



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

LICENCIATURA EM CARTOGRAFIA E PESQUISA GEOLÓGICA

PROJECTO CIENTÍFICO

Contribuição para o conhecimento hidrogeológico do aquífero confinado no Distrito de Chigubo (Província de Gaza)



Autor: Criscêncio Ambrósio Chissaque

Maputo, Julho de 2024



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

PROJECTO CIENTÍFICO

Contribuição para o conhecimento hidrogeológico do aquífero confinado no Distrito de Chigubo (Província de Gaza)

Autor:

Criscêncio Ambrósio Chissaque

Supervisor:

Prof. Doutor Farisse João Chirindja

Maputo, Julho de 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Ambrósio Chissaque e Cristina Arone Chivite, pela constante inspiração, apoio incondicional e pelos valores que me guiaram ao longo desta jornada acadêmica. Este trabalho é também dedicado à minha família, que sempre acreditou no meu potencial e me proporcionou as condições para alcançar este objetivo. Que este trabalho possa contribuir de alguma forma para o avanço do conhecimento geológico em Moçambique.

Espero que essa dedicação capture o sentimento de gratidão e reconhecimento pelos apoios recebidos ao longo da jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar expressando meus sinceros agradecimentos a Deus, cuja graça e orientação foram fundamentais em cada etapa desta jornada acadêmica.

Agradeço ao meu supervisor, Prof. Doutor Farisse João Chirindja, pela orientação dedicada, paciência e pela expertise compartilhada ao longo deste processo. Suas sugestões e *insights* foram fundamentais para o desenvolvimento deste estudo.

Aos meus pais e familiares, agradeço pelo amor incondicional, apoio emocional e incentivo constante ao longo da minha jornada acadêmica. Sem o apoio de vocês, este trabalho não teria sido possível.

Aos meus amigos e colegas de curso, agradeço pelo companheirismo, troca de conhecimentos e por tornarem essa jornada mais leve e enriquecedora.

Por fim, agradeço a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o meu crescimento pessoal e acadêmico. Que este estudo possa agregar valor ao campo da Geologia e inspirar futuras pesquisas.

Muito obrigado a todos!

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Criscêncio Ambrósio Chissaque**, declaro por minha honra que o presente projecto científico é da minha autoria com o devido acompanhamento dos meus supervisores e que nunca tinha sido submetido a nenhuma outra instituição académica nacional ou estrangeira. O mesmo, é fruto da minha investigação sendo que todos os materiais bibliográficos consultados estão devidamente citados e referenciados.

Maputo, Julho de 2024

(Criscêncio Ambrósio Chissaque)

PALAVRAS - CHAVE

Bacia Sedimentar de Moçambique, hidrogeologia, aquífero confinado, furo artesiano positivo (ou jorrante), sequência geológica.

RESUMO

O aquífero pode ser definido como toda formação geológica com capacidade de armazenar e transmitir água e cuja exploração seja economicamente rentável, podendo este ser livre, confinado ou semi – confinado. Um vez que um furo artesiano jorrante ou positivo foi constatado no Posto Administrativo de Zinhane (Distrito de Chigubo), onde a perfuração atingiu a profundidade de 250 metros, o que levou ao desenvolvimento deste estudo, visto que, a população deste Distrito e outros Distritos vizinhos sofre pela falta de água em uma região árida de Moçambique, que é o norte da Província de Gaza. A área de estudo compreende o Distrito de Chigubo e enquadra-se geologicamente na Bacia Sedimentar de Moçambique.

A Bacia Sedimentar de Moçambique abrange quase toda a região sul e parte da região central de Moçambique. Ela é composta por formações geológicas que datam desde o Jurássico superior até o Quaternário, sobrepondo-se ao embasamento cristalino e pode ser dividida em seis (6) sequências deposicionais separadas entre si por inconformidades e períodos de não deposição. A formação da Bacia de Moçambique ocorreu devido à fragmentação do supercontinente Gondwana, que resultou na expansão do fundo oceânico que se estendeu desde a parte ocidental da Bacia da Somália, passando pela formação do Canal de Moçambique, até alcançar o Planalto das Agulhas no sul.

