



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
LICENCIATURA EM CARTOGRAFIA E PESQUISA GEOLÓGICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL NA
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HIDRÍCO SUBTERRÂNEO, EM ALGUMAS
COMUNIDADES NOS DISTRITOS DE MOPEIA E LUABO, PROVÍNCIA DA
ZAMBÉZIA**

Autora:

Àlia Janice de Mendes Pascoal

Supervisores:

Prof. Doutor Elónio Muiwane (UEM)

Mestre Macitel Lopes (Hidroconsult)

Maputo, Junho de 2025

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL NA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HIDRÍCO SUBTERRÂNEO, EM ALGUMAS COMUNIDADES NOS DISTRITOS DE MOPEIA E LUABO, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA

Autora:

Àlia Janice de Mendes Pascoal

Supervisores:

Prof. Doutor Elónio Muiuane (UEM)

Mestre Macitel Lopes (Hidroconsult)

Maputo, Junho de 2025

Dados Gerais da Estagiária e do Local de Estágio

Dados Da Estagiária:

Nome: Àlia Janice de Mendes Pascoal

Número de estudante: 20211357

Curso: Cartografia e Pesquisa Geológica

Supervisor da Universidade: Prof. Doutor Elónio Muiuane

Dados do Local de Estágio

Entidade Proprietária do Projecto: AIAS

Entidade Executora do Projecto: AARVEE ASSOCIATES ARCHITECTS
ENGINEERS & CONSULTANTS PVT LTD

Entidade Subcontrada: Hidroconsult (Local de Estágio)

Supervisor do estágio na Hidroconsult: Mestre Macitel Lopes

Autora:

(Àlia Janice de Mendes Pascoal)

Supervisores

(Elónio Muiuane)

(Macitel Lopes)

Dedicatória

A Deus, minha eterna fonte de
esperança e fé, que me deu
forças para superar cada desafio
e me conduziu em cada passo desta caminhada.

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, a Deus por suas bênçãos em minha vida, por ouvir minhas orações e por me conceder a força necessária para ultrapassar os obstáculos que surgiram no meu caminho. Sou grata por ter conseguido alcançar uma parte satisfatória das minhas metas na jornada académica, reconhecendo que cada conquista é fruto da sua infinita bondade.

Agradeço ,também, aos pais Álvaro Rogério Nunes Pascoal e Tânia Marisa Dos Santos Mendes, e ao meu irmão Shalter Yago Mendes Pascoal pelo apoio incondicional, pelos valiosos conselhos e pelos sacrifícios que fizeram para me ajudar ao longo desta caminhada. Sou, igualmente, grata aos meus familiares e amigos que contribuíram de forma directa ou indirecta para que eu pudesse alcançar e celebrar esta vitória.

Minha sincera gratidão aos meus supervisores, Prof. Dr Elónio Muiuane (UEM) e Mestre Macitel Lopes (Hidroconsult) pelas suas orientações perspicazes e pela paciência prestada. Agradeço também aos Docentes e trabalhadores da UEM .

Agradeço aos Técnicos Geólogos (Issufo e Mário) por toda ajuda, incentivo e troca de experiências.

Agradeço aos meus amigos da faculdade - Sílvia, Álvaro, Dulce e a Plebe - pelos momentos alegres e tristes que vivemos juntos e, sobretudo, por terem estendido as mãos nos momentos tão difíceis. Agradeço aos meus colegas da faculdade Clayton, Leandro e Augusto pelo esclarecimentos de dúvidas.

Agradeço as minhas amigas de infância e da adolescência -Nicole ,Núria , Anita e Jenny - pela vossa incansável presença na minha vida, pelos vossos incentivos e conselhos que me ajudaram a me tornar uma pessoa melhor.

À Todos, que directa ou indirectamente contribuíram para a materialização deste relatório, meus sinceros agradecimentos.

Declaração De Honra

Eu, Àlia Janice de Mendes Pascoal, declaro por minha honra que o conteúdo integral do presente relatório de estágio é da minha autoria e constitui fruto do meu trabalho e da minha investigação. Afirmo que todas as fontes, dados, informações e citações utilizadas foram devidamente referenciadas e atribuídas aos seus respectivos autores, em estrita observância às normas de integridade acadêmica e às diretrizes do programa de estágio da Universidade Eduardo Mondlane. Ademais, declaro que o presente relatório nunca foi apresentado para avaliação, ou para atribuição de qualquer grau académico em nenhuma outra instituição nacional ou internacional.

Maputo, Junho de 2025

Resumo

O presente trabalho apresenta o relatório de Estágio Profissional realizado com intuito de obtenção do grau de licenciatura em Cartografia e Pesquisa Geológica pela UEM.

O responsável pelo acompanhamento das actividades realizadas por parte da Universidade foi o Prof. Doutor Elónio Muiwane e a nível da empresa onde fiz o estágio foi o Mestre Macitel Lopes.

Durante um período de 3 meses, a estagiária foi parte integrante da Hidroconsult, especializados em estudos geofísicos .

As actividades desenvolvidas pela estagiária consistiram na elaboração de um relatório que tinha como principal objectivo avaliar o potencial hídrico subterrâneo em algumas comunidades nos distritos de Mopeia e Luabo, Província da Zambézia, aplicando a técnica de SEV.

Todas actividades estiveram sob orientação de ambos supervisores e também auxiliadas por profissionais experientes e qualificados, que fazem parte da empresa.

A motivação da escolha do estágio profissional teve como propósitos, a aquisição de experiência prática e o desenvolvimento de networking, transformando o conhecimento teórico em valor de mercado, o que garante uma diferenciação curricular e melhores chances de emprego .

Para além disso, ajudou a conhecer o mercado de trabalho na área de Cartografia e Pesquisa Geológica.

Abstract

This paper presents the Professional Internship report carried out in order to obtain a degree in Cartography and Geological Research from UEM.

The person responsible for monitoring the activities carried out on behalf of the University was Professor Doctor Elónio Muiuane and on behalf of the company was Master Macitel Lopes.

For a period of 3 months, the trainee was an integral part of Hidroconsult, specialized in geophysical studies.

The activities carried out by the trainee consisted of preparing a report whose main objective was to assess the groundwater potential in some communities in the districts of Mopeia and Luabo, Zambezia Province using the SEV technique.

All the activities were guided by both supervisors and also assisted by experienced and qualified professionals who are part of the company.

The motivation behind choosing a professional internship was to gain practical experience and develop networking skills, building on theoretical knowledge in market value, which ensures a competitive edge in the curriculum and better job opportunities.

It also helped to get to know the job market in the field of Cartography and Geological Surveys.

Índice

1.	Introdução	1
1.1.	Local do Estágio.....	1
1.2.	Perfil da Empresa	1
1.3.	Serviços da Empresa	2
1.4.	Visão, Missão e Valores	2
1.5.	Estrutura Organizacional da Hidroconsult.....	3
1.6.	Apresentação do Problema	4
1.7.	Relevância do Projecto	5
1.8.	Objectivos.....	6
1.8.1.	Objectivo Geral.....	6
1.8.2.	Objectivos Específicos.....	6
1.9.	Metodologia de Trabalho	7
2.	Revisão da Literatura	8
2.1.	Águas Subterrâneas	8
2.2.	Importância das Águas Subterrâneas.....	8
2.3.	Propriedades Hidráulicas.....	8
2.4.	Ciclo Hidrológico	9
2.5.	Principais Zonas no subsolo em relação à presença de água	10
2.6.	Aquífero	11
2.6.1.	Tipos de Aquífero.....	11
2.7.	Sistemas de Abastecimento de Água(SAA)	12
2.7.1.	Vantagens dos SAA.....	13
2.7.2.	Desvantagens dos SAA.....	13
2.8.	Furo	13
2.8.1.	Vantagens do Furo	14
2.8.2.	Desvantagens do Furo.....	14
2.9.	Poço.....	15
2.9.1.	Vantagens do Poço.....	15
2.9.2.	Desvantagens do Poço	15
2.10.	Principais métodos geofísicos usados para pesquisa de águas subterrâneas.....	16
2.10.1.	Electrorrestividade (Método Elétrico).....	16

2.10.2.	Caminhamento Geométrico.....	19
2.10.3.	Tomografia Geométrica (ERT)	19
2.10.3.1.	Tipos de arranjos e seus respectivos coeficientes geométricos	20
2.10.4.	Método Sísmico	20
2.10.4.1.	Técnicas do Método Sísmico	21
2.10.4.2.	Refração Sísmica.....	21
2.11.	Método Electromagnético.....	21
2.11.1.	Técnicas do Método Electromagnético	21
2.11.2.	Transiente Electromagnético.....	21
2.11.3.	Técnica de Frequência muito baixa.....	22
2.12.	Método Gravimétrico	22
2.13.	Método GeoRadar.....	22
2.14.	Princípios Norteadores usados para a Interpretação dos Resultados	23
2.14.1.	Caso Mopeia e Luabo	23
2.14.2.	Descrições.....	24
2.14.2.1.	Enquadramento Geográfico de Mopeia.....	24
2.14.2.2.	Enquadramento Geográfico da área de Estudo em Mopeia.....	24
2.14.2.3.	Clima e Precipitação.....	24
2.14.2.4.	Vegetação.....	25
2.14.2.5.	Geologia Regional.....	25
2.14.2.5.1.	Estratigrafia da Bacia do Baixo Zambeze	25
2.14.2.6.	Geologia Local.....	27
2.14.2.7.	Enquadramento Tectónico.....	29
2.14.2.8.	Geomorfologia	29
2.14.2.9.	Solos.....	30
2.14.2.10.	Caracterização Hidrológica e Hidrogeológica de Mopeia	31
2.14.2.11.	Enquadramento Geográfico	32
2.14.2.12.	Situação de Abastecimento de Água em Chimura	32
2.14.2.13.	Ilustrações das Fontes de abastecimento de água em Chimura	33
2.14.2.14.	Resultados e Discussões da Área de Estudo em Mopeia (Localidade de Chimura)	37
2.14.2.15.	Enquadramento geográfico do Distrito de Luabo	41
2.14.2.16.	Enquadramento Geográfico da Área de Estudo 1	41
2.14.2.17.	Enquadramento Geológico de Luabo.....	42

2.14.2.18.	Geologia Regional	42
2.14.2.19.	Estratigrafia da Bacia do Baixo Zambeze	42
2.14.2.20.	Geologia Local	43
2.14.2.21.	Clima do Distrito de Luabo.....	43
2.14.2.22.	Vegetação do Distrito de Luabo	44
2.14.2.23.	Solos do Distrito de Luabo	45
2.14.2.24.	Geomorfologia do Distrito de Luabo	45
2.14.2.25.	Hidrogeologia do Distrito de Luabo	45
2.14.2.26.	Situação de Abastecimento de Água.....	47
2.14.2.27.	Ilustrações das Fontes de abastecimento de água na Vila Sede de Luabo (Área de Estudo 1)	51
2.14.2.28.	Localização das SEV's da Área de Estudo 1	54
2.14.2.29.	Resultados e Discussões da Área de estudo 1 (Vila Sede de Luabo)	56
2.14.2.30.	Área de Estudo 2 (Luabo) Enquadramento geográfico	59
2.14.2.31.	Situação de Abastecimento de Água.....	59
2.14.2.32.	Ilustração das Fontes de abastecimento de água em Chibamzo	60
2.14.2.33.	Localização das SEVs em Chibamzo.....	64
2.15.	Resultados e Discussões da Área de Estudo 2 (Chibamzo)	66
3.	Conclusões	70
4.	Recomendações	71
5.	Referências Bibliográficas	72

Lista de Abreviaturas e Siglas

UEM - Universidade Eduardo Mondlane

AIAS - Administração de Infra-Estruturas de Águas e Saneamento

MTA- Ministério da Terra e Ambiente

°C- Graus Célsius

m- metros

Ω - Ohm

$\Omega.m$ - Ohm.metro

N- Norte

km- Kilometros

E- Este

S- Sul

SAA- Sistemas de Abastecimento de Água

FAO - Food and Agriculture Organization

%- Porcento

INE- Instituto Nacional de
Estatística

SEV - Sondagem Elétrica
Vertical

ETR- Tomografia Geo-elétrica

MADER- Ministério da Agricultura, Ambiente e Pescas

MICOA-Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental

MITADER- Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural

DNGRH- Direcção Nacional de Gestão de Recursos Hídrico

SINAS- Sistema Nacional de Informação de Água e Saneamento

M.a- Milhões de anos

Pref.- Preferência

Exist.- Existente

Oper.- Operacional

Avar.- Avariado

SPDI- Sociedade Portuguesa de Direito Internacional

GPS- Sistema de Posicionamento Global

m³/h- metros cúbicos por hora

μS/cm-microsiemens por centímetros

PSAA- Pequeno sistema de abastecimento de água

Lista De Figuras

Figura 1: Ciclo Hidrológico; Fonte: USGS,2013.	10
Figura 2: Imagem ilustrativa da divisão de zonas no subsolo; Fonte: Press et al.,2006.....	11
Figura 3: Aquíferos Confinados e Livres; Fonte: Todd,1959.	12
Figura 4: Esquema Conceptual de um SAA para consumo humano; Fonte: Sobrinho e Conterra,2013.....	13
Figura 5: Esquema de um furo; Fonte: Furo de Água Neves	14
Figura 6: Imagem ilustrativa de um furo; Fonte: Furos de Água,2023	14
Figura 7: Ilustração de um poço precário; Fonte: Geoscan Geologia e Geofísica,2018.....	15
Figura 8: Técnica de Sondagem Eléctrica Vertical com arranjo Schlumberger; Fonte: Bortolin,(2019).....	17
Figura 9: Ilustra os tipos de curvas que, possivelmente, podem ser obtidas em SEVs	18
Figura 10: Esquema de caminhamento eléctrico em arranjo do tipo dipolo-dipolo; Fonte: Souza et al., 1998).	19
Figura 11: Arranjos e coeficientes geométricos usados em campo para cálculo de resistividades; Fonte: Loke (2000).	20
Figura 12: Ilustra o Mapa geológico de Mopeia; Fonte: Adptado por MADER, (2024)	28
Figura 13: Extrato do Mapa Hidrogeológico de Moçambique (escala 1/1.000.000).....	32
Figura 14: Ilustra uma caixa de furo do PSAA do Centro de Saúde	33
Figura 15: Ilustra o Interior de uma Caixa de Furo	33
Figura 16: Ilustra a localização das SEVs em Chimuara.....	35
Figura 17: Ilustra a área onde foram realizadas as SEVs sobreposta com a geologia local e caudal dos furos existentes	36
Figura 18: Ilustra um ambiente geológico com ocorrência de água limitada; Fonte: Chilton e Smith-Carintgton 1984.	40
Figura 19: Ilustra a Localização da área de estudo 1; Fonte: Equipe Hydroconsult.	41
Figura 20: Extrato do Mapa Hidrogeológico de Moçambique (escala 1/1.000.000).....	46
Figura 21: Fontanário de duas bicas; Fonte:Autora.....	51
Figura 22: Furo da área de captação de SAA; Fonte: Autora.....	51
Figura 23: Depósito antigo elevado.....	52

Figura 24: Depósito actual elevado; Fonte: Autora.....	52
Figura 25: Ilustra a localização das SEVs feitas na vila sede de Luabo; Fonte: Autora	54
Figura 26: Ilustra a área de estudo 1 onde foram realizadas as SEVs sobreposta com a geologia local e caudal dos furos existentes.	55
Figura 27: Ilustra um Poço com bomba Manual; Fonte: Autora.....	60
Figura 28: Ilustra um Furo com bomba manual; Fonte: Autora.....	60
Figura 29: Ilustra um Furo com bomba manual; Fonte: Autora.....	60
Figura 30: Ilustra um mapa de localização das SEVs feitas em Chibamzo; Fonte: Autora	64
Figura 31: Ilustra a área onde foram realizadas as SEVs sobrepostas com a geologia local e caudal dos furos existentes; Fonte: Equipe Hidroconsult.....	65
Figura 32: Ilustra um levantamento geofísico, usando o equipamento Pasti; Fonte: Autora.....	66

Lista De Tabelas

Tabela 1: Principais Formações Geológicas do Distrito de Mopei	28
Tabela 2: Características do solo de Mopeia; Fonte: MADER,(2024)	30
Tabela 3: Operacionalidade das Fontes de Abastecimento Hídrico em Chimuara.....	33
Tabela 4: Dados de furos existentes no Banco de Dados da DNGRH/SINAS.....	34
Tabela 5: Discussão dos resultados obtidos em Chimuara	39
Tabela 6: Operacionalidade das Fontes de Água da Vila Sede de Luabo (Área de Estudo 1).....	47
Tabela 7: Dados de furos existentes na Vila Sede de Luabo segundo o banco de dados da DNGRH/SINAS (Área de Estudo 1)	47
Tabela 8: Dados de furos existentes na Vila Sede de Luabo segundo o banco de dados da DNGRH/SINAS (Área de Estudo 1)	50
Tabela 9: Características do SAA da Vila Sede de Luabo (Área de Estudo 1)	53
Tabela 10 : Discussões da Vila Sede de Luabo.	58
Tabela 11: Operacionalidade das fontes do Posto Administrativo de Chibamzo.....	59
Tabela 12: Dados de furos existentes no Banco de Dados da DNGRH/SINAS.....	62
Tabela 13: Características do SAA do Posto de Chibamzo	63
Tabela 14: Discussões da área de estudo 2.....	68

1. Introdução

O Estágio Profissional configura-se como porta de entrada essencial para o mundo laboral, simbolizando a junção entre os conhecimentos adquiridos em bancos académicos e a realidade prática do meio laboral. Nesta fase inaugural da trajectória profissional, o estudante finalista tem a oportunidade ímpar de transpor o conhecimento teórico para a aplicação concreta, vivenciando o cotidiano e os desafios da sua futura área de actuação. Um dos objectivos primordiais da imersão no estágio profissional reside na aproximação progressiva e consistente ao mercado de trabalho. Ao inserir-se em um contexto profissional real, o estagiário começa a compreender as nuances, as exigências e as limitações que o aguardam após a conclusão do curso. Este contacto directo e supervisionado, é um meio indispensável para a consolidação de habilidades práticas e para o desenvolvimento de uma percepção mais apurada o funcionamento intrínseco real.

O Presente relatório de estágio profissional emerge como um documento que registra de forma detalhada as actividades desenvolvidas pelo estudante ao longo do período de estágio, abrangendo desde o manuseio de equipamentos geofísicos, como por exemplo, o resistivímetro, até a colocação precisa dos electrodos, assim como o processamento de dados.

O Presente relatório apresenta uma caracterização detalhada do potencial hídrico de Mopeia e Luabo. A avaliação abrange o estudo do contexto geológico, pedológico e climático local, bem como a identificação e análise das principais fontes de captação e abastecimento de água.

1.1. Local do Estágio

O Estágio Profissional foi realizado na Hidroconsult, com actividades de campo concentradas nos distritos de Mopeia e Luabo, província da Zambézia, durante um período trimestral.

1.2. Perfil da Empresa

A Hidroconsult foi criada em 29 de Janeiro de 2009, como resposta à uma crescente procura de serviços de consultoria e prestação de serviços nas Direcções Provinciais de Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos (DPOPHRH) e outras instituições ligadas aos programas de abastecimento de água e saneamento. A Hidroconsult opera como uma entidade comercial em nome individual, tendo como proprietário Elónio Alexandre Muiuane.

1.3. Serviços da Empresa

A Hidroconsult tem como serviços essenciais:

- Estudos Geofísicos para a construção de fontes de água;
- Fiscalização de obras de construção de furos de água;
- Avaliação do impacto ambiental de mineradoras, incluindo as características hidrogeológicas das áreas de influência das minas;
- Elaboração de Mapas hidrogeológicos;
- Estudos de fontes para melhor sistema de abastecimento de água ;
- Monitoramento da qualidade da água subterrânea;
- Modelagem do fluxo da água subterrânea.

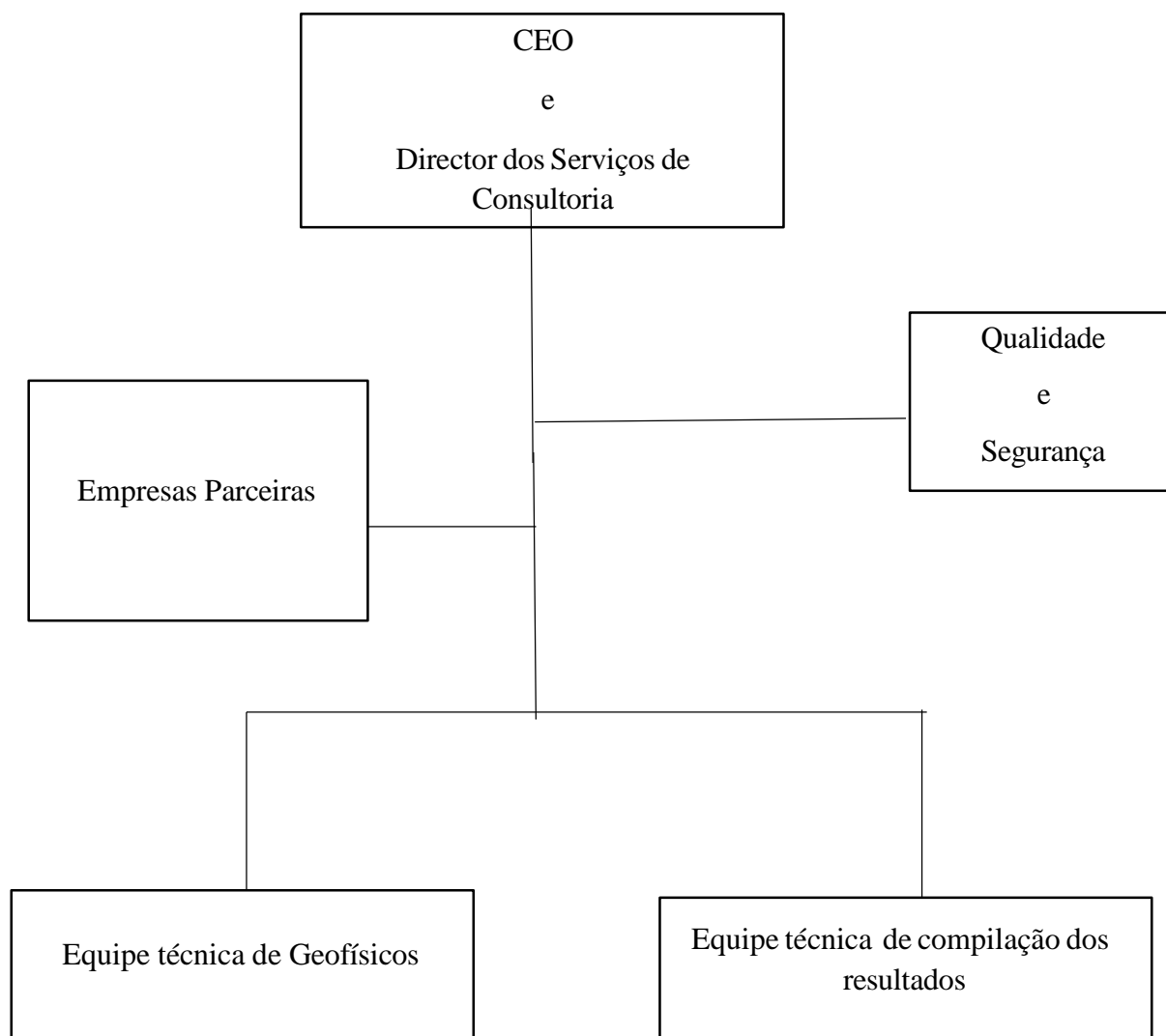
1.4. Visão, Missão e Valores

Visão: contribuir na área de geociências para que a exploração de águas coloque na vanguarda o desenvolvimento sustentável do País.

