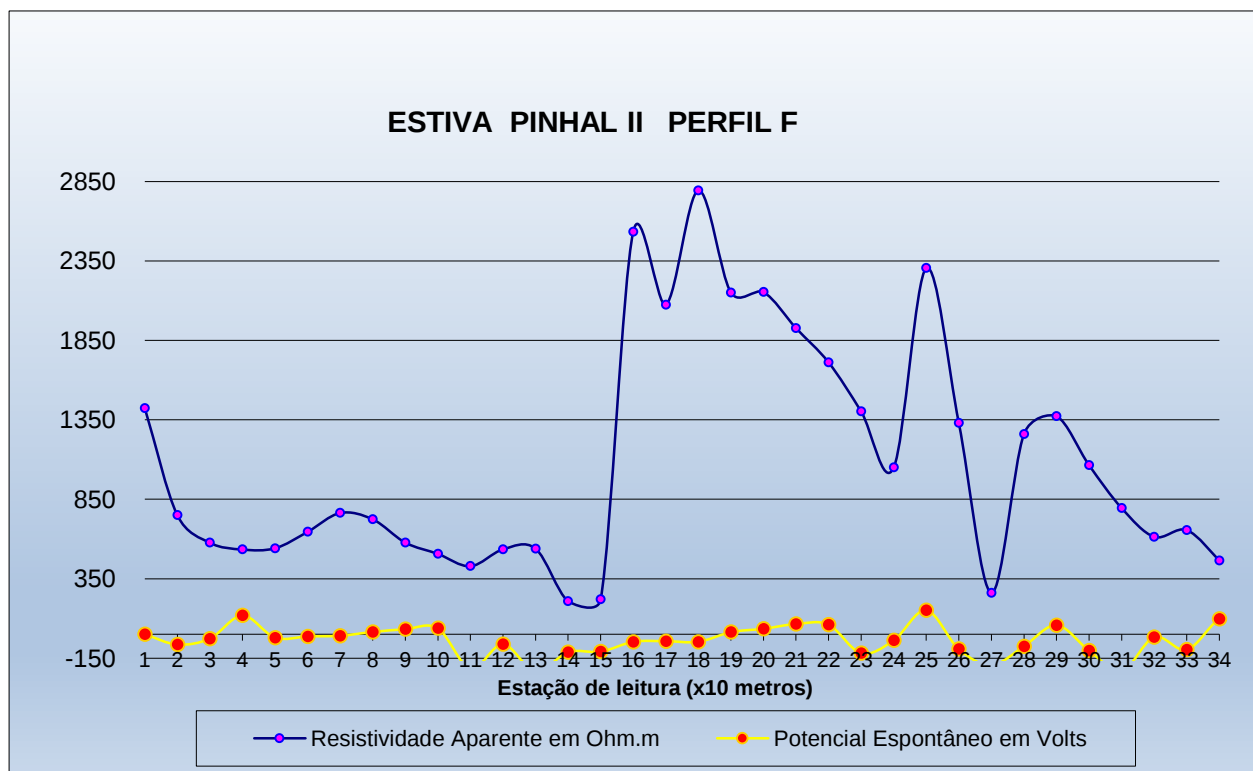


Figura 26. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico F.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		N° GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		N° CONTRATO	