O Distrito de Chigubo apresenta a seguinte sequência geológica da base ao topo, identificada a partir de perfis geológicos e estudos anteriores: Formação de Sena (CrS), Formação de Grudja (CrG), Formação de Mapai (TeA), Formação de Mazamba (TeZ) e cobertura Quaternária. Contudo, foi possível indentificar a área de recarga do aquífero, que provavelmente seja ao longo do Rio Save, onde aflora a Formação geológica de grés cretácicos de Sena, uma vez que o Rio Save foi formado ao longo de uma zona de falha geológica, o que facilita a infiltração da água superficial no subsolo.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	iii
PALAVRAS - CHAVE	iv
RESUMO	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE ANEXOS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SÍMBOLOS	x
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objectivos	2
1.1.1. Objectivo Geral.....	2
1.1.2. Objectivos Específicos.....	2
1.2. Apresentação do Problema e Relevância do estudo.....	2
CAPÍTULO II	3
2. METODOLOGIA.....	3
2.1. Pesquisa bibliográfica e aquisição de dados	3
2.2. Integração dos dados e interpretação dos resultados	3
2.3. Elaboração do relatório final.....	4
CAPÍTULO III.....	5
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
3.1. Águas Subterrâneas.....	5
3.2. Zona de Saturação	5
3.3. Aquíferos.....	6
3.3.1. Tipos de Aquíferos.....	6
3.3.2. Tipos de Furos.....	8
3.4. Nível Piezométrico.....	9
3.5. Recarga de Aquíferos.....	11
3.5.1. Recarga Natural dos Aquíferos	11
3.5.2. Recarga Facilitada.....	11
3.5.3. Recarga Induzida.....	12
3.5.4. Recarga Acidental	12

3.5.5. Recarga Artificial.....	12
CAPÍTULO IV.....	13
4. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA ÁREA DE ESTUDO	13
4.1. Localização Geográfica.....	13
4.2. Clima.....	13
4.3. Hidrografia	13
CAPÍTULO V	15
5. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO	15
5.1. Geologia Regional	15
5.1.1. Tectónica da Bacia Sedimentar de Moçambique	16
5.1.2. Elementos estruturais da Bacia Sedimentar de Moçambique	17
5.1.3. Litoestratigrafia da Bacia Sedimentar de Moçambique	18
5.2. Geologia Local	26
5.2.1. Hidrogeologia.....	28
5.2.2. Solos.....	29
CAPÍTULO VI.....	30
6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	30
CAPÍTULO VII	35
7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	35
CAPÍTULO VIII.....	37
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	37
8.1. Conclusões	37
8.2. Recomendações.....	38
CAPÍTULO IX.....	39
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação esquemática do ciclo hidrológico: E = evaporação; ET = evapotranspiração; I=infiltração; R = escoamento superficial (deflúvio) (Fonte: Feitosa et al., 2008).	5
Figura 2: Tipos aquíferos classificados quanto a porosidade (Fonte: Borghetti et al., 2008).....	7
Figura 3: Representação esquemática dos diferentes tipos de aquíferos, de acordo com o sistema de pressão de suas águas e com a natureza das camadas que os delimitam na base (Fonte: Feitosa et al., 2008).	8
Figura 4: Classificação dos Aquíferos quanto à pressão (Fonte: Ferreira et al., 2012).	9
Figura 5: Carga hidráulica em um ponto do aquífero (no fundo do poço) expressa pelo nível piezométrico (Fonte: Feitosa et al., 2008).....	10
Figura 6: Níveis piezométricos de aquíferos superpostos. Os níveis piezométricos de aquíferos confinados são independentes (Fonte: Feitosa et al., 2008).....	10
Figura 7: Mapa de Localização Geográfica do Distrito de Chigubo.	14
Figura 8: Localização das Bacias Sedimentares em Moçambique e a sua relação temporal com a fragmentação do Supercontinente Gondwana (fonte: ECL, 2000).	15
Figura 9: Mapa de estruturas geológicas na região sul da Bacia de Moçambique (adaptado de ECL, 2000).	18
Figura 10: Sequência estratigráfica da Bacia de Moçambique (ECL, 2000).....	19
Figura 11: Ordem estratigráfica simplificada das sub-unidades superiores da Formação Mapai TeAul, TeAuc e TeAcs e da sobrejacente Formação Mazamba (TeZ) em uma seção de 100 km de extensão, orientada de norte a sul, das folhas de mapa 2231, 2232 até 2331/2332 (GTK, 2006). ..	21
Figura 12: Perfil geológico com a orientação Oeste – Este de uma região próxima a área de estudo (Distrito de Massingir) pertencente a Bacia de Mocambique, Zona Sul do Save (fonte: GTK, 2006).	25
Figura 13: Mapa geológico da área de estudo (Adaptado de GTK, 2006).	27
Figura 14: Mapa Hidrogeológico da área de estudo (Adpatado de DNA, 1987).....	29
Figura 15: Imagem de satélite, ilustrando a localização dos traçados dos perfis geológicos a serem discutidos.	30
Figura 16: Perfil geológico da zona norte da Província de Gaza com orientação Oeste – Este.	31
Figura 17: Perfil geológico da zona norte da Província de Gaza e sul da Província de Manica com a orientação Norte – Sul.....	32
Figura 18: Mapa geológico ilustrando a área de recarga do aquífero, baseado na carta 2132.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Legenda dos perfis geológicos nas figuras 16 e 17..... 33

