



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE CIÊNCIAS DA TERRA**

SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA UTILIZANDO O MÉTODO DA
ELETRORRESISTIVIDADE NA COMUNIDADE APOLINÁRIO, MUNICÍPIO DE
CURUÁ-PA.**

**Santarém-PA
2025**

SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA UTILIZANDO O MÉTODO DA
ELETRORRESISTIVIDADE NA COMUNIDADE APOLINÁRIO, MUNICÍPIO DE
CURUÁ-PA.**

“VERSÃO CORRIGIDA”

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Ciências da Terra do Instituto de Engenharia e Geociências da Universidade Federal do Oeste do Pará, para obtenção do título de Bacharelado em Geofísica.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Siqueira Neto.

**Santarém-PA
2025**

SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA UTILIZANDO O MÉTODO DA
ELETRORRESISTIVIDADE NA COMUNIDADE APOLINÁRIO, MUNICÍPIO DE
CURUÁ-PA.**

Data de Aprovação: 31 de julho de 2025

Banca examinadora:

Prof. Dr. Antônio Carlos Siqueira Neto

Prof. Dr. Anderson Almeida da Piedade

Profa. Dra. Eliana Marinho Branches Farias



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO EM GEOFÍSICA

ATA DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ata de aprovação do Trabalho de Conclusão de Curso do Bacharelado em Geofísica do aluno Savani dos Santos Azevedo.

Aos 31 dias do mês de julho de 2025 às 14 horas, apresentação via teleconferência do aplicativo Google Meet, realizou-se a reunião da comissão avaliadora do trabalho de conclusão de Curso Bacharelado em Geofísica, intitulado CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA UTILIZANDO O MÉTODO DA ELETORRESISTIVIDADE NA COMUNIDADE APOLINÁRIO, MUNÍCIPIO DE CURUÁ-PA.

Compuseram a banca examinadora os professores Prof. Dra. Eliana Marinho Branches Farias, Prof. Dr. Anderson Almeida da Piedade e o Prof. Dr. Antonio Carlos de Siqueira Neto (Orientador).

Após a leitura e ciência dos pareceres, anexos a esta Ata, decidiram aprovar com nota 8,6 o referido TCC. O aluno se compromete a entregar versão corrigida do trabalho de conclusão de curso no prazo máximo de 30 dias. Para constar, redigi a presente Ata, assinada por mim, orientador, e pelos demais membros da reunião.

Eliana Marinho B. Farias

Prof. Dra. Eliana Marinho Branches Farias
Curso de Geofísica – UFOPA- IEG

Documento assinado digitalmente

gov.br

ANDERSON ALMEIDA DA PIEDADE

Data: 01/08/2025 11:49:22-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Anderson Almeida da Piedade
Curso de Geofísica – UFOPA- IEG

Documento assinado digitalmente

gov.br

ANTONIO CARLOS DE SIQUEIRA NETO

Data: 31/07/2025 16:52:28-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antonio Carlos de Siqueira Neto
Curso de Geofísica – UFOPA- IEG

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

A994c Azevedo, Savani dos Santos

Caracterização hidrogeológica utilizando o método da eletrorresistividade na Comunidade Apolinário, município de Curuá - PA. / Savani dos Santos Azevedo. - Santarém, 2025.

62 p. : il.

Inclui bibliografias.

Orientador: Antonio Carlos de Siqueira Neto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências, Bacharelado em Geofísica.

1. Eletrorresistividade. 2. Sondagem Elétrica Vertical. 3. Caminhamento Elétrico. 4. Caracterização Hidrogeológica. 5. Qualidade de águas. I. Siqueira Neto, Antonio Carlos de, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 551.49098115

Dedico esta monografia a minha família em especial ao meu pai Evandi, mesmo com sua perda deixastes como maior herança a mim sua generosidade e caráter. E por fim, dedico aos meus amigos que estiveram presentes e ao meu orientador por ter me dado total apoio para que eu chegasse aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus, por ter me dado saúde e forças para superar todos os obstáculos submetidos.

Agradeço a minha família por estar sempre presente e por ter me dado todo apoio e confiança para que eu pudesse continuar.

A Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) e todo o corpo docente do curso da Geofísica por ter me capacitado para atuar como Geofísico a sociedade.

Ao meu Orientador Antonio Carlos Siqueira Neto, no qual durante esse tempo forneceu todo auxílio necessário para o desenvolvimento do trabalho.

À Prefeitura Municipal de Curuá, pelo apoio institucional e pela disponibilização dos recursos necessários para a realização desta pesquisa.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”

– José de Alencar

RESUMO

A pesquisa foi realizada no município de Curuá, microrregião de Santarém (PA), tendo como área de estudo a comunidade de Apolinário, a cerca de 26 km da sede municipal. O objetivo foi realizar um estudo hidrogeológico para avaliar a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos locais. Utilizou-se o método geofísico da eletrorresistividade com aplicação das técnicas de Sondagem Elétrica Vertical (SEV) e Caminhamento Elétrico (CE), para identificar formações geológicas e a presença de água subterrânea. Também foram feitas análises físico-químicas e bacteriológicas da água, além de testes de vazão em um poço tubular e no rio Mamiá. Foram realizadas duas SEVs para avaliar a resistividade em profundidade, identificando quatro camadas: solo residual, Formações Alter do Chão, Nova Olinda e magmatismo Penatecaua. Já os dois perfis de CE revelaram três camadas, permitindo distinguir zonas saturada, de capilaridade e não saturada, além dos contatos entre solo e formações geológicas. Os resultados dos CEs confirmaram os das SEVs, ampliando a compreensão da estrutura lateral do subsolo. As análises do rio Mamiá apontaram valores acima dos limites para consumo humano em coliformes totais e termotolerantes, turbidez, ferro total e cor aparente. Nas águas subterrâneas, foram identificadas contaminações por coliformes nos poços 1, 2, 3, 5, 6, 7 e 8; o poço 5 apresentou cor aparente elevada e o poço 2, turbidez acima do permitido. A vazão do rio Mamiá foi de 17.733 L/s, e do poço 2, de 2,23 L/s. Diante disso, desaconselha-se o uso dos poços 1, 2, 3, 6, 7 e 8 sem tratamento, e não se recomenda a perfuração de novos poços, devido à salinidade e alta condutividade elétrica observadas no poço 2. Recomenda-se o monitoramento da vazão dos poços ao longo de um ano hidrológico e a contratação de profissional em engenharia hidráulica para estudar a viabilidade de utilizar a vazão do rio Mamiá no abastecimento da comunidade.

Palavras-chave: Eletrorresistividade; Sondagem Elétrica Vertical; Caminhamento Elétrico; Caracterização Hidrogeológica; Qualidade de águas.

ABSTRACT: The research was conducted in the municipality of Curuá, in the Santarém microregion of Pará, with the Apolinário community, approximately 26 km from the municipal center, as the study area. The objective was to conduct a hydrogeological study to assess the quality and availability of local water resources. The geophysical method of electrical resistivity, applying Vertical Electrical Sounding (VES) and Electrical Traversing (CE) techniques, was used to identify geological formations and the presence of groundwater. Physicochemical and bacteriological analyses of the water were also performed, in addition to flow tests in a tubular well and in the Mamiá River. Two VES profiles were conducted to assess resistivity at depth, identifying four layers: residual soil, Alter do Chão Formations, Nova Olinda Formations, and Penatecaua magmatism. The two CE profiles revealed three layers, allowing the distinction between saturated, capillary, and unsaturated zones, as well as the contacts between soil and geological formations. The CE results confirmed those of the SEVs, expanding our understanding of the lateral structure of the subsurface. Analyses of the Mamiá River revealed values above the limits for human consumption for total and thermotolerant coliforms, turbidity, total iron, and apparent color. In the groundwater, coliform contamination was identified in wells 1, 2, 3, 5, 6, 7, and 8; well 5 presented high apparent color, and well 2 presented turbidity above the permitted level. The Mamiá River flow rate was 17,733 L/s, and well 2, 2.23 L/s. Therefore, the use of wells 1, 2, 3, 6, 7 and 8 without treatment is not recommended, and the drilling of new wells is not recommended, due to the salinity and high electrical conductivity observed in well 2. It is recommended that the flow rate of the wells be monitored throughout a hydrological year and that a professional in hydraulic engineering be hired to study the feasibility of using the flow of the Mamiá River to supply the community.

Keywords: Electrical resistivity; Vertical electrical sounding; Electrical Profiling Technique; Geological characterization; Water quality.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
3	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	12
4	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	13
5	CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA UTILIZANDO GEOFÍSICA	16
6	MATERIAIS E MÉTODOS	19
6.1	Método da Eletrorresistividade	19
6.1.1	Sondagem Elétrica Vertical (SEV)	23
6.1.2	Caminhamento Elétrico (CE)	24
6.1.3	Arranjos de Eletrodos	25
6.2	Aquisição e processamento dos dados geofísicos de SEV E CE	28
6.2.1	Teste de Vazão de rio e poço tubular profundo	30
6.2.2	Análise da qualidade da água	34
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
7.1	Mapeamento Geológico e Hidrogeológico	36
7.1.1	Análise dos resultados das Sondagens Elétricas Verticais (SEV)	38
7.1.2	Análise dos resultados dos Caminhamentos Elétricos (CE)	39
7.1.3	Análise de qualidade e Teste de Vazão de água subterrânea e superficial	41
8	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	43
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
8	Anexo I	51

1 INTRODUÇÃO

A aplicação da pesquisa geofísica para locação de poços tubulares tem sido intensificada devido ao aumento do número de perfurações, tanto pela indústria quanto por condomínios. Esse crescimento está diretamente relacionado à crescente crise hídrica que vem ocorrendo ao longo do tempo e afetando o país (SÁ, 2017).

A Geofísica, cujas metodologias vêm sendo aperfeiçoadas e adaptadas em função da crescente demanda em variados campos de atuação, desempenha um papel de extrema importância nas questões relacionadas às águas subterrâneas, essa importância se manifesta tanto em estudos voltados para a captação de água para abastecimento quanto na análise e solução de problemas decorrentes de contaminações provenientes de fontes variadas (BRAGA, 2006).

Tradicionalmente empregados nos estudos hidrogeológicos, os métodos geoeletricos têm apresentado evolução significativa na obtenção e tratamento dos dados, tanto na parte instrumental quanto no desenvolvimento de softwares voltados à inversão dos dados de campo, o que possibilita a obtenção de modelos mais precisos e confiáveis (BRAGA 2016).

Segundo Lopes *et al.* (2004) a eletrorresistividade é um método geofísico indireto, não invasivo e de baixo custo, amplamente utilizado na investigação hidrogeológica. Sua aplicação permite identificar zonas saturadas e estruturas favoráveis à presença de aquíferos, auxiliando na locação de poços com maior precisão e eficiência, especialmente em áreas de geologia complexa.

As técnicas da Sondagem Elétrica Vertical (SEV) e Caminhamento Elétrico (CE) são amplamente utilizadas em estudos hidrogeológicos voltados à locação de poços tubulares (BRAGA, 2006). A SEV permite a investigação da resistividade elétrica em profundidade, fornecendo dados sobre a estratigrafia do subsolo, a espessura das camadas e a presença de aquíferos. Já o (CE) visa mapear as camadas geológicas na subsuperfície (BRAGA, 2006).

O uso da resistividade elétrica para investigação da subsuperfície teve início em 1912, sendo primeiramente empregado na prospecção de petróleo. Com o avanço das aplicações geofísicas, essa técnica tornou-se amplamente utilizada em estudos ambientais e hidrogeológicos, sendo que atualmente mais da metade das investigações geofísicas voltadas à pesquisa de águas subterrâneas utiliza métodos elétricos (BRAGA, 2016). Esses métodos são capazes de identificar diferentes

materiais geológicos a partir das suas propriedades elétricas intrínsecas (SOTELO, 2019).

Atualmente, os recursos hídricos vêm sendo significativamente alterados pela ação antrópica, resultando em prejuízos tanto na qualidade quanto na disponibilidade da água. Diante desse cenário, torna-se imprescindível o monitoramento contínuo das alterações na qualidade da água para garantir a segurança ambiental e a saúde pública. Para essa avaliação, diversas metodologias podem ser empregadas, destacando-se as análises físico-químicas e bacteriológicas, que são amplamente utilizadas como parâmetros indicadores da qualidade da água (CETESB, 2016).

Segundo Tonon *et al.* (2013), a presença de contaminantes na água destinada ao consumo humano representa um risco significativo à saúde pública. Entre os indicadores de contaminação, a detecção de coliformes totais pode sinalizar falhas no sistema de abastecimento ou na higienização de reservatórios, mesmo na ausência de coliformes fecais. Parâmetros como cor, turbidez e presença de compostos orgânicos também devem ser rigorosamente controlados, pois podem comprometer a potabilidade da água. Diante disso, o tratamento adequado, associado à fiscalização e ao monitoramento constantes, é fundamental para garantir a segurança e a qualidade da água consumida pela população.

O município de Curuá, pertencente à microrregião de Santarém, localizada na região Norte do Brasil, possui uma população de 14.117 habitantes distribuídos em 1.431 km² de extensão territorial, e encontra-se em processo de expansão de sua rede de distribuição de água (IBGE, 2023; Prefeitura Municipal de Curuá, 2023). A área de estudo compreende a Comunidade Apolinário, situada a aproximadamente 26 km da cidade de Curuá.

Nessa comunidade, foram perfurados alguns poços tubulares profundos, entretanto, esses apresentaram baixa produtividade de água e ocorrência de água salobra. Com isso, foi aplicado o método da eletrorresistividade, utilizando as técnicas da (SEV) e (CE), para investigar as características elétricas do subsolo, permitindo a identificação das camadas geológicas e aquíferas na área de estudo. Além do levantamento geofísico, foi realizado o Cálculo da Vazão e análise da qualidade da água nos poços e no rio Mamiá.

2 OBJETIVOS

Objetivo geral: Realizar um estudo hidrogeológico para avaliar a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos na comunidade e suas proximidades.

Objetivos Específicos:

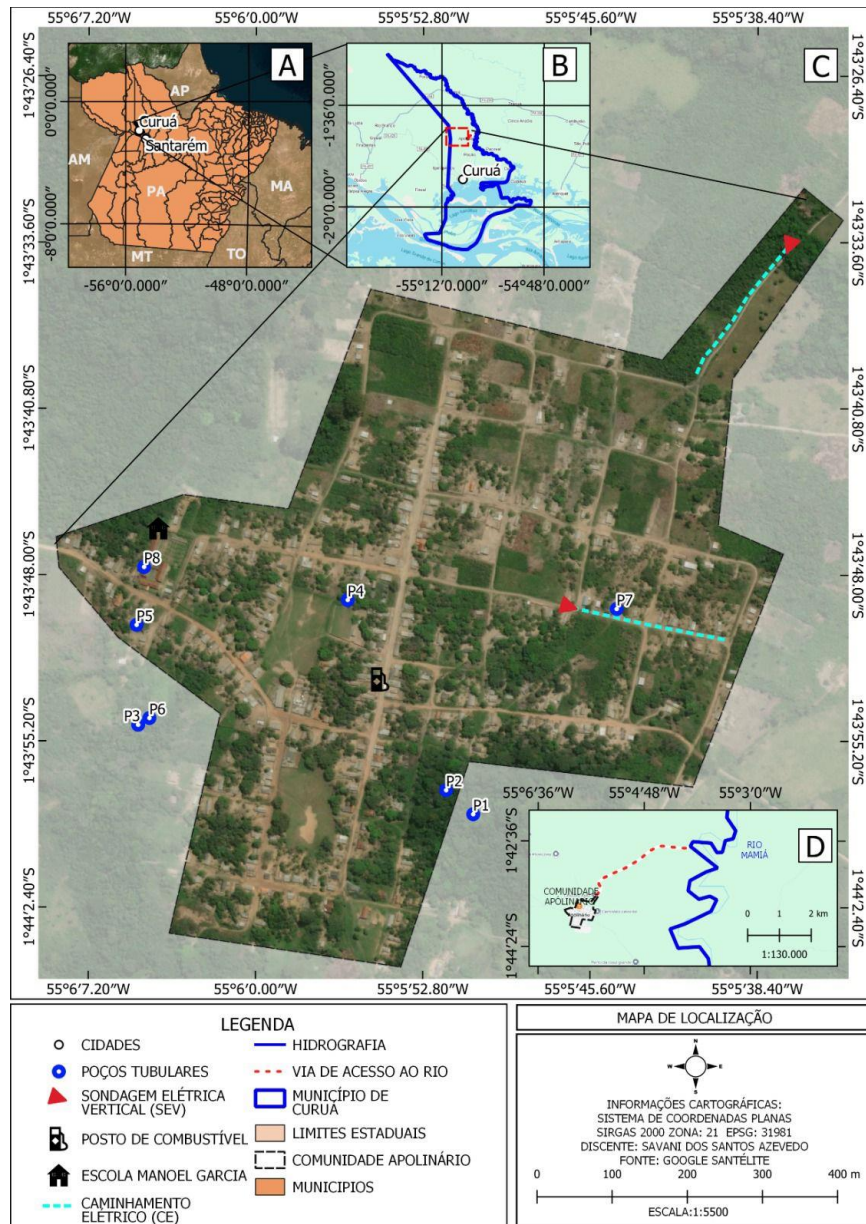
- I. Mapear as formações pedológicas e geológicas da área.
- II. Estimar o contato solo-rocha ao longo das linhas geofísicas.
- III. Identificar e estimar a extensão das zonas e formações aquíferas.
- IV. Analisar a qualidade da água subterrânea e superficial.
- V. Realizar Cálculo de Vazão do Rio Mamiá e do Poço 02, presente na Comunidade.
- VI. Propor alternativas viáveis para o abastecimento de água na comunidade.