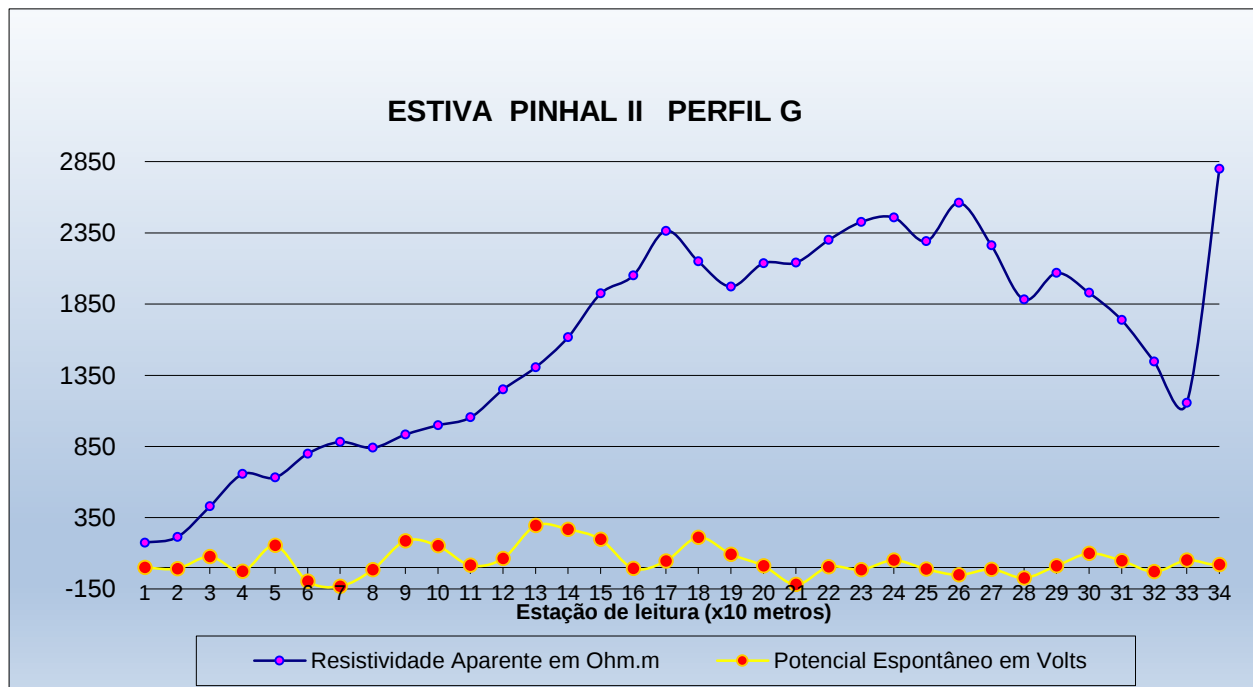


Figura 27. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico G.

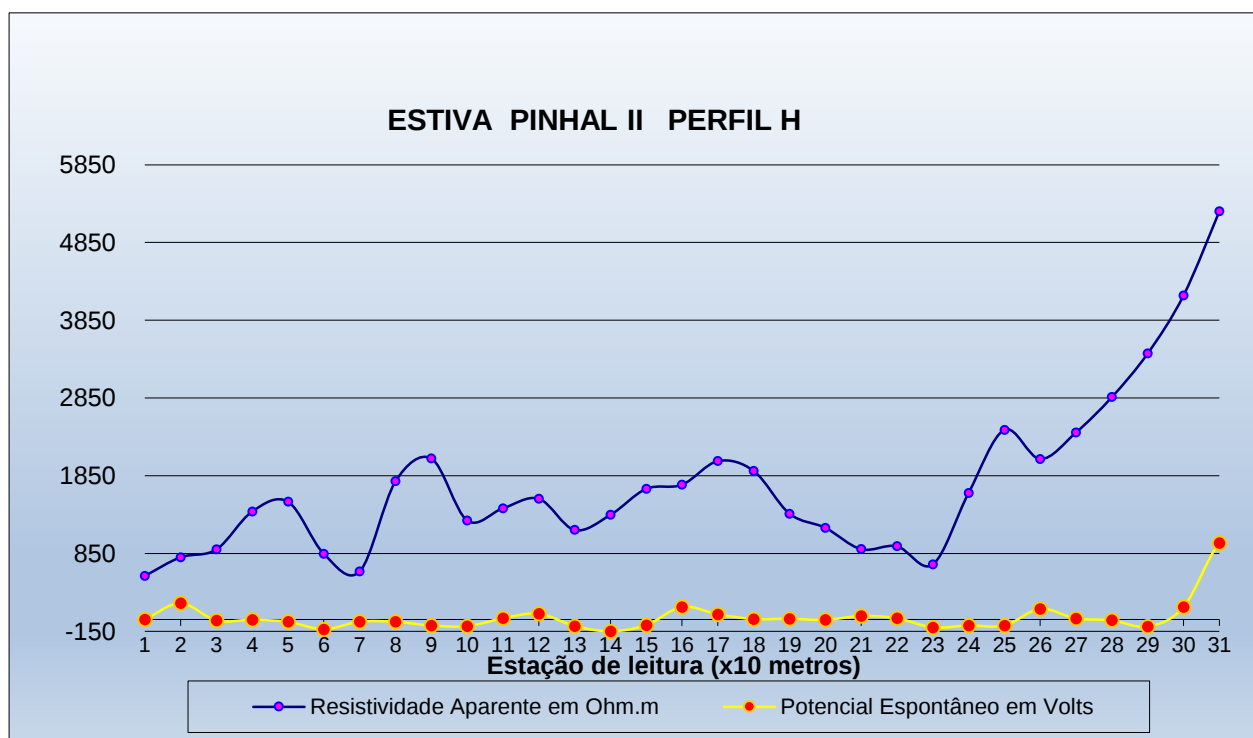


Figura 28. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico H.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