LISTA DE ANEXOS

Anexo I : (A) Afloramento de leito de rio de conglomerado polimíctico da Formação Sena, (B) Foto detalhada do conglomerado com clastos bem arredondados em uma matriz de calcrete. Rio Vumaúze (0463051/7680567), (C) Horizonte de conglomerado intraformacional em arenito da Formação Sena no Rio Búzi (0568177/ 7756506), (D) Arenito maciço e clástico grosseiro com pequenas manchas de redução. A Formação Sena no Rio Save (0447656/7642641). A barra de escala é de 10 cm (GTK, 2006).

Anexo II: Arenito arcósico da Formação de Sena (arenito Conglomerático), 30 km ao sul da aldeia de Mutarara (0715890/8043880). A placa de número tem cerca de 10 cm (GTK, 2006).

Anexo III: Foto de amostra de calcarenito branco, de grão grosso, da Formação Grudja. Próximo ao Rio Zambeze, a noroeste da aldeia de Marromeu (0774049/8004584). A barra de escala é de 8 cm (GTK, 2006).

Anexo IV: Depósito detrítico com seixos quartzozos arredondados no topo da Formação Mazamba (0615310/7785675). A barra de escala é de 10 cm (GTK, 2006).

Anexo V: Afloramento do Membro Basal de Calcário da Formação Mapai* na fronteira com a África do Sul, ao norte de Gaza (0345392/7458524) (GTK, 2006).

Anexo VI: Parte de uma seção de 15 m de altura de conglomerado polimíctico com matriz calcária. O Membro Inferior de Arenito da Formação Mapai*. Rio Singuédzi (0389798/7389888). A barra de escala é de 10 cm (GTK, 2006).

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SÍMBOLOS

SREA – Sequências do Rifte Este – Africano

PRONASAR – Programa Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento Rural

WFP – World Food Program

MAE – Ministério da Administração Estatal

DNA – Direção Nacional de Águas

OMS – Organização Mundial de Saúde

ECL – Exploration Consultants Ltd

N – Norte

S – Sul

E – Este

W – Oeste

ANA – Agencia Nacional de Águas (Brasil)

NF – Nível Freático

NP – Nível Piezométrico

NNC-IAH – Netherlands National Committee – International Association of Hydrogeologists

ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento (Brasil)

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas representam 97% das águas doces e líquidas do planeta, o que torna os aquíferos o maior reservatório de água potável da humanidade (Hirata *et al.*, 2019). O aquífero pode ser definido como toda formação geológica com capacidade de armazenar e transmitir água e cuja exploração seja economicamente rentável (Midões & Fernandes, 2006). Este pode ser freático (livre) quando é limitado na base por uma formação impermeável e a superfície livre da água nele contida está a pressão atmosférica ou pode ser confinado quando é limitado na base e no topo por formações impermeáveis e a pressão da água no aquífero é superior à pressão atmosférica (Ferreira *et al.*, 2012; Baptista, 2016). Um furo que intersecta um aquífero confinado é denominado furo artesiano, podendo ser artesiano não jorrante quando a superfície piezométrica se encontra abaixo no nível topográfico, sendo necessários mecanismos para bombear água até a superfície ou artesiano jorrante (repuxante) quando a superfície piezométrica se encontra acima da superfície topográfica, assim, a água chega naturalmente à superfície do terreno sem a necessidade de bombeamento (Vasconcelos, 2014).

Este último caso acima referido (furo artesiano jorrante) foi constatado no Posto Administrativo de Zinhane, onde a perfuração atingiu a profundidade de 250 metros. Portanto, há necessidade de se fazer um estudo hidrogeológico nesta região do país, para se ter uma ideia dos processos geológicos que aconteceram no passado e que levaram a formação deste aquífero.