Missão: corresponder ou exceder as expectativas dos nossos clientes, apresentando as melhores soluções de consultoria suportadas por serviços de elevada qualidade.

Valores: confiança, integridade, transparência, profissionalismo e excelência.

1.5. Estrutura Organizacional da Hidroconsult



Organograma: Ilustra a estrutura organizacional da Hidroconsult.

1.6. Apresentação do Problema

O acesso restrito a fontes de água potável representa um obstáculo significativo ao desenvolvimento sustentável e ao bem-estar das comunidades na província da Zambézia, particularmente nos distritos de Mopeia e Luabo. A dependência de fontes de água superficiais, que na maioria dos casos são vulneráveis à poluição provocada por acções humanas e alterações climáticas sazonais, coloca a população em risco quanto à saúde e à segurança hídrica. A escassez de informações precisas sobre a distribuição e o potencial dos aquíferos subterrâneos torna difícil a aplicação de soluções eficientes e duradouras para o fornecimento de água (Foster & Chilton, 2003).

A prospecção tradicional de água subterrânea, baseada em métodos empíricos e conhecimento local, muitas vezes resulta em altas taxas de insucesso na perfuração de furos, gerando desperdício de recursos financeiros e humanos, além de prolongar a situação de escassez hídrica nas comunidades necessitadas. Consequentemente, a identificação e o mapeamento correcto de formações e camadas geológicas saturadas (aquíferos) é fundamental para aprimorar as iniciativas de perfuração e assegurar a efectividade dos projectos de fornecimento de água (Freeze & Cherry, 1979).

A Sondagem Eléctrica Vertical (SEV) emerge como uma técnica geofísico promissor para explorar a subsuperfície e colectar dados sobre a resistividade eléctrica das formações geológicas, o que possibilita deduzir a existência de água subterrânea (Telford et al., 1990).

Contudo, os distritos de Mopeia e Luabo, Província da Zambézia lidam com significativas dificuldades em relação à falta de acesso à água potável, o que prejudica a condução das tarefas cotidianas dos seus habitantes. Essa é exacerbada pela carência de informações e dados sobre as características hidrogeológicas locais, o que limita a execução eficiente de iniciativas para sistemas de fornecimento de água. Diante dessa realidade, surge a seguinte questão:

- A Técnica de Sondagem Eléctrica Vertical (SEV) pode fornecer informações suficientes para orientar decisões sobre a implementação de sistemas de abastecimento de água potável na Província da Zambézia, especificamente nos distritos de Mopeia e Luabo?

1.7. Relevância do Projecto

A análise de SEVs oferece uma visão abrangente sobre a identificação de potenciais aquíferos, a profundidade do lençol freático, a qualidade da água, como também a estrutura geológica do subsolo.

O uso das SEVs está intimamente conectado à sistemas de abastecimento de água, pois elas oferecem dados importantes que determinam o local e a profundidade mais adequados para a construção desses sistemas. Com informações precisas sobre as propriedades do solo, é viável reduzir os índices de insucesso e aumentar os índices de retorno e a eficácia dos programas de exploração de água potável. Ademais, o exame das regiões saturadas auxilia na detecção de locais que possam ser vulneráveis à poluição, possibilitando a implementação de acções preventivas para salvaguardar a pureza da água.

O presente relatório torna-se particularmente relevante, pois os resultados obtidos através da aplicação da técnica da SEV permitiram reduzir a escassez de água nos distritos de Mopeia e Luabo, reduzir as doenças veiculadas pela água superficial e ainda por outro lado os resultados obtidos da interpretação de dados das SEVs servem como base para pesquisas futuras.

1.8. Objectivos

Para a realização deste estudo foram definidos os seguintes objectivos:

1.8.1. Objectivo Geral:

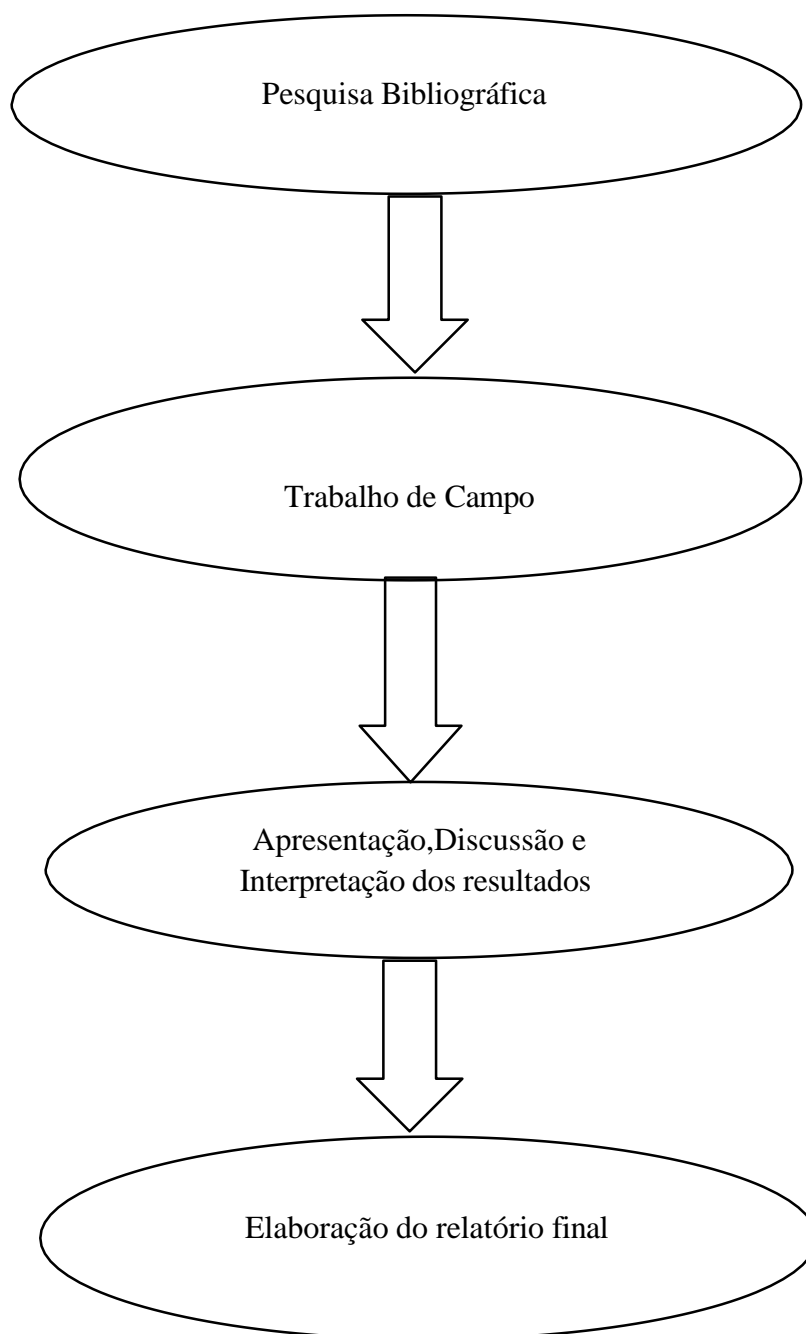
- Avaliar o potencial hídrico subterrâneo nos distritos de Mopeia e Luabo, província da Zambézia, através da aplicação da técnica de SEV, com intuito de colher dados geofísicos que auxiliarão na futura instalação do SAA adequados as necessidades das comunidades locais.

1.8.2. Objectivos Específicos

- Selecionar áreas promissoras para a captação de águas;
- Avaliar qualitativamente o potencial hídrico subterrâneo de Mopeia e Luabo;
- Inferir sobre parâmetros hidrogeológicos como profundidade dos lençóis fráticos.

1.9. Metodologia de Trabalho

O Presente trabalho seguiu a seguinte metodologia:



Organograma: Metodologia do trabalho

2. Revisão da Literatura

2.1. Águas Subterrâneas

Segundo (Domenico e Schwartz,1998), as águas subterrâneas referem-se à toda a água que preenche os espaços no solo, constituindo uma parte fundamental do equilíbrio hídrico do planeta. Elas se diferenciam da água superficial por sua localização e pelas relações que formam com o ambiente geológico. A pureza da água subterrânea é influenciada por reacções geoquímicas que acontecem à medida que ela passa por rochas e sedimentos, incorporando em minerais e se relacionando com a estrutura sólida.

2.2. Importância das Águas Subterrâneas

- As Águas subterrâneas são importantes, pois, são essenciais para a irrigação agrícola, permitindo o cultivo de alimentos em regiões que, de outra forma, não seriam adequadas para o cultivo devido a escassez de água;
- As águas subterrâneas ajudam a regular o microclima local, contribuindo para a humidade do solo e influenciando padrões climáticos;
- As águas subterrâneas são importantes porque são fontes vitais de água para o abastecimento da humanidade;

2.3. Propriedades Hidráulicas

As principais propriedades hidráulicas são: a porosidade, a permeabilidade, a transmissividade e o coeficiente.

- **Porosidade**

È a relação entre o volume dos poros e o volume total de um determinado material. Esta propriedade hidráulica depende de factores como forma, tamanho, grau de compactação e distribuição dos grãos (Tucci,2000). Materiais porosos e permeáveis, como solos e sedimentos arenosos, bem como rochas muito fracturadas favorecem a infiltração de água. Em contrapartida, materiais como argilas e rochas cristalinas ou metamórficas com poucas fracturas, como Granitos, Gnaisses e Xistos, apresentam menor aptidão para a infiltração. O Solo quando tem uma camada mais espessa costuma reter alguma parte da água infiltrada, até que a água possa passar a rocha abaixo (Teixeira et al.,2000)

- **Permeabilidade**

É a capacidade de um material para transmitir fluídos (Todd,1959). Esta propriedade hidráulica depende de factores como o tamanho dos poros e a ligação entre eles.

- **Transmissividade(T)**

É a medida de capacidade de um aquífero transmitir água horizontalmente (Todd,1959).

- **Coefficiente de Armazenamento(S)**

Consiste no volume de água que um aquífero libera ou armazena por unidade de área de superfície do aquífero por unidade de variação na componente de carga normal a essa superfície (Todd,1959). Este conceito geralmente usa-se em aquíferos confinados.

- **Rendimento Específico (Sy)**

Consiste no volume de água que um aquífero libera por gravidade por unidade de área superficial por unidade de declínio do nível freático (Todd,1959).

2.4. Ciclo Hidrológico

O Ciclo hidrológico é um processo incessante que ilustra o movimento da água ao redor do planeta Terra, abrangendo a evaporação, a transpiração, a queda de chuva, a infiltração e o escoamento tanto na superfície quanto subterrâneo. A água que cai na superfície terrestre pode tomar diversas direcções, com uma parte considerável, conseguindo penetrar no solo e nas rochas que permitem a passagem de água, o que ajuda a recarregar os aquíferos. Esse fenómeno de infiltração é essencial para a manutenção e a sobrevivência dos recursos hídricos que estão abaixo da terra, ligando-os de forma directa ao clima e às características do que está acima (Freeze e Cherry, 1979).



Figura 1: Ciclo Hidrológico; Fonte: USGS,2013.

2.5.Principais Zonas no subsolo em relação à presença de água

O Subsolo divide-se em duas zonas devido a presença de água :a **zona saturada** e a **zona não saturada**.

Na zona não saturada, os espaços vazios entre as partículas do solo e as fissuras nas rochas são ocupados por ar e água, sendo que a água é mantida por forças capilares. Abaixo da zona não saturada está a zona saturada, onde todos os espaços disponíveis estão totalmente preenchidos com água sob pressão hidrostática. A diferenciação entre essas áreas é essencial para compreender como a água é armazenada e movimenta-se no subsolo (Fetter, 2001).

Segundo (Press et al.,2006) o limite entre a zona saturada e a zona não saturada denomina-se **Nível Freático**.



Figura 2: Imagem ilustrativa da divisão de zonas no subsolo; Fonte: Press et al., 2006.

2.6. Aquífero

Segundo Fetter (1993), um aquífero é uma formação geológica ou estrato que possui porosidade e permeabilidade suficientes para armazenar e transmitir quantidades significativas de água subterrânea. Essa formação pode ser constituída por rochas (consolidadas ou não) ou sedimentos não consolidados.

2.6.1. Tipos de Aquífero

2.6.1.1. Aquíferos não confinados ou livres

São aquíferos cuja superfície superior da zona saturada (nível freático) está em contacto directo com a atmosfera, ou seja, a pressão da água nessa superfície é igual à pressão atmosférica. A água neste tipo de aquífero pode subir e descer livremente em resposta à recarga (chuva) e descarga, isto é, evapotranspiração, fluxo para rios e bombeamento (Fetter, 1993).

2.6.1.2. Aquíferos Confinados ou artesianos

Os aquíferos saturados limitados superior e inferiormente por camadas impermeáveis ou de baixa permeabilidade (aquitardos ou aquicludes). A água nestes aquíferos está sob pressão superior à atmosférica devido ao peso da água nas áreas de recarga, que geralmente estão em elevações mais altas. Ao perfurar um poço em um aquífero confinado, o nível da água no poço subirá acima do topo do aquífero, podendo até jorrar na superfície (poço artesiano jorrante) se a pressão for suficientemente alta (Fetter,1993).

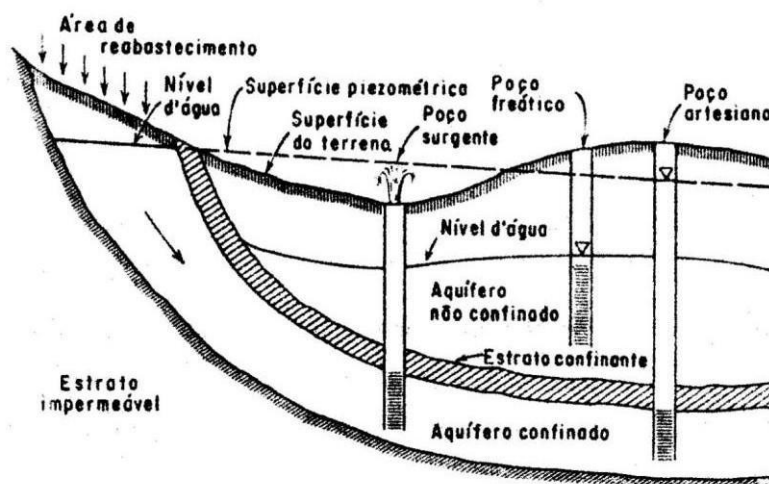


Figura 3: Aquíferos Confinados e Livres; Fonte: Todd,1959.

2.7. Sistemas de Abastecimento de Água(SAA)

Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) são infraestruturas complexas projectadas para captar, tratar, armazenar e distribuir água potável a uma população extensa através de uma rede de canalizações. A sua implementação traz consigo um conjunto de vantagens significativas, mas também apresenta algumas desvantagens importantes a serem consideradas (Custódio & Llamas, 2001).

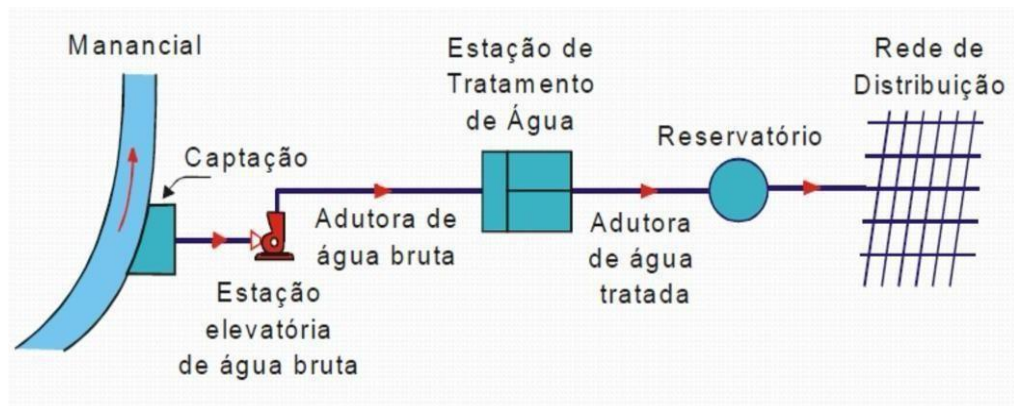


Figura 4: Esquema Conceptual de um SAA para consumo humano; Fonte: Sobrinho e Conterra, 2013.

2.7.1. Vantagens dos SAA

- Capacidade de fornecer grandes volumes de água tratada;
- Oferece um caudal mais estável e confiável aos consumidores, minimizando as interrupções no abastecimento;
- A sua gestão centralizada facilita o monitoramento da qualidade da água;
- Menor Vulnerabilidade a contaminação.

2.7.2. Desvantagens dos SAA

- Custo Inicial elevado;
- Dependem de uma rede extensa de canalizações e tratamentos, tornando-se vulneráveis a falhas técnicas;
- A Captação excessiva de água para abastecimento pode levar à degradação das fontes hídricas locais e afectar ecossistemas;

2.8. Furo

É uma perfuração estreita e vertical realizada no solo, com o objectivo de investigar as características hidrogeológicas do subsolo. Por meio dessa escavação, é possível obter informações sobre a profundidade e a extensão do aquífero, a qualidade da água subterrânea através da colecta de amostras e o nível estático da água (Custódio e Llamas, 1983).

No entanto, em países em desenvolvimento como Moçambique, os furos de água são frequentemente construídos com a finalidade de fornecer abastecimento hídrico para comunidades locais, uma vez que esse sistema pode oferecer água de melhor qualidade em comparação aos poços. Assim, as pesquisas hidrogeológicas tendem a ser consideradas uma prioridade secundária.

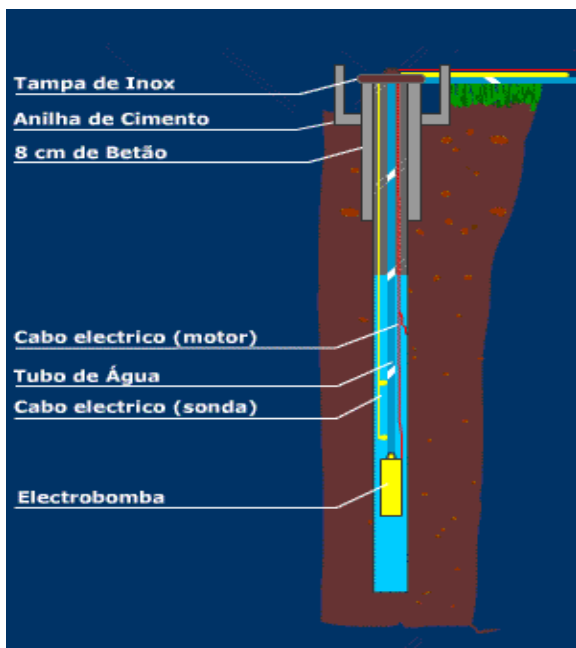


Figura 5: Esquema de um furo; Fonte: Furo de Água Neves.

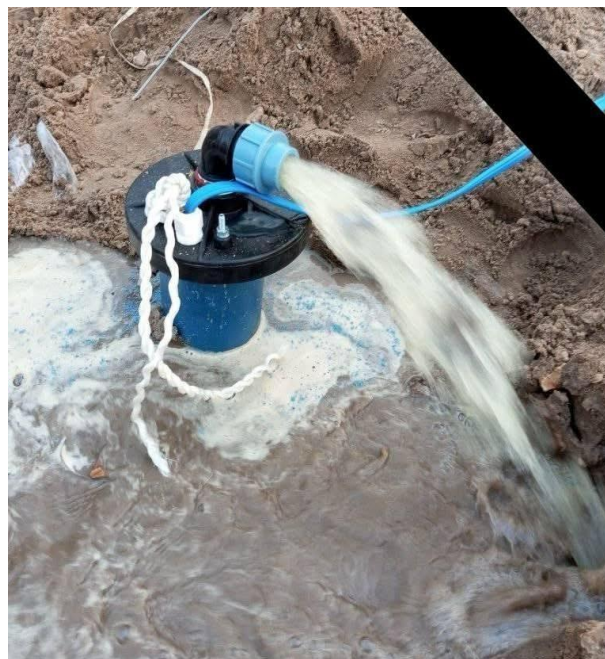


Figura 6: Imagem ilustrativa de um furo; Fonte: Furos de Água, 2023.

2.8.1. Vantagens do Furo

- Menor Impacto Ambiental;
- Facilidade de Monitoramento;
- Úteis em estudos hidrogeológicos.

2.8.2. Desvantagens do Furo

- Requer Manutenção Regular;

2.9. Poço

È uma estrutura destinada à captação de água subterrânea que, em geral, apresenta características de construção simples e inadequada, o que pode representar riscos à qualidade da água e à segurança do seu uso. Esses poços costumam ser construídos com materiais de baixo custo ou reaproveitados, podendo não ter um revestimento adequado para prevenir desmoronamentos e contaminações. Além disso, geralmente carecem de sistemas de protecção sanitária eficazes, tornando a água vulnerável à poluição proveniente de fontes superficiais e comprometendo a saúde dos usuários (Howard e Bartram, 2003).

2.9.1. Vantagens do Poço

- Estrutura robusta;
- Fonte de água estável.