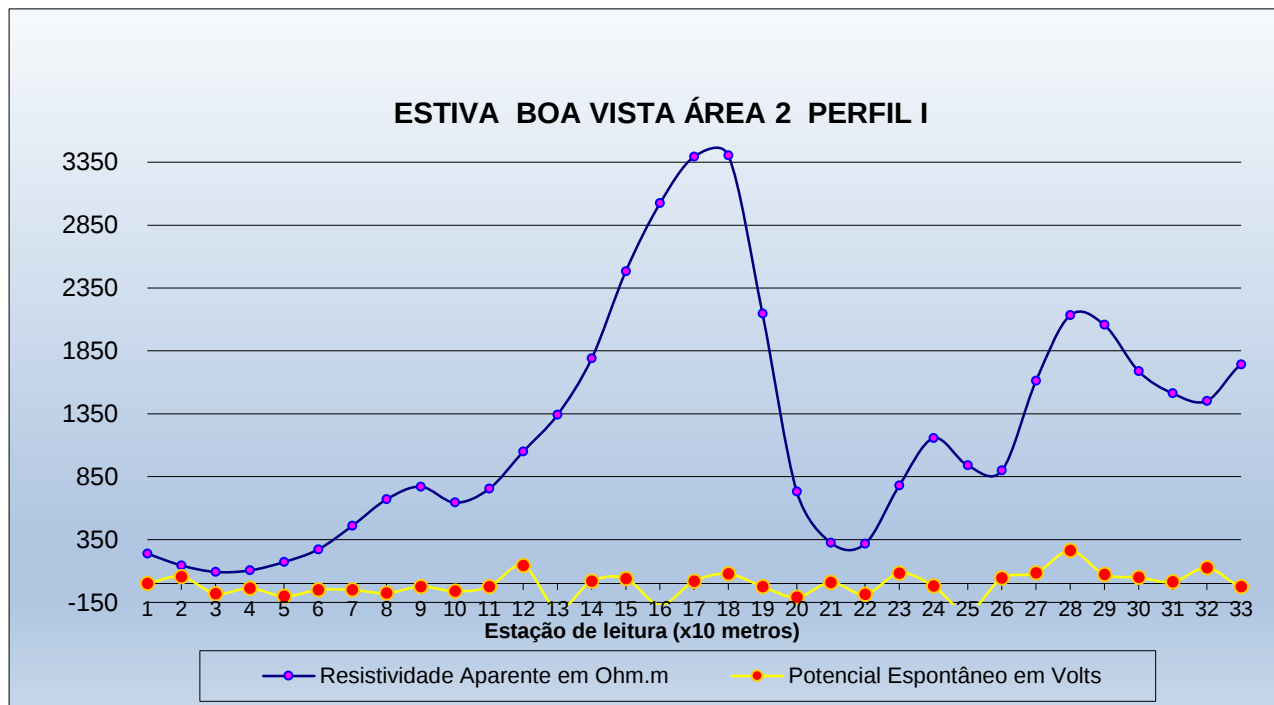


Figura 29. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico I.