3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo fica situada no município de Curuá, no oeste do Pará, a qual pertence a mesorregião do baixo Amazonas e microrregião de Santarém localizada na Região Norte, cuja referência é dada pelas coordenadas UTM 9791198N e 709493S. A Comunidade de Apolinário fica 26 km ao norte da cidade de Curuá-PA. O acesso a cidade de Curuá é feito por via fluvial ou terrestre. Por meio de barco a viagem é realizada em cerca de 6 horas, a partir do Porto de Santarém. Pela via terrestre o acesso é feito através da PA-254 e PA-429 que dão acesso às cidades de Óbidos (cerca de 80 km) e Alenquer (cerca de 180 km).

Na Figura 1 é mostrada imagens de satélite com posicionamento da Comunidade Apolinário, onde foi executado o levantamento geofísico, geológico e hidrogeológico. Nesta, estão demarcados os alinhamentos geofísicos (CE1, CE2, SEV1, SEV2) e os poços onde foram coletadas amostras de água para análise físico-química e bacteriológica (Poços 1 a 8).

Figura 1. Localização da área do trabalho: A) Mapa do Estado do Pará com a delimitação de seus municípios; B) Imagem de satélite destacando o Município de Curuá e a localização da Comunidade Apolinário; C) Imagem de satélite com a delimitação da Comunidade Apolinário e indicação dos locais dos levantamentos geofísicos; D) Mapa de localização do Rio Mamiá e da Comunidade Apolinário.



4 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

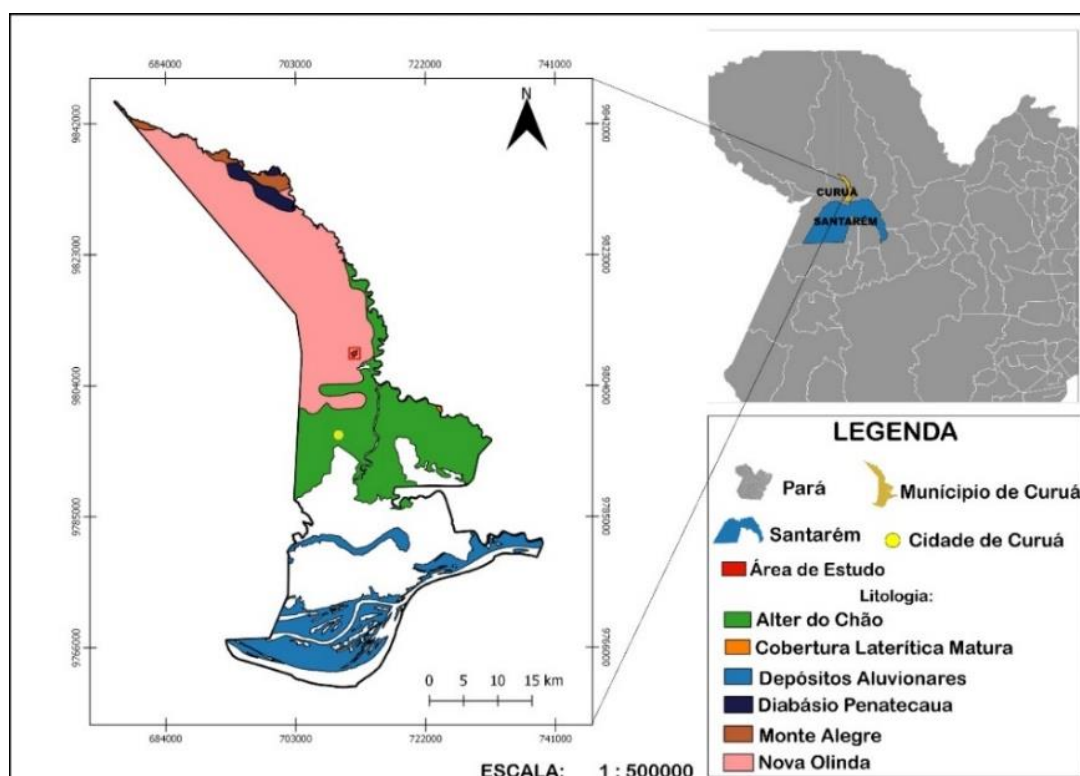
A Bacia do Amazonas está localizada na região Norte do Brasil, englobando os estados do Amazonas e Pará, ela é uma bacia do tipo intracratônica com área de aproximadamente 500.000 km², e preenchimento predominante de rochas siliciclásticas, essencialmente paleozoicas, intrudidas no Mesozoico por diques e

soleiras de diabásio, estas rochas atingem espessura máxima de 5.000 m (CAPUTO, 1984).

A Bacia do Amazonas foi estratigraficamente separada por (CUNHA, GONZAGA, COUTINHO e FEIJÓ, 1994), em quatro sequências separadas por discordâncias: 1) Sequência Ordoviciano-Devoniana, que reúne os sedimentos clásticos marinhos do Grupo Trombetas, está parcialmente truncada pela discordância decorrente da Orogenia Caledoniana; 2) Sequência Devoniana-Carbonífera, que corresponde aos clásticos flúvio-deltáicos e neríticos dos grupos Urupadi e Curuá tem seu topo marcado pela discordância relacionada à Orogenia Eo-Herciniana; 3) Sequência Permo-Carbonífera, formada pelos clásticos, carbonatos e evaporitos continentais, de ambiente marinho restrito do Grupo Tapajós, está profundamente cortada pela discordância resultante da Orogenia Gondwanide e do Diastrofismo Juruá e, finalmente, 4) Sequência Cretáceo-Terciária que é composta pelos clásticos flúvio-lacustres do Grupo Javari, ocupou os espaços criados pela atividade da Orogenia Andina.

A Figura 2 abaixo representa o mapa geológico simplificado do município de Curuá, mostrando suas respectivas litologias:

Figura 2. Mapa geológico simplificado do município de Curuá com distribuição das unidades litoestratigráficas.



O Grupo Tapajós é um conjunto sedimentar com aproximadamente 2.400 metros de espessura na parte central da Bacia do Amazonas. É datado do intervalo entre o final do Carbonífero (Mississipiano) e o Permiano, e compreende as formações Monte Alegre, Itaituba, Nova Olinda e Andirá (CUNHA, BICUDO e PEREIRA, 1994).

A Formação Monte Alegre possui uma ampla área de exposição subparalela às unidades da borda da Bacia do Amazonas, estendendo-se continuamente para o sul, contornando grande parte da estrutura dômica. Litologicamente, é composta por arenitos e conglomerados associados a ambientes fluviais e eólicos, com elevado potencial aquífero nas bordas da bacia (BARROS, 2023; SANTOS, 2017).

Para a seção do Carbonífero (Mississipiano superior), a unidade consiste em conglomerados basais sobrepostos por arenitos de seleção média, já em subsuperfície, predominam arenitos finamente selecionados, que afloram sobre a unidade, além de folhelhos cinza intercalados com corpos de calcário e dolomito, indicativos de um ambiente marinho raso próximo ao topo da unidade (CUNHA, BICUDO e PEREIRA, 1994). Essas rochas foram depositadas sob influência de um sistema fluvio – eólico, o qual começa a indicar variações climáticas que aconteceriam no Carbonífero Superior (CAPUTO, 1984).

A Formação Nova Olinda é compreendida como depósitos de sabkha. Esta unidade é separada em dois membros: Fazendinha, composto de folhelhos, carbonatos, anidritas, halitas e, localmente, silvita (CUNHA, BICUDO e PEREIRA, 2007). Esses sedimentos essencialmente químicos evaporíticos, foram depositados em ambientes marinho raso, de planícies de sabkha e lagos hipersalinos, e o Membro Arari apresnta uma ampla diminuição ou quase ausência de fósseis marinhos, a inexistência de carbonatos marinhos e a associação de folhelhos e siltitos com pacotes de halitas cristaloblásticas (CUNHA, BICUDO e PEREIRA, 2007).

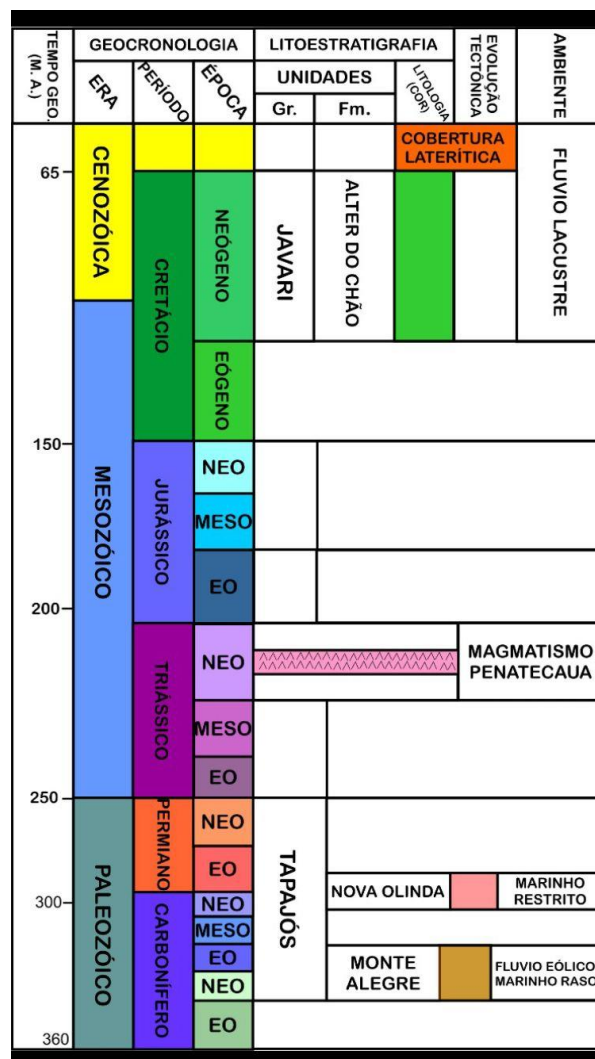
A Formação Alter do Chão é caracterizada por intercalações de arenitos, argilitos, siltitos e conglomerados, em sua maioria com coloração avermelhada, refletindo condições deposicionais fluvio-deltaicas. As camadas de granulação grosseira mostram composição ortoquartzítica a arcósica, com feldspatos frequentemente alterados para caulinita, elas ocorrem frequentemente arenitos brancos (CAPUTO, 2011).

O Magmatismo Penatecaua apresenta diabásios de assinaturas toleítica compostos por plagioclásio, piroxênio, ilmenita e magnetita (SOUZA; LIMA, 2012). Os

litotipos se encontram intrudidos nas rochas sedimentares da bacia na forma de diques e soleiras com espessuras variáveis (CAPUTO, 1984).

Neste trabalho foi confeccionada uma coluna litoestratigráfica, com informações extraídas de Caputo (1984) com o objetivo de auxiliar na interpretação geológica dos levantamentos geofísicos, sendo esta segmentada em ordem cronológica representando a sequência deposicional das bacias sedimentares e coberturas superficiais ocorrentes na área de estudo, a qual pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3. Coluna cronoestratigráfica



Fonte: Adaptada de Caputo, 1984

5 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA UTILIZANDO GEOFÍSICA

SOUZA (2019) realizou uma pesquisa na Fazenda Alta Floresta II, no município de Tailândia - Pará, teve como foco o mapeamento hidrogeológico da área com uso

da (ER), especificamente a técnica (SEV). Os autores realizaram 38 SEVs com espaçamento de 100 metros, possibilitando a identificação da formação aquífera do Grupo Itapecuru, com início médio a 56 m de profundidade e espessura média de 139 m. O estudo também visou a avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação e o direcionamento ideal para locação de poços tubulares profundos. De acordo com o estudo, os melhores pontos identificados para perfuração foram nas SEVs 1, 9 e 10, sendo a SEV_10 a mais promissora, com coluna d'água de 162 m.

Além disso, o estudo demonstrou o mapa potenciométrico produzido indicou que o fluxo hidrogeológico tem direção preferencial sudoeste-nordeste (SW-NE), com convergência na região central da fazenda, onde estão os níveis mais profundos de água subterrânea. Os dados obtidos pelos autores demonstraram baixa vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, o que reforça a viabilidade de exploração hídrica segura na área. Dessa forma, o estudo alcançou seus objetivos e abriu possibilidades para futuras investigações utilizando métodos geofísicos no contexto da avaliação da vulnerabilidade ambiental e gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

Lopes *et al.* (2004) executou na cidade de Rorainópolis (RR), um estudo com o objetivo de local poços tubulares profundos, por meio de investigação geológica e hidrogeológica da subsuperfície. A metodologia adotada incluiu levantamentos diretos e indiretos, como mapeamento geológico de superfície e aplicação de métodos geofísicos, especialmente a eletrorresistividade. A pesquisa de Lopes *et al.* (2004), teve início com o reconhecimento das feições hidrogeológicas da área, com o apoio de mapas geológicos, fotografias aéreas e imagens de satélite, permitindo a identificação de estruturas geológicas favoráveis. Os autores utilizaram as técnicas da (SEV) e (CE), que viabilizaram a indicação de sete pontos promissores para perfuração.

Dentre os resultados da pesquisa de Lopes *et al.* (2004), dos sete pontos identificados, quatro poços foram construídos, sendo que um deles apresentou a maior vazão de teste registrada em terrenos cristalinos no estado. O estudo também recomendou a manutenção regular dos poços em operação e a análise da qualidade da água, com a desativação de captações em domínios porosos com risco de contaminação.

Xavier (2004) realizou estudo geofísico na comunidade de Guamiranga, em Araquari – Santa Catarina, com o objetivo de identificar zonas favoráveis à perfuração

de poços tubulares profundos. A iniciativa ocorreu após a baixa vazão de um poço inicialmente perfurado para abastecimento público. Os autores utilizaram as técnicas da (SEV), com arranjo Schlumberger (AB máximo de 240 m), e (CE), com arranjo Dipolo-Dipolo e espaçamento de 20 m. Os dados obtidos pelos autores permitiram delimitar áreas com maior potencial hidrogeológico em rochas cristalinas, além de auxiliar no projeto construtivo do poço, indicando profundidade, espessura do material de cobertura e zonas de maior fraturamento propícias à entrada de água.

Tonon *et al.* (2013) desenvolveu um estudo no campus da Universidade Estadual de Maringá - Paraná com o objetivo de avaliar a potabilidade da água para consumo humano. Foram analisadas sete amostras de água provenientes de bebedouros públicos da universidade e sete marcas de águas minerais comercializadas na região. As análises microbiológicas de Tonon *et al.* (2013) apresentaram coliformes totais e *Escherichia coli*, conforme os critérios estabelecidos pela Portaria nº 1.469 do Ministério da Saúde. Os autores também determinaram os parâmetros físico-químicos: turbidez, cor aparente e absorção de compostos em UV-254 nm.

Os resultados de Tonon *et al.* (2013) indicaram presença de coliformes totais em duas marcas de água mineral e em quatro amostras de bebedouros, sem detecção de coliformes fecais. Todas as amostras investigadas pelos autores apresentaram turbidez dentro dos limites permitidos. Contudo, duas águas minerais e uma amostra de bebedouro apresentaram cor aparente fora dos padrões. O estudo permitiu comparar os resultados com os limites legais, apontando a necessidade de maior controle na qualidade da água consumida, inclusive em fontes consideradas seguras como águas minerais.