2.9.2. Desvantagens do Poço

- Alto risco de contaminação;
- Impacto Ambiental maior em relação ao do Furo.



Figura 7: Ilustração de um poço precário; Fonte: Geoscan Geologia e Geofísica, 2018.

2.10. Principais métodos geofísicos usados para pesquisa de águas subterrâneas

2.10.1. Electrorrestividade (Método Elétrico)

É um método geofísico indirecto, que avalia a resistividade elétrica do subsolo. Este método varia em função de vários factores como a humidade, a saturação em sais, a composição litológica, e a porosidade (Keller & Frischknecht, 1966). Em geral, rochas intactas apresentam uma resistividade maior em comparação aquelas que estão fraturadas ou alteradas.

2.10.1.1. Como medir a resistividade

Para medir a resistividade geralmente usa-se 4 eléctrodos de ferro inoxidável, porém também é possível medir com duas. A técnica de 4 eléctrodos é a preferida na prática, pois, proporciona resultados mais representativos e confiáveis. Para medir a resistividade, utiliza-se dois pares de eléctrodos, o primeiro par (A e B) serve para injectar corrente elétrica no subsolo, enquanto o segundo par de eléctrodos (M e N) é responsável pela medição da diferença de potencial gerada pela corrente elétrica (Gallas, 2000).

A Relação entre a corrente injectada (I) e a diferença de potencial medida (ΔV), juntamente com a geometria do arranjo dos eléctrodos, permite calcular a resistividade aparente (ρ_a) do subsolo através da Lei de Ohm e de factores geométricos (K) específicos para cada arranjo (Sharma, 1997). A resistividade aparente é um valor médio da resistividade do volume de subsolo investigado pela configuração dos eléctrodos.

A fórmula básica para calcular a resistividade aparente (ρ_a) é:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

Fórmula 1: Fonte- Wenner, 1915.

Onde:

- **ρ_a** é a resistividade aparente em Ohm-metro ($\Omega.m$);
- **ΔV** é a diferença de potencial medida em Volts (V) ;
- **I** é a corrente injectada em Ampères (A).
- **K** é o fator de configuração, que depende do arranjo e do espaçamento entre os eléctrodos.

A fórmula básica para calcular o factor geométrico (K)

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}}$$

Fórmula 2: Fonte- Wenner,1915.

2.10.1.2. Técnicas de Electroresistividade

Ao variar o espaçamento entre os eléctrodos, diferentes profundidades de investigação são alcançadas, permitindo obter informações sobre a variação da resistividade com a profundidade (Sondagem Eléctrica Vertical - SEV) ou lateralmente (Caminhamento Eléctrico). E a junção dessas duas técnicas gera uma nova técnica chamada Tomografia Eléctrica.

2.9.1.3. Sondagem Eléctrica Vertical (SEV)

É uma técnica geofísica que investiga as variações da resistividade eléctrica do subsolo em profundidade, mantendo um ponto central fixo e aumentando progressivamente a distância entre os eléctrodos de corrente e, conseqüentemente, os eléctrodos de potencial (Bhattacharya & Patra, 1968). Os arranjos mais comuns em SEV são Schlumberger e Wenner.

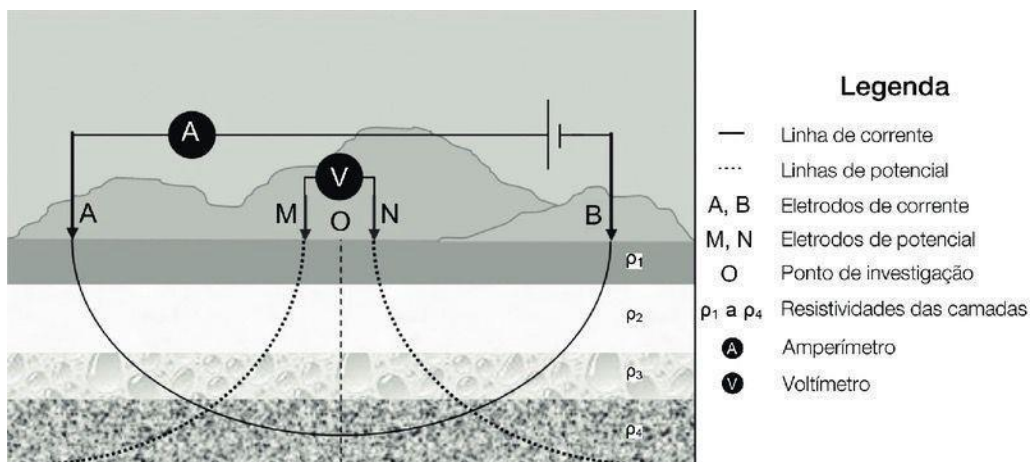


Figura 8: Técnica de Sondagem Eléctrica Vertical com arranjo Schlumberger; Fonte: Bortolin,(2019).

2.10.1.4. Tipos de Curvas Obtidas em Sondagem Eléctricas Verticais

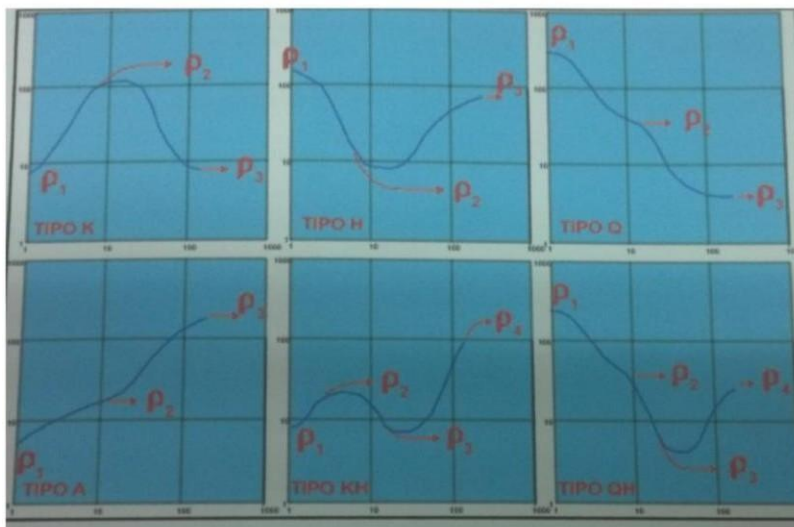


Figura 9: Ilustra os tipos de curvas que, possivelmente, podem ser obtidas em SEVs

- **Tipo K:** Esta curva apresenta uma resistividade inicial baixa (ρ_1), em seguida uma resistividade mais alta ($\rho_2 > \rho_1$), e finalmente uma resistividade ainda menor ($\rho_3 < \rho_2$). A sequência de resistividades é $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$.
- **Tipo H:** Esta curva exibe uma resistividade inicial alta (ρ_1), seguida por uma resistividade mais baixa ($\rho_2 < \rho_1$), e então uma resistividade novamente alta ($\rho_3 > \rho_2$). A sequência de resistividades é $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$. Esta é a curva comum, e é típica de ambientes sedimentares.
- **Tipo Q:** Nesta curva, a resistividade inicial é alta (ρ_1), seguida por uma resistividade mais baixa ($\rho_2 < \rho_1$), e depois uma resistividade ainda menor ($\rho_3 < \rho_2$). Esta curva obedece uma sequência típica de uma rampa, tendo a resistividade mais alta no topo. A sequência de resistividades é $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$.
- **Tipo A:** Esta curva mostra uma resistividade que aumenta continuamente com a profundidade, ou seja, $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$.
- **Tipo KH:** Esta curva combina características dos tipos K e H, apresentando uma diminuição inicial na resistividade seguida por um aumento e depois outra diminuição. A sequência é $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3 > \rho_4$.

- **Tipo QH:** Esta curva combina características dos tipos Q e H, apresentando uma diminuição contínua na resistividade seguida por um aumento. A sequência é $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3 < \rho_4$.

2.10.2. Caminhamento Geométrico

É uma técnica geofísica em que o espaçamento entre os eléctrodos permanece constante e todo o arranjo é movido ao longo de uma linha na superfície. Esta técnica fornece informações sobre as variações laterais da resistividade em uma profundidade aproximada. Os Arranjos mais usados em caminhamentos eléctricos são Dipolo-Dipolo e Polo-Dipolo (Braga, 2016).

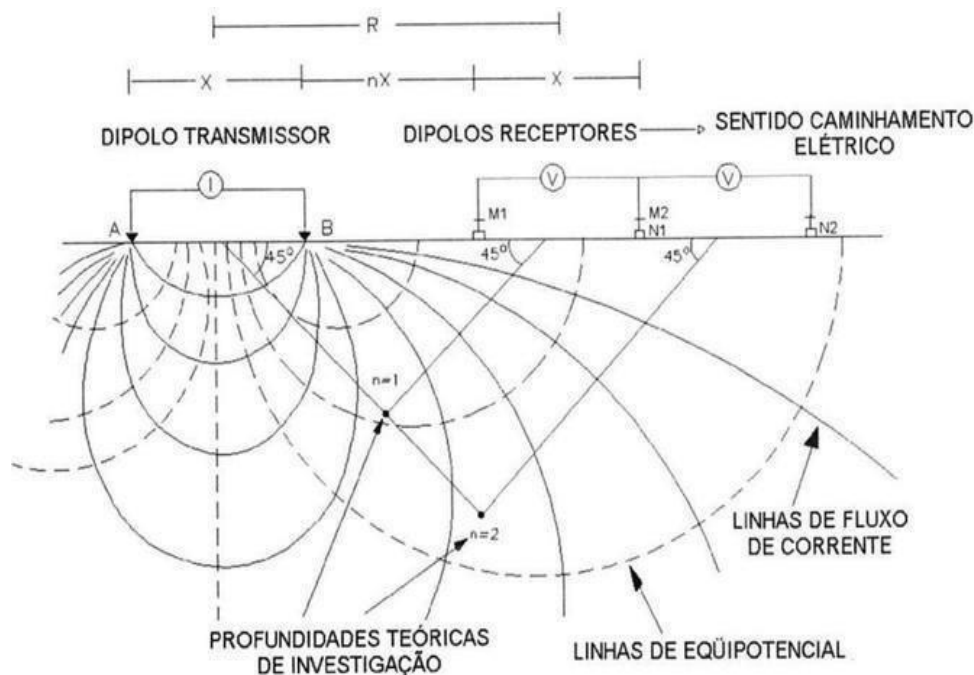


Figura 10: Esquema de caminhamento eléctrico em arranjo do tipo dipolo-dipolo; Fonte: Souza et al., 1998).

2.10.3. Tomografia Geométrica (ERT)

É uma técnica geofísica que combina múltiplas aquisições de dados com diferentes arranjos e espaçamentos de eléctrodos ao longo de uma linha ou em uma área.

Os dados são processados por softwares de inversão para gerar um modelo 2D ou 3D da distribuição da resistividade do subsolo. A ERT oferece uma resolução espacial mais alta e permite visualizar estruturas complexas (Reynolds, 2011).

2.10.4. Tipos de arranjos e seus respectivos coeficientes geométricos

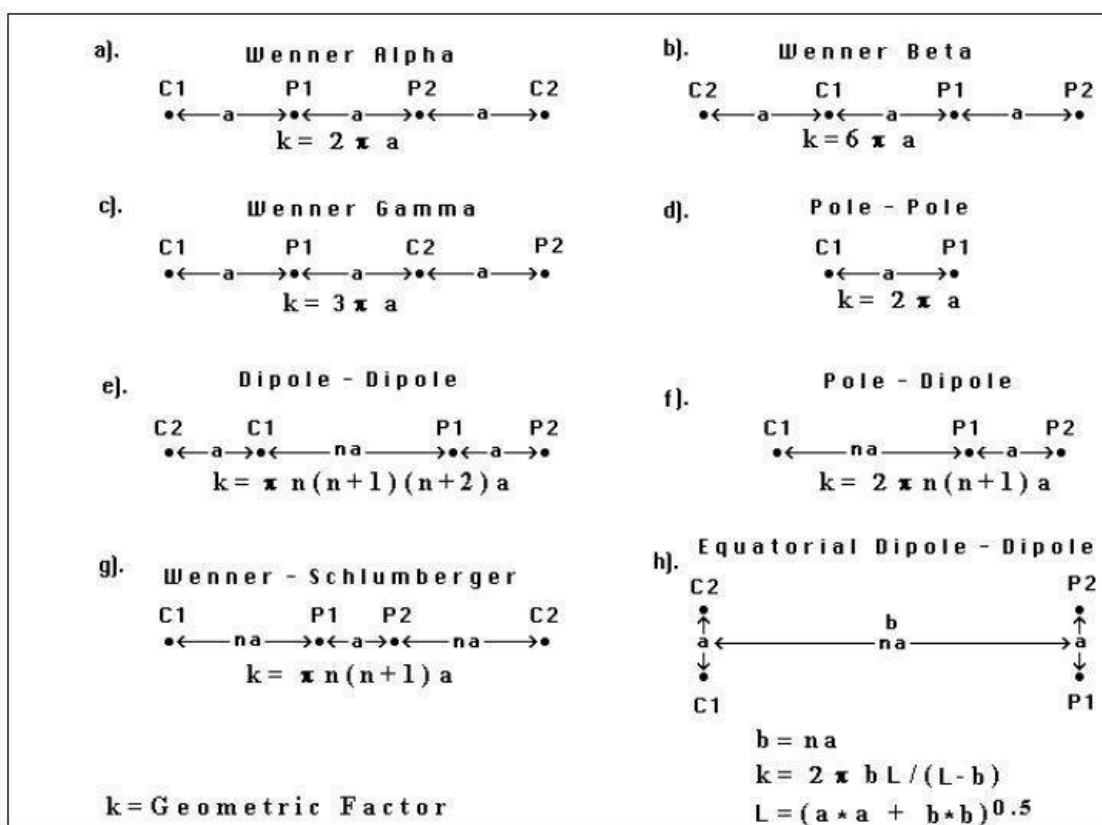


Figura 11: Arranjos e coeficientes geométricos usados em campo para cálculo de resistividades; Fonte: Loke (2000).

2.10.5. Método Sísmico

È um método geofísico que baseia na propagação de ondas elásticas através do subsolo. As velocidades das ondas sísmicas variam de acordo com as propriedades elásticas e a densidade dos materiais, sendo influenciadas pela presença de água nos poros das rochas. A refração sísmica e a reflexão sísmica são técnicas que permitem mapear as interfaces entre diferentes camadas geológicas e identificar zonas potenciais de acumulação de água (Telford et al., 1976).

2.10.6. Técnicas do Método Sísmico

2.10.6.1. Refração Sísmica

A refração sísmica é uma técnica que se fundamenta na observação das ondas sísmicas que desviam de sua trajetória ao passarem por interfaces entre camadas que apresentam velocidades sísmicas distintas. Medindo o tempo que essas ondas demoram para chegar a vários locais na superfície, auxiliando na identificação de formações geológicas favoráveis ao armazenamento de água e na determinação da profundidade do embasamento rochoso (Telford et al., 1976).

2.10.7. Reflexão Sísmica

É uma técnica que utiliza as ondas sísmicas que são reflectidas (retornam) ao encontrarem interfaces com diferentes impedâncias acústicas. O tempo que essas ondas reflectidas levam para retornar é capturado por geofones situados na superfície, possibilitando um mapeamento mais detalhado das estruturas geológicas no subsolo. Em estudos de água, a reflexão sísmica pode ajudar a identificar a configuração de aquíferos confinados, localizar falhas que podem funcionar como barreiras ou caminhos para o fluxo de água, e ainda permite a identificação de camadas sedimentares porosas que podem armazenar água subterrânea (Sharma, 1997).

2.11. Método Electromagnético

È um método geofísico que induz correntes elétricas no subsolo e mede os campos eletromagnéticos secundários resultantes, que são sensíveis à condutividade elétrica. Variações na condutividade podem indicar a presença de água subterrânea ou a salinidade da água (Sharma, 1997).

2.11.1. Técnicas do Método Electromagnético

Estas técnicas geralmente são aplicadas em função da profundidade de investigação que pretende-se alcançar e as condições do terreno.

2.11.2. Transiente Electromagnético

Está técnica induz correntes elétricas no subsolo através da rápida interrupção de uma corrente em uma bobina transmissora. A medição da diminuição do campo magnético secundário ao longo do tempo oferece dados sobre a condutividade elétrica em várias profundidades.

Camadas que conduzem melhor (como aquelas que têm água salina ou argila saturada) farão com que as correntes induzidas durem mais, resultando em um desaparecimento mais gradual do campo secundário (Sharma, 1997).

2.11.3. Técnica de Frequência muito baixa

É uma técnica que utiliza ondas eletromagnéticas de rádios de baixa frequência como (15-30 kHz) como principal fonte de energia. Essas ondas criam correntes no solo condutor, resultando em campos eletromagnéticos secundários que são captados por um receptor portátil na superfície. Variações na intensidade e na fase desses campos secundários podem sinalizar a existência de estruturas condutoras, como fissuras preenchidas com água, falhas ou áreas com maior saturação (Reynolds, 2011).

Contudo, ambas técnicas consideram-se importantes para pesquisa de águas, porém a técnica mais adequada para pesquisa de águas em sedimentos porosos é a técnica transiente eletromagnética, pois essa técnica apresenta melhor resolução e possui sensibilidade à condutividade em diferentes camadas, enquanto que a técnica de frequência muito baixa é mais útil para localizar fracturas preenchidas com água em rochas de soco cristalino.

2.12. Método Gravimétrico

É um método geofísico passivo, que mede as alterações relacionadas com campos naturais associados à Terra (Campo gravitacional). Este método na área de hidrogeologia geralmente é utilizado em estudos de larga escala para identificar bacias sedimentares com potencial aquífero (Sharma, 1997).

2.13. Método GeoRadar

É um método geofísico, que utiliza ondas eletromagnéticas de alta frequência para imagear o subsolo. As Ondas são reflectidas em interfaces com diferentes propriedades elétricas, como a superfície do lençol freático ou camadas geológicas distintas. Segundo (Cunha, 2002), este método na área de pesquisa de águas é útil para determinar a profundidade e a geometria da zona saturada em aquíferos rasos.

2.14. Princípios Norteadores usados para a Interpretação dos Resultados

2.14.1. Caso Mopeia e Luabo

A interpretação dos dados obtidos através de Sondagens Elétricas Verticais (SEVs), para a avaliação do potencial de águas subterrâneas, visando a construção de Sistemas de Abastecimento de Água foi conduzida com base nos seguintes princípios

a) Correlação entre Resistividade Aparente e Características Hidrogeológicas

Estabeleceu-se uma relação empírica na qual camadas com potencial aquífero são caracterizadas por uma faixa de resistividade aparente entre 25 e 300 Ωm . Desvios desta faixa foram interpretados como indicadores de condições desfavoráveis: valores inferiores a 25 Ωm sugeriram a possível presença de salinidade na água subterrânea, enquanto valores superiores a 300 Ωm foram associados a baixa permeabilidade ou ausência de aquíferos significativos.

b) Análise Comparativa de Curvas de SEV:

A interpretação de cada SEV envolveu a análise comparativa entre as curvas de resistividade aparente obtidas em campo e modelos teóricos ou curvas interpretativas preexistentes. Este processo visou a identificação e caracterização das camadas geológicas em profundidade, com foco na determinação da resistividade e espessura de potenciais aquíferos.

c) Critérios de Seleção para Locais de Perfuração:

A seleção de locais prioritários para a perfuração de furos exploratórios foi baseada na aplicação simultânea de dois critérios quantitativo nomeadamente:

- **Espessura Mínima da Camada Aquífera:**

A espessura inferida da provável camada aquífera deveria exceder 20 metros para ser considerada relevante.

- **Faixa de Resistividade Aparente Otimizada:**

A resistividade aparente da camada aquífera identificada deveria situar-se na faixa de 25 a 300 Ωm , considerada moderada e indicativa de condições regionais favoráveis à acumulação e exploração de água subterrânea.

2.14.2. Descrições

2.14.2.1. Enquadramento Geográfico de Mopeia

O Distrito de Mopeia localiza-se na região do Baixo Zambeze, Província da Zambézia, tendo como limites geográficos: a norte o distrito de Morrumbala e Derre, a sul o distrito de chinde e Luabo, a este os distritos de Nicoadala e Inhassunge, e a oeste o Rio Zambeze ,que por sua vez este rio serve como limite de separador natural entre a província da Zambézia e Sofala (MTA,2015).

2.14.2.2. Enquadramento Geográfico da área de Estudo em Mopeia

A área de estudo localiza-se no posto Administrativo de Mopeia, localidade de Chimuara, região oeste do distrito de Mopeia.

2.14.2.3. Clima e Precipitação

O Distrito de Mopeia, situado na Província da Zambézia, caracteriza-se por um clima tropical húmido, típico da região Zambeziana. Este Clima é definido por dois períodos diferentes nomeadamente: o período das precipitações e o período das secas.

O Período das precipitações vai desde Novembro á Abril, é caracterizada por chuvas fortes e um calor intenso. Nessa época a humidade é alta, resultando num clima quente e húmido.

Ademais, a área é vulnerável a ciclones tropicais, que podem gerar enchentes e ocasionar consideráveis destruições (ProAzul Moçambique ,2021).

O Período Seco estende-se desde Maio à Outubro, este período é caracterizado por chuvas escassas e temperaturas mais amenas. Durante este período a humidade diminui, tornando o clima mais agradável (Noções de geografia física Moçambique, 2021).

A Temperatura média anual situa-se em torno dos 25oC, com a leitura mais baixa sendo observada em julho,alcançado 15,8 oC.

A média da velocidade dos ventos durante o ano é de 6,8 Km por dia. A direção dos ventos varia ao longo do ano: de Novembro até Abril, os ventos costumam vir do Nordeste, enquanto de Maio a Outubro, a corrente é do Sudoeste (ProAzul Moçambique, 2021).

2.14.2.4. Vegetação

O Distrito de Mopeia é caracterizado por uma diversidade de vegetação, com diferentes tipos de habitats distribuídos em Mosaico. Cerca de 35% do distrito abriga pântanos, zonas de aluvião, bancos de areia, juntamente com as savanas e florestas costeiras. Mosaicos de savanas e florestas costeiras cobrem aproximadamente 30% da área, enquanto que florestas de Miombo ocupam 15% e florestas e matas secas 5%. A Floresta Ripícola localiza-se ao longo das principais linhas de água. As Florestas costeiras, densas e secas, são dominadas por espécies como *Pteleopsis Myrtifolia* e *Millettia Stuhlmannii* conhecida também como Panga-Panga (MITADER, 2015).