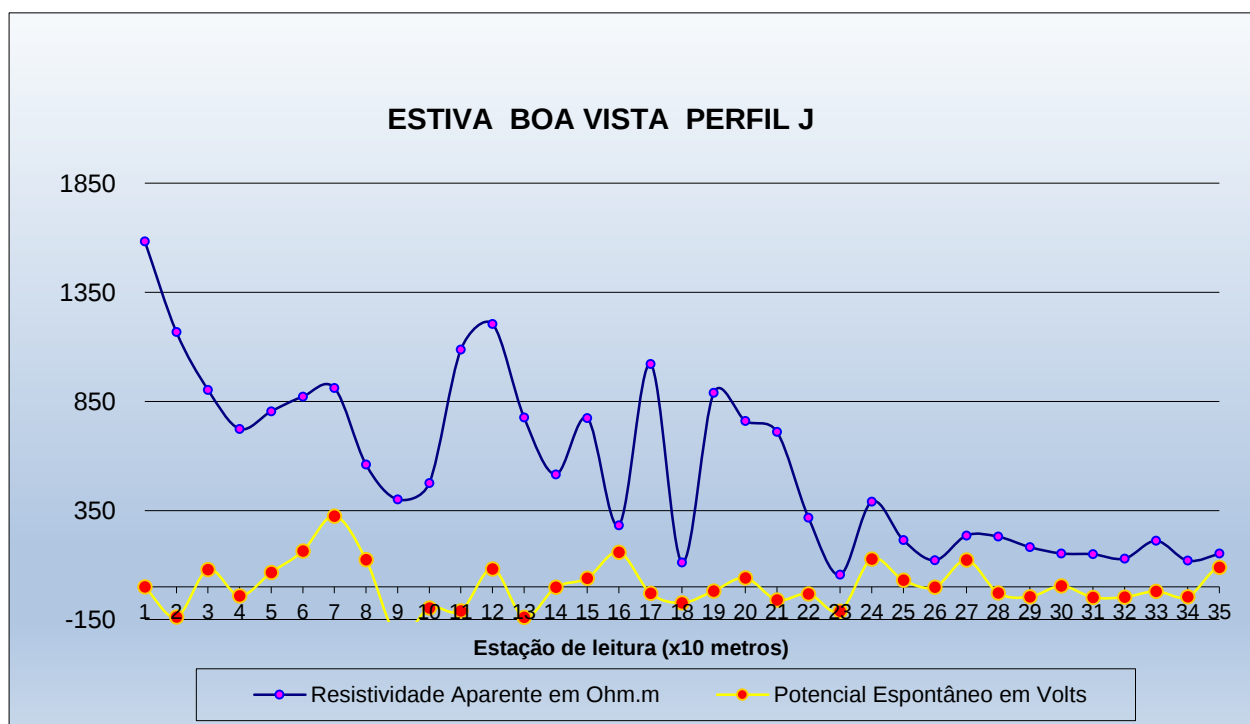


Figura 30. Curva de Resistividade e Potencial Espontâneo e do Caminhamento Elétrico J.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

Os dados da sondagem elétrica vertical foram processados através do software IPI2WIN, que dispõe os dados de campo em um gráfico bi-logarítmico, no qual são representados nos eixos das abscissas a distância em metros ($AB/2$), e no eixo das ordenadas os valores da resistividade aparente (ρ_a). O software realiza a inversão dos dados e produz uma curva de resistividade com um modelo com o número de camadas em superfície e suas respectivas resistividade e espessura.

As figuras a seguir apresentam a curva das sondagem elétrica vertical realizadas e o modelo correspondente.