Oliveira *et al.* (2018) realizou uma pesquisa no município de Timbiras – Maranhão, com o objetivo de avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água de poços artesianos de uso independente. Nesse estudo, foram coletadas amostras de dez poços, em outubro de 2016, com profundidade média de 15 m, correspondentes ao aquífero Itapecuru. As análises físico-químicas incluíram os parâmetros pH, cor, turbidez, ferro e condutividade elétrica. Apenas o poço 6 apresentou pH dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

Os parâmetros de cor e turbidez encontraram-se dentro dos limites permitidos em todas as amostras, enquanto os valores de condutividade excederam os limites

em sete dos dez poços. Na análise microbiológica, foi constatada a presença de coliformes totais em sete poços e de coliformes termotolerantes em cinco, indicando contaminação por material fecal. Os resultados sugerem que a contaminação está associada à presença de fossas próximas, à ausência de limpeza dos reservatórios e à falta de tratamento da água. O estudo aponta a necessidade de medidas preventivas e corretivas, como o monitoramento frequente da qualidade da água e o tratamento adequado antes do consumo.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Método da Eletrorresistividade

O método da eletrorresistividade (ER) é um método geofísico cujo princípio baseia-se na determinação da resistividade elétrica dos materiais geológicos (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990). A resistividade elétrica (ρ) é um parâmetro intrínseco dos materiais, relacionado à dificuldade encontrada por uma corrente elétrica para se propagar em um meio. Esse parâmetro depende, entre outros fatores, da natureza e do estado físico do corpo considerado (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990). A resistividade elétrica é o inverso da condutividade elétrica e representa a oposição que um material oferece à passagem da corrente elétrica (KEAREY; BROOKS; HILL, 2002).

Portanto, a resistividade elétrica das rochas é influenciada diretamente pela presença de água nos poros e pela conectividade entre eles. Quanto maior a porosidade e a permeabilidade, menor tende a ser a resistividade, pois a água especialmente se mineralizada, conduz eletricidade com mais facilidade. Assim, variações nesses atributos físicos das rochas impactam diretamente as interpretações geofísicas baseadas em medições de resistividade (FREEZE; CHERRY, 1979).

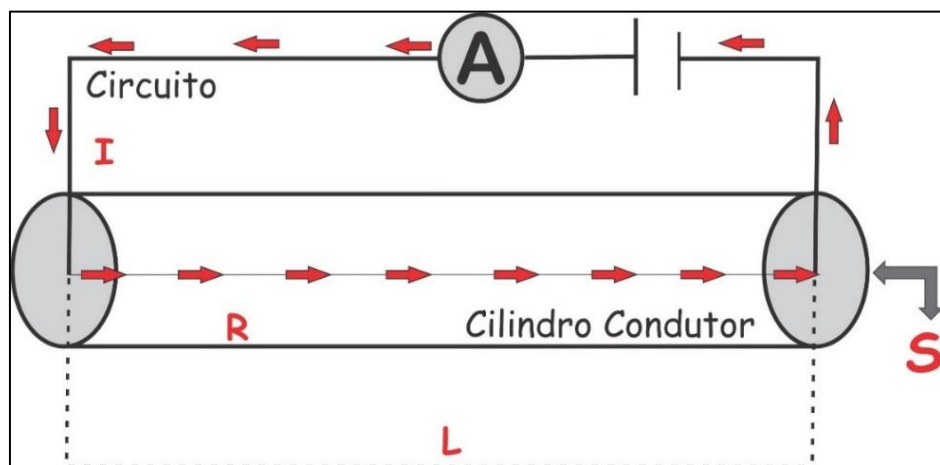
O procedimento do método consiste na injeção de uma corrente elétrica (I) no solo por meio de um par de eletrodos metálicos, enquanto a diferença de potencial (ΔV) é medida por meio de um segundo par de eletrodos, conforme descrito por Bortolini et al., 2010. Uma classificação proposta por (BRAGA, 2006) para os métodos geoeletricos baseia-se em três critérios: métodos, técnicas de investigação e arranjos de desenvolvimento de campo. Essa classificação tem como objetivo facilitar a compreensão por parte do usuário acerca das modalidades e seus usos adequados, considerando os objetivos e a geologia do local estudado (BRAGA, 2006).

De forma resumida, os métodos geoeletricos definem qual o parâmetro físico medido na subsuperfície; as técnicas referem-se ao tipo de investigação, que pode ser horizontal (ao longo de uma seção) e/ou vertical (pontual); e os arranjos correspondem à disposição dos eletrodos no campo para o desenvolvimento da técnica. O método da eletrorresistividade fundamenta-se na Lei de Ohm, embora esta passe por adaptações devido ao fato de o meio geológico não se comportar como um circuito perfeito, apresentando heterogeneidades e anisotropias que influenciam a propagação da corrente elétrica (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990).

A Lei de Ohm é baseada na relação entre a resistividade (ρ) e a resistência (R) de um condutor homogêneo, geralmente considerado cilíndrico ou prismático, onde a resistência é proporcional ao comprimento do condutor e inversamente proporcional à sua área da seção transversal (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990), (figura 4) é dada pela equação:

$$\rho = R \frac{S}{L} \text{ (ohms)} \quad \text{Eq. 01}$$

Figura 4. Relação resistividade e resistência do método da eletrorresistividade.

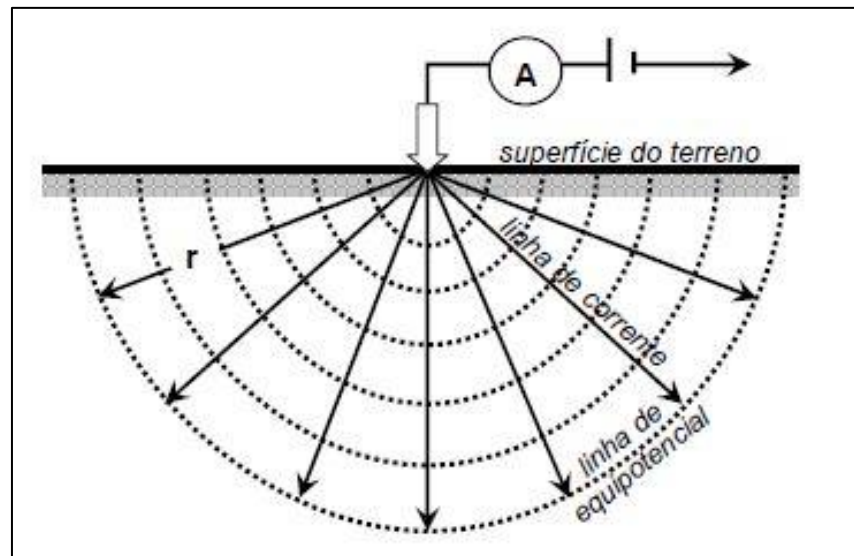


Fonte: Adaptado de Braga, 2006

Portanto, a dimensão da resistividade é o produto de uma resistência elétrica por uma longitude. Simplificando a teoria de resistividade, ela pode ser definida como sendo uma medida da dificuldade que a corrente elétrica tende a fluir em um determinado material e isto está ligado aos mecanismos pelos quais a corrente elétrica se propaga (BRAGA, 2006).

Na Terra, ou qualquer corpo contendo três dimensões, a corrente elétrica não se propaga por um único caminho, como no caso do condutor (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990). Considerando uma bateria conectada ao solo (Figura 5), através de cabos e eletrodos, por dois pontos distantes um do outro, a Terra, que não é um isolante perfeito, conduz a corrente elétrica gerada pela bateria, neste estágio, assume-se que a resistividade do solo é uniforme (BRAGA, 2016).

Figura 5. Potencial no semi-espço.



Fonte: BRAGA, 2006

Utilizando a Equação 01 no semi-espço, tem-se:

$$R = \frac{\rho \cdot r}{2 \pi \cdot r^2} = \frac{\rho}{2 \pi \cdot r} \quad \text{Eq.02}$$

Substituindo em $V = R \cdot I$ (Lei de Ohm), torna-se em:

$$V = \frac{\rho I}{2 \pi r} \quad \text{Eq.03}$$

A partir disto, temos a resistividade representada por:

$$\rho = 2 \pi r \frac{V}{I} \quad \text{Eq.04}$$

Em que: (V) = potencial elétrico; (I) = intensidade de corrente; (ρ) = resistividade; e (r) = distância entre os eletrodos de corrente e o local no qual o potencial será medido. Quando o cabo condutor de uma bateria é conectado a um eletrodo de corrente pode-se medir o valor da intensidade de corrente (I).

Ao se conectar um voltímetro a dois eletrodos de potencial, um localizado próximo ao de corrente e outro mais afastado (distância r), podemos calcular a diferença de potencial (ΔV), entre ambos locais. Contudo, na prática, essa estrutura não é usual, por conta da grande distância entre os dois eletrodos de corrente.

Portanto, se torna necessário diminuir o espaçamento entre os eletrodos. A maneira prática de obter a resistividade de um solo que é um meio heterogêneo consiste na utilização de quatro eletrodos, sendo eles (AB) eletrodos de corrente e (MN) eletrodos de potenciais (BRAGA, 2016). Na configuração dos eletrodos, (A e B) são responsáveis por injetar corrente elétrica no solo, enquanto os eletrodos (M e N) medem a diferença de potencial; ambos os eletrodos são cravados diretamente no solo, conforme descrito por Braga (2007), em seu material sobre métodos geoeletricos aplicados à hidrogeologia. Quando se trata de um meio homogêneo e isotrópico, a diferença de potencial resultante desse campo elétrico nos eletrodos de potenciais (M e N), respectivamente será dado por:

$$V_M = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) \quad \text{Eq.05}$$

$$V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \quad \text{Eq.06}$$

Assim, a diferença de potencial medida no equipamento para definir o posicionamento dos eletrodos de potenciais (M e N), é dada por:

$$\Delta V_{MN} = V_M - V_N \quad \text{Eq.07}$$

Portanto;

$$\Delta V_{MN} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right) \quad \text{Eq.08}$$

Pode-se então, calcular o valor da resistividade ρ do meio investigado por meio das seguintes equações:

$$\rho = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad \text{Eq.09}$$

Onde;

$$K = 2\pi \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)^{-1} \quad \text{Eq.10}$$

No meio geológico existem diferentes camadas litológicas os mecanismos de propagação de corrente elétrica influenciam os valores de resistividade por estarem diretamente ligados ao comportamento dos materiais geológicos (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990).

Na prática, as medidas mensuradas da diferença de potencial em um meio heterogêneo representam uma média ponderada de todas as resistividades verdadeiras em um volume de material em subsuperfície relativamente grande. Portanto, ao realizar as medições oportunas, obtém-se uma resistividade aparente (ρ_a) (BRAGA, 2007). A resistividade aparente pode ser definida como a resistividade elétrica de um meio homogêneo que, substituindo um meio heterogêneo, provocaria as mesmas reações elétricas observadas nas mesmas condições geométricas dos eletrodos (MORAES, 2019). Essa resistividade aparente obtida, aplicando-se a equação válida para meios homogêneos (Equação 09), pode ser reescrita como:

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad \text{Eq.11}$$

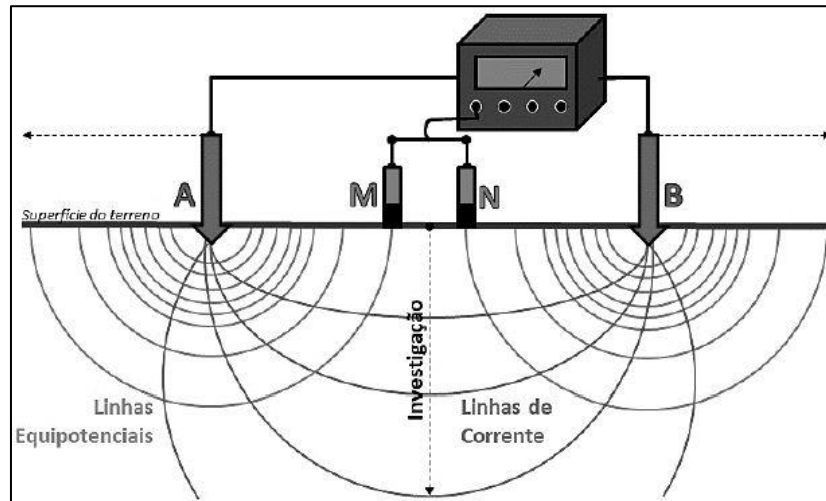
6.1.1 Sondagem Elétrica Vertical (SEV)

A (SEV) é uma técnica do método geoeletrico da eletrorresistividade utilizada para investigar variações verticais da resistividade do subsolo (REYNOLDS, 1997). Essa técnica baseia-se na injeção de corrente elétrica no terreno por meio de dois eletrodos de corrente (A e B), enquanto a diferença de potencial gerada é medida por dois eletrodos de potenciais (M e N) (REYNOLDS, 1997), ilustrado na figura 6 abaixo.

A partir da variação do espaçamento entre os eletrodos, é possível obter informações sobre a resistividade em diferentes profundidades, permitindo inferir as

características geológicas e hidrogeológicas da subsuperfície. Segundo Braga (2006), a sondagem elétrica vertical consiste em uma investigação pontual que visa determinar a variação da resistividade elétrica em profundidade, utilizando arranjos simétricos de eletrodos, como o de Schlumberger, para obtenção de curvas de sondagem que podem ser modeladas para interpretação geológica e hidrogeológica.

Figura 6. Técnica de Sondagem Elétrica Vertical.



Fonte: SOUZA, 2019

6.1.2 Caminhamento Elétrico (CE)

O (CE) é uma técnica do método da eletrorresistividade que tem como objetivo principal investigar a variação da resistividade elétrica do subsolo ao longo de um perfil horizontal (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990), ilustrado na figura 7. Diferente da (SEV), que visa obter informações em profundidade em um ponto fixo, o levantamento elétrico em perfil (CE) realiza medições ao longo de uma linha, permitindo identificar lateralmente zonas com diferentes propriedades elétricas (REYNOLDS, 1997).

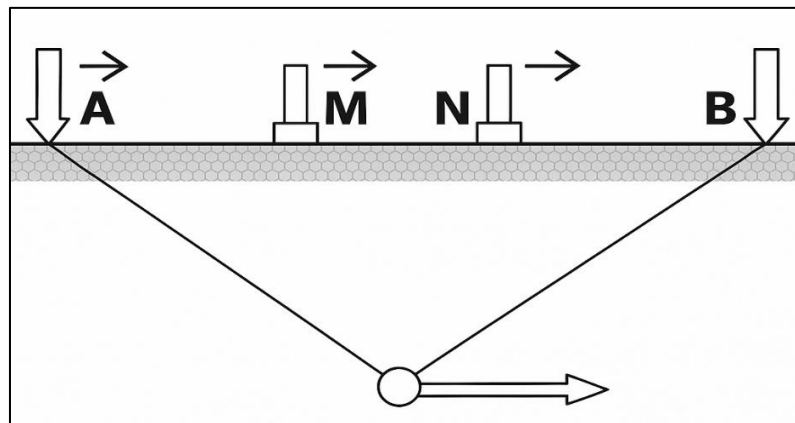
A técnica de eletrorresistividade é amplamente aplicada para mapear discontinuidades geológicas, zonas de alteração, limites litológicos, além de identificar aquíferos e áreas de contaminação subterrânea (BINLEY; KEMNA, 2005). Por sua capacidade de detectar variações laterais de resistividade, o CE é uma ferramenta essencial em estudos hidrogeológicos, ambientais e de engenharia geotécnica (BINLEY; KEMNA, 2005).

Segundo Braga (2006), o caminhamento elétrico é uma técnica de investigação horizontal, em que o espaçamento entre os eletrodos permanece constante, enquanto

o conjunto de eletrodos é deslocado ao longo de um perfil. Com isso, são obtidos dados que representam a variação da resistividade elétrica ao longo da superfície investigada, permitindo a identificação de anomalias geofísicas com grande precisão.

Além disso, conforme Siqueira Neto (2015), essa técnica apresenta elevada eficiência em ambientes geológicos heterogêneos, onde se deseja mapear feições estruturais ou localizar zonas com saturação hídrica. A utilização de softwares de modelagem e inversão bidimensional possibilita representar com maior fidelidade a geometria dos corpos geológicos identificados, otimizando os resultados obtidos em campo.

Figura 7. Técnica de Caminhamento Elétrico (CE).