2.14.2.5. Geologia Regional

A Bacia do Baixo Zambeze refere-se à porção inferior da vasta Bacia do Zambeze, situando-se no sudeste da África, abrangendo Zimbábue, Malawi e partes adjacentes de Moçambique, indo da zona do vale do Zambeze a montante das principais quedas e desfiladeiros (como Cahora Bassa) até seu encontro com o Oceano Índico, formando o amplo Delta do Zambeze. Esta região é marcada por uma geologia sedimentar importante, afectada por sua história tectónica e pela movimentação fluvial do rio Zambeze.

2.14.2.5.1. Estratigrafia da Bacia do Baixo Zambeze

A estratigrafia da Bacia do Baixo Zambeze pode ser dividida em várias unidades principais, que representam diferentes períodos geológicos, nomeadamente:

a) Formação de Karoo

Esta é a unidade estratigráfica mais antiga da Bacia do Baixo Zambeze e consiste em uma espessa sequência de rochas sedimentares do período Permiano. A Formação de Karoo é composta principalmente por arenitos, folhelhos e carvão e regista a deposição de sedimentos em um ambiente de planície de inundação. A profundidade e a litologia específica destas camadas podem variar regionalmente dentro da bacia.

b) Formação de Batoka

A Formação de Batoka é constituída por uma série de rochas sedimentares que se formaram durante o Triássico Superior. Essa unidade geológica é predominantemente composta por arenitos, folhelhos e conglomerados, reflectindo as condições ambientais da época. A presença desses tipos de rochas sugere que a região era caracterizada por um sistema fluvial activo, com rios e deltas se desenvolvendo ao longo da paisagem. Os arenitos indicam a deposição de sedimentos em ambientes de rios, onde as partículas foram transportadas e depositadas pela água. Os folhelhos, por sua vez, geralmente se formam em ambientes mais calmos, como lagos ou áreas de pântano, onde os sedimentos finos podem se acumular. Os conglomerados, que são compostos por fragmentos maiores de rochas, indicam um ambiente de deposição mais energético, possivelmente associado a leitos de rios ou zonas de inundação.

c) Formação de Victoria

A Formação de Victoria é caracterizada por uma espessa sequência de rochas sedimentares depositadas durante o Jurássico Inferior. Esta unidade é predominantemente composta por folhelhos, calcários e arenitos, que indicam um ambiente marinho raso durante esse intervalo geológico. A presença desses sedimentos sugere um contexto deposicional influenciado por processos marinhos, com a formação de depósitos carbonáticos associados à actividade biológica característica desse tipo de ambiente.

d) Formação de Rhaetiano

O Grupo de Rhaetiano consiste em uma sequência de rochas sedimentares depositadas durante o Jurássico Superior. Esta unidade é composta principalmente por arenitos, folhelhos e calcários, evidenciando novamente as condições de um ambiente marinho raso. As características litológicas deste grupo indicam processos deposicionais típicos de águas pouco profundas, onde a acumulação de sedimentos foi favorecida pela dinâmica marinha.

e) Formação de Inhassoro

O Grupo de Inhassoro representa uma unidade estratigráfica mais recente, correspondente ao Cretáceo. Esta formação é predominantemente composta por arenitos, folhelhos e calcários, reflectindo a deposição em um ambiente marinho raso. As características sedimentares desta unidade sugerem um ambiente favorável à acumulação contínua de sedimentos carbonáticos e siliciclásticos, associados a condições marinhas que prevaleceram durante o Cretáceo.

2.14.2.6. Geologia Local

As formações rochosas do Pré-câmbrico, que têm mais de 600 milhões de anos, ocupam a maior parte do interior da província da Zambézia, desde as areias da costa até o Delta do Zambeze, reflectindo aproximadamente as regiões da Alta e Média Zambézia. As formações mais significativas incluem migmatitos graníticos que fazem parte do supergrupo Nampula, onde se podem identificar dois grandes complexos, especificamente:

- a) Migmatitos Gnaissicos que abrangem grande parte da Zambézia e contêm biotitas e anfíbolitas.
- b) Migmatitos Graníticos, que são importantes do ponto de vista mineral e incluem quartzitos, mármore e grafite.

No distrito de Mopeia, existem duas principais formações geológicas:

O Pré-câmbrico, que representa cerca de 16,95% da área do distrito e inclui as eras.

- Meso e Neoproterozóico (1600 M.a.-600 M.a.) / Pré-Moçambicano (1600 M.a.-1100 M.a.), que fazem parte do Super Grupo de Chiúre e do Sub-Grupo de Morrua;
- Moçambicano (1100 M.a.-900 M.a.), que é parte do Super-Grupo de Nampula.

O Fanerozóico, que corresponde a cerca de 83,05% da área do distrito e abrange a era Cenozóico e o período Quaternário.

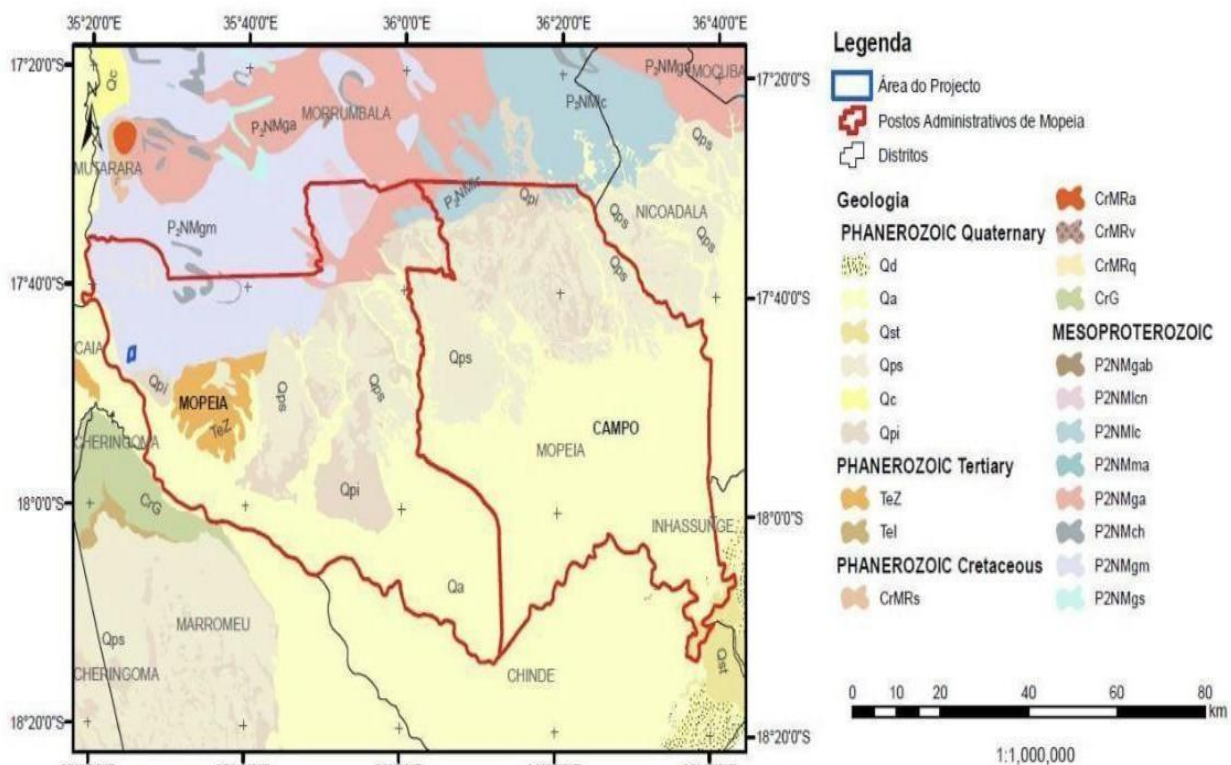


Figura 12: Ilustra o Mapa geológico de Mopeia; Fonte: Adptado por MADER, (2024).

Tabela 1: Principais Formações Geológicas do Distrito de Mopeia.

Código	Designação
Qd	Areia de duna costeira e areia de praia
Qa	Aluvião, areia, silte, cascalho
Qst	Aluvião argiloso fluvio-marinho
Qps	Escorrência argiloarenosa fluvial
Qc	Coluvião
Qpi	Escorrência argilosa fluvial
TeZ	Grés arcóscico, parcialmente conglomerático
Tel	Grés
CrMRs	Sienito
CrMRa	Intrusão alcalina
CrMRv	Brecha vulcânica
CrMRq	Veio de quartzo, comumente brechóide
CrG	Marga, silte, calcário, gesso
P2NMgab	Gabro e diorito
P2NMicn	Leucogranito granatífero, geralmente gnaissico
P2NMic	Gnaisse leucocrático de grão médio, migmatítico
P2NMma	Mármore
P2NMga	Gnaisse ocelado com charnoquito, migmatítico
P2NMch	Charnoquito
P2NMgm	Gnaisse biotítico bandado e migmatito
P2NMgs	Gnaisse granatífero-silimanítico, gnaisse micáceo, migmatítico

2.14.2.7. Enquadramento Tectónico

O enquadramento tectónico da região de Mopeia está intimamente relacionado à evolução da Bacia do Zambeze e à influência do Sistema de Rift da África Oriental. A Bacia do Zambeze é classificada como um graben, formado por processos de rifteamento que ocorreram durante a fragmentação do supercontinente Gondwana no período Permo-Triássico. A orientação desta bacia foi provavelmente moldada por antigas zonas de fraqueza crustal que já existiam (Kazmin,1972).

A região de Mopeia, localizada na parte inferior desta bacia, herdou sua estrutura geológica fundamental desse evento de rifteamento. As falhas que delimitam o graben do Zambeze foram determinantes para a deposição das espessas sequências sedimentares do Supergrupo Karoo, que formam a base da geologia local. A subsidência tectônica facilitou a acumulação desses sedimentos continentais ao longo de milhões de anos (Catuneanu et al.,2005).

Embora a actividade principal de rifteamento relacionada à formação da Bacia do Zambeze tenha ocorrido no final do Paleozoico e durante o Mesozoico, a região também foi sujeita, em menor intensidade, à actividade tectónica cenozóica associada ao Sistema de Rift da África Oriental. A propagação deste sistema de rift para o sul pode ter reactivado algumas das falhas preexistentes na Bacia do Zambeze e contribuído para ajustes tectónicos na área de Mopeia (Chorowicz,2005). A tectónica está interligada à evolução dessa margem passiva, que se formou após a separação de Gondwana. Processos como subsidência térmica e falhamento extensional ao longo da margem podem ter influenciado tanto a sedimentação quanto a estrutura geológica da região costeira adjacente a Mopeia (Mougenot et al.,1986).

2.14.2.8. Geomorfologia

O Distrito de Mopeia apresenta uma superfície relativamente uniforme, com altitudes que variam de 0 m a 400 m. Há também uma pequena porção do território que se encontra abaixo do nível do mar. Aproximadamente 93% da área de Mopeia consiste em planícies, com altitudes que não ultrapassam os 200 m. Além disso, no extremo Nordeste do distrito, há uma faixa longitudinal de Planaltos Médios, com altitudes entre 200 m e 400 m. No extremo Sul do distrito, existe ainda uma pequena área (cerca de 0,71%) com altitudes abaixo do nível do mar (MITADER,2015).

2.14.2.9. Solos

O Vale do Zambeze, que atravessa o distrito de Mopeia, é caracterizado por solos de aluviões argilosos (FGv) e solos vermelhos de textura média (VMI_+VMm). O solos argilosos locais apresentam-se profundos e com alta percentagem de matéria orgânica. Geralmente, ocorrem em matagal, pradaria e floresta aberta, com algum risco de erosão devido às formas do terreno como vales, interflúvios e encostas (MADER,2024).

Tabela 2: Características do solo de Mopeia; Fonte: MADER,(2024).

Código	Grupo de Solos	Características Dominantes do Solo	Geomorfologia e Geologia	Forma do Terreno	Topografia
FGv	Solos de aluviões argilosos	Argiloso castanho, acinzentado escuro, solos profundos	Aluviões holocénicos	Vales e planícies	Plana 0 – 1%
VMI_+V Mm	Solos vermelhos de textura media	Franco argiloarenoso, castanho amarelado, solos profundos	Pré-cambriano, rochas ácidas: granito, gnaiss	Interflúvios, encostas superiores e médios	Ondulado 0 – 8%
Código	Drenagem	Matéria Orgânica	Classificação FAO	Classificação USDA	Tipo de Vegetação
FGv	Moderada a má	Alta	Mollic Fluvisols	Fluventic Haplustolls	Pradaria, matagal
VMI_+V Mm	Boa	Baixa a Alta	Ferric Lixisols	Rhodustalfs Kanhaplic Rhodustalfs	Floresta aberta, matagal

2.14.2.10. Caracterização Hidrológica e Hidrogeológica de Mopeia

O delta do rio Zambeze começa em Mopeia, aproximadamente a 150 km da costa. No que respeita a uma eventual subida do nível do mar, Mopeia será um dos distritos mais afectados com áreas inundadas e com intrusão salina, a influência da maré é evidente no ltimo trecho de 80 km. O Distrito de Mopeia é caracterizado pela existência de um sistema de lagoas, conhecido por Thewe I e Thewe II, que constituem a principal origem de água dos actuais regadios. Estas lagoas dependem fortemente do regime de inundação e cheias dos rios Zambeze e Cuacua. (MICOA, 2015).

De acordo com a notícia explicativa 1/1000000, as formações aquíferas do Distrito de Mopeia são bastante diversificadas em termos de produtividade.

Toda a região sul do Distrito de Mopeia apresenta boas características para a instalação de furos e poços não se observando, ainda, problemas de salinidade na toalha freática, já a região Norte e Este do Distrito apresenta algumas limitações para a instalação de furos e salinidade (MICOA, 2015).

Na zona Sul e Sudoeste do distrito (onde se encontra a área de estudo), há aquíferos do tipo A1, A2 e A3 constituídos por depósitos arenosos de origem fluvial, por vezes calhaus e siltes ou leitos argilosos, e depósitos constituídos por argilas com interstratificação arenosas, de origem aluvial com intercalações de lentes de calcário lacustre. A produtividade destes aquíferos varia de

>50m³/h a 3m³/h. Na zona Norte e Centro do distrito há maior predominância de aquíferos do tipo C1 e B2 constituídos por depósitos de materiais finos (argilas, incluindo, por vezes, areias, ou de areias médias a muito finas argilosas de origem eólica e/ou marinha) e aquíferos classificados muito produtivos. A produtividade destes aquíferos é de <3m³/h e >50m³/h respectivamente.

Na zona Noroeste do distrito, há predominância de aquíferos associados a formações rochosas, aquíferos do tipo C2. Nesta região, os aquíferos ocorrem associados aos mantos de alteração. A produtividade desses aquíferos é de <3m³/h.

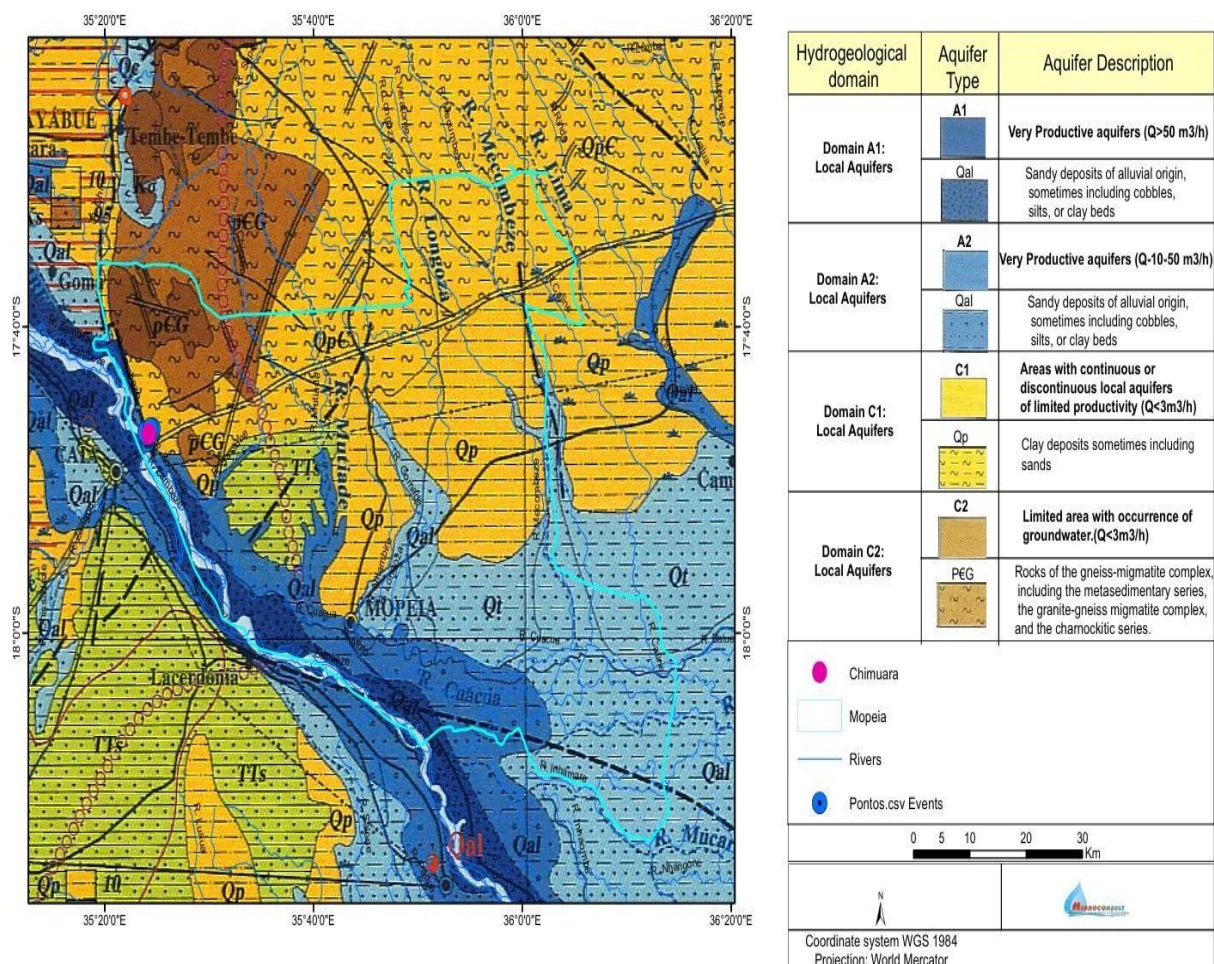


Figura 13: Extrato do Mapa Hidrogeológico de Moçambique (escala 1/1.000.000).

2.14.2.11. Enquadramento Geográfico

A Área de estudo localiza-se no posto Administrativo de Mopeia, localidade de Chimuara, região Este do distrito de Mopeia.

2.14.2.12. Situação de Abastecimento de Água em Chimuara

Na Localidade de Chimuara, actualmente, o abastecimento de água é realizado através de 12 fontes dispersas constituídas por furos.

Existe, na localidade, um pequeno sistema de abastecimento de água (PSAA) que pertence ao centro de saúde, que também tem sido pouco aproveitado pelos residentes locais.

Tabela 3: Operacionalidade das Fontes de Abastecimento Hídrico em Chimuará

Distrito	Furos			Poços			SAA			Total de Fontes Operacionais
	Exist	Avar	Oper	Exist	Avar	Oper	Exist	Avar	Oper	
Mopeia	13	01	12	0	0	0	01	0	01	12

2.14.2.13. Ilustrações das Fontes de abastecimento de água em Chimuará



Figura 14: Ilustra uma caixa de furo do PSAA do Centro de Saúde.



Figura 15: Ilustra o Interior de uma Caixa de Furo.