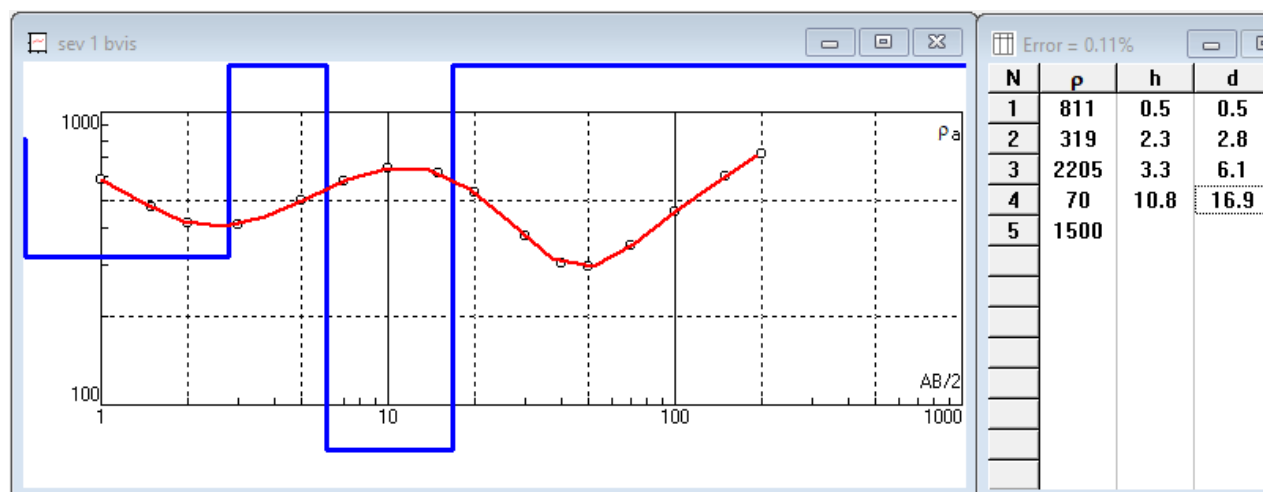


Figura 31. Curva de resistividade aparente obtido para SEV 1, Bairro Boa Vista.

- 1ª camada com resistividade de 811 Ohm.m, com 0,50 m de espessura;
- 2ª camada com resistividade de 319 Ohm.m, com 2,30 m de espessura;
- 3ª camada com resistividade de 2205 Ohm.m, com 3,30 m de espessura;
- 4ª camada com resistividade de 70 Ohm.m, com 10,80 m de espessura;
- 5ª camada com resistividade de 1500 Ohm.m, com o topo à 16,90 m de profundidade.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

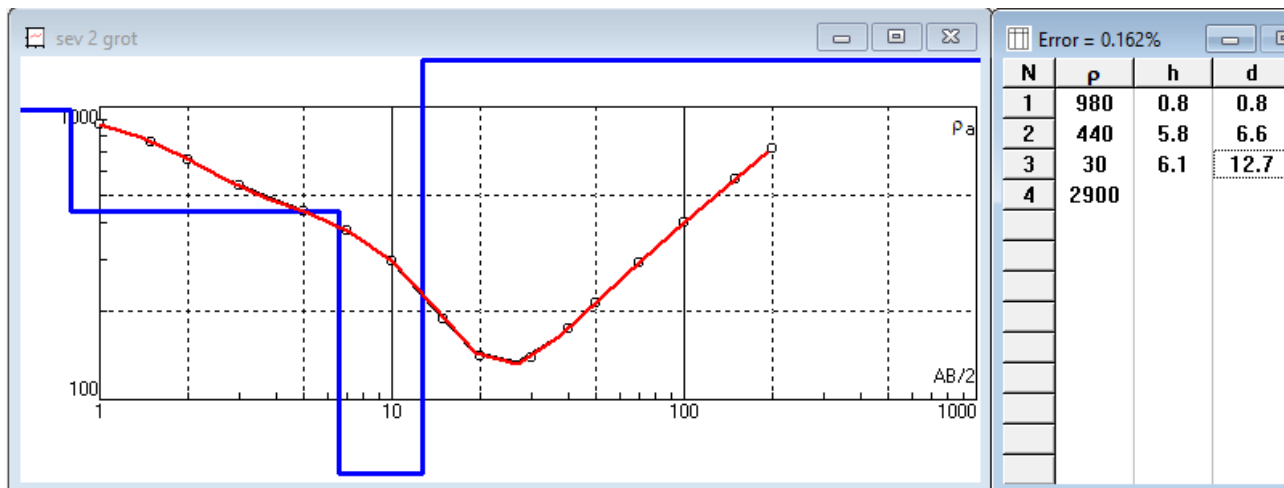


Figura 32. Curva de resistividade aparente obtido para SEV 2, Bairro Grotinha.

- 1ª camada com resistividade de 980 Ohm.m, com 0,80 m de espessura;
- 2ª camada com resistividade de 440 Ohm.m, com 5,80 m de espessura;
- 3ª camada com resistividade de 30 Ohm.m, com 6,10 m de espessura;
- 4ª camada com resistividade de 2900 Ohm.m, com o topo à 12,70 m de profundidade.