Fonte: BRAGA, 2006

6.1.3 Arranjos de Eletrodos

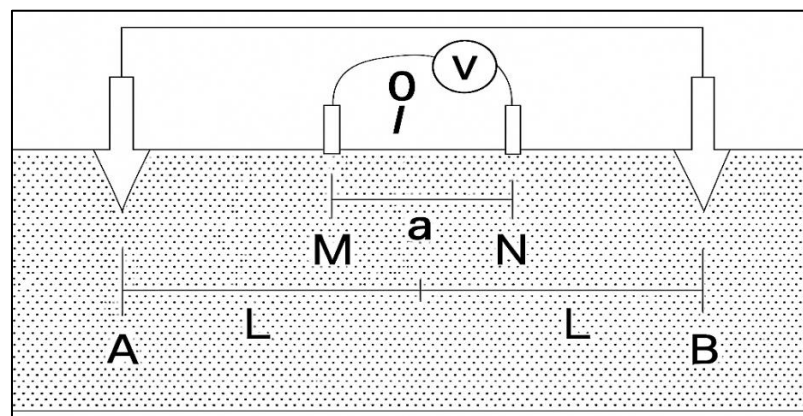
Os arranjos tratam-se de como os eletrodos são distribuídos na superfície, existem várias configurações para obtenção dos valores de resistividade elétrica, cada uma correspondendo a um ou mais tipos de arranjos elétricos (REYNOLDS, 1997). Os arranjos de eletrodos mais utilizados para levantamento de resistividade elétrica incluem os métodos Wenner, Schlumberger, Wenner-Schlumberger e Dipolo-Dipolo (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990). Entretanto, objetivo da pesquisa busca o arranjo mais apropriado a ser aplicado.

Neste trabalho, foi utilizado o Arranjo Schlumberger para as SEVs e Dipolo-Dipolo para os CEs, no qual será dado ênfase. O arranjo Schlumberger, é mais utilizado no Brasil e em alguns países europeus (BRAGA, 2016). Ele se torna mais prático em campo pois é necessário deslocar apenas dois eletrodos e as suas leituras nos equipamentos são menos sujeitas às interferências produzidas por ruídos indesejáveis, tais como, potências (BRAGA, 2016).

Na figura 08, os eletrodos de corrente A e B apresentam uma separação crescente (L), em relação ao centro do arranjo (o), os eletrodos de potenciais M e N permanecem fixos durante o desenvolvimento do ensaio (Figura 8) obedecendo a relação de $MM \leq AB/5$ (REYNOLDS, 1997).

Foi realizado o procedimento de embreagem, no qual consiste no ajuste e correção da curva de resistividade aparente obtida dos dados brutos, visando garantir a consistência e a confiabilidade dos valores medidos em pontos próximos. No arranjo Schlumberger, essa correção é essencial porque, à medida que o espaçamento entre os eletrodos de corrente (A e B) aumenta, é necessário ajustar a posição dos eletrodos de potencial (M e N), que permanecem relativamente próximos, para evitar discrepâncias e melhorar a precisão das leituras, assegurando uma curva de resistividade mais suave e interpretável (REYNOLDS, 1997).

Figura 08. Arranjo Schlumberger.



Fonte: Adaptada de Pinto, 2013

A profundidade de investigação de uma SEV é governada, principalmente, pelo espaçamento entre os eletrodos de corrente AB, quanto maior o distanciamento deles maior será a profundidade investigada (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990). Essa profundidade teórica alcançada obedece a relação de $AB/4$, (PINTO; SILVA; OLIVEIRA, 2013). O fator geométrico utilizado nesse trabalho, proposto por Bhattacharya e Patra (1986), para esse tipo de arranjo é dado pela Eq.12.

$$K = \pi(a^2 - b^2); \quad \text{Eq.12}$$

$$\text{Sendo: } a = \frac{AB}{2} \quad \text{e} \quad b = \frac{MN}{2}$$

Para os CEs foi utilizado o arranjo Dipolo-Dipolo, que se destaca como um dos mais precisos e rápidos de serem executados no campo. Uma de suas grandes vantagens reside no fato de que, o estudo da variação lateral do parâmetro físico pode ser efetuado em vários níveis de profundidades, obtendo-se uma caracterização dos materiais, em subsuperfície, tanto horizontalmente como verticalmente (BRAGA, 2016).

Normalmente, as medidas são efetuadas em várias profundidades de investigação, isto é, $n = 1, 2, 3, 4$ e 5 , atribuídas na intersecção das linhas que partem do centro de AB e MN com ângulos de 45° (BRAGA, 2016) (Figura 9). A cada ponto de medida os dipolos são deslocados de uma distância igual a X. Os dados obtidos são plotados nas posições $n = 1, 2, 3, 4$ e 5 , e interpolados, gerando uma pseudoseção de resistividade aparente. O fator geométrico K para o arranjo dipolo-dipolo pode ser calculado pela equação 13 (TELFORD; GELDART; SHERIFF, 1990; ELIS, 1999).

$$K = 2\pi \cdot G \cdot X \quad \text{Eq.13}$$

$$G = 1 / [(1/n) - (2/n+1) + (1/n+2)] \quad \text{Eq.14}$$

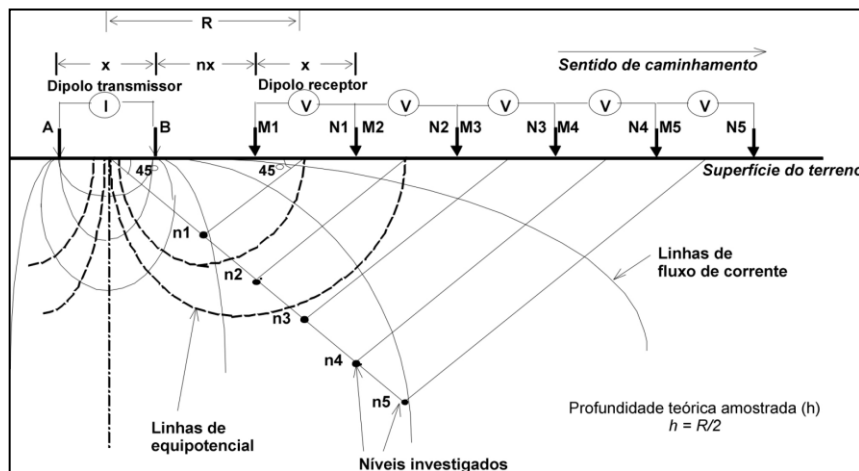
Onde:

K = fator geométrico para o arranjo utilizado (m)

G = múltiplo das distâncias dos dipolos (geralmente $n = 1, 2, 3, 4, 5$ e 6)

X = distância deslocada pelos dipolos (m) $\pi = 3,1415$

Figura 09. Configuração do arranjo Dipolo-Dipolo.



Fonte: SIQUEIRA NETO, 2015

6.2 Aquisição e processamento dos dados geofísicos de SEV E CE

Os trabalhos de campo foram realizados entre os dias 13 e 29 de agosto de 2019, abrangendo quatro linhas de levantamentos, sendo dois (CE) e duas (SEVs). A obtenção dos dados geofísicos foi realizada utilizando o equipamento resistivímetro RD-1000A, fabricado pela GEOTEST (Figura 10). O conjunto é composto por uma unidade transmissora Geotest RD 1000 TX ligada a duas baterias de 60 Amperes em série, totalizando 24 volts. E outra unidade receptora Geotest RD 1000 RX alimentada por oito baterias de hidreto de níquel (NI-MH), tamanho AA de 1,2 volts. Em campo foram utilizados eletrodos de aço inoxidável, e quatro bobinas cada uma com 500 metros de fio elétrico 16 AWG.

As (SEVs) foram realizadas com extensão de 400 metros em cada linha de perfil e executadas em pontos estratégicos da área de estudo. O espaçamento entre os eletrodos foi aumentado progressivamente com o objetivo de alcançar maiores profundidades de investigação. Utilizou-se o arranjo Schlumberger, no qual, em cada ponto de medição, uma corrente elétrica foi injetada no subsolo por meio dos eletrodos de corrente (A e B), enquanto a diferença de potencial foi registrada entre os eletrodos de potencial (M e N). A profundidade de investigação foi ampliada gradualmente à medida que se aumentavam os espaçamentos entre os eletrodos.

Os dados adquiridos em campo foram processados e interpretados por meio do software IPI2WIN, o qual permite a modelagem da resistividade aparente e a

estimativa das camadas geoeletricas presentes no subsolo. Esse programa é distribuído gratuitamente pela Geoscan-M Ltd., sediada em Moscou, Rússia, e foi desenvolvido para a interpretação automática ou semi-automática de dados de (SEV), obtidos com os mais variados tipos de arranjos (GEOSCAN-M LTD, 2000).

No software IPI2Win, a curva de resistividade é apresentada em escala logarítmica para ambos os eixos, os valores de resistividade aparente medidos em campo são representados por círculos, enquanto uma linha preta corresponde à curva suavizada dos dados de campo, gerada por meio do método de spline (BOBACHEV; MODIN; SHEVNIN, 2003). Além disso, o software gera uma curva sintética, exibida em vermelho, que pode ser ajustada pelo usuário ao modificar os valores de resistividade e espessura das camadas geoeletricas, representadas em azul. Para avaliar a qualidade do ajuste entre os dados observados e o modelo teórico, o programa calcula o erro RMS (root mean square), baseado no método dos mínimos quadrados, o qual mede a distância entre a curva de resistividade aparente e a curva sintética gerada (BOBACHEV; MODIN; SHEVNIN, 2003).

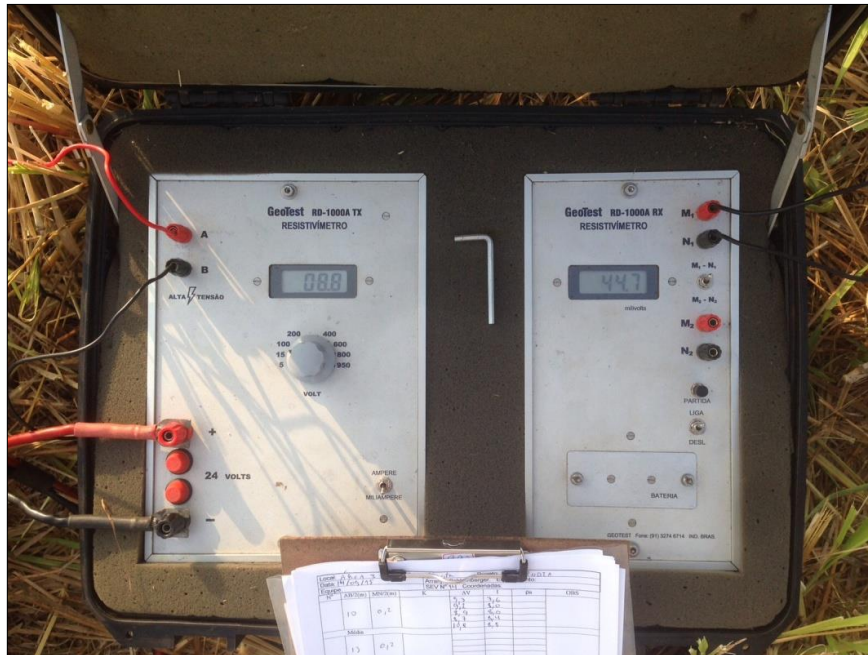
Para a técnica de Caminhamento Elétrico, foram executadas duas linhas de levantamentos de perfis, cada uma com 204 metros de extensão, utilizando-se o arranjo dipolo-dipolo. A metodologia baseou-se na movimentação sequencial dos eletrodos ao longo de perfis contínuos, com espaçamento fixo entre as unidades emissoras e receptoras (DAHLIN, 1996). Essa configuração permitiu a obtenção de seções bidimensionais de resistividade aparente, as quais possibilitaram a análise lateral da distribuição das propriedades elétricas do subsolo contribuindo para a identificação de estruturas geológicas e possíveis zonas de interesse hidrogeológico.

Os dados obtidos foram processados no software *Res2Dinv*, desenvolvido por Loke e Barker (1996), especialmente projetado para modelagem e inversão de dados geoeletricos em duas dimensões. O Software aplica o método dos mínimos quadrados suavizados (smoothness-constrained least-squares), que ajusta os dados observados a um modelo teórico, minimizando o erro entre os valores medidos e os valores calculados. Esse processo de inversão resulta em uma seção geoeletrica bidimensional (2D), na qual é possível identificar zonas com diferentes valores de resistividade elétrica (LOKE, 1999).

A interpretação dessas seções permite a identificação de estruturas geológicas, variações litológicas, presença de aquíferos, zonas de alteração ou possíveis áreas contaminadas (LOKE; BARKER, 1996). Dessa forma, o (CE), aliado ao

processamento via *Res2Dinv*, constitui uma ferramenta eficaz para o imageamento detalhado da subsuperfície, sendo amplamente empregado em estudos ambientais, geotécnicos e hidrogeológicos (LOKE; BARKER, 1996).

Figura 10. GeoTest RD-1000A utilizado na aquisição dos dados.



6.2.1 Teste de Vazão de rio e poço tubular profundo

Vazão é o volume de água que passa por uma determinada seção de um rio ou através de bombeamento, quando se trata de medição de vazão de poço tubular profundo, tem-se como unidade de tempo sendo usualmente expressa em metros cúbicos por segundo, m^3/s . As medições de vazão em rios tendem a ser mais dispendiosas, porque o local onde são realizadas é o ambiente natural, onde as variáveis não estão completamente sob controle (REBOUÇAS, 1990).

Em rios sem qualquer intervenção antrópica, as seções transversais e dimensões tendem a ser desiguais. Logo, não se podem utilizar equações baseadas em escoamento uniforme para o cálculo da vazão. Por esse motivo, é necessário medir a vazão diretamente. Para isso, existem vários métodos, e a escolha entre eles está sujeita ao tipo de curso de água e aos instrumentos disponíveis para a medição (COLLISCHONN; TUCCI; DARDER; SOUSA, 2013).

No teste de vazão a descarga (vazão) aumenta do montante (região mais alta do rio) para a jusante (áreas rio abaixo) até sua foz. No entanto, pode ser observado por meio de medições de vazão, áreas em que o ponto medido a jusante apresenta

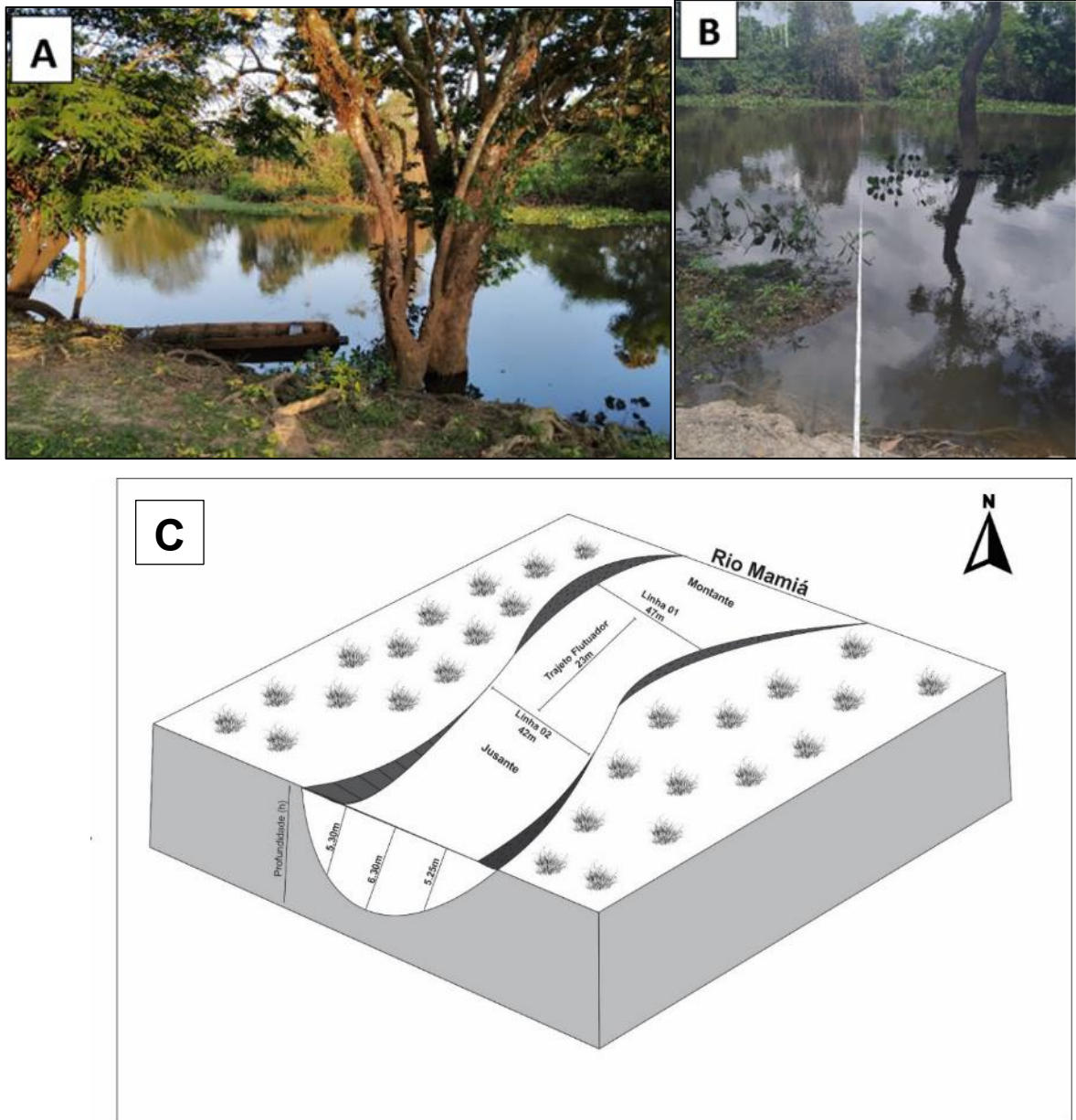
valores inferiores de vazão que a montante. Este fato pode ser explicado devido à dinâmica de transferência de energia canal, explicado pela transferência de água para dentro da planície fluvial, formando áreas alagadas e lagos próximos ao canal, porém, mais a jusante o rio estabelece seu equilíbrio usual (CARVALHO, 2008).