Tabela 4: Dados de furos existentes no Banco de Dados da DNGRH/SINAS

Código de Furo	Bairro	Latitude	Longitude	Profun	Caudal (m3/h)	Cond (uS/cm)	Tipo De fonte	Estado da fonte	Nr de beneficiários
041201/0084/2007	Chimuara Sede	-17.79011418	35.40182674				Furo	Inoperacional	
041201/0130/2007	25 de Setembro	-17.78607548	35.40204314	37.00	1.50	1500.00	Furo	Operacional	800
041201/0131/2008	25 de Setembro	-17.78581877	35.40338747	30.00	1.50	1500.00	Furo	Operacional	1305
041201/0129/2007	25 de Setembro	-17.7846363	35.40153457	37.00	1.50	380.00	Furo	Operacional	1200
041201/0085/1997	1 de Maio	-17.78419973	35.40405633	45.00	0.20	317.00	Furo	Operacional	2025
041201/0086/1996	1 de Maio	-17.78330337	35.40269982	45.00	1.50	1500.00	Furo	Operacional	1200
041201/0128/1997	3 de Fevereiro	-17.7833911	35.40115142	40.00	1.50	1400.00	Furo	Operacional	725
041201/0127/1996	3 de Fevereiro	-17.78336219	35.39967691	40.00	1.50	1300.00	Furo	Operacional	900
041201/0012/2013	Samora Machel	-17.78154934	35.40118661	30.00	1.50	1600.00	Furo	Operacional	1750
041201/0270/2020	Eduardo Mondlane	-17.7807143	35.397524	45.00	1.50	300.00	Furo	Operacional	262
041201/0132/2011	Liberdade	-17.78138488	35.40897421	38.00	1.50	950.00	Furo	Operacional	1600
041201/0113/2013	7 de Setembro	-17.7773167	35.41036057	45.00	1.50	1200.00	Furo	Operacional	515
041201/0134/1996	Josina Machel	-17.77740672	35.40568366	12.00	1.90	1250.00	Furo	Operacional	1250

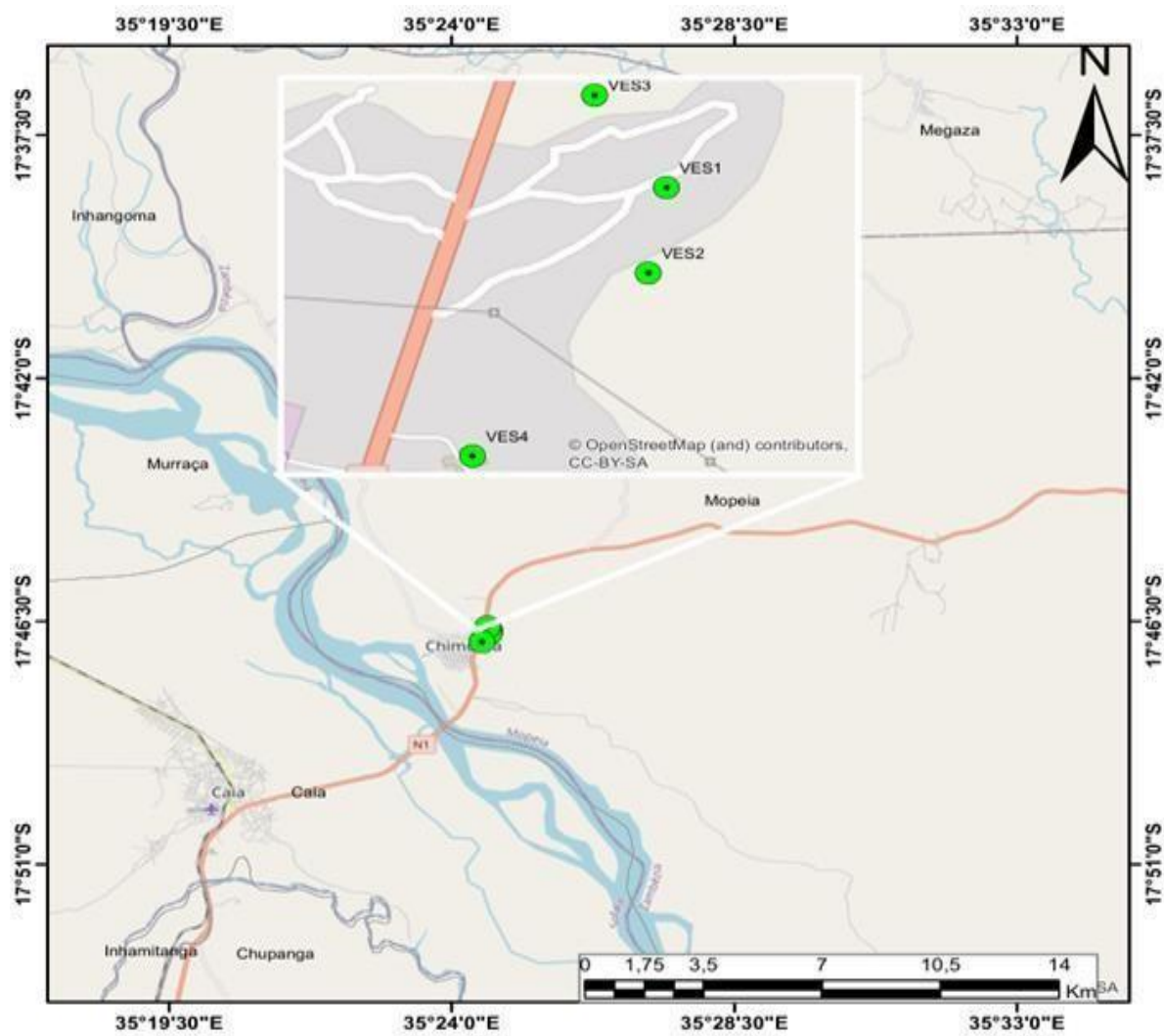


Figura 16: Ilustra a localização das SEVs em Chimura

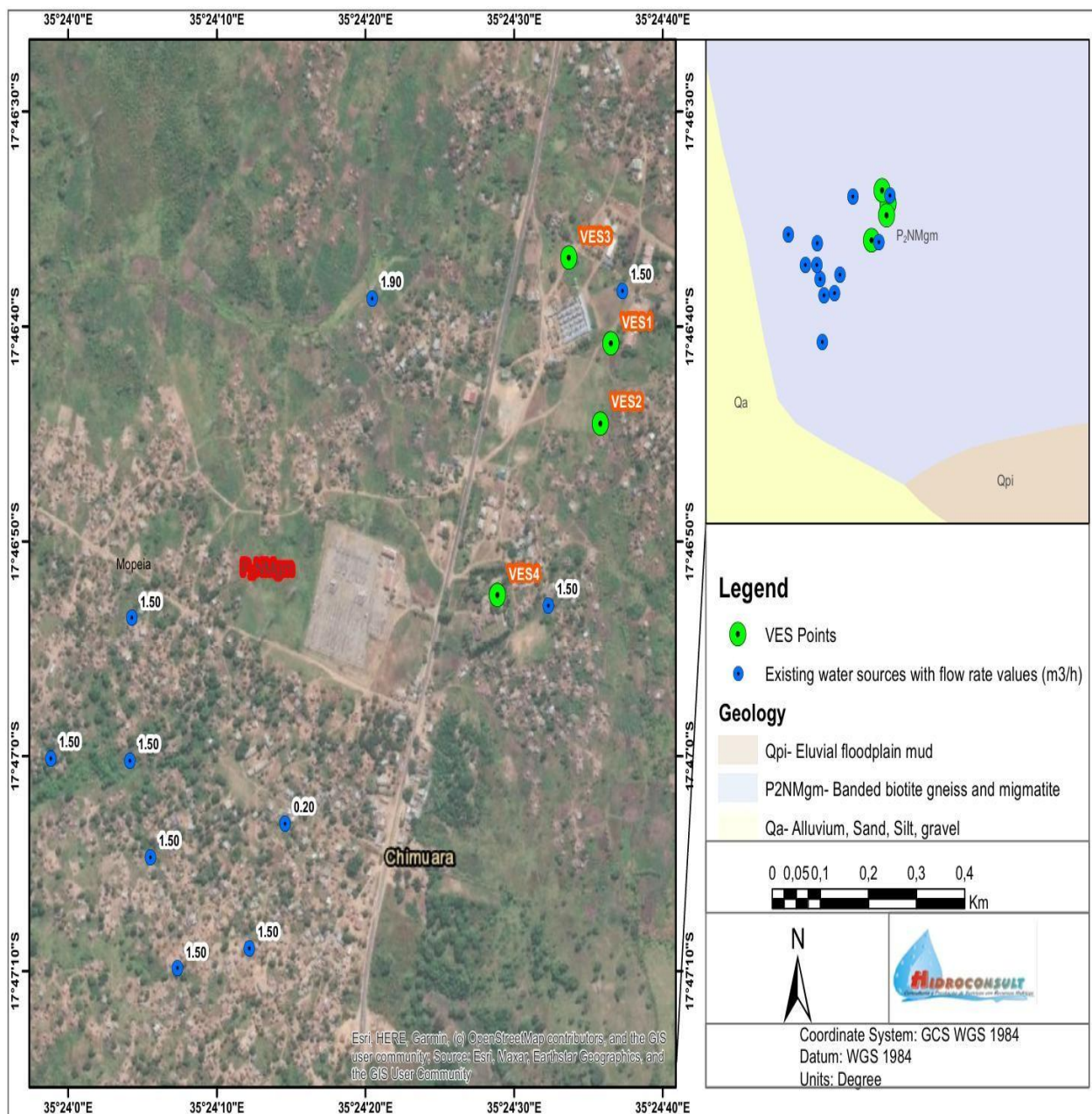
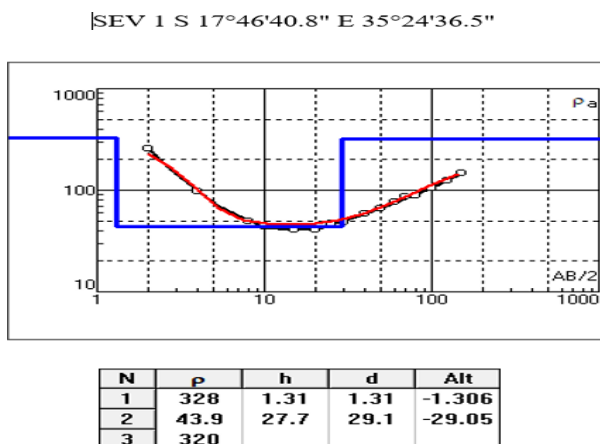


Figura 17: Ilustra a área onde foram realizadas as SEVs sobrepost com a geologia local e caudal dos furos existentes.

2.14.3. Resultados e Discussões da Área de Estudo em Mopeia (Localidade de Chimuara)



Onde:

N- é o número da camada

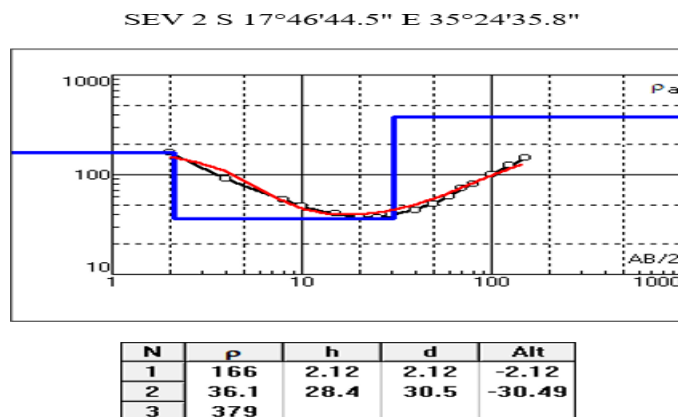
ρ - é a resistividade aparente

h- é a espessura da camada

d- é a profundidade

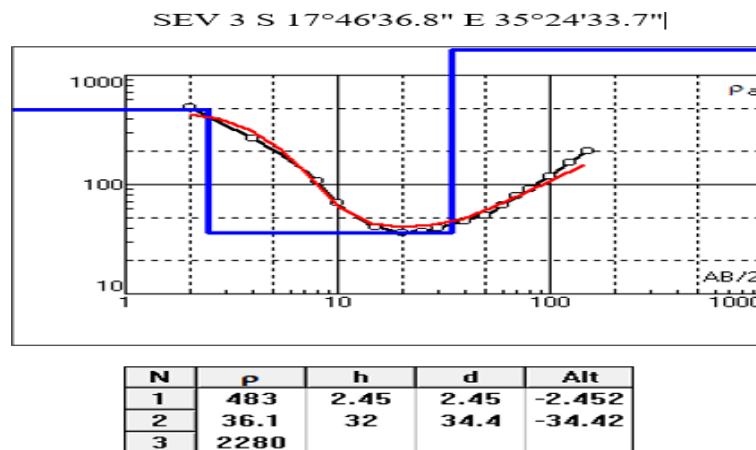
Alt- é a altitude

SEV1: Observou-se que a camada próxima a superfície apresenta um valor de resistividade significativamente elevado. Entretanto, há uma profundidade aproximada de 29,1 metros, foram registrados valores de resistividade consideravelmente baixos, porém na camada posterior, a resistividade volta aumentar significativamente.

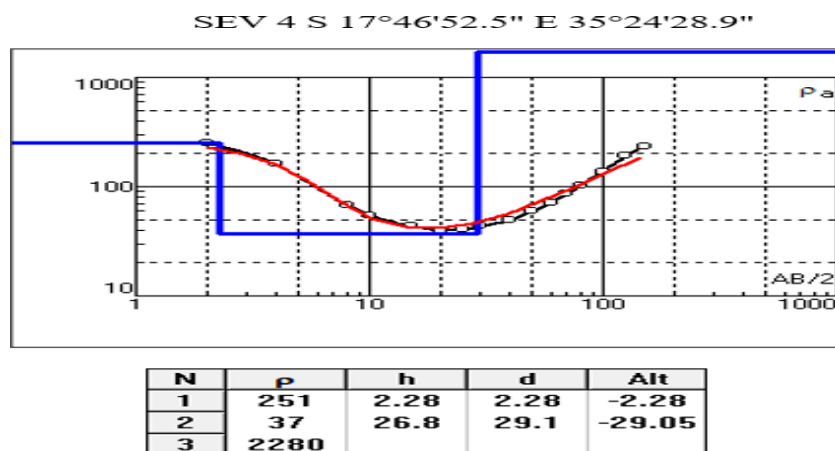


SEV2: Há uma profundidade de aproximadamente 2,12 metros, foram observados valores de resistividade média. Em contraste, a 30,5 metros de profundidade, verificou-se uma diminuição no valor da resistividade. No entanto, na camada subsequente, a resistividade

aumentou significativamente.



SEV3: Próximo à superfície, a resistividade exibe um elevado de 483 Ω .m, porém a cerca de 34.4 metros de profundidade, na segunda camada, verificou-se um valor de resistividade médio que é 36.1 Ω .m, e na terceira camada o valor da resistividade aumenta exageradamente para 2280 Ω .m.



SEV4: Nesta Sondagem Elétrica Vertical (SEV), há uma repetição de valores de resistividade semelhante a outras SEVs analisadas em Chimuara, isto é, próximo à superfície a resistividade exibe um valor elevado, na segunda camada a resistividade exibe um valor médio, e na camada posterior a resistividade exibe um valor elevadíssimo.

Tabela 5: Discussão dos resultados obtidos em Chimuara

Local	Desig	Coordenadas Geográficas		Resistividade da Camada de água (Ωm)	Estimativa da Profundidade da Rocha (m)	Profundidade Recomendada para SAA	Preferência do Pedido
		Latitude	Longitude				
Chimuara	SEV1	17°46'40.8'' S	35°24'36.5''E	43.9	>50	35-45	Positivo
	SEV2	17°46'44.5'' S	35°24'35.8''E	36.1	>50		Positivo
	SEV3	17°46'36.8'' S	35°24'33.7''E	36.1	>50		Positivo
	SEV4	17°46'52.5'' S	35°24'28.9''E	37	>50		Positivo

A pesquisa Geofísica foi realizada ao longo duma área planáltica dominada por gnaisses. A área onde foi realizada a pesquisa encontra-se numa área hidrogeologicamente classificada como aquíferos do tipo C1-caracterizados por serem contínuos ou descontínuos de produtividade limitada, geralmente inferior a 5m³/h. Geologicamente, encontra-se numa área dominada por aluviões relacionados com a zona de alteração e fracturas de gnaisses biotíticos bandeados (P2NMgm) em contacto com formações sedimentares do fanerozoico (**Qpi**, **Qa**). Nesse tipo de ambiente geológico a ocorrência de água limitada a mantos de alteração ou fracturação das rochas duras subjacentes, com espessura geralmente entre 20 a 50m, conforme ilustrado no modelo abaixo .

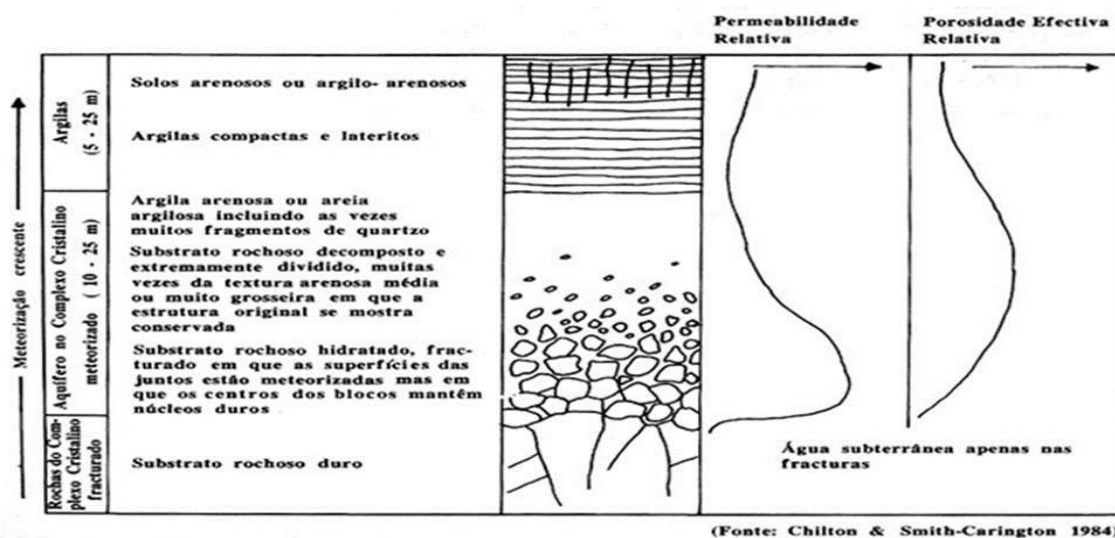


Figura 18: Ilustra um ambiente geológico com ocorrência de água limitada; Fonte: Chilton e Smith-Carington 1984.

As curvas das SEVs realizadas em Chimuará são do tipo H, que são curvas características de aquíferos de águas subterrâneas em zonas do complexo cristalino. As curvas indicam uma morfologia suave, mostrando uma curvatura gradual e não abrupta, podendo indicar que se trata de uma área com quantidades moderadas de água, sob a qual há possibilidades de explorar caudais superiores a $1.5\text{m}^3/\text{h}$ e inferiores a $5\text{m}^3/\text{h}$.

De acordo com os resultados da interpretação do SEV, é recomendado que as profundidades dos furos estejam dentro dos limites apresentados na tabela acima. No entanto, levando em consideração as condições hidrogeológicas locais, a profundidade real de perfuração será definida, controlando a variação na litologia durante a perfuração, conforme indicado nos procedimentos técnicos de perfuração.

A demanda e o caudal dos furos da área de estudo influenciam muito no número de furos a realizar no campo de furos, quanto menor for o caudal maior será o número dos furos a realizar. Na zona de estudo, fez-se um levantamento e análise dos furos existentes e notou-se que esses furos apresentam um caudal muito baixo, o que vai exigir um campo de furos mais amplo e com um número elevado de furos.

2.14.3.1. Enquadramento geográfico do Distrito de Luabo

O Distrito de Luabo localiza-se na região do baixo Zambeze, na província da Zambézia, tendo como limites **geográficos**: a norte os distritos de Mopeia e Inhassungue, a sul e a este o distrito de Chinde, a Oeste o distrito de Marromeu(Província de Sofala), tendo como barreira de separação natural o rio Zambeze (INE,2021).

2.14.3.2. Enquadramento Geográfico da Área de Estudo 1

A Área de estudo localiza-se na vila de Luabo, distrito do mesmo nome.

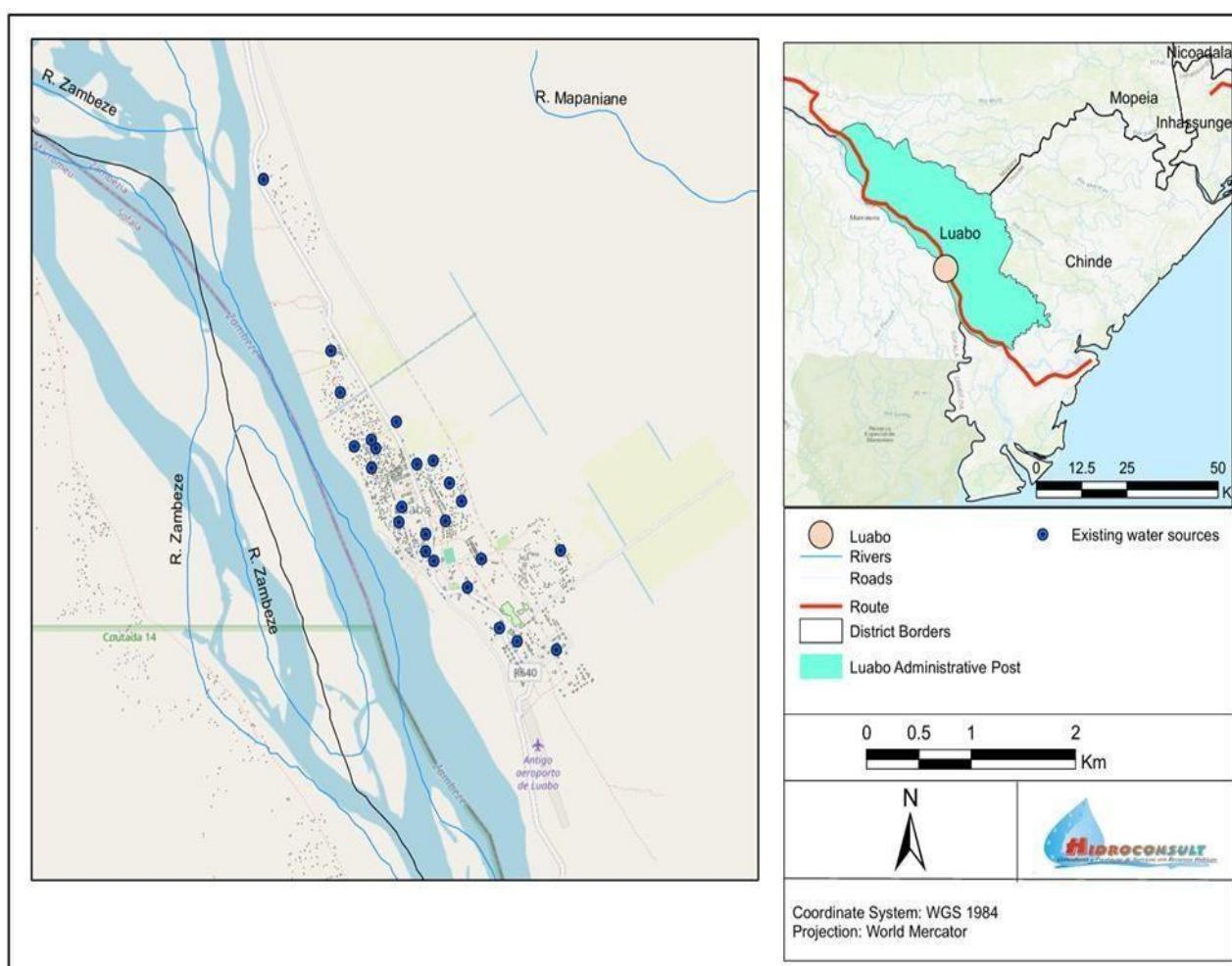


Figura 19: Ilustra a Localização da área de estudo 1; Fonte: Equipe Hidroconsult.

2.14.3.3. Enquadramento Geológico de Luabo

2.14.3.4. Geologia Regional

A Bacia do Baixo Zambeze refere-se à porção inferior da vasta Bacia do Zambeze, situando-se no sudeste da África, abrangendo Zimbábue, Malawi e partes adjacentes de Moçambique, indo da zona do vale do Zambeze a montante das principais quedas e desfiladeiros (como Cahora Bassa) até seu encontro com o Oceano Índico, formando o amplo Delta do Zambeze. Esta região é marcada por uma geologia sedimentar importante, afectada por sua história tectónica e pela movimentação fluvial do rio Zambeze.