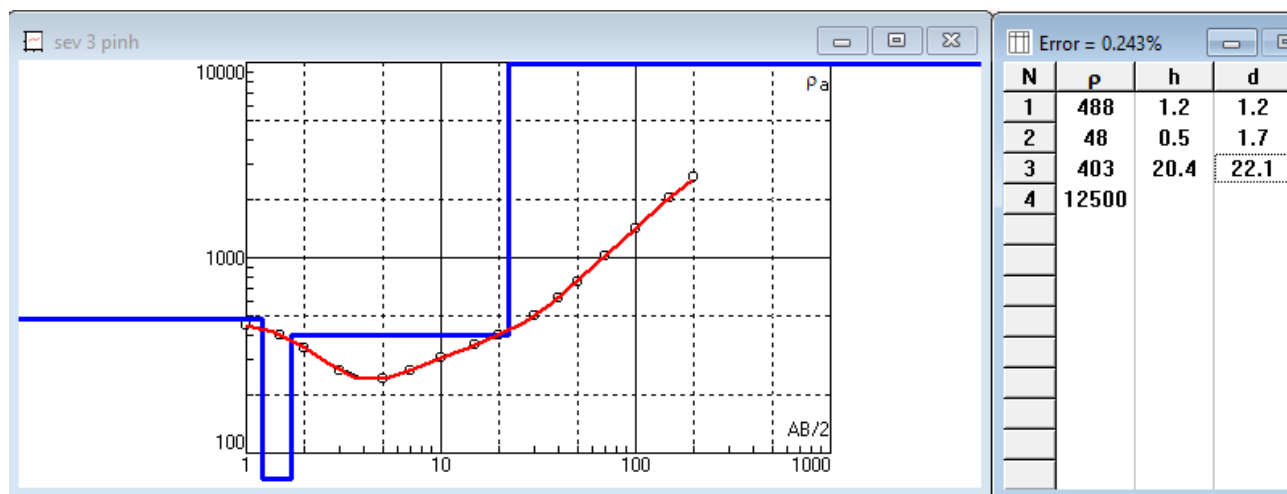


Figura 33. Curva de resistividade aparente obtido para SEV 3, Bairro Pinhal II.

- 1ª camada com resistividade de 480 Ohm.m, com 1,20 m de espessura;
- 2ª camada com resistividade de 48 Ohm.m, com 0,50 m de espessura;
- 3ª camada com resistividade de 403 Ohm.m, com 20,40 m de espessura;
- 4ª camada com resistividade de 12500 Ohm.m, com o topo à 22,10 m de profundidade.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

7. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os caminhamentos elétricos com arranjo gradiente apresentaram contrastes de valores de resistividade aparente e as anomalias de baixa resistividade observadas nos perfis são indicativas de zonas com heterogeneidades associadas a descontinuidades em sub-superfície, tais como falhas e fraturas, que por sua vez são os locais em que há maior possibilidade de ocorrência de água subterrânea.

Utilizando-se o critério de associação das zonas de baixa resistividade aparente como sendo as mais propícias à ocorrência de estruturas favoráveis ao acúmulo de água subterrânea, os pontos com maior potencial para perfuração de poços são apresentados no apêndice 1: **Plantas de Situação das Locações Propostas** com as coordenadas UTM, DATUM WGS 84.

BAIRRO BOA VISTA ÁREA 1

Locação	Estação	Latitude Coordenada S	Longitude Coordenada E
1	B19	7511857.76 m	397941.50 m
2	D10	7511771.00 m	398192.00 m
3	B4	7511938.00 m	397830.00 m
4	C15	7511814.00 m	397785.00 m
5	C4	7511915.00 m	397809.00 m
6	B25	7511845.00 m	398000.00 m
7	B32	7511813.00 m	398062.00 m

BAIRRO BOA VISTA ÁREA 2

Locação	Estação	Latitude Coordenada S	Longitude Coordenada E
1	I21	7511684.00 m	396582.00 m
2	J9	7511337.00 m	396335.00 m

BAIRRO GROTIHA

Locação	Estação	Latitude Coordenada S	Longitude Coordenada E
1	E25	7511380.00 m	391447.00 m

BOA PINHAL II

Locação	Estação	Latitude Coordenada S	Longitude Coordenada E
1	H23	7512689.00 m	387027.00 m
2	F27	7513310.00 m	387010.00 m
3	F14	7513395.00 m	386917.00 m
4	H7	7512846.00 m	387041.00 m
5	G19	7513063.00 m	387039.00 m
6	G33	7512925.00 m	387040.00 m

 Pesquisando Subsolos	 ESTIVA	AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

A área de estudo está inserida na unidade hidrogeológica Aquífero Cristalino, que é um aquífero fissural de extensão regional o qual apresenta produtividade média a baixa, com vazões dos poços abaixo de 10m³/h.