Normalmente a quantidade de água que passa numa determinada seção do rio é expressa em m^3/s , isso significa dizer que a cada segundo passam X metros cúbicos de água para uma determinada seção transversal do rio (córrego ou tubulação), caso deseja-se expressar o volume de água em litros, basta saber que $1m^3 = 1.000$ litros de água (CARVALHO, 2008).

Neste trabalho foi aplicado o teste de vazão no Rio Mamiá, no qual fica aproximadamente 5km da comunidade de Apolinário. Além disso, foi realizado o cálculo de vazão em um poço tubular profundo presente na comunidade. O objetivo principal do teste foi mensurar a quantidade de água disponível e se a mesma seria suficiente para abastecer a comunidade que conta com cerca de 1.163 pessoas. O método utilizado para obter-se a vazão do Rio Mamiá foi o flutuador. Esse método consiste em determinar a velocidade de deslocamento de um objeto flutuante, medindo o tempo utilizado para o seu deslocamento num determinado trecho de rio de comprimento conhecido (SANTOS; SILVA; OLIVEIRA, 2001).

Para a realização do teste foi necessário a escolha de um melhor ponto nos dois trechos do córrego e nesses pontos foram realizados os seguintes procedimentos: medição da largura do canal em duas seções (linha 01 e 02), com auxílio de uma trena. Posteriormente, a largura de cada linha foi subdividida em três pontos para medição da profundidade em cada seção (Figura 10), foi utilizada uma fita métrica acoplada em um pêndulo com peso, que possibilitou a aferição das medidas. Foi utilizado uma garrafa pet que serviu como objeto flutuante e um cronômetro para determinação do tempo em que o flutuador levava para percorrer da linha 01 (montante) a linha 02 (jusante). Em cada trecho, o procedimento foi repetido três vezes para melhor obtenção dos resultados.

Figura 10. Teste de vazão no Rio Mamiá: A) Rio Mamiá; B). Seção transversal representando o final do percurso do flutuador; C) Ilustração esquemática do percurso do flutuador no Rio Mamiá



A velocidade (v) foi determinada pela divisão da distância percorrida pelo flutuador e a média das repetições dos tempos entre a seção superior e inferior.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \text{Eq.15}$$

Onde:

v = velocidade média (m s^{-1})

Δs = distância entre as seções (m)

Δt = variação de tempo (s)

Para o cálculo da área utilizou-se o método de batimetria, que consiste na utilização de papel milimetrado para determinação da variável. Assim foram calculadas a área da seção superior e a área da seção inferior, trecho por onde passou o flutuador, então foi realizado a média de ambas áreas da seção. A vazão total pelo método do flutuador é dada pelo do produto da velocidade média corrigida pela área de seção transversal média (FREIRE; BONIFÁCIO; SCHNEIDER, 2013). Utiliza-se o coeficiente correção entre 0,80 e 0,90 devido haver diferença na velocidade de escoamento em pontos superficiais e mais profundos de um curso d'água. (PALHARES; SILVA; SANTOS, 2007). Neste trabalho, foi aplicado o fator de correção de 0,85.

$$Q = \bar{v} * \bar{A} \quad \text{Eq.16}$$

Onde:

Q= Vazão em $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

V = Velocidade x 0,85 (m s^{-1})

A = Média das duas áreas de seção (m^2)

Já o teste de vazão do poço tubular ou também chamado de bombeamento, é o volume de água por unidade de tempo extraído do poço por um equipamento de bombeamento (REBOUÇAS, 1990). Esses testes de bombeamento representam, sem nenhuma dúvida, a forma de mais fácil aplicação e maior garantia em seus resultados, que é usada tradicionalmente para a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos e para a verificação da qualidade da construção das obras de captação de água subterrânea, além de ser a ferramenta indispensável para a determinação de vazões de exploração de poços (HEATH, 1983). Um teste de bombeamento é uma operação que consiste no bombeamento de um poço durante um certo intervalo de tempo e o registro da evolução dos rebaixamentos em função do tempo (CPRM, 1998).

O método utilizado nesse trabalho foi o Volumétrico, uma medição de forma direta que consiste na determinação do tempo necessário para encher em um determinado recipiente de volume conhecido (REBOUÇAS, 1990). O método volumétrico para medição de vazões parte da própria definição de vazão: volume escoado na unidade de tempo. Assim, medindo-se o volume que se escoou durante

certo período de tempo, obtém-se a vazão média durante esse tempo (BRUNETTI, 2009). A vazão volumétrica é igual ao produto da velocidade do fluido pela área da seção transversal da tubulação. As unidades de medida adotadas são geralmente o m^3/s , m^3/h , l/h ou o l/s . Sendo a vazão (Q) calculada pela razão do Volume (V) pelo Tempo (t), dada a equação seguinte:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Eq.16}$$

onde:

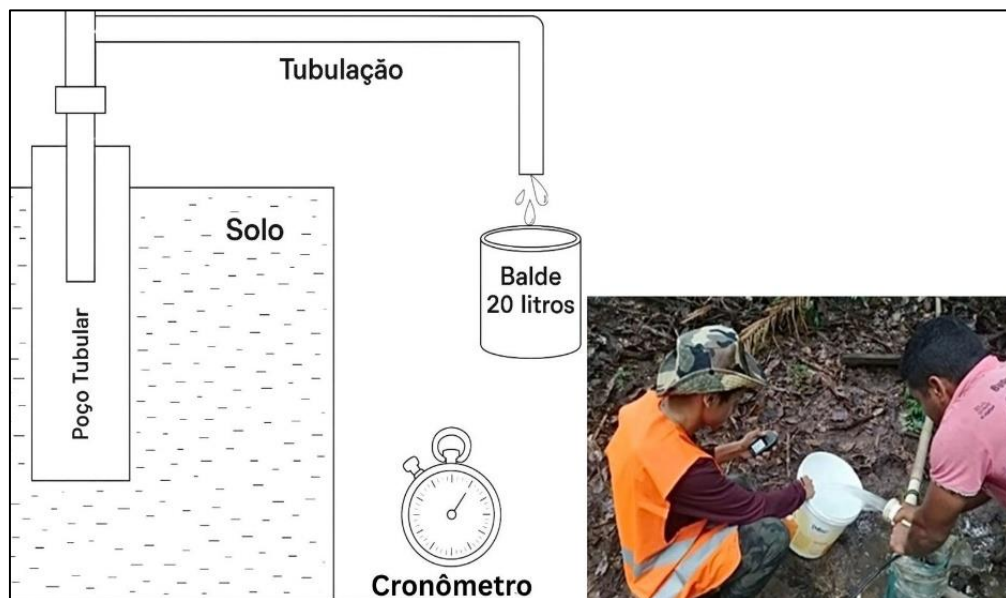
Q = Vazão (L/s)

V = Volume (L)

t = Tempo (s)

Para a medição foi utilizado um recipiente de 20 litros e um cronômetro no qual foi medido três vezes o tempo que levou para encher o recipiente, posteriormente, calculada a média desses tempos (Figura 13).

Figura 13. Ilustração esquemática do método volumétrico.



6.2.2 Análise da qualidade da água

O conceito de qualidade de água é muito mais amplo do que sua simples caracterização pela fórmula molecular (VEIGA, 2005). Isso se deve às suas qualidades de solvente e à sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si

diversas impurezas, as quais definem sua qualidade e essa qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e antrópicas (VEIGA, 2005).

De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica (CETESB, 2011). Ao se solicitar uma análise de água, deve-se selecionar os parâmetros a serem investigados pela análise, pois os parâmetros variam de acordo com a finalidade da mesma. Há necessidade também de se estabelecer padrões de qualidade, embasados por um suporte legal.

As normas de qualidade para as águas de abastecimento são conhecidas como padrões de potabilidade (FUNASA, 2013). Esses padrões são as quantidades limites que, com relação aos diversos elementos, podem ser toleradas nas águas de abastecimento, quantidades essas fixadas, em geral, por leis, decretos ou regulamentos regionais.

Neste trabalho, foram adotadas as normativas da Resolução CONAMA 357/2005, que regulamenta as águas superficiais, e da Resolução CONAMA 396/2008, referente às águas subterrâneas, para comparação dos resultados obtidos nas análises, alinhando-os aos parâmetros exigidos pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde. Os resultados completos das análises físico-químicas e bacteriológicas da água, realizadas pelo laboratório LABVIDA, encontram-se detalhados no Anexo I.

Coletamos amostras de água subterrânea localizadas no mapa de localização (Poço 1 a 8) da Figura 1, e de água superficial no Rio Mamiá com objetivo de verificar a qualidade da água subterrânea e superficial na área de estudo. A coleta de água em cada ponto foi realizada de maneira eficaz seguindo toda orientação prestada pelo Laboratório (Figura 14), em questão da utilização de luvas plásticas, esterilização antes da coleta e forma correta de armazenagem das amostras.

Figura 14. Coleta de amostra de água



7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Mapeamento Geológico e Hidrogeológico

No levantamento geológico da área foi constatado a ocorrência 3 formações geológicas distintas que afloram no município de Curuá, sendo a Formação Alter do Chão, Formação Nova Olinda e Formação de Monte Alegre. A Formação Alter do Chão pertence ao Grupo Javari e ocorre na parte superior do pacote sedimentar da Bacia Amazônica (CUNHA; MELO; SILVA, 2007). A Formação Alter do Chão é composta de arenitos avermelhados, argilitos, conglomerados e brechas intraformacionais, tradicionalmente atribuídos a sistemas fluvial e lacustre/deltaico (KISTLER, 1954).

A Formação Nova Olinda pertencente ao Grupo Tapajós por evaporitos composta de calcário de granulação fina, pobre em fósseis e folhelho variegado, anidrita ou gipsita branca a cinza clara, nodular ou laminada, arenito fino variegado e halita branca a rosa, em repetições cíclicas e possui como ambiente primário um ambiente marinho restrito hipersalino e flúvio-lacustre (SZATMARI, 1975).

Já a Formação de Monte Alegre, apresenta ampla exposição ao longo das bordas da Bacia do Amazonas, com orientação subparalela às demais unidades geológicas da região. Estende-se continuamente em direção ao sul, contornando grande parte da estrutura dômica da bacia. Do ponto de vista litológico, é composta predominantemente por arenitos e conglomerados depositados em ambientes fluviais e eólicos, destacando-se pelo elevado potencial aquífero, especialmente nas porções marginais da bacia (BARROS, 2023; SANTOS, 2017).

Ainda temos na área a ocorrência do magmatismo Penatecaua representado por soleiras de diabásio com idade mais recente que as formações acima citadas, podendo se tornar um empecilho na perfuração de poços profundos na área.

Para balizar o levantamento geofísico com o hidrogeológico seria necessário a realização de um mapeamento geológico, no entanto, devido à ausência de afloramentos na área de estudo, utilizou-se informações da CPRM, tanto na confecção do mapa (Figura 2) quanto de perfis de poços já perfurados na região (Figura 13), que pode ser encontrado na plataforma SIAGAS com o objetivo de auxiliar na interpretação geológica/hidrogeológica.

Figura 13. Quadro de dados litológicos do poço 1500003754 da COSANPA (Cia. de Saneamento do Pará), no município de Alenquer.

Dados Litológicos			
De (m)	Até (m)	Litologia	Descrição Litológica
0	9	Areia Fina	Areia fina esbranquiçada
9	12	Areia Média	Areia média e grossa esbranquiçada
12	18	Areia Fina	Areia fina e média cinza amarelado
18	30	Areia Média	Areia média e grossa avermelhado
30	45	Areia Fina	Areia fina variando em níveis alternados para média grossa quartzos e óxido de ferro
45	54	Areia Grossa	Areia grossa siltosa com concreções argilo-feruginosas vermelho
54	57	Arenito Calcífero	Arenito calcífero cinza amarelado
57	189	Calcário	Calcário cinza
189	203	Calcário	Calcário marrom
203	229.5	Calcário	Calcário cinza esbranquiçado
229.5	236.2	Diabásio	Diabásio preto

7.1.1 Análise dos resultados das Sondagens Elétricas Verticais (SEV)

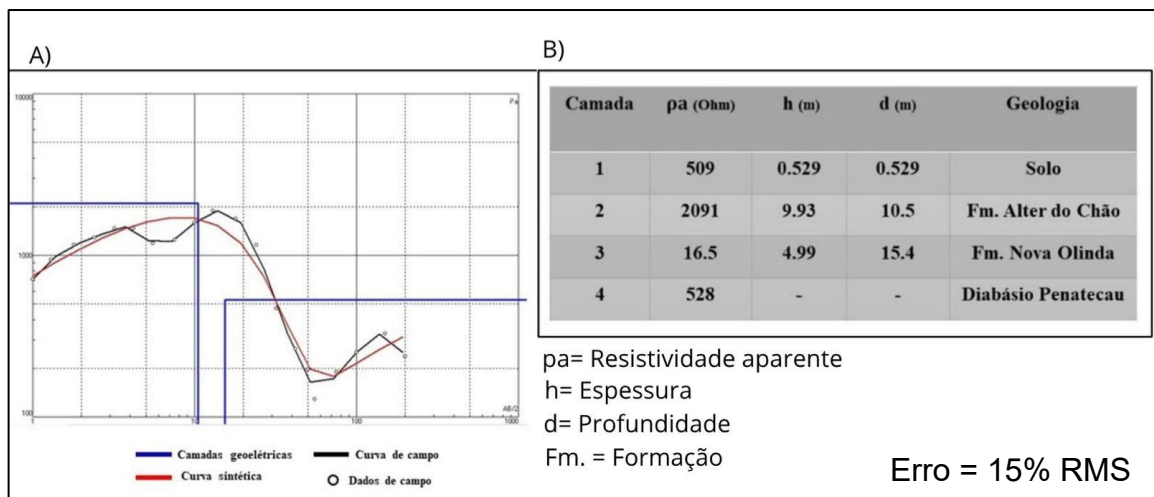
A SEV 01 (Figura 14) apresentou um perfil geoeletrico contendo 4 camadas de resistividade em profundidade. A primeira camada aferida mostrou uma resistividade variando de 509 a 2091 ohm, tendo uma espessura de 0,529 metros. Essa camada pode ser associada ao solo.

Na segunda camada apresentou uma alta resistividade chegando a 2091 ohm, com uma espessura de 9.93. As altas resistividades dessa camada caracteriza uma zona não saturada sendo associada a Formação Alter do Chão.

Partindo para terceira camada, os valores de resistividades reduzem abruptamente alcançando 16.6 ohm representando dessa maneira uma zona saturada. Tal estrato apresenta uma espessura de 4.99 metros com uma profundidade de 15.5 metros. A camada representa assim a zona saturada do perfil, sendo associada a Formação Nova Olinda.

A última camada apresentou um valor de resistividade variando a partir de 528 ohm, no qual foi associada ao embasamento do perfil podendo ser interpretada como Diabásio Penatecau. O erro RMS do ajuste foi de 15%, o que é considerado um erro moderado, indicando uma compatibilidade razoável entre os dados observados e o modelo interpretado.

Figura 14. A) Curva de resistividade modelada SEV 01; B) Modelo geoeletrico interpretado.