2.14.3.5. Estratigrafia da Bacia do Baixo Zambeze

A estratigrafia da Bacia do Baixo Zambeze pode ser dividida em várias unidades principais, que representam diferentes períodos geológicos, nomeadamente:

a) Formação de Karoo

Esta é a unidade estratigráfica mais antiga da Bacia do Baixo Zambeze e consiste em uma espessa sequência de rochas sedimentares do período Permiano. A Formação de Karoo é composta principalmente por arenitos, folhelhos e carvão e regista a deposição de sedimentos em um ambiente de planície de inundação. A profundidade e a litologia específica destas camadas podem variar regionalmente dentro da bacia.

b) Formação de Batoka

A Formação de Batoka é constituída por uma série de rochas sedimentares que se formaram durante o Triássico Superior. Essa unidade geológica é predominantemente composta por arenitos, folhelhos e conglomerados, reflectindo as condições ambientais da época. A presença desses tipos de rochas sugere que a região era caracterizada por um sistema fluvial activo, com rios e deltas se desenvolvendo ao longo da paisagem. Os arenitos indicam a deposição de sedimentos em ambientes de rios, onde as partículas foram transportadas e depositadas pela água. Os folhelhos, por sua vez, geralmente se formam em ambientes mais calmos, como lagos ou áreas de pântano, onde os sedimentos finos podem se acumular. Os conglomerados, que são compostos por fragmentos maiores de rochas, indicam um ambiente de deposição mais energético, possivelmente associado a leitos de rios ou zonas de inundação.

c) Formação de Victoria

A Formação de Victoria é caracterizada por uma espessa sequência de rochas sedimentares depositadas durante o Jurássico Inferior. Esta unidade é predominantemente composta por folhelhos, calcários e arenitos, que indicam um ambiente marinho raso durante esse intervalo geológico. A presença desses sedimentos sugere um contexto deposicional influenciado por processos marinhos, com a formação de depósitos carbonáticos associados à actividade biológica característica desse tipo de ambiente.

d) Formação de Rhaetiano.

O Grupo de Rhaetiano consiste em uma sequência de rochas sedimentares depositadas durante o Jurássico Superior. Esta unidade é composta principalmente por arenitos, folhelhos e calcários, evidenciando novamente as condições de um ambiente marinho raso. As características litológicas deste grupo indicam processos deposicionais típicos de águas pouco profundas, onde a acumulação de sedimentos foi favorecida pela dinâmica marinha.

e) Formação de Inhassoro

O Grupo de Inhassoro representa uma unidade estratigráfica mais recente, correspondente ao Cretáceo. Esta formação é predominantemente composta por arenitos, folhelhos e calcários, reflectindo a deposição em um ambiente marinho raso. As características sedimentares desta unidade sugerem um ambiente favorável à acumulação contínua de sedimentos carbonáticos e siliciclásticos, associados a condições marinhas que prevaleceram durante o Cretáceo.

2.14.3.6. Geologia Local

Sob perspectiva geológica, o distrito de Luabo, província da Zambézia, insere-se na Bacia Sedimentar do Baixo Zambeze, com influência de formações Precâmblicas antigas e sedimentos mais recentes. Estudos indicam a presença de sedimentos arenosos finos de origem fluvial na área, que por sua vez, em alguns pontos, sedimentos recobrem formações metamórficas.

2.14.3.7. Clima do Distrito de Luabo

O Distrito de Luabo caracteriza-se por um clima tropical. Este Clima é definido por duas estações: uma quente e chuvosa, que ocorre de Novembro a Abril, e uma fresca e seca, que se

estende de Maio a Outubro. Na estação quente e chuvosa, as temperaturas em Luabo são elevadas, acompanhadas de uma alta humidade e uma significativa precipitação. Durante a estação quente e chuvosa, as temperaturas médias anuais na sede distrital de Luabo variaram entre 25,5 °C e 25,7 °C, e as temperaturas máximas médias oscilaram entre 35,1 °C e 35,5 °C (INE, 2024).

Na estação fresca e seca, as temperaturas em Luabo experimentam um ligeiro declínio, e a precipitação torna-se escassa. Ainda segundo dados do INE 2024, as temperaturas mínimas médias anuais, nesta estação, no distrito de Luabo ficaram consistentemente em torno de 17,9°C.

2.14.3.8. Vegetação do Distrito de Luabo

De acordo com estudos realizados, é possível inferir que a vegetação de Luabo caracteriza-se por uma rica diversidade de formações vegetais, influenciada pela proximidade ao delta do rio Zambeze e ao Oceano Índico. Nas áreas costeiras e adjacentes ao delta, predominam os mangais, que são formados por espécies de árvores e arbustos adaptadas a solos salinos e condições de inundação periódica (Alves e Sousa, 2007).

À medida que se avança para o interior, observa-se uma transição para florestas costeiras secas. Estas florestas apresentam um mosaico de diferentes tipos de vegetação, incluindo áreas dominadas por leguminosas e outras formações arbóreas e arbustivas que se adaptaram às condições climáticas e edáficas da região (Alves e Sousa, 2007).

Ao longo dos rios, desenvolve-se a vegetação ribeirinha, composta por espécies que toleram a humidade e as inundações sazonais. Essa vegetação pode variar desde formações herbáceas até florestas ripárias mais densas, que desempenham um papel crucial na estabilidade das margens dos rios e servem como habitat para a fauna local (adaptado de Timberlake, 2000).

Também podem ser encontradas zonas de aluvião associadas aos principais rios, onde a vegetação é influenciada pelos depósitos de sedimentos e pela dinâmica fluvial. Essas áreas apresentam uma vegetação variada, dependendo da frequência e intensidade das inundações, bem como das características do solo (adaptado de Timberlake, 2000).

2.14.3.9. Solos do Distrito de Luabo

O Distrito de Luabo encontra-se inserido na Bacia Sedimentar do Baixo Zambeze, são caracteristicamente formados por depósitos sedimentares do Quaternário. Estes depósitos são compostos principalmente por materiais finos, como areias médias a muito finas e argilosas, com origens fluvial, eólica e/ou marinha. Em algumas áreas, podem ser encontrados depósitos argiloarenosos.

2.14.3.10. Geomorfologia do Distrito de Luabo

O Distrito de Luabo caracteriza-se por uma ampla planície deltaica e costeira, com altitudes geralmente baixas, variando entre 5 e 20 metros. O relevo é predominantemente plano, apresentando uma suave ondulação, além de incluir algumas áreas com formações convexo-côncavas e feições como dunas.

2.14.3.11. Hidrogeologia do Distrito de Luabo

Os principais rios de primeira ordem que limitam o Distrito de Luabo são: o rio Zambeze e Inhamara. Por outro lado, os principais rios de segunda ordem (ou seja, que desaguam num rio de primeira ordem) que atravessam o distrito são: Inhaombe e o rio Mapanianne.

De acordo com a notícia explicativa 1/1000000, as formações aquíferas do Distrito de Luabo são bastante diversificadas em termos de produtividade.

Na zona sul do distrito os aquíferos são de produtividade limitada (aquíferos do tipo C1) constituídos a partir de depósitos de materiais finos (argilas incluindo por vezes areias, ou de areias médias a muito finas argilosas de origem eólica e/ou marinha). Na zona central da Sede do distrito e na zona interior do distrito, há aquíferos do tipo A3 e A2 constituídos por depósitos arenosos de origem fluvial, por vezes calhaus e siltes ou leitos argilosos, e depósitos A1 constituídos por argilas com interstratificação arenosas, de origem aluvial com intercalações de lentes de calcário lacustre.

No Distrito de Luabo e para os aquíferos que ocorrem no litoral, dos tipos C1, as águas subterrâneas são capazes de satisfazer extrações de pequena escala, com caudais esperados entre 3 e 5 m³/h, suficientes para pequenas aldeias e pequenas manadas de gado bovino. Na parte central (na Sede, onde se localiza a área de estudo) ocorrem aquíferos muito productivos e productivos do tipo A1 e A2 e moderamente productivos do tipo A3 junto ao vale do Rio

Inhaombe cujas águas subterrâneas são capazes de satisfazer extrações de média e grande escala com caudal que variam de 10-50 m³/h. A mesma área também é dominada por fracturas com sentido WNW-ESE.

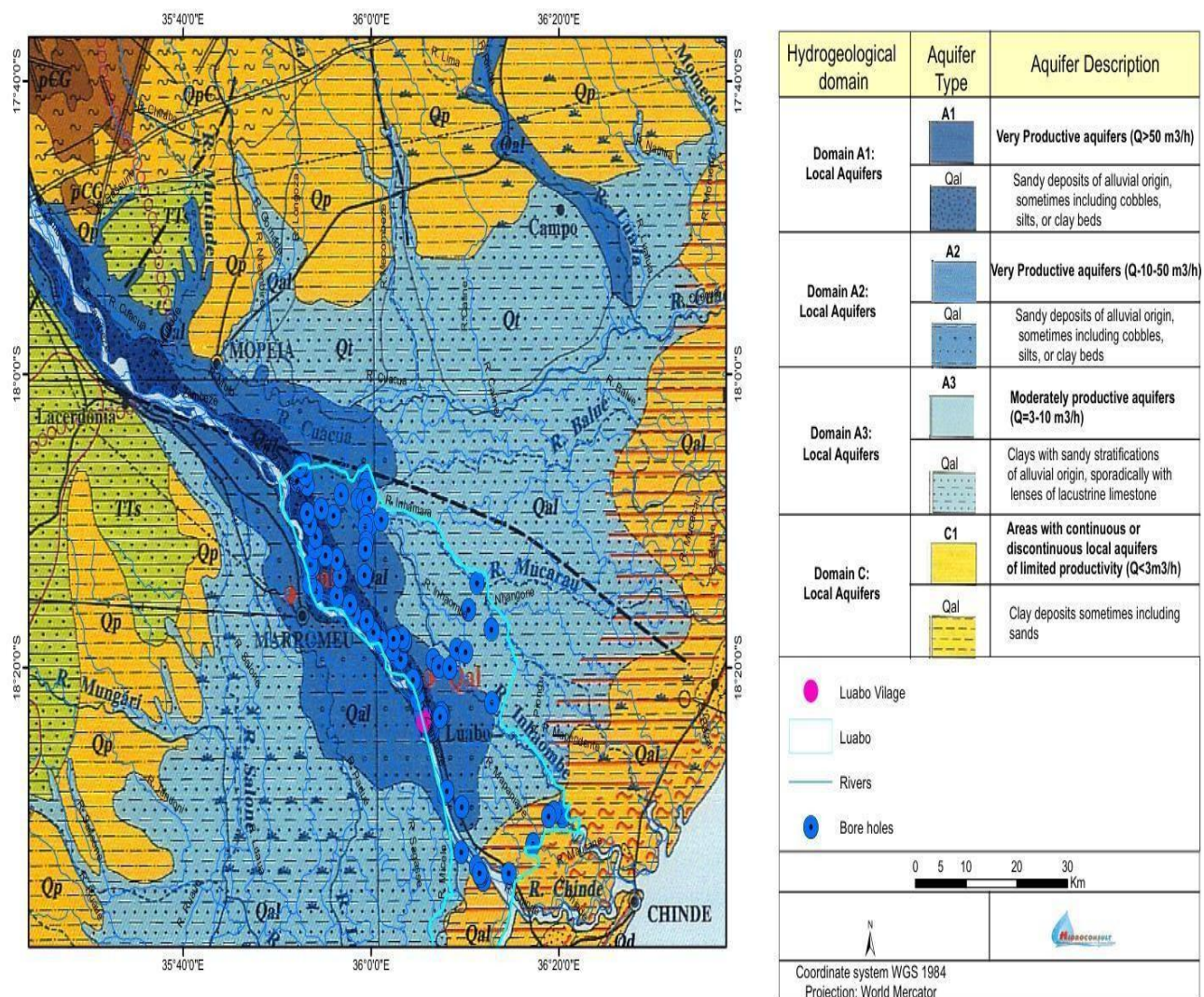


Figura 20: Extrato do Mapa Hidrogeológico de Moçambique (escala 1/1.000.000).

Os furos do distrito de Luabo encontram-se numa área sem problemas de intrusões salinas. A Probabilidade de existência de água salubre nessas zonas é reduzida.

2.14.3.12. Situação de Abastecimento de Água

Na Sede de Luabo o abastecimento de água é, neste momento, realizado através de 41 fontes dispersas constituídas por furos e poços. Existe também um (1) SAA construído em 2022 que dista a cerca de 3 km da Vila, na zona de Socozinho.

Tabela 6: Operacionalidade das Fontes de Água da Vila Sede de Luabo (Área de Estudo 1)

Distrito	Furos			Poços			SAA			Total de Fontes Oper.
	Exist	Avar	Oper	Exist	Avar	Oper	Exist	Avar	Oper	
Luabo	20	01	19	22	03	19	01	0	01	42

Tabela 7: Dados de furos existentes na Vila Sede de Luabo segundo o banco de dados da DNGRH/SINAS (Área de Estudo 1)

Código do Furo	Bairro	Latitude	Longitude	Profundidade	Caudal (m ³ /h)	Cond (uS/cm)	Tipo de Fonte	Estado da Fonte	Nr de Beneficiários
041901/1009/2019	Badone	- 18.5023763	36.3395	5	5	>2000	Poço	Operacional	200
041901/1008/2019	Badone	- 18.4981555	36.3371174	5	5	>2000	Poço	Operacional	335
041901/1007/2006	Mussapeia	- 18.4975954	36.3240069	5	4	>2000	Poço	Operacional	129
041901/1006/2019	Mussapeia	- 18.5026297	36.3155401	5	4	>2000	Poço	Operacional	86
041901/0013/2015	Bairro Central	- 18.4052243	36.1078865	42	2	>2000	Furo	Operacional	640
041901/0014/2020	Bairro Central	-18.40458	36.1045233	40	1	>2000	Furo	Operacional	300
041901/0015/2015	Bairro Central	- 18.4035766	36.1029928	38	2	2.50	Furo	Operacional	250
041901/0004/2018	Bairro Central	-18.400467	36.1002376	8	2	>2000	Poço	Operacional	300
041901/0011/2018	Bairro Cássoa	- 18.3976755	36.1082674	8	2	>2000	Poço	Operacional	300
041901/0009/2015	07 de	- 18.3982795	36.101433	38	2	1285.0	Furo	Operacional	300

	Abril					0			
041901/0004/2018	Biane	- 18.3984517	36.0973383	6	2	SI	Poço	Inoperacional	—
041901/0017/2000	Guerreiro A	-18.39771	36.0966351	7	2	>2000	Poço	Operacional	450
041901/0053/2021	Guerreiro A	- 18.3963835	36.0966368	41	4.5	SI	Furo	Operacional	430
041901/0003/2018	Biane	- 18.3953733	36.0983533	6	2	>2000	Poço	Operacional	525
041901/0018/2020	Guerreiro A	- 18.3954752	36.0943537	40	2	>2000	Furo	Operacional	301
041901/0002/2020	Biane	-18.393875	36.09974	40	2	>2000	Furo	Operacional	450
041901/0019/2020	Guerreiro	- 18.3943087	36.0945935	42	2	>2000	Furo	Operacional	300
041901/0001/2020	Biane Mangone	- 18.3924738	36.098672	40	2.5	>2000	Furo	Operacional	344
041901/0007/2019	Biane Mangone	- 18.3908066	36.0972934	7	2	>2000	Poço	Operacional	344
041901/0006/2017	Biane Centro de Saúde	- 18.3910448	36.0958997	7	2	>2000	Poço	Operacional	215
041901/0020/2017	Guerreiro A	- 18.3913385	36.0919896	42	2	>2000	Furo	Operacional	301
041901/0021/2004	Guerreiro A	-18.3898702	36.0923677	6	2	>2000	Poço	Operacional	350
041901/0022/2018	Guerreiro A	- 18.3897014	36.0905098	32	2	>2000	Furo	Operacional	250
041901/1016/2024	Guerreiro A	- 18.3892217	36.0919676	42.5	4.8	>2000	Furo	Operacional	350
041901/0005/2018	Biane Célula	- 18.3878476	36.0941195	42	2	>2000	Furo	Operacional	172
041901/0032/2017	Guerreiro B	- 18.3856226	36.0892911	8	2	>2000	Poço	Operacional	350
041901/0031/2015	Guerreiro B	- 18.3824204	36.0884976	8	2	>2000	Poço	Operacional	215
041901/0026/2015	Gunda	- 18.3693567	36.08268	8	2	>2000	Poço	Operacional	350
041901/0027/.200	Gunda Reassentamento	- 18.3530779	36.0786322	45	2	SI	Furo	Inoperacional	—
041901/0030/2017	Gunda Reassentamento	- 18.3511128	36.0795796	8	2	>2000	Poço	Operacional	500
041901/0025/2015	Gunda Reassentamento	- 18.3504602	36.0786957	42	2	>2000	Furo	Operacional	500
041901/0029/2005	Gunda	- 18.3471138	36.0762337	9	2	>2000	Poço	Operacional	500

	Reassentamento								
041901/0028/2005	Gunda Reassentamento	- 18.3469038	36.0742997	8	2	SI	Poço	Inoperacional	—
041901/0024/2017	Caoxe Novo	- 18.3236826	36.0523906	42	2	>2000	Furo	Operacional	350
041901/0023/2020	Caoxe Velho	- 18.3128787	36.038327	40	2	>2000	Furo	Operacional	350
041901/0056/2021	Condoeira	-18.30302	36.0594417	27	4.5	285.00	Furo	Operacional	1040
041901/0041/2004	Condoeira	- 18.3016366	36.0594625	9	2	SI	Poço	Inoperacional	—
041901/0040/2013	Condoeira	-18.299445	36.0552538	8	2	>2000	Poço	Operacional	258
041901/0039/2018	Luísa Diogo,Mafumane	- 18.3002543	36.0396667	18	2	>2000	Furo	Operacional	300
041902/0076/2006	Sardinha 1	- 18.3031944	36.0173021	8	2	>2000	Poço	Operacional	350
041901/0048/2008	Thunguma	- 18.2675585	36.1726819	8	2	SI	Poço	Inoperacional	—
041901/0047/2005	Chincune	-18.236758	36.1880194	9	2	>2000	Poço	Operacional	SI

Tabela 8: Dados de furos existentes na Vila Sede de Luabo segundo o banco de dados da DNGRH/SINAS (Área de Estudo 1)

Ord.	Zona	NH/M	Caudal	ND/M	Cond (US/cm)	Imersão	Latitude	Longitude
1	Mangombo	4.7	4800	8	548	31.5	-18° 1'258,50921"S	36°0'6,30736"L
2	Lunguzi	4.65	2400	10	750	27.8	-18° 1'456,57991"S	36°0'17,15772"E
3	Sardinha	4.73	4800	9	398	22.4	-18° 18'11,58167"S	36°1'1,95789"E
4	Guerreiro-A	3.47	4800	7	900	22	-18°23'21,53469"S	36°5'31,60825"E
5	Pudi	6.9	3600	8	830	25.3	-18°6'4251426"S	36°4'47,50344"E
6	Gamba	6.78	3600	9	980	22	-18°7'53,0488"S	36°4'33,38184"E
7	Nuri Ponte	7.1	2800	8	650	28.5	-18°7'50,916"S	36°1'31,04256"E
8	Nguindi	4.96	3600	7	250	24.5	-18°7'20,27332"S	35°55'47,85495"E
9	Chionga	5.38	2400	8	530	28	-18°7'20,27332"S	35°55'47,85495"E
10	Nkossene	5.35	3600	8	620	31.5	-18°7'20, 16899"S	35°55'4,55445"E
11	Cambanca	4.58	3600	6	552	28.5	-18°9'29,03491"S	35°53'11,92633"E
12	Tchindjico	4.61	3600	7	420	25.3	-18°17'14,14176"S	35°57'15,05844"E
13	Ngomua-B	5.22	3600	8	680	28	-18°9'509526""S	35°57'20,80656"E
14	Rovuma-B	5.22	2400	7	620	32.6	-18°24'54,6694""S	36°13'35,99853"E
15	1* de Maio	3.76	4800	5	1740	22.4	-18°24'54,6694"S	36°13'35,99853"E

**2.14.3.13. Ilustrações das Fontes de abastecimento de água na Vila Sede de Luabo
(Área de Estudo 1)**



Figura 21: Fontanário de duas bicas; Fonte:Autora.



Figura 22: Furo da área de captação de SAA; Fonte: Autora.



Figura 23:Depósito antigo elevado; Fonte: Autora.



Figura 24: Depósito actual elevado; Fonte: Autora.