Recomenda-se a perfuração dos poços seguindo a lista apresentada acima, perfurando o primeiro poço, avaliando a vazão obtida e se não atingir o volume necessário, prosseguir seguindo essa ordem de prioridades até atingir o volume desejado.

Com base nos dados obtidos das Sondagens Elétricas Verticais foram estabelecidas as diretrizes para os projetos de captação e os perfis construtivos dos poços de cada bairro, apresentados nas figuras 34, 35 e 36, com as respectivas metragens de revestimento em aço galvanizado:

- Figura 34 - SEV 1 - Bairro Boa Vista - 22,0 m de revestimento*;
- Figura 35 - SEV 2 - Bairro Grotinha - 18,0 m de revestimento*;
- Figura 36 - SEV 3 - Bairro Pinhal II - 27,0 m de revestimento*.

*Os quantitativos de revestimento podem sofrer variações em função do manto de alteração até atingir a rocha sã.

No apêndice 02 deste relatório, é apresentado o projeto de poço para cada um dos Bairros onde foram realizados os estudos.

A Geoanalysis zela pela qualidade dos serviços prestados, garantindo a confiabilidade dos dados adquiridos e fornecendo uma interpretação criteriosa, resultando em um produto final compatível com o padrão de qualidade exigido pelo cliente. Entretanto, convém ressaltar que os métodos geofísicos refletem variações de parâmetros físicos em sub-superfície, obtidos de forma indireta a partir de investigações realizadas na superfície do terreno.

São José dos Campos, 16 de junho de 2021.



Edgar Pane – Geólogo
CREA 31.557-D

 Pesquisando Subsolos	 ESTIVA	AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG		Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B	REV. 1
		Nº CONTRATO	

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGA, A. C. O. Métodos Geoeletricos Aplicados: Módulo Hidrogeologia, Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro.
- CPRM, 2008 – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Geologia da folha Itajubá – SF-23-Y-B-III, Escala 1:100.
- CPRM, 2004 - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Rio de Janeiro: folha SF.23 - Iguape: folha SG.23. Escala 1:1.000.000.
- IRITANI, M. A.; EZAKI, S. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2009. 2. ed. 104 p.
- FEITOSA, F. A.C. *et al.*; 2008. Hidrogeologia Conceitos e Aplicações. 3ª edição – Revisada e Ampliada – CPRM, 2008.
- KEAREY, Philip; BROOKS, Michel; HILL, Ian. An Introduction to Geophysical Exploration; 3. ed. United Kingdom: Blackwell Publishing Company, 2002. 262 p.
- LOWRIE, W. Fundamentals of Geophysics (2nd Edition). Cambridge University Press, 2007. 381pp.
- ORELLANA, E. Prospeccion geoeletrica en corriente continua. Madrid: Paraninfo Biblioteca Tecnica Philips, 1972, 523p.
- SHARMA, P. V. Environmental and Engineering geophysics. Second Edition, CambridgeUniversityPress, United Kingdom, 1997,475p.
- SIAGAS, 2020 – Sistema de informação de águas subterrâneas – CPRM. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/detalhe.php?ponto=3500012872>. Acesso, 12 de maio 2021.

		AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PARA LOCAÇÃO DE POÇO TUBULAR	
RELATÓRIO DE ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PREFEITURA DE ESTIVA, MG	Nº GEOANALISYS GA 2021-01-24B		REV. 1
	Nº CONTRATO		

APÊNDICE 01 –LOCAÇÕES PROPOSTAS

Levantamento Geofísico

Bairro Boa Vista Área 1

Legenda

- LOCAÇÃO PROPOSTA
- LINHA CE

Google Earth

© 2021 Google
Imagem © 2021 CNES / Airbus

N

200 m



Levantamento Geofísico

Bairro Boa Vista Área 2

Legenda

- LINHA CE
- LOCAÇÃO PROPOSTA

Google Earth

© 2021 Google
Imagem © 2021 CNES / Airbus

200 m

N



Levantamento Geofísico

Bairro Grotinha

Legenda

- LINHA CE
- LOCAÇÃO PROPOSTA

E25

Google Earth

© 2021 Google
Image © 2021 CNES / Airbus

100 m

N



Levantamento Geofísico

Bairro Pinhal II

Legenda

- LINHA CE
- LOCAÇÃO PROPOSTA