Na SEV 02 (Figura 15), o perfil também apresenta quatro camadas e os valores de resistividade no qual auxilia a interpretação quando comparada a SEV 01. A

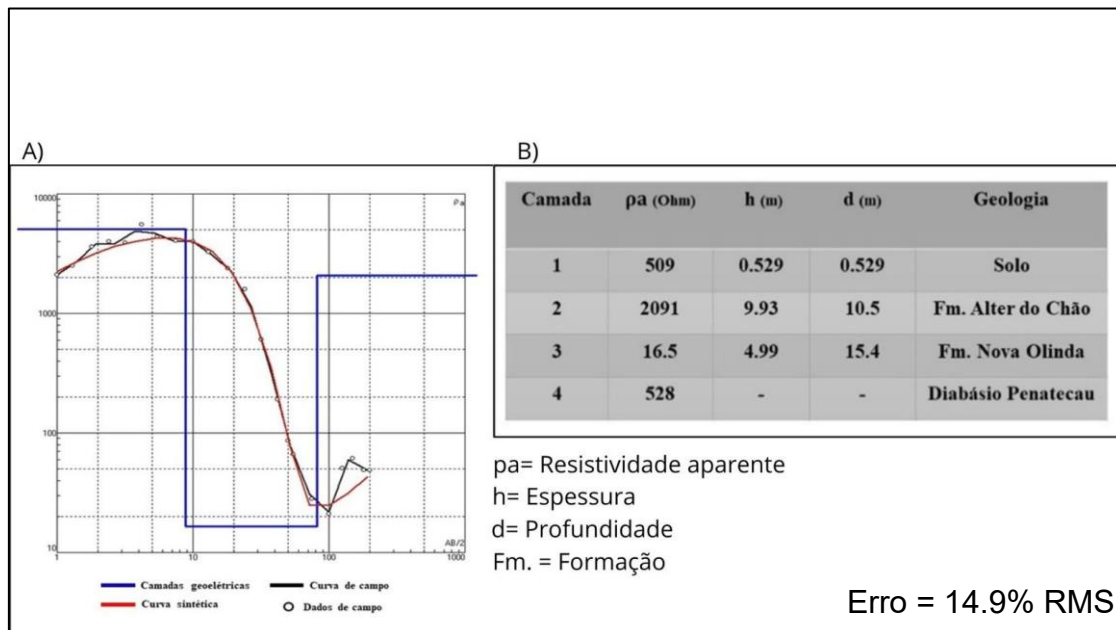
primeira camada teve sua resistividade variando de 787 a 5069 ohm, com uma espessura de 0.224 metros, essa camada está associada ao solo.

Na segunda camada, os resultados demonstraram uma alta resistividade com 5069 ohm, com uma espessura de 8.59 metros e uma profundidade de 8.82 metros caracterizando uma zona não saturada sendo dessa forma associada com a Formação de Alter do Chão.

Já o terceiro estrato, apresentou uma baixa resistividade de 16.5 ohm, com uma espessura de 72.9 metros em uma profundidade de 81.8 metros considerada uma zona saturada, no qual pode ser associada a Formação Nova Olinda.

A quarta camada apresentou uma alta resistividade de 2075 ohm podendo ser interpretada como o Diabásio Penatecau, que ocorre na forma de soleiras na região ou a lentes de material impermeável. O modelo obtido apresentou um erro RMS de 14,9%, valor que indica ajuste moderado entre os dados medidos em campo e os valores simulados pelo modelo geoeletrico.

Figura 15. (A) Curva de resistividade modelada SEV 02; (B) Modelo Geoeletrico interpretado



7.1.2 Análise dos resultados dos Caminhamentos Elétricos (CE)

Como o levantamento dos CEs tinham como objetivo prospectar dados com alta resolução e baixa profundidade, os levantamentos estão limitados até 20.7 m de profundidade, o processamento do CE 01 apresentou um erro de inversão de 16.8 %, o

enquanto o CE 02 um erro de 13.6 %. De forma geral, podem ser observadas as ocorrências de 3 camadas geoeletricas distintas nos dois Caminhamentos, observe na Figura 16 representando o CE 01 e Figura 17 o CE 02.

Figura 16. Seção Geoeletrica CE-01

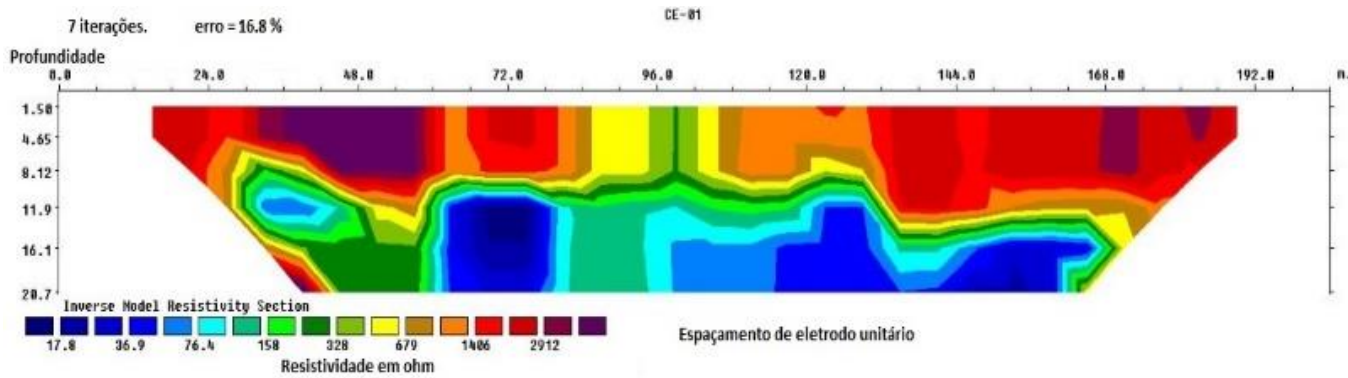
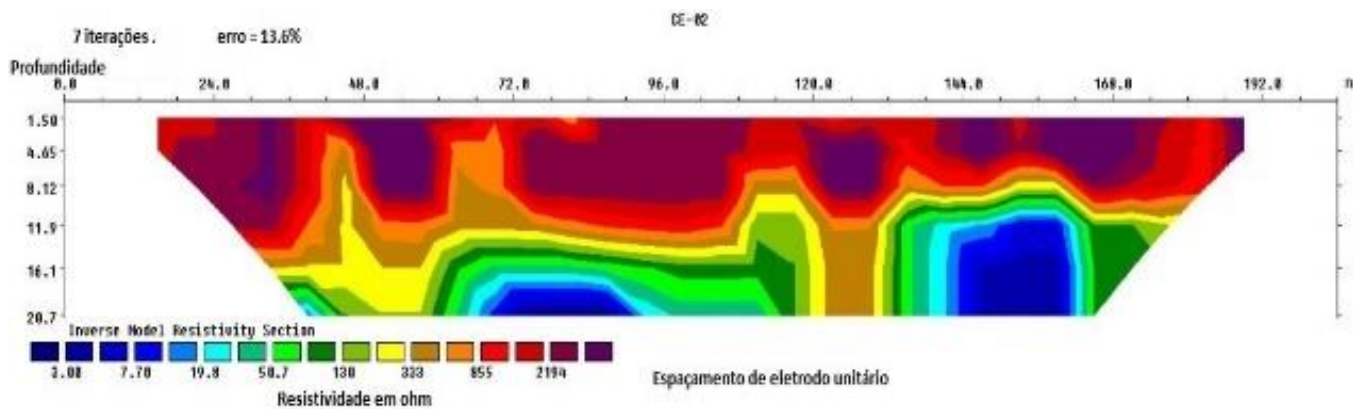


Figura 17. Seção Geoeletrica CE-02



Um estrato geoeletrico na porção mais rasa com altos valores de resistividade, entre 800 a >3.000 Ohm.m (tom vermelho ao roxo). As espessuras variaram de menos de 5 a 8 metros. Conforme revelado nas SEVs esse estrato foi associado ao solo (arenoargiloso provavelmente secos devido aos altos valores mapeados) e a Formação Alter do chão (arenito médio a grosso). Não se pode descartar a ocorrência de pequenos blocos de rocha e lateritas nestas porções mais rasas, principalmente em condições subflorantes. Este estrato é associado a zona não saturada área de estudo.

Um segundo estrato geoeletrico foi identificado, com valores de resistividade variando de médios a altos (50 a 300 ohm.m), geralmente representado por tonalidades verdes ou amareladas na seção de inversão. Esta camada possui

espessura aproximada de 5 metros e está situada entre as profundidades de 10 a 15 metros. Interpretativamente, corresponde à zona de capilaridade e ao início da zona saturada do perfil hidrogeológico, podendo ser associada ao arenito da Formação Alter do Chão, parcialmente saturado em água.

Um terceiro estrato foi identificado a partir dos 12 metros de profundidade, apresentando valores de resistividade baixos, entre 3,0 e 20,2 ohm.m, representados por tonalidades azuis na seção geoeletrica. Essa camada é associada à Formação Nova Olinda, composta por calcários, folhelhos e evaporitos saturados em água e enriquecidos por sais, o que explica a baixa resistividade observada.

Os resultados apresentados pelos CEs evidenciaram o contato entre zona saturada, zona de capilaridade, zona não saturada, bem como o contato entre Solo, Formação Alter do chão, Formação Nova Olinda. Os resultados corroboram com os dados obtidos pelas sondagens, expandem o conhecimento sobre a extensão lateral no terreno e permitem uma verificação mais detalhada da área de estudo. Com os CEs foi possível compreender a extensão e a continuidade da zona saturada em profundidade, no entanto, verificou-se também uma baixíssima resistividade, indicando um enriquecimento de sais nessa água.

Com as SEVs foi possível verificar a extensão da zona saturada aquífera e observou-se que ela se estende até aproximadamente 77 m, sendo interceptada possivelmente pela intrusão magmática correspondente ao magmatismo Penatecaua, não sendo identificado a sua continuidade em profundidade.

7.1.3 Análise de qualidade e Teste de Vazão de água subterrânea e superficial

Foram realizadas coletas de amostras de água em oito poços distintos, sendo uma amostra por poço, além de uma amostra do rio Mamiá. Nas análises de água do Rio Mamiá aferiu índices acima do Valor Máximo Permitido nos seguintes parâmetros: Coliformes Totais e Termotolerantes, Turbidez, Ferro Total e Cor aparente. Os poços numerados de 1 a 8 (Figura 1 e Tabela 1) constataram a ocorrência de índices anômalos nos parâmetros de qualidade de água subterrânea por coliformes totais e termotolerantes nos poços 1, 2 3, 5, 6, 7 e 8, Cor aparente no poço 5 e Turbidez no 2.

No entanto, outros dois parâmetros no poço 5 que não apresentam V.M.P (valor máximo permitido) pela portaria do Ministério da Saúde (Alcalinidade e Condutividade) indicam uma concentração de sais dissolvidos na água, o que explica o testemunho de moradores da comunidade sobre a qualidade da água quando o poço é perfurado

a uma profundidade maior, essa característica é comum de águas armazenadas no aquífero Nova Olinda (Grupo Tapajós).

Tabela 1 – Relação dos poços utilizados no abastecimento da comunidade Apolinário.

Poço	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Profundidade(m)	Nível Estático	Nível Dinâmico
P1	711655	9808258	13 m	60 cm	***
P2	711608	9808382	18 m	***	4 m
P3	711202	9808472	34 m	***	11.38 m
P4	711488	9808643	34 m	***	11.38 m
P5	711207	9808610	32 m	7.17 m	***
P6	711175	9808448	20 m	***	***
P7	711846	9808631	35 m	***	***
P8	711217	9808687	34 m	***	***

A Tabela 1 apresenta as principais informações obtidas a partir da análise de oito poços tubulares monitorados na área de estudo, incluindo coordenadas, profundidade, níveis estático e dinâmico, bem como observações relativas à qualidade da água.

O Poço 01 encontra-se desativado devido à presença de coliformes totais. O Poço 02 apresenta uma vazão de 2,42 L/s, sendo detectada a presença de coliformes totais e turbidez. O Poço 03 está contaminado por coliformes totais e termotolerantes. Já o Poço 04 foi classificado como potável, sem detecção de contaminação microbiológica (Anexo I). O Poço 05 encontra-se desativado em razão da surgência de água salobra, além da identificação de coliformes totais e termotolerantes, cor aparente, alcalinidade elevada e alta condutividade elétrica, indicando significativa alteração na qualidade da água. O Poço 06 apresentou contaminação por coliformes totais e termotolerantes. Por fim, os Poços 07 e 08 apresentaram presença de coliformes totais.

Essas informações demonstram a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade da água subterrânea, especialmente quanto à presença de contaminantes microbiológicos, os quais podem comprometer o uso seguro da água para consumo

humano. Com relação ao teste de vazão realizado no rio Mamiá e no Poço 2 (Borboletal) verificou-se a vazão de 17.733 L/s no rio Mamiá e de 2,23 L/s no Poço 2.

Os resultados mostram que a vazão do Rio Mamiá é suficiente para abastecer a comunidade Apolinário (1163 pessoas), considerando a quantidade de água utilizada por uma pessoa no Brasil (200 L/dia) (ANA, 2020). Com a vazão do Rio teríamos disponível 1.317.395,00 L/ pessoa, já para a vazão do poço 2 teríamos disponível 165,00 L/pessoa, sendo menos do que o necessário.

É importante salientar que as medidas de vazão devem ser repetidas nos períodos de estiagem e cheia para verificar oscilações no parâmetro, e que estes cálculos representam estimativas sem considerar potência de bomba e outras variáveis intrínsecas do projeto de abastecimento. Diante dos resultados verificou-se a favorabilidade de abastecimento da comunidade pelo Rio Mamiá devido a sua vazão, no entanto é necessário o tratamento do mesmo, devido a alguns parâmetros estarem fora do V.M.P. O poço 2 apresenta uma boa vazão sendo essa suficiente para contribuir no abastecimento da comunidade, no entanto apresenta valores de Coliformes Totais e de Turbidez acima do permitido, sendo também necessária remediação.

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Constatou-se a ocorrência de água subterrânea com índice de salinidade a partir dos 15 m de profundidade. Os resultados geofísicos com baixa resistividade identificaram essa ocorrência e os dados de qualidade de água do poço 5 corroboraram com esta indicação, apresentando índices de Alcalinidade e Condutividade compatíveis com uma água com considerável índice de sais dissolvidos.

Com a análise de água foi investigado não só a salinidade da água subterrânea da área de estudo, como também as características físico-químicas e bacteriológicas que determinam a potabilidade da água subterrânea e superficial. Diante desse parâmetro, foi verificado que apenas um poço (Poço 4) é classificado como potável, por apresentar parâmetros compatíveis com a normativa do Ministério da Saúde.

Após a realização do teste de vazão no poço 2 e no rio Mamiá e com os resultados apresentados é possível sugerir tanto a utilização do rio Mamiá como alternativa ao abastecimento de água da comunidade, visto que o mesmo apresenta parâmetros físico-químicos e bacteriológicos passíveis de tratamento. Sugere-se

também o mapeamento contínuo (durante um ano hidrológico) da vazão do poço 2 e se o mesmo mantiver a sua vazão é passível de utilizá-lo para complementar o abastecimento da comunidade, desde que seja realizado tratamento da água.

Desaconselha-se a utilização dos poços (1, 2, 3, 6, 7 e 8) sem o devido tratamento, pois apresentam parâmetros físico-químico e bacteriológicos acima do permitido pelo Ministério da Saúde. Não é recomendado a utilização do poço 5 pois apresenta alto teor de salinidade e condutividade elétrica o que caracteriza água salobra. Portanto, não se considera viável perfurações de novos poços tubulares profundos na comunidade Apolinário.

Propõe-se a contratação de um profissional com especialização em engenharia hidráulica para a elaboração de um projeto de viabilidade de abastecimento hídrico superficial a partir do rio Mamiá. Também é indicado o tratamento da água dos poços já explorados (2, 3, 6, 7 e 8), além do acompanhamento da vazão desses poços ao longo de um ano hidrológico.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2020**. Brasília: ANA, 2020. 110 p.

BARROS, C. A. **Caracterização hidroestratigráfica da Formação Monte Alegre na Bacia do Amazonas**. Revista Brasileira de Geociências, v. 53, n. 2, p. 225–239, 2023.

BARROS, L. C. **Caracterização geológica e potencial aquífero da Formação Monte Alegre na borda sul da Bacia do Amazonas**. 2023. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém, 2023.

BHATTACHARYA, P. K.; PATRA, H. P. **Direct current geoelectric sounding**. New York: Elsevier Publishing Company, 1986. 134 p.

BINLEY, A.; KEMNA, A. **Electrical methods**. In: RUBIN, Y.; HUBBARD, S. S. (Ed.). **Hydrogeophysics**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 129–156.