Tabela 9: Características do SAA da Vila Sede de Luabo (Área de Estudo 1)

Componente do SAA	Descrição
Captação	<p>Composto por uma fonte de captação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • F1- P= 40 m; Q= 3.90m³/h.
Centro Distribuidor	<p>Possui um depósito elevados de 30.000 m³: Existindo outro antigo do tempo colonial que não esta em funcionamento</p>
Distribuição	<p>Rede: PVC de 4 km;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de rede de distribuição: Mista • Tipo de ligação: Fontanário e domiciliar; • Bairros ligados ao SAA: Socovinho, Perira e Bento A • Numero de beneficiários: 1285

2.14.3.14. Localização das SEV's da Área de Estudo 1

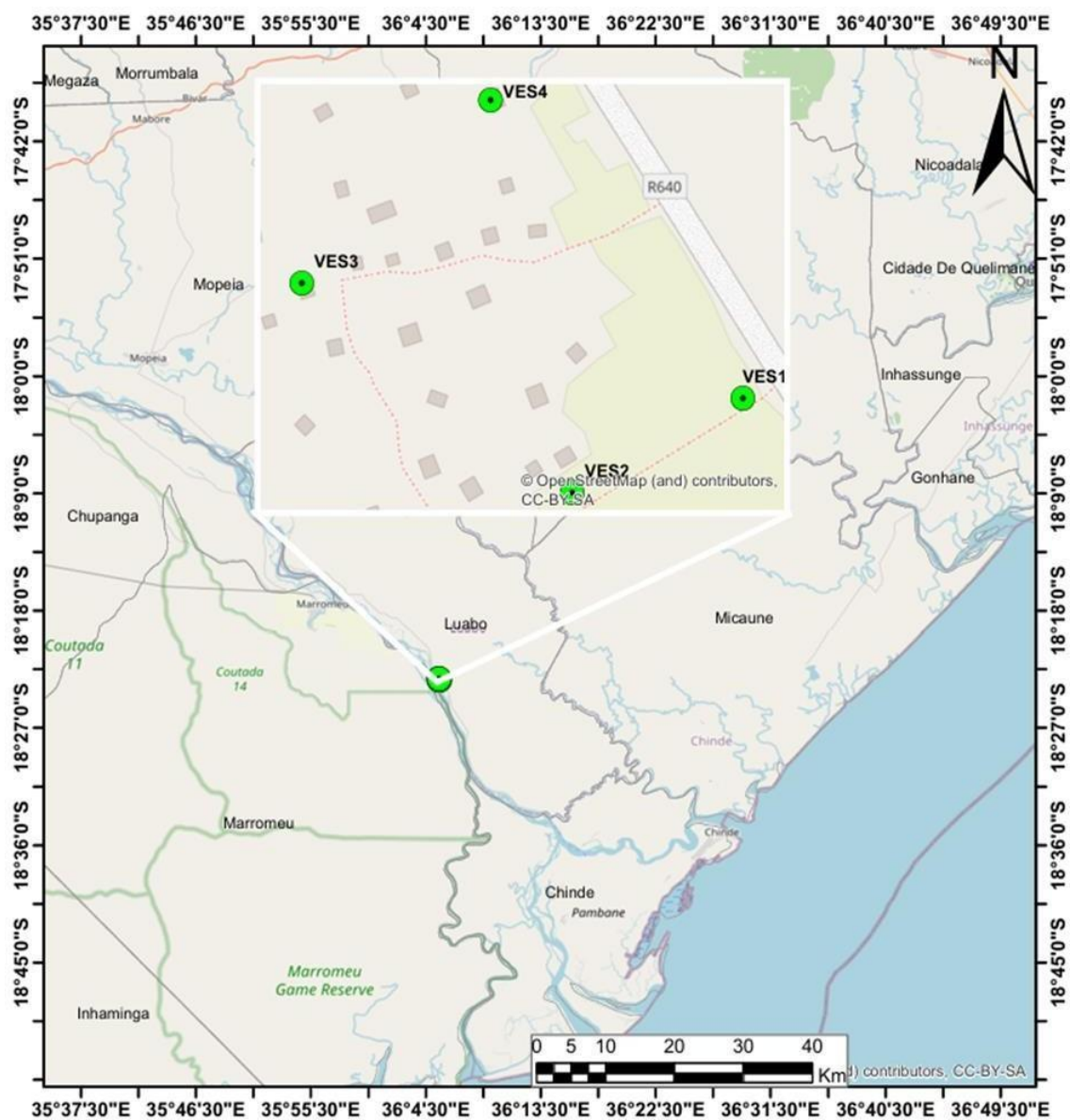


Figura 25: Ilustra a localização das SEVs feitas na vila sede de Luabo; Fonte: Autora.

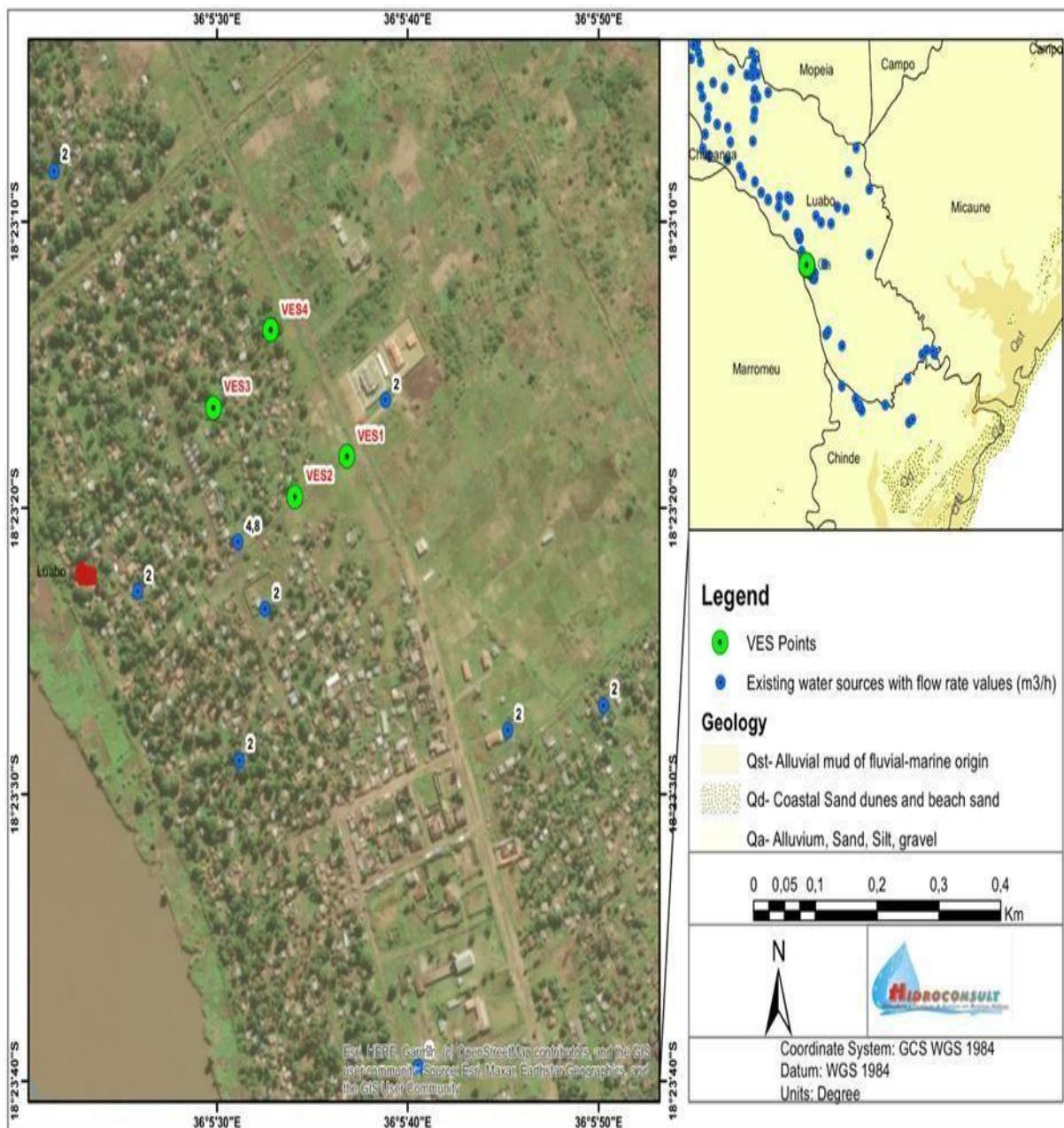
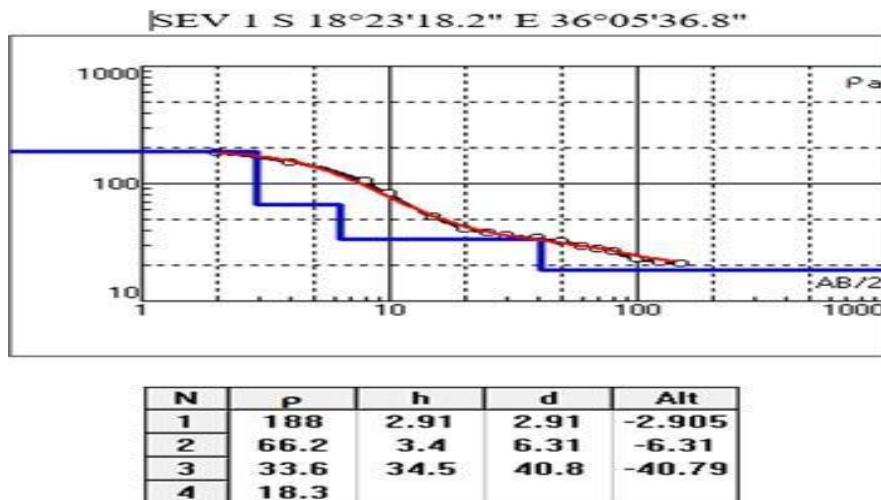
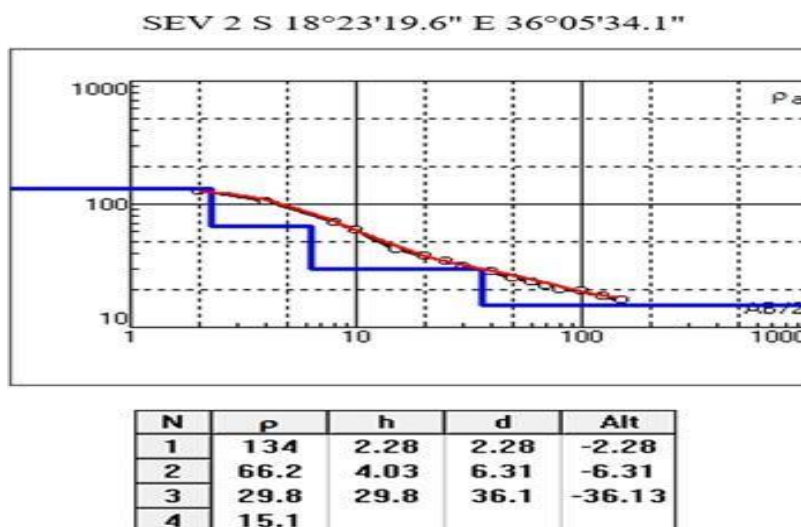


Figura 26: Ilustra a área de estudo 1 onde foram realizadas as SEVs sobreposta com a geologia local e caudal dos furos existente.

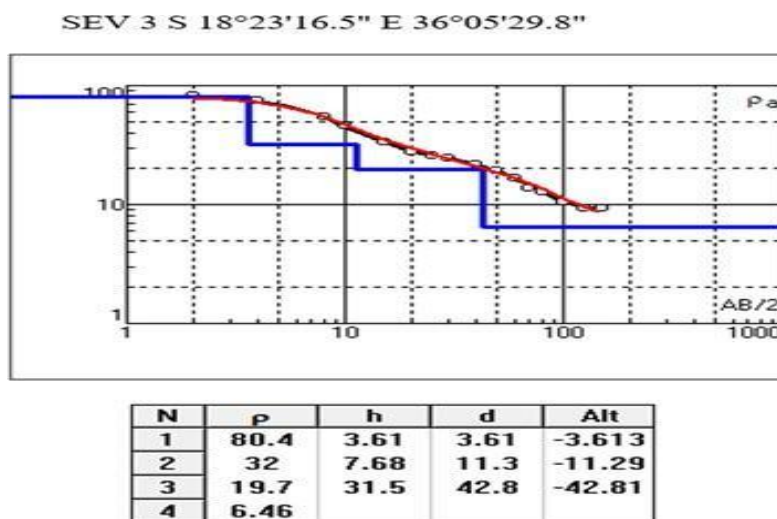
2.14.3.15. Resultados e Discussões da Área de estudo 1 (Vila Sede de Luabo)



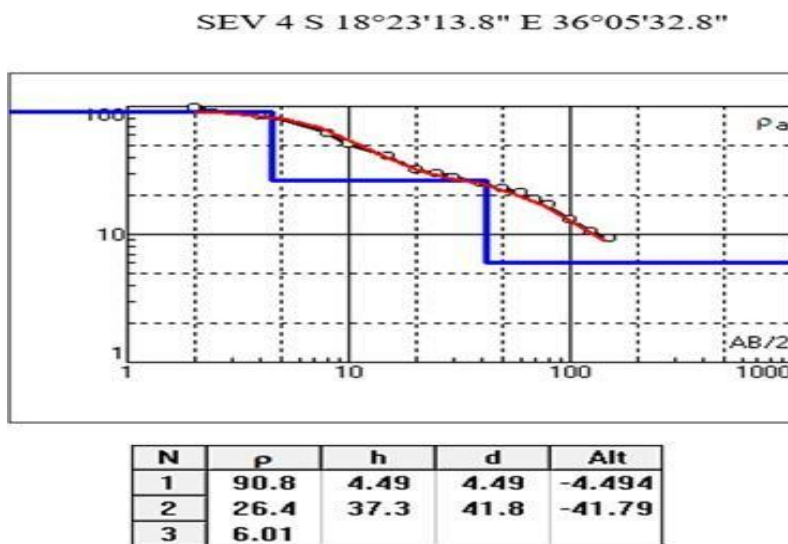
SEV1: Próximo a superfície, as resistividades exibem valores altos a médios, variando entre 188 Ωm e 33.6 Ωm . No entanto, a partir da quarta camada, a resistividade diminui atingindo valores abaixo de 18.3 Ωm .



SEV2: Apresenta resistividades médias, desde a superfície até 36.1 m de profundidade.



SEV3: Próximo a superfície, as resistividades exibem valores médios. No entanto a partir de 42.8 metros de profundidade as resistividades exibem valores baixos.



SEV4: Apresenta valores de resistividade médios que variam de 90.8 $\Omega.m$ a 26.4 $\Omega.m$, apenas nas camadas perto da superfície. Assim sendo as camadas posteriores apresentam valores de resistividade muito baixos.

Tabela 10 :Discussões da Vila Sede de Luabo.

Local	Desig	Coordenadas Geográficas		Resistividade da Camada de água (Ωm)	Estimativa da Profundidade da Rocha (m)	Profun. Recomendada para SAA	Pref. do pedido
		Latitude	Longitude				Positivo
Luabo	SEV1	18°23'18.2''S	36°05'36.8''E	33,6	>60	35-40	Positivo
	SEV2	18°23'19.6''S	36°05'34.1''E	29,8	>60		Positivo
	SEV3	18°23'16.5''S	36°05'29.8''E	19,7	>60		Positivo
	SEV4	18°23'13.8''S	36°05'32.8''E	26,4	>60		Positivo

A Pesquisa geofísica foi realizada ao longo de uma planície inserida em uma área hidrogeologicamente classificada como detentora de aquíferos do tipo A. Esta classificação é indicativa de sistemas aquíferos com produtividade geralmente elevada, com potencial para fornecer vazões superiores a 50 m³/h (conforme ilustrado na Figura 4). Do ponto de vista geológico, a área de estudo é caracterizada pela predominância de formações sedimentares fanerozoicas (designadas como Qa, Qd, Qst), constituídas principalmente por depósitos arenosos de gênese fluvial, que podem incluir, em proporções variáveis, seixos, siltes e camadas argilosas.

Estas formações apresentam elevada porosidade e permeabilidade, atributos essenciais para o desenvolvimento de aquíferos produtivos.

As curvas de Sondagem Elétrica Vertical (SEV) obtidas na localidade de Luabo exibem um padrão do tipo A decrescente, morfologia característica de aquíferos presentes em bacias sedimentares. A análise dos valores altos a médios de resistividade aparente sugere a ocorrência de aquíferos produtivos em formações de natureza granular. Adicionalmente, a configuração das curvas de SEV indica a presença de uma significativa saturação hídrica no subsolo, com potencial para exploração de vazões superiores a 2,3 m³/h, volume considerado adequado para o abastecimento de água através de sistemas de captação subterrânea.

Em consonância com a interpretação dos dados de SEV, recomenda-se que as profundidades de perfuração dos poços se situem dentro dos limites especificados na Tabela 5. Contudo, em consideração às condições hidrogeológicas locais, a profundidade efectiva de perfuração será determinada mediante o monitoramento contínuo das variações litológicas identificadas

durante o processo de perfuração, em conformidade com os procedimentos técnicos geofísicos.

A demanda hídrica e a vazão individual dos poços na área de estudo exercem influência significativa sobre o número total de poços necessários para compor o campo de exploração. Uma menor vazão por poço implica a necessidade de um maior número de furos para atender à demanda. O levantamento e análise dos poços existentes na área revelaram que estes apresentam vazões aquém da demanda requerida, o que impõe a necessidade de um campo de poços de maior extensão e com um número elevado de unidades de captação, ou a implementação de múltiplos campos de poços na área de estudo.

2.14.3.16. Área de Estudo 2 (Luabo) Enquadramento geográfico

A Área de estudo 2 localiza-se no Posto Administrativo de Chibamzo, região Norte do distrito de Luabo.

2.14.3.17. Situação de Abastecimento de Água

No Posto Administrativo de Chibamzo, o Abastecimento de Água actualmente é realizado através de 37 fontes dispersas constituídas por furos (14) e poços (23). Existe, também, um (1) SAA de propriedade estatal construído em 2022 que abrange os bairros de Carneiro, Mulimba e Muessa.

Tabela 11: Operacionalidade das fontes do Posto Administrativo de Chibamzo

Distrito	Furos			Poços			SAA			Total de Fontes Operacionais
	Exist	Avar	Oper	Exist	Avar	Oper	Exist	Avar	Oper	
Luabo	14	0	14	26	03	23	01	0	01	42

2.14.3.18. Ilustração das Fontes de abastecimento de água em Chibamzo



Figura 27: Ilustra um Poço com bomba Manual; Fonte: Autora.



Figura 28: Ilustra um Furo com bomba manual; Fonte: Autora



Figura 29: Ilustra um Furo com bomba manual; Fonte: Autora.

Tabela 12: Dados de furos existentes no Banco de Dados da DNGRH/SINAS

Código do Furo	Zona	Latitude	Longitude	Prof	Caudal (m3/h)	Tipo de Fonte	Estado da Fonte	Nr de Beneficiários
041902/0087/2006	Arcor	-18.1983706	Ta Meoulos	8	2	Poço	Operacional	301
041902/0088/2007	Marcacao Arcor	-18.1899759	35.9913456	9	2	Poço	Operacional	350
041902/0110/1995	Marcacao	-181.726,084	35.9896744	9	2	Poço	Operacional	350
041902/0089/2010	Macacao tchetcha	-18.1713145	35.9976527	9	2	Poço	Operacional	350
041902/0090/2017	Puete	-18.1646654	36.0172777	30	2	Furo	Operacional	350
041902/0083/2013	Nhansanzi	-18.162255	35.9914571	10	3	Poço	Operacional	360
041902/0111/2013	Ntauga	-18.1782986	36.0495093	10	2	Poço	Operacional	300
041902/0071/2006	Morais	-18.1434979	35.9870329	8	2	Poço	Operacional	1800
041902/0073/2017	Sonda	-18.1323422	35.9883635	18	2	Furo	Operacional	420
041902/0075/2020	Fulane	-18.1232047	35.9922028	28	2	Furo	Operacional	480
041902/0071/2006	Capovo	-18.1142193	35.9863159	25	2	Furo	Operacional	420
041902/0119/2017	Fulane	-18.1411511	35.9968803	10	2	Poço	Inoperacional	—
041902/0109/2017	Ngomua	-18.1597077	35.9333149	32	1	Furo	Operacional	360
041902/0108/2020	Nbinga	-18.1523005	35.9112097	20	2	Furo	Operacional	360
041902/0162/2017	Safrao	-18.2293531	35.9445763	35	2	Furo	Operacional	322
041902/0125/2020	Colo	-18.2098469	35.9399073	32	2	Furo	Operacional	645
041902/0124/2020	Zuze	-18.2064548	35.9190014	40	2	Furo	Operacional	600
041902/0099/2006	Bongue	-18.1971109	35.9005482	8	2	Poço	Operacional	660
041902/0100/2007	Mahundo	-18.1847243	35.901998	9	2	Poço	Operacional	420
041902/0091/2005	Borroma	-18.1705388	35.8907377	8	2	Poço	Operacional	300
041902/0165/2024	Nchingico	-18.1578819	35.886592	40	3.6	Furo	Operacional	300
041902/0098/2005	Geral sede	-18.2168374	35.8925379	8	3	Poço	Operacional	420
041902/0112/2013	Dona Ana	-18.2369964	35.8910491	9	2	Poço	Operacional	600
041902/0085/2005	Ncuir	-18.2463804	35.9026901	9	2	Poço	Inoperacional	—
041902/0086/2012	Doe	-18.2278916	35.988577	9	2	Poço	Operacioanl	300
041902/0127/2014	Nhagombe 1	-18.2711991	35.9686904	9	2	Poço	Inoperacional	—
041902/0079/2020	Nhagombe 2	-18.2607911	35.9628271	8	2	Poço	Operacional	420

041902/0078/2006	Nhagombe	-18.2802158	35.9917742	8	1	Poço	Operacional	350
------------------	----------	-------------	------------	---	---	------	-------------	-----

	1							
041902/0077/2010	Sardinha 2	-18.2939653	36.0039916	10	2	Poço	Operacional	350
041902/0116/2021	Cachite	-18.22381	36.0791233	32	2	Furo	Operacional	350
041902/0118/2021	Cachite	-18.2068717	36.0674724	30	1	Furo	Operacional	350
041902/0111/2013	Ntauga	-18.1782986	36.0495093	10	2	Poço	Operacional	300
041902/0133/2018	Agosto	-18.1575228	36.0650094	9	2	Poço	Operacional	360
041902/0021/2021	Nhane	-18.1355647	36.1087388	40	2	Furo	Operacional	350
041902/0102/2013	Carneiro	-18.1214638	35.8686797	8	2	Poço	Operacional	360
041902/0107/2010	laia	-18.1039875	35.8735522	9	2	Poço	Operacional	180
041902/0101/2010	Gindombe	-18.125546	35.8867962	10	2	Poço	Operacional	300
041902/0103/2005	Colete	-18.1143169	35.8833567	9	2	Poço	Operacional	360
041902/0163/2019	laia	-18.1021568	35.8804287	6	2	Poço	Operacional	602

Tabela 13: Características do SAA do Posto de Chibamzo

Componente do SAA	Descrição
Captação	Composto por uma fonte de captação: • F1- P= 48m; Q= 3.3m ³ /h.
Centro Distribuidor	Possui dois depósitos elevados de 30.000 m ³ e 10.000 m ³ .
Distribuição	• Rede: PVC de 4 km; • Tipo de rede de distribuição: Mista • Tipo de ligação: Fontanário • Bairros ligados ao SAA: Carneiro, Mulimba e Muessa • Numero de beneficiários: 1200

2.14.3.19. Localização das SEVs em Chibamzo

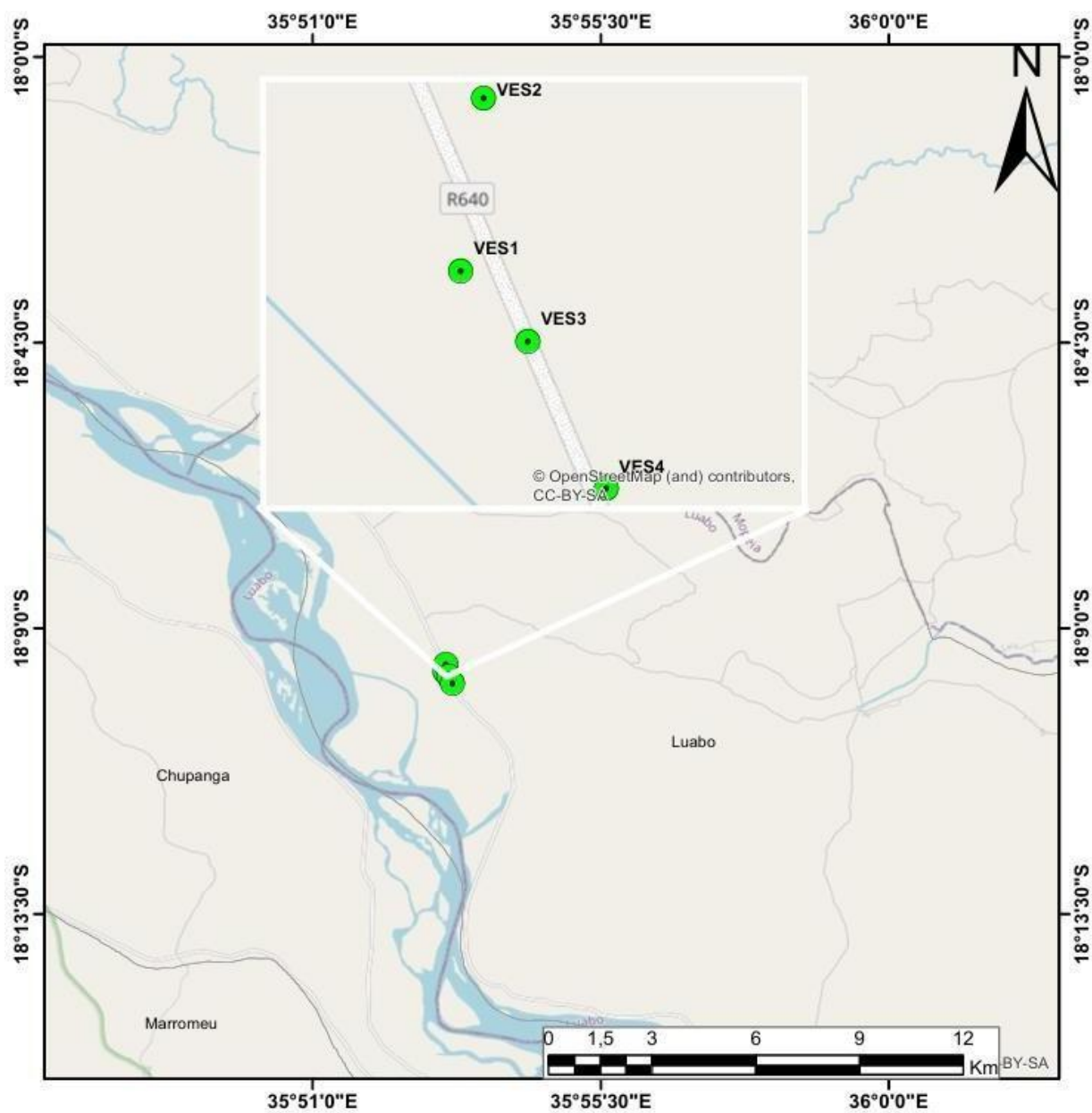


Figura 30: Ilustra um mapa de localização das SEVs feitas em Chibamzo; Fonte: Autora.