BOBACHEV, S. A.; MODIN, E. S.; SHEVNIN, V. A. **Inversion of 1D resistivity data using spline approximation**. *Journal of Applied Geophysics*, v. 54, n. 3, p. 207–217, 2003.

BRAGA, A. C. **Métodos geolétricos aplicados à hidrogeologia**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 120 p.

BRAGA, A. C. O. **Geofísica aplicada: métodos geolétricos em hidrogeologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. p. 81

BRAGA, A. C. O. **Método da eletrorresistividade e Polarização Induzidas aplicados nos estudos de captação e contaminação de águas subterrâneas: uma abordagem metodológica e prática, 2006**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP.

BRUNETTI, F. **Mecânica dos fluidos**. São Paulo: Prentice Hall, 2009.

CAPUTO, M. V. **Evolução tectônica da Bacia da Amazônia**. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 17–25, 1984.

CAPUTO, M. V. **Origem e evolução da Bacia Amazonas**. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1/2, p. 9–25, 2011.

CAPUTO, M. V. **Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil. 1984**. Tese (Doutorado) – University of California, Santa Barbara. 583 p.

CARVALHO, M. A. S. **Dinâmica hidrológica e transferência de energia em canais fluviais: estudo de caso em planície aluvial, 2008**. 180 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: 2011**. São Paulo: CETESB, 2011. 296 p.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Manual de procedimentos para análise de qualidade da água**. São Paulo: CETESB, 2016.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M.; DARDER, J. A.; SOUSA, L. M. G. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2013. 350 p.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Ações emergenciais de combate aos efeitos das secas: execução de testes de bombeamento em poços tubulares**. Brasília: CPRM, 2006. (Relatório Técnico).

CUNHA, J. R.; BICUDO, T. C.; PEREIRA, E. Bacia do Amazonas. In: MILANI, E. J. et al. (Orgs.). **Bacias sedimentares brasileiras: carta estratigráfica**. Rio de Janeiro: Petrobras/Centro de Pesquisas, 2007. p. 45–63.

CUNHA, J. R.; BICUDO, T. C.; PEREIRA, E. Bacia do Amazonas. In: SILVA, J. B.; FEIJÓ, F. J. (Orgs.). **Bacias sedimentares brasileiras: Bacia do Amazonas**. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1994. (Boletim de Geociências da Petrobras, v. 8, n. 1/2), p. 47–55.

CUNHA, J. R.; GONZAGA, J. M.; COUTINHO, M. A.; FEIJÓ, F. J. **Estratigrafia e evolução tectono-sedimentar da Bacia do Amazonas**. Revista Brasileira de Geociências, Rio de Janeiro, v. 24, n. 4, p. 409-421, 1994.

CUNHA, P. R. C.; MELO, J. H. G.; SILVA, O. B. **Bacia do Amazonas**. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 227–251, maio/nov. 2007.

DAHLIN, T. **The development of DC resistivity imaging techniques**. Computers & Geosciences, v. 22, n. 4, p. 375–383, 1996.

ELIS, V. R. **Geofísica aplicada à hidrogeologia: métodos elétricos**. São Paulo: EDUSP, 1999. 180 p.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. **Groundwater**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1979. 604 p.

FREIRE, R.; BONIFÁCIO, C. M.; SCHNEIDER, R. M. **Determinação de cargas poluidoras em cursos d'água de médio porte**. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 2, p. 260–275, 2013.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 3. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. 192 p.

GEOSCAN-M LTD. **IPI2Win: Program for 1D VES data interpretation**. Moscow: Geoscan-M Ltd., 2000. Disponível em: <http://geophys.geoscan.ru>. Acesso em: 20 jun. 2025.

HEATH, R. C. **Basic Ground-Water Hydrology**. Washington, D.C.: United States Geological Survey – USGS, 1983. 86 p. (U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2220).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas populacionais 2023**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 06 ago. 2025.

KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. **An introduction to geophysical exploration**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2002. 262 p.

KISTLER, P. **Historical resumé of the Amazon Basin**. Belém: Petrobras, 1954. Relatório Interno 104-A.

OLIVEIRA, A. R.; SOUSA, A. M. C.; CORRÊA, J. O. A.; ALMEIDA, R. A. A. **Qualidade da água de poços artesianos no município de Timbiras – MA**: avaliação físico-química e microbiológica. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 13, n. 6, p. 245–256, 2018.

LOKE, M. H. **Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies**. PhD thesis, University of Birmingham, 1999. 250 p.

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

LOPES, H. A.; SILVA, A. M.; COSTA, J. F. **Aplicação do método da eletrorresistividade na prospecção de aquíferos subterrâneos**. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 22, n. 1, p. 69–76, 2004.

LOPES, Renan O.; SILVA, A.B.H.; CARNEIRO, P.J.R. **ESTUDO DE CASO: O USO DO MÉTODO GEOFÍSICO PARA LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES EM RORAINÓPOLIS – RR**. *Águas Subterrâneas*, [S. l.], n. 1, 2004. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23467>. Acesso em: 7 ago. 2025.

MORAES, R. **Geofísica aplicada à engenharia e ao meio ambiente**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 224 p.

OLIVEIRA, A. G. et al. **Avaliação da qualidade da água para consumo humano no campus da Universidade Estadual de Maringá – PR**. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 6, n. 2, p. 405–420, 2013. DOI: 10.17765/2176-9168.2013v6n2p405-420.

PALHARES, J. C. P.; SILVA, D. D.; SANTOS, M. A. **Medição da vazão em rios pelo método do flutuador**. *Comunicado Técnico – EMBRAPA*, n. 455, p. 2–5, 2007.

PINTO, L. A.; SILVA, M. C.; OLIVEIRA, F. F. **Estudos geoeletricos (Sondagem Vertical e Caminhamento Elétrico) em sedimentos aluvionares do Rio Madeira – Município de Porto Velho – RO**. Porto Velho, 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURUÁ. **Plano municipal de expansão da rede de água 2023**. Curuá, 2023. Documento oficial.

REBOUÇAS, A. C. **Hidrologia: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgar Blücher, 1990. 350 p.

REYNOLDS, J. M. **An introduction to applied and environmental geophysics**. Chichester: John Wiley & Sons, 1997. 796 p.

SÁ, H. S. **Imagemento elétrico para auxílio na locação de perfuração de poços tubulares – estudos de caso em aquíferos fraturados**. São Paulo, 2017.

SANTOS, H. M. **Geologia e potencial hidrogeológico da Formação Monte Alegre, Bacia do Amazonas**. 2017. 145 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

SANTOS, M. A.; SILVA, D. D.; OLIVEIRA, A. D. **Hidrometria: fundamentos e aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 122 p.

SANTOS, M. R. **Análise estratigráfica e hidrogeológica da Formação Monte Alegre na região de Itaituba – PA**. 2017. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília, 2017.

SIQUEIRA NETO, A. C. **Utilização de métodos geoeletricos na caracterização de célula experimental no aterro de resíduos urbanos Delta A em Campinas – SP**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo. DOI: 10.11606/D.14.2019.tde-28052018-150717. Acesso em: 26 nov. 2019.

SOTELO, D. G. **Investigação de reservatórios de água subterrânea na região central do estado do Rio Grande do Sul através do método geoeletrico da resistividade**. Porto Alegre: PUC-RS, 2019. Tese (PGETEMA).

SOUZA, J. D. N.; LIMA, E. F. **Magmatismo Mesozóico da Província Petrolífera da Bacia do Amazonas**. Geociências, v. 31, n. 1, p. 49–64, 2012.

SOUZA, L. G. **Utilização de Sondagens Elétricas Verticais na avaliação dos recursos hídricos subterrâneos na Fazenda Alta Floresta II no município de Tailândia – PA.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geofísica) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2019.

SZATMARI, P. **Evaporitos na Bacia do Amazonas.** Rio de Janeiro: Petrobras, DEXPRO, 1975. (Petrobras. Siex 103-5054).

TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. **Applied Geophysics.** 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 770 p.

TONON, L. A. et al. **Qualidade da água para consumo humano: riscos à saúde pública relacionados à presença de contaminantes.** Revista Brasileira de Saúde Ambiental, v. 8, n. 2, p. 123-134, 2013.

VEIGA, G. **Análises físico-químicas de poços de diferentes cidades da região sul de Santa Catarina e efluentes líquidos industriais de algumas empresas da Grande Florianópolis.** Florianópolis – SC, nov. 2005.

XAVIER, A. M. **Estudo geofísico na comunidade de Guamiranga, Araquari – SC: subsidio à perfuração de poços tubulares profundos em área de cristalino. 2004.** 80 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, 2004.

8 ANEXO I



Travessa Sete de Setembro, 611 A
Santa Clara - Santarém - PA
Fone: (93) 3522-5076 | 3522-9277

Relatório de Ensaios nº 004578

Solicitante: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Endereço: **N.I**Interessado: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Data de recepção: **30/08/2019**Tipo de amostra: **Potabilidade**Legislação: **Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX**Local da coleta: **Cacimba / Borboletal**Origem: **N.I**Data de coleta: **29/08/2019**Responsável pela coleta: **Savani dos Santos**Data de liberação: **04/11/2019**

Parâmetro analisado	Unidade de medida	Metodologia	V.M.P	Resultado
Análise Microbiológica				
Coliformes Totais	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Ausência
Análise Físico-Química				
Alcalinidade	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2320B	N.E	20
Cor Aparente	uH	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2120 E	15	< 2,5
Condutividade	micro S/cm	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2510 B	N.E.	66,76
Ferro Total	mg/L Fe	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 3500 Fe	0,3	0,15
Nitrato (como N)	mg/L	SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 NO ₃ -N	10	1,68
pH		SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 H B	6,0 - 9,5	5,76*
Sólidos dissolvidos Totais	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2540 C	1000	33,56
Turbidez	uT	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2130 B	5	1,0
Temperatura	C	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2550 B	N.E.	24,30 C

NOTAS

u.H - Unidade Hazen.

* Parâmetro analisado, a pedido do solicitante, com prazo de realização de ensaio expirado - Procedimento PG-006

uT - Unidade de Turbidez

N.E.: Não especificado na legislação preconizada

N.I.: Não informado pelo solicitante.

Coleta, transporte e identificação sob responsabilidade do solicitante.

Análises realizadas com parâmetros requisitados pelo solicitante

Este relatório não pode ser reproduzido sem a aprovação e autorização previa do Labvida.

Este resultado de ensaio refere-se tão somente a amostra acima identificada e coletada na data especificada.

V.M.P - Valor máximo permitido de acordo com portaria utilizada

CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas e tão somente quanto aos parâmetros utilizados, a amostra em questão atende os padrões físico-químicos porém não atende os padrões microbiológicos de potabilidade estabelecidos pela Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX, não estando própria para consumo humano. Para consumo humano sem restrições, recomenda-se adição de cloro para que alcance níveis de Cloro Residual Livre entre 0,2 e 2,0 mg/L, faixa esta preconizada pela portaria acima especificada.

Responsável técnico

Gustavo Coimbra Meschede CRBM: 647



Travessa Sete de Setembro, 611 A
Santa Clara - Santarém - PA
Fone: (93) 3522-5076 | 3522-9277

Relatório de Ensaio nº 004579

Solicitante: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Endereço: **N.I**

Interessado: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Data de recepção: **30/08/2019**

Tipo de amostra: **Potabilidade**

Legislação: **Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX**

Local da coleta: **Retirado de um Poço Tubular / Borboletal**

Origem: **N.I**

Data de coleta: **29/08/2019**

Responsável pela coleta: **Savani dos Santos**

Data de liberação: **04/11/2019**

Parâmetro analisado	Unidade de medida	Metodologia	V.M.P	Resultado
Análise Microbiológica				
Coliformes Totais	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Ausência
Análise Físico-Química				
Sólidos dissolvidos Totais	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2540 C	1000	45,17
pH		SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 H B	6,0 - 9,5	5,47*
Nitrato (como N)	mg/L	SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 NO3-D	10	5,87
Ferro Total	mg/L Fe	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 3500 Fe	0,3	0,01
Cor Aparente	uH	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2120 E	15	8,1
Condutividade	micro S/cm	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2510 B	N.E.	90,83
Alcalinidade	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2320B	N.E.	15
Turbidez	uT	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2130 B	5	6,5
Temperatura	C	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2550 B	N.E.	24,2 C

NOTAS

u.H - Unidade Hazen.

* Parâmetro analisado, a pedido do solicitante, com prazo de realização de ensaio expirado - Procedimento PG-006

uT - Unidade de Turbidez

N.E.: Não especificado na legislação preconizada

N.I.: Não informado pelo solicitante.

Coleta, transporte e identificação sob responsabilidade do solicitante.

Análises realizadas com parâmetros requisitados pelo solicitante

Este relatório não pode ser reproduzido sem a aprovação e autorização previa do Labvida.

Este resultado de ensaio refere-se tão somente a amostra acima identificada e coletada na data especificada.

V.M.P - Valor máximo permitido de acordo com portaria utilizada

CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas e tão somente quanto aos parâmetros utilizados, a amostra em questão não atende os padrões físico-químicos (quanto ao parâmetro Turbidez) e não atende os padrões microbiológicos de potabilidade estabelecidos pela Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX, não estando própria para consumo humano. Para consumo humano sem restrições, recomenda-se tratamento para diminuição da turbidez e adição de cloro para que alcance níveis de Cloro Residual Livre entre 0,2 e 2,0 mg/L, faixa esta preconizada pela portaria acima especificada.

Responsável técnico

Gustavo Coimbra Meschede CRBM: 647



Travessa Sete de Setembro, 611 A
Santa Clara - Santarém - PA
Fone: (93) 3522-5076 | 3522-9277

Relatório de Ensaios nº 004580

Solicitante: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Endereço: **N.I**

Interessado: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Data de recepção: **30/08/2019**

Tipo de amostra: **Potabilidade**

Legislação: **Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX**

Local da coleta: **Retirado de um Poço Tubular / Ginásio**

Origem: **N.I**

Data de coleta: **29/08/2019**

Responsável pela coleta: **Savani dos Santos**

Data de liberação: **04/11/2019**

Parâmetro analisado	Unidade de medida	Metodologia	V.M.P	Resultado
Análise Microbiológica				
Coliformes Totais	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Ausência
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Ausência
Análise Físico-Química				
Turbidez	uT	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2130 B	5	0,35
Alcalinidade	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2320B	N.E	10
Cor Aparente	uH	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2120 E	15	6,2
Condutividade	micro S/cm	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2510 B	N.E.	163,0
Ferro Total	mg/L Fe	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 3500 Fe	0,3	0,03
Nitrato (como N)	mg/L	SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 NO ₃ -D	10	2,34
pH		SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 H B	6,0 - 9,5	6,05
Sólidos dissolvidos Totais	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2540 C	1000	82,02
Temperatura	C	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2550 B	N.E.	24,5 C

NOTAS

u.H - Unidade Hazen.

* Parâmetro analisado, a pedido do solicitante, com prazo de realização de ensaio expirado - Procedimento PG-006

uT - Unidade de Turbidez

N.E.: Não especificado na legislação preconizada

N.I.: Não informado pelo solicitante.

Coleta, transporte e identificação sob responsabilidade do solicitante.

Análises realizadas com parâmetros requisitados pelo solicitante

Este relatório não pode ser reproduzido sem a aprovação e autorização previa do Labvida.

Este resultado de ensaio refere-se tão somente a amostra acima identificada e coletada na data especificada.

V.M.P - Valor máximo permitido de acordo com portaria utilizada

CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas e tão somente quanto aos parâmetros utilizados, a amostra em questão atende os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX, estando própria para consumo humano.

Responsável técnico

Gustavo Coimbra Meschede CRBM: 647



Travessa Sete de Setembro, 611 A
Santa Clara - Santarém - PA
Fone: (93) 3522-5076 | 3522-9277

Relatório de Ensaios nº 004581

Solicitante: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Endereço: **N.I**

Interessado: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Data de recepção: **30/08/2019**

Tipo de amostra: **Potabilidade**

Legislação: **Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX**

Local da coleta: **Retirado de um Poço Tubular / água salobra**

Origem: **N.I**

Data de coleta: **29/08/2019**

Responsável pela coleta: **Savani dos Santos**

Data de liberação: **04/11/2019**

Parâmetro analisado	Unidade de medida	Metodologia	V.M.P	Resultado
Análise Microbiológica				
Coliformes Totais	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Análise Físico-Química				
Alcalinidade	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2320B	N.E	165
Cor Aparente	uH	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2120 E	15	18,5
Condutividade	micro S/cm	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2510 B	N.E.	375,0
Ferro Total	mg/L Fe	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 3500 Fe	0,3	0,11
Nitrato (como N)	mg/L	SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 NO ₃ -D	10	< 1
pH		SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 H B	6,0 - 9,5	7,02*
Sólidos dissolvidos Totais	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2540 C	1000	186,4
Turbidez	uT	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2130 B	5	3,9
Temperatura	C	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2550 B	N.E.	24,7 C

NOTAS

u.H - Unidade Hazen.