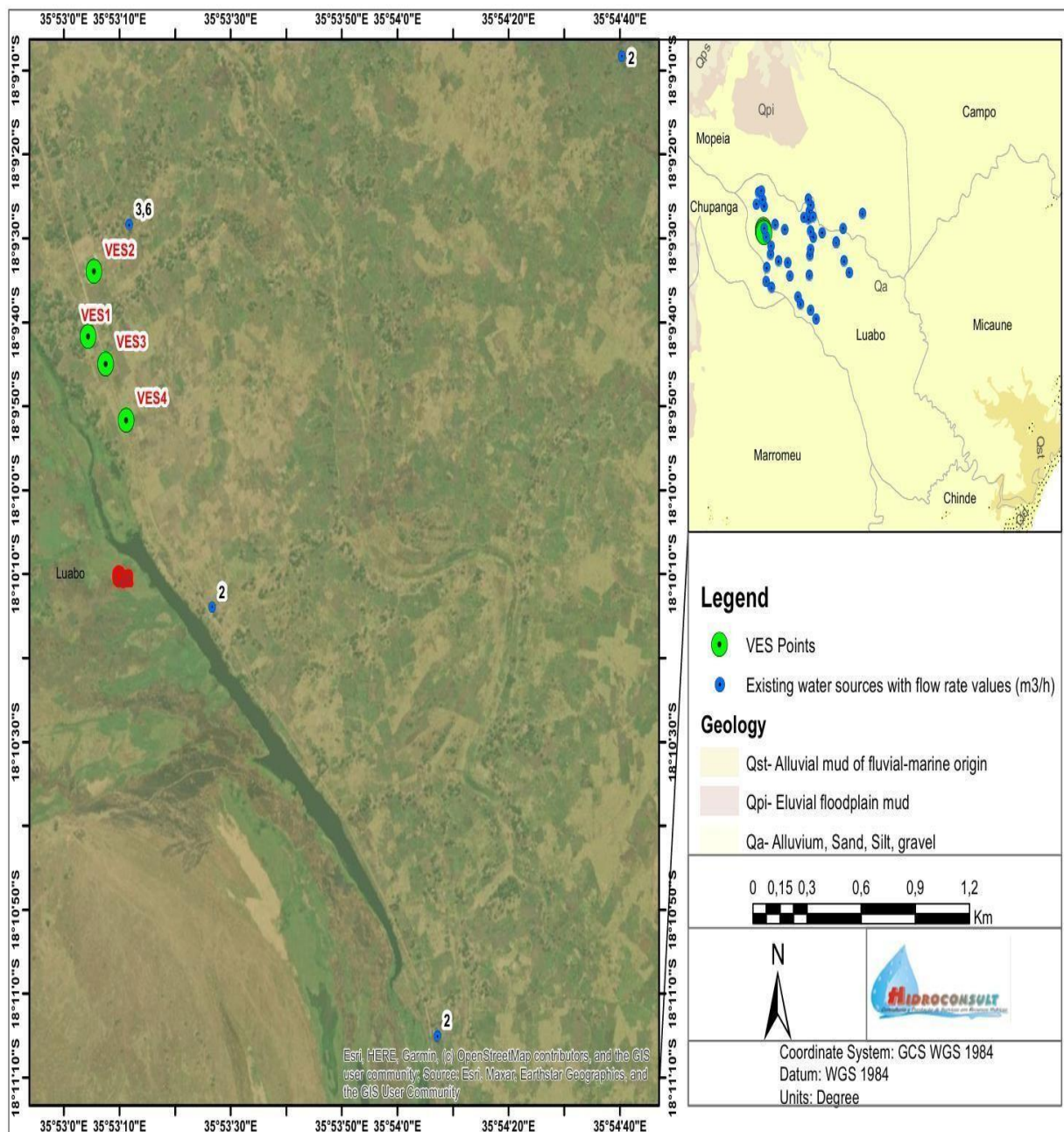
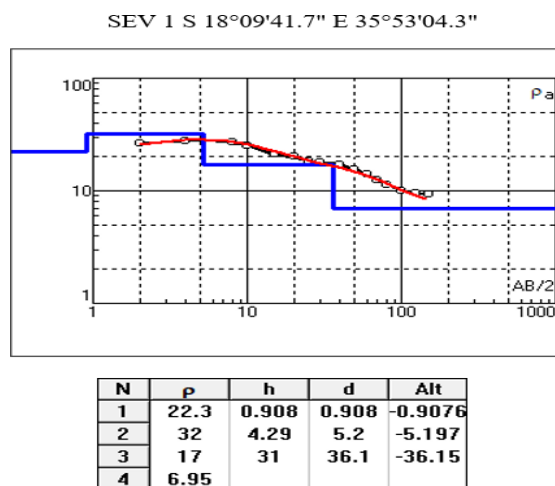


Figura 31: Ilustra a área onde foram realizadas as SEVs sobrepostas com a geologia local e caudal dos furos existentes; Fonte: Equipe Hidroconsult



Figura 32: Ilustra um levantamento geofísico, usando o equipamento Pasti; Fonte: Autora.

2.15. Resultados e Discussões da Área de Estudo 2 (Chibamzo)

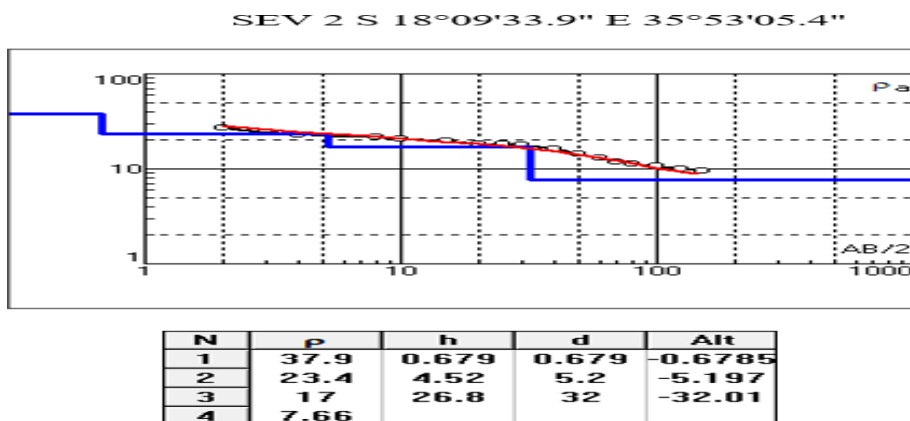


Onde:

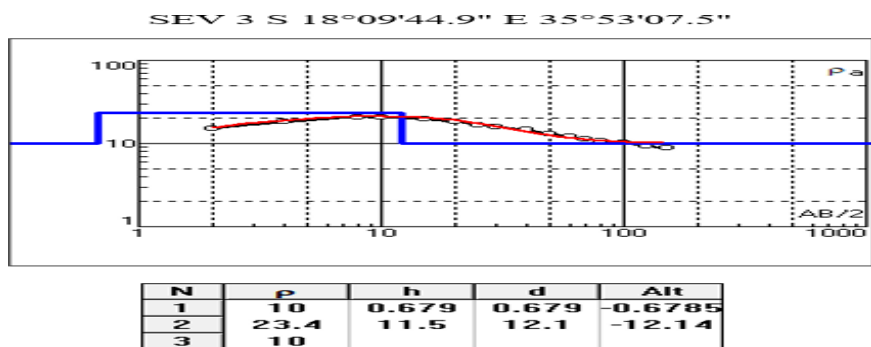
N- é o número da camada; **p-** é a resistividade aparente; **h-** é a espessura da camada; **d-** é a profundidade; **Alt-** é a altitude

SEV1: Até 5.2 metros de profundidade a resistividade exibe valores médios, e a partir de 36.1 metros de profundidade o valor da resistividade tende a diminuir.

SEV2: Na camada próxima a superfície, a resistividade exibe um valor médio de 37.9 Ohm.metro, porém, nas camadas posteriores, a cerca de 5.2 metros de profundidade, a resistividade começa a diminuir de forma decrescente.



SEV3: As Resistividades neste ponto tendem a exibir valores baixos, embora na segunda camada é possível notar um valor próximo ao limite considerado para apanhar boa água que é de 25 Ohm.metro



SEV4: A Camada próxima a superfície exibe uma resistividade com valor médio a alto de 131 Ohm.metro, na segunda camada ,a cerca de 13.7 metros de profundidade o valor da resistividade diminui, atingindo 27.7 Ohm.metro, e na terceira camada o valor da resistividade diminui de forma brusca para 11.8 Ohm.metro, saindo do padrão pretendido

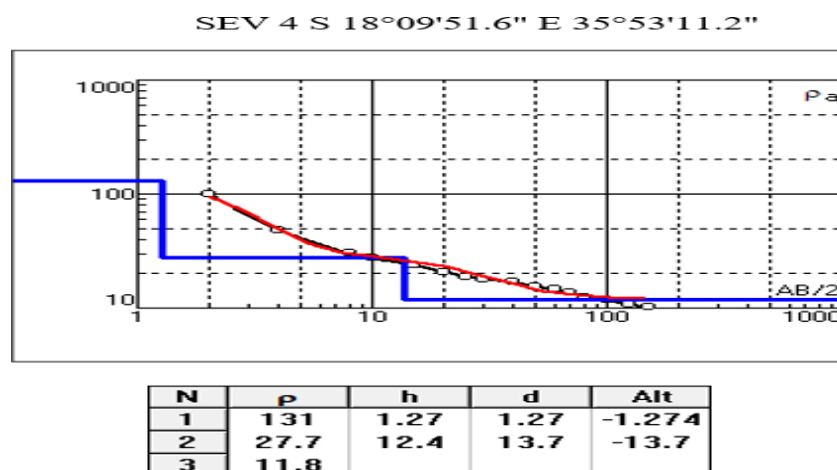


Tabela: 14: Discussões da área de estudo 2

Local	Desig	Coordenadas Geográficas		Resistividade da Camada de água (Ω m)	Estimativa da Profundidade da Rocha (m)	Profundidade Recomendada para SAA	Pref. do Pedido
		Latitude	Longitude				
Chibamzo	SEV1	18°09'41.7''S	35°53'04.3'E	17,0	>60	08-35	Positivo
	SEV2	18°09'33.9''S	35°53'05.4'E	17,0	>60		Positivo
	SEV3	18°09'44.9''S	35°53'07.5'E	10,0	>60		Positivo
	SEV4	18°09'51.6''S	35°53'11.2'E	27,7	>60		Positivo

A Pesquisa Geofísica foi realizada ao longo de uma zona de planície. A área onde foi realizada a pesquisa encontra-se numa área hidrogeologicamente classificada como aquíferos do tipo A- caracterizados por uma produtividade geralmente elevada, podendo fornecer caudais acima de 50m³/h. Geologicamente, encontra-se numa área dominada por formações sedimentárias do

Fanerozoico (Qa, Qd, Qpi), sendo dominada por depósitos arenosos de origem fluvial, incluindo, por vezes, calhaus, siltes ou leitos argilosos, que constituem formações com elevada porosidade e permeabilidade para a existência de aquíferos produtivos.

As curvas das SEVs realizadas em Chibamzo são do tipo A decrescente e QH que são curvas características de aquíferos de áreas sedimentares, com variações de camadas permeáveis e impermeáveis, podendo indicar aquíferos semi-confinados.

Nota-se, ainda, através da morfologia das curvas que se trata de uma área com bastante água, sob a qual há possibilidades de explorar caudais superiores a $2,4\text{m}^3/\text{h}$, suficientes para a captação subterrânea para um sistema de abastecimento de água.

De acordo com os resultados da interpretação do SEV, é recomendado que as profundidades dos furos estejam dentro dos limites apresentados na tabela acima. No entanto, levando em consideração as condições hidrogeológicas locais, a profundidade real de perfuração será definida, controlando a variação na litologia durante a perfuração, conforme indicado nos procedimentos técnicos de perfuração.

A demanda e o caudal dos furos da área de estudo influenciam muito no número de furos a realizar no campo de furos, quanto menor for o caudal maior será o número dos furos a realizar. Na zona de estudo, fez-se um levantamento e análise dos furos existentes e notou-se que esses furos apresentam um caudal muito baixo para a demanda requerida, o que vai exigir um campo de furos mais amplo e com um número elevado de furos, ou mais de um campo de furos na área de estudo.

3. Conclusões

O estágio profissional realizado nos distritos de Mopeia e Luabo, na província da Zambézia, representou uma oportunidade ímpar para aplicar os conhecimentos adquiridos durante a formação académica em Cartografia e Pesquisa Geológica. Por meio da utilização da Sondagem Eléctrica Vertical (SEV), foi possível identificar áreas com potencial hídrico subterrâneo, contribuindo de forma significativa para a avaliação e futura implementação de sistemas de abastecimento de água.

Os dados obtidos demonstraram que a técnica de SEV é eficaz na caracterização hidrogeológica, permitindo inferir sobre a profundidade dos aquíferos, sua produtividade e a viabilidade de exploração dos recursos hídricos subterrâneos. As análises realizadas indicaram a presença de aquíferos promissores, tanto em zonas sedimentares quanto em áreas de rochas cristalinas, o que reforça a importância da aplicação de métodos geofísicos na gestão dos recursos hídricos. Por outro lado, de acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que há realmente uma necessidade de expandir-se sistemas de abastecimento de água nas regiões para garantir a realização de actividades diárias da população.

Foi, também, possível constatar que existem nas regiões estudadas, aquíferos com potencial significativo capaz de atender à demanda de futuros sistemas de abastecimento de águas e as curvas de SEV obtidas em Luabo são características de áreas sedimentares que indicam a presença de aquíferos com variações de camadas permeáveis e impermeáveis, podendo ser aquíferos semi- confinados e as curvas de SEV obtidas em Mopeia são características de áreas de soco cristalino.

4. Recomendações

Tomando em consideração as diversas constatações feitas durante a realização deste trabalho, recomenda-se o seguinte:

- Recomenda-se a realização de novos estudos nos distritos de Mopeia e Luabo, utilizando técnicas geofísicas complementares, como perfilagem elétrica e tomografia geoeletrica, com o objetivo de validar e comparar os resultados obtidos neste trabalho;
- Sugere-se a perfuração de um furo piloto, que permitirá a determinação dos parâmetros hidráulicos fundamentais, como rendimento, níveis estáticos e dinâmicos da água, bem como o rendimento específico. Esses dados subsidiarão a definição do número ideal de furos necessários para satisfazer a demanda local de abastecimento de água;
- Recomenda-se a construção de centros de distribuição de água, em cada vila ou comunidade, compostos por reservatórios subterrâneos e elevados com capacidade suficiente para armazenar a maior parte da demanda diária. Essa estratégia visa reduzir a sobrecarga sobre as fontes de captação e garantir a continuidade do fornecimento;
- Sugere-se que os reservatórios sejam recarregados estrategicamente, de forma a assegurar a operabilidade do sistema nos períodos de maior consumo (por exemplo, entre 6h–8h, 12h–14h e 17h–20h). O bombeamento deve ser ajustado para acompanhar tanto o fornecimento directo quanto o reabastecimento dos tanques;
- Para uma melhor gestão operacional, recomenda-se que a reposição de água nos tanques seja realizada preferencialmente durante a noite e aos fins de semana. Isso permitirá garantir a disponibilidade contínua de água durante os dias úteis, quando há maior pressão sobre os sistemas de abastecimento, devido ao consumo em residências, instituições públicas e privadas.

5. Referências Bibliográficas

1. Alem Sobrinho, P. & Contera, R. C. (2013). *Abastecimento e concepção*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Material de aula da disciplina Saneamento II.
2. Alves, T. & Sousa, C. (2007). Avaliação preliminar da vegetação costeira e dos mangais existentes na área proposta para o estabelecimento de áreas de conservação no arquipélago das Ilhas Primárias (1as) e Segundas (2as).
3. Bhattacharya, P. K & Patra, H. P.(1968). Direct current geoelectric sounding. Amsterdam: Elsevier.
4. Bortolin, J. R. M.(2009). Monitoramento temporal da pluma de contaminação do aterro controlado de Rio Claro (SP) por meio do método eletrorresistividade. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
5. Antonio Celso de Oliveira, B.(2016). Geofísica aplicada: métodos geoeletricos em hidrogeologia. São Paulo: Oficina de Textos.
6. Catuneanu, O. et al.(2005). The Karoo Supergroup of south-central Africa. Developments in Sedimentology.
7. Chilton, P. J. & Smith-Carrington, A. K. (1984). Characteristics of the weathered basement aquifer in Malawi in relation to rural water supplies
8. Chorowicz, J.(2005). The East African rift system. Journal of African Earth Sciences.
9. Cunha, L. S. da. (2002). Prospecção de água subterrânea em terrenos sedimentares na região litorânea cearense: integração de dados geofísicos, hidrogeológicos e hidroquímicos.
10. Emilio, C. & Manuel Ramón, L.(1983). Hidrología subterránea. 2nd. Barcelona: Omega,
11. Domenico, P. A. & Schwartz, F. W.(1998). Physical and chemical hydrogeology. 2nd. New York: John Wiley & Sons.
12. Fetter, C. W.(2001). Applied hydrogeology.4 th. Upper Saddle River: Prentice Hall.
13. Foster, S. & Chilton, J. (2003). Groundwater: a global resource. Nairobi: United Nations Environment Programme.

14. Freeze, R. A. & Cherry, J. A.(1979). Groundwater. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
15. Gallas, J. D. F.(2000). Principais métodos geoeletricos e suas aplicações em prospecção mineral, hidrologia, geologia de engenharia e geologia ambiental. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
16. Howard,G. & Barram, J.(2003). Domestic water quantity, service level and health. Geneva: World Health Organization.
17. Kazmin, V.(1972). Some aspects of rifting in eastern Africa. Geological Society of London Special Publications, v. 7, n. 1.
18. Keller ,G.V. & Frischknecht, C. (1966). Electrical methods in geophysical prospecting. Oxford: Pergamon Press.
19. Loke, M. H. (2000). Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies: a practical guide to 2-D and 3-D surveys.
20. MADER – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, AMBIENTE E PESCAS. Fortalecimento de cadeia de valor de arroz – distrito de Mopeia,2024. Disponível em: <https://www.agricultura.gov.moz>. Acesso em: 16 maio 2025.
21. MITADER – MINISTÉRIO DA TERRA, AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL. Perfil do distrito de Mopeia. Disponível em: <https://www.mitader.gov.mz>. Acesso em: 16 maio 2025.
22. Press, F. et al.(2006). Para entender a Terra. 4 th. Porto Alegre: Bookman.
23. PROAZUL MOÇAMBIQUE. Relatório final do desenho técnico do aquaparque no âmbito do projeto de aquacultura e no contexto das mudanças climáticas. Disponível em: <https://www.proazul.gov.mz>. Acesso em: 17 maio 2025.
24. Reynolds,M. (2011). An introduction to applied and environmental geophysics. 2 th. Chichester: Wiley.
25. Sharma, P. V.(1997). Environmental geophysics. Amsterdam: Elsevier.
26. Texeira, W. et al.(2000). Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos.
27. Teleford, W. M. et al.(1976). Applied geophysics. Cambridge: Cambridge University Press.
28. Teleford, W. M. et al.(1990). Applied geophysics. 2 nd. Cambridge: Cambridge University Press.
29. Timberlake, J.(2000). Biodiversity of the Zambezi Basin wetlands. Harare: IUCN.
30. Todd, D. K.(1959). Groundwater hydrology. New York: Wiley.
31. Tucci, C. E. M. (2000).Hidrologia: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade/ABRH/EDUSP.