* Parâmetro analisado, a pedido do solicitante, com prazo de realização de ensaio expirado - Procedimento PG-006

uT - Unidade de Turbidez

N.E.: Não especificado na legislação preconizada

N.I.: Não informado pelo solicitante.

Coleta, transporte e identificação sob responsabilidade do solicitante.

Análises realizadas com parâmetros requisitados pelo solicitante

Este relatório não pode ser reproduzido sem a aprovação e autorização previa do Labvida.

Este resultado de ensaio refere-se tão somente a amostra acima identificada e coletada na data especificada.

V.M.P - Valor máximo permitido de acordo com portaria utilizada

CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas e tão somente quanto aos parâmetros utilizados, a amostra em questão não atende os padrões físico-químicos (quanto ao parâmetro Cor Aparente) e não atende os padrões microbiológicos de potabilidade estabelecidos pela Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX, não estando própria para consumo humano. Para consumo humano sem restrições, recomenda-se tratamento para diminuição da Cor Aparente e adição de cloro para que alcance níveis de Cloro Residual Livre entre 0,2 e 2,0 mg/L, faixa esta preconizada pela portaria acima especificada.

Responsável técnico

Gustavo Coimbra Meschede CRBM: 647

Relatório de Ensaio nº 004582
Solicitante: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Endereço: **N.I**Interessado: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Data de recepção: **30/08/2019**Tipo de amostra: **Potabilidade**Legislação: **Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX**Local da coleta: **Igarapé Xafaris**Origem: **N.I**Data de coleta: **29/08/2019**Responsável pela coleta: **Savani dos Santos**Data de liberação: **04/11/2019**

Parâmetro analisado	Unidade de medida	Metodologia	V.M.P	Resultado
Análise Microbiológica				
Coliformes Totais	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Análise Físico-Química				
Alcalinidade	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2320B	N.E	10
Cor Aparente	uH	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2120 E	15	9,4
Condutividade	micro S/cm	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2510 B	N.E.	75,38
Ferro Total	mg/L Fe	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 3500 Fe	0,3	0,01
Nitrato (como N)	mg/L	SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 NO ₃ -D	10	3,64
pH		SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 H B	6,0 - 9,5	6,10*
Sólidos dissolvidos Totais	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2540 C	1000	37,81
Turbidez	uT	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2130 B	5	0,75
Temperatura	C	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2550 B	N.E.	25,0 C

NOTAS

u.H - Unidade Hazen.

* Parâmetro analisado, a pedido do solicitante, com prazo de realização de ensaio expirado - Procedimento PG-006

uT - Unidade de Turbidez

N.E.: Não especificado na legislação preconizada

N.I.: Não informado pelo solicitante.

Coleta, transporte e identificação sob responsabilidade do solicitante.

Análises realizadas com parâmetros requisitados pelo solicitante

Este relatório não pode ser reproduzido sem a aprovação e autorização previa do LabVida.

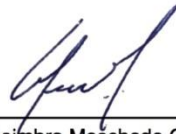
Este resultado de ensaio refere-se tão somente a amostra acima identificada e coletada na data especificada.

V.M.P - Valor máximo permitido de acordo com portaria utilizada

CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas e tão somente quanto aos parâmetros utilizados, a amostra em questão atende os padrões físico-químicos, porém não atende os padrões microbiológicos de potabilidade estabelecidos pela Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX, não estando própria para consumo humano. Para consumo humano sem restrições, recomenda-se adição de cloro para que alcance níveis de Cloro Residual Livre entre 0,2 e 2,0 mg/L, faixa esta preconizada pela portaria acima especificada.

Responsável técnico



Gustavo Coimbra Meschede CRBM: 647



Travessa Sete de Setembro, 611 A
Santa Clara - Santarém - PA
Fone: (93) 3522-5076 | 3522-9277

Relatório de Ensaio nº 004583

Solicitante: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Endereço: **N.I**

Interessado: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Data de recepção: **30/08/2019**

Legislação: **Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX**

Local da coleta: **Poço Tubular / ao lado do Xafaris**

Data de coleta: **29/08/2019**

Data de liberação: **04/11/2019**

Tipo de amostra: **Potabilidade**

Responsável pela coleta: **Savani dos Santos**

Cnpj:

Cnpj:

Origem: **N.I**

Parâmetro analisado	Unidade de medida	Metodologia	V.M.P	Resultado
Análise Microbiológica				
Coliformes Totais	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Análise Físico-Química				
Alcalinidade	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2320B	N.E	15
Cor Aparente	uH	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2120 E	15	3,8
Condutividade	micro S/cm	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2510 B	N.E.	83,52
Ferro Total	mg/L Fe	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 3500 Fe	0,3	0,06
Nitrato (como N)	mg/L	SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 NO ₃ -D	10	6,06
pH		SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 H B	6,0 - 9,5	5,98*
Sólidos dissolvidos Totais	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2540 C	1000	41,61
Turbidez	uT	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2130 B	5	3,5
Temperatura	C	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2550 B	N.E.	25,0 C

NOTAS

u.H - Unidade Hazen.

* Parâmetro analisado, a pedido do solicitante, com prazo de realização de ensaio expirado - Procedimento PG-006

uT - Unidade de Turbidez

N.E.: Não especificado na legislação preconizada

N.I.: Não informado pelo solicitante.

Coleta, transporte e identificação sob responsabilidade do solicitante.

Análises realizadas com parâmetros requisitados pelo solicitante

Este relatório não pode ser reproduzido sem a aprovação e autorização previa do Labvida.

Este resultado de ensaio refere-se tão somente a amostra acima identificada e coletada na data especificada.

V.M.P - Valor máximo permitido de acordo com portaria utilizada

CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas e tão somente quanto aos parâmetros utilizados, a amostra em questão atende os padrões físico-químicos porém não atende os padrões microbiológicos de potabilidade estabelecidos pela Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX, não estando própria para consumo humano. Para consumo humano sem restrições, recomenda-se adição de cloro para que alcance níveis de Cloro Residual Livre entre 0,2 e 2,0 mg/L, faixa esta preconizada pela portaria acima especificada.

Responsável técnico

Gustavo Coimbra Meschede CRBM: 647



Travessa Sete de Setembro, 611 A
Santa Clara - Santarém - PA
Fone: (93) 3522-5076 | 3522-9277

Relatório de Ensaios nº 004584

Solicitante: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Endereço: **N.I**

Cnpj:

Interessado: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Tipo de amostra: **Potabilidade**

Data de recepção: **30/08/2019**

Legislação: **Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX**

Local da coleta: **Torneira / Colégio**

Origem: **N.I**

Data de coleta: **29/08/2019**

Responsável pela coleta: **Savani dos Santos**

Data de liberação: **04/11/2019**

Parâmetro analisado	Unidade de medida	Metodologia	V.M.P	Resultado
Análise Microbiológica				
Coliformes Totais	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Ausência
Análise Físico-Química				
Alcalinidade	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2320B	N.E	20
Cor Aparente	uH	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2120 E	15	4,5
Condutividade	micro S/cm	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2510 B	N.E.	38,60
Ferro Total	mg/L Fe	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 3500 Fe	0,3	0,01
Nitrato (como N)	mg/L	SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 NO ₃ -D	10	6,46
pH		SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 H B	6,0 - 9,5	5,14*
Sólidos dissolvidos Totais	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2540 C	1000	19,40
Turbidez	uT	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2130 B	5	1,9
Temperatura	C	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2550 B	N.E.	24,7 C

NOTAS

u.H - Unidade Hazen.

* Parâmetro analisado, a pedido do solicitante, com prazo de realização de ensaio expirado - Procedimento PG-006

uT - Unidade de Turbidez

N.E.: Não especificado na legislação preconizada

N.I.: Não informado pelo solicitante.

Coleta, transporte e identificação sob responsabilidade do solicitante.

Análises realizadas com parâmetros requisitados pelo solicitante

Este relatório não pode ser reproduzido sem a aprovação e autorização previa do LabVida.

Este resultado de ensaio refere-se tão somente a amostra acima identificada e coletada na data especificada.

V.M.P - Valor máximo permitido de acordo com portaria utilizada

CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas e tão somente quanto aos parâmetros utilizados, a amostra em questão atende os padrões físico-químicos porém não atende os padrões microbiológicos de potabilidade estabelecidos pela Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX, não estando própria para consumo humano. Para consumo humano sem restrições, recomenda-se adição de cloro para que alcance níveis de Cloro Residual Livre entre 0,2 e 2,0 mg/L, faixa esta preconizada pela portaria acima especificada.

Responsável técnico

Gustavo Coimbra Meschede CRBM: 647

Relatório de Ensaios nº 004585
Solicitante: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Endereço: **N.I**Interessado: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Data de recepção: **30/08/2019**Tipo de amostra: **Potabilidade**Legislação: **Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX**Local da coleta: **Torneira / Bar do Neno**Origem: **N.I**Data de coleta: **29/08/2019**Responsável pela coleta: **Savani dos Santos**Data de liberação: **04/11/2019**

Parâmetro analisado	Unidade de medida	Metodologia	V.M.P	Resultado
Análise Microbiológica				
Coliformes Totais	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Ausência
Análise Físico-Química				
Alcalinidade	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2320B	N.E	5
Cor Aparente	uH	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2120 E	15	< 2,5
Condutividade	micro S/cm	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2510 B	N.E.	75,73
Ferro Total	mg/L Fe	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 3500 Fe	0,3	0,01
Nitrato (como N)	mg/L	SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 NO ₃ -D	10	4,3
pH		SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 H B	6,0 - 9,5	4,33*
Sólidos dissolvidos Totais	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2540 C	1000	37,75
Turbidez	uT	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2130 B	5	< 0,20
Temperatura	C	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2550 B	N.E.	24,6 C

NOTAS

u.H - Unidade Hazen.

* Parâmetro analisado, a pedido do solicitante, com prazo de realização de ensaio expirado - Procedimento PG-006

uT - Unidade de Turbidez

N.E.: Não especificado na legislação preconizada

N.I.: Não informado pelo solicitante.

Coleta, transporte e identificação sob responsabilidade do solicitante.

Análises realizadas com parâmetros requisitados pelo solicitante

Este relatório não pode ser reproduzido sem a aprovação e autorização previa do Labvida.

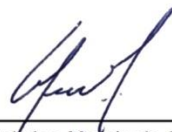
Este resultado de ensaio refere-se tão somente a amostra acima identificada e coletada na data especificada.

V.M.P - Valor máximo permitido de acordo com portaria utilizada

CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas e tão somente quanto aos parâmetros utilizados, a amostra em questão atende os padrões físico-químicos porém não atende os padrões microbiológicos de potabilidade estabelecidos pela Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX, não estando própria para consumo humano. Para consumo humano sem restrições, recomenda-se adição de cloro para que alcance níveis de Cloro Residual Livre entre 0,2 e 2,0 mg/L, faixa esta preconizada pela portaria acima especificada.

Responsável técnico



Gustavo Coimbra Meschede CRBM: 647



Travessa Sete de Setembro, 611 A
Santa Clara - Santarém - PA
Fone: (93) 3522-5076 | 3522-9277

Relatório de Ensaios nº 004586

Solicitante: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Endereço: **N.I**

Interessado: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**

Cnpj:

Data de recepção: **30/08/2019**

Tipo de amostra: **Potabilidade**

Legislação: **Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX**

Local da coleta: **Igarapé / Provisório**

Origem: **N.I**

Data de coleta: **29/08/2019**

Responsável pela coleta: **Savani dos Santos**

Data de liberação: **04/11/2019**

Parâmetro analisado	Unidade de medida	Metodologia	V.M.P	Resultado
Análise Microbiológica				
Coliformes Totais	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Análise Físico-Química				
Alcalinidade	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2320B	N.E	20
Cor Aparente	uH	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2120 E	15	42,9
Condutividade	micro S/cm	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2510 B	N.E.	12,96
Ferro Total	mg/L Fe	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 3500 Fe	0,3	0,46
Nitrato (como N)	mg/L	SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 NO ₃ -D	10	0,1
pH		SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 H B	6,0 - 9,5	5,54*
Sólidos dissolvidos Totais	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2540 C	1000	6,5
Turbidez	uT	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2130 B	5	2,2
Temperatura	C	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2550 B	N.E.	24,6 C

NOTAS

u.H - Unidade Hazen.

* Parâmetro analisado, a pedido do solicitante, com prazo de realização de ensaio expirado - Procedimento PG-006

uT - Unidade de Turbidez

N.E.: Não especificado na legislação preconizada

N.I.: Não informado pelo solicitante.

Coleta, transporte e identificação sob responsabilidade do solicitante.

Análises realizadas com parâmetros requisitados pelo solicitante

Este relatório não pode ser reproduzido sem a aprovação e autorização previa do Labvida.

Este resultado de ensaio refere-se tão somente a amostra acima identificada e coletada na data especificada.

V.M.P - Valor máximo permitido de acordo com portaria utilizada

CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas e tão somente quanto aos parâmetros utilizados, a amostra em questão não atende os padrões físico-químicos (quanto aos parâmetros Cor Aparente e Ferro Total) e não atende os padrões microbiológicos de potabilidade estabelecidos pela Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX, não estando própria para consumo humano. Para consumo humano sem restrições, recomenda-se tratamento para diminuição da Cor Aparente e Ferro Total e adição de cloro para que alcance níveis de Cloro Residual Livre entre 0,2 e 2,0 mg/L, faixa esta preconizada pela portaria acima especificada.

Responsável técnico

Gustavo Coimbra Meschede CRBM: 647



Travessa Sete de Setembro, 611 A
Santa Clara - Santarém - PA
Fone: (93) 3522-5076 | 3522-9277

Relatório de Ensaios nº 004587

Solicitante: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**
Endereço: **N.I**
Interessado: **SAVANI DOS SANTOS AZEVEDO**
Data de recepção: **30/08/2019**
Legislação: **Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX**
Local da coleta: **Rio Mamãr**
Data de coleta: **29/08/2019**
Data de liberação: **04/11/2019**

Tipo de amostra: **Potabilidade**
Responsável pela coleta: **Savani dos Santos**

Cnpj:
Cnpj:
Origem: **N.I**

Parâmetro analisado	Unidade de medida	Metodologia	V.M.P	Resultado
Análise Microbiológica				
Coliformes Totais	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 9223 B	Ausência	Presença
Análise Físico-Química				
Turbidez	uT	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2130 B	5	5,8
Temperatura	C	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2550 B	N.E.	24,7 C
Sólidos dissolvidos Totais	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2540 C	1000	37,72
pH		SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 H B	6,0 - 9,5	6,14*
Nitrato (como N)	mg/L	SMWW, 23ª Ed. - 2017 - Método 4500 NO ₃ -D	10	0,1
Ferro Total	mg/L Fe	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 3500 Fe	0,3	0,95
Cor Aparente	uH	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2120 E	15	73,7
Condutividade	micro S/cm	SMWW - 23ª Ed. - 2017 - Método 2510 B	N.E.	75,64
Alcalinidade	mg/L	SMWW, 22ª Ed., 2012 - Método 2320B	N.E	35

NOTAS

u.H - Unidade Hazen.
* Parâmetro analisado, a pedido do solicitante, com prazo de realização de ensaio expirado - Procedimento PG-006
uT - Unidade de Turbidez
N.E.: Não especificado na legislação preconizada
N.I.: Não informado pelo solicitante.
Coleta, transporte e identificação sob responsabilidade do solicitante.
Análises realizadas com parâmetros requisitados pelo solicitante
Este relatório não pode ser reproduzido sem a aprovação e autorização previa do LabVida.
Este resultado de ensaio refere-se tão somente a amostra acima identificada e coletada na data especificada.
V.M.P - Valor máximo permitido de acordo com portaria utilizada

CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas e tão somente quanto aos parâmetros utilizados, a amostra em questão não atende os padrões físico-químicos (quanto aos parâmetros Cor Aparente, Turbidez e Ferro Total) e não atende os padrões microbiológicos de potabilidade estabelecidos pela Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX, não estando própria para consumo humano. Para consumo humano sem restrições, recomenda-se tratamento para diminuição da Cor Aparente, Turbidez, Ferro Total e adição de cloro para que alcance níveis de Cloro Residual Livre entre 0,2 e 2,0 mg/L, faixa esta preconizada pela portaria acima especificada.

Responsável técnico

Gustavo Coimbra Meschede CRBM: 647