A área de estudo enquadra-se geograficamente na Zona Sul de Moçambique, Província de Gaza, Distrito de Chigubo (PRONASAR, 2012) e geologicamente na Bacia sedimentar de Moçambique, na Zona sul do Rio Save (GTK, 2006). A Bacia sedimentar de Moçambique, por sua vez enquadra-se geologicamente nas Sequências do Rifte Este-Africano (SREA), que compreendem um conjunto de sucessões sedimentares terrestres a marinhas, com rochas vulcânicas associadas que à escala regional podem em parte ser correlacionadas com o desmembramento do Supercontinente Gondwana e à escala local com a abertura do Oceano Índico, contemporânea com o desenvolvimento do SREA (L. Vasconcelos & Jamal, 2010).

As formações sedimentares pós-Karoo do centro-sul de Moçambique nas quais a área de estudo se enquadra, podem ser agrupadas em seis (6) sequências deposicionais, separadas umas das outras por inconformidades angulares e períodos de não-deposição ou de erosão e ainda pela ocorrência de episódios ígneos (Vasconcelos & Jamal, 2010).

1.1. Objectivos

1.1.1. Objectivo Geral

- Descrever os processos geológicos que levaram a formação do aquífero artesiano no Distrito de Chigubo (Província de Gaza).

1.1.2. Objectivos Específicos

- Descrever perfis geológicos nas direcções Norte-Sul e Oeste-Este;
- Identificar as formações geológicas relacionadas com o aquífero e descreve-las;
- Identificar a área de recarga do aquífero confinado.

1.2. Apresentação do Problema e Relevância do estudo

A Província de Gaza apresenta maior período de seca em Moçambique e menor período de precipitação. A faixa litoral é mais húmida e com pluviosidade mais frequente, ao contrário do interior que apresenta maior período de seca. A variação interanual da pluviosidade sazonal é muito maior (a maior do país), o tempo médio de seca é o mais longo juntamente com Inhambane (WFP, 2017). Contudo, a água potável é obtida através da exploração de aquíferos subterrâneos (PRONASAR, 2012), daí a necessidade de se ter mais conhecimentos acerca destes aquíferos. No entanto, o conhecimento científico da hidrogeologia da área de estudo é escasso e pouco se sabe acerca da relação entre as Formações Geológicas em Moçambique e os aquíferos existentes nesta região do país, apesar dos furos artesianos jorrantes serem muito económicos por não precisarem de bombeamento para a sua exploração. O que leva a necessidade de se fazer um Projecto Científico de estudo hidrogeológico.

A descoberta de novos aquíferos é de grande ajuda para a população no geral e no desenvolvimento do país, tendo em conta que as indústrias e as mineradoras necessitam de água acessível para a sua instalação nos vários locais.

Aquíferos confinados, ou seja, com água em condições artesianas, merecem uma especial atenção e estudo, uma vez que, nos furos artesianos jorrantes a água não precisa de qualquer bombeamento para chegar a superfície do terreno, o que permite a exploração de água potável a baixo custo.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGIA

O presente projecto científico, foi realizado seguindo uma série de etapas consecutivas e interdependentes, iniciando-se com: consulta bibliográfica, aquisição da base de dados, organização da base de dados, integração dos dados, análise e interpretação dos resultados, e por fim, compilação do relatório final.

2.1. Pesquisa bibliográfica e aquisição de dados

Inicialmente, foi conduzida uma revisão exaustiva da literatura geológica relevante, abrangendo obras clássicas e contemporâneas. Esta revisão proporcionou o embasamento teórico necessário e orientou a identificação das áreas de estudo e temas prioritários para investigação.

A elaboração de perfis geológicos foi um dos principais métodos utilizados para a análise estratigráfica e estrutural das áreas estudadas. Utilizando dados provenientes de mapas geológicos de Moçambique a escala 1: 1000 000 e a escala 1: 250 000. Os perfis foram construídos para representar visualmente as unidades geológicas e as relações entre elas. A análise de mapas geológicos existentes foi crucial para a compreensão da distribuição espacial das formações geológicas e estruturas relevantes na área de pesquisa.

Foram adquiridos dados geológicos correspondentes a *logs* sedimentares de furos de sondagem e notícias explicativas nas instituições Direcção Nacional de Geologia, Instituto Nacional de Petróleos e empresa FIPAG.

Além disso, o uso de imagens de satélite através do *software Google earth pro* proporcionou uma visão ampla e detalhada das características geomorfológicas e para obtenção do perfil topográfico e posterior desenho dos perfis geológicos que foram digitalizados no *software ArcGis*.

A combinação desses métodos permitiu uma abordagem integrada e multidisciplinar na coleta e interpretação dos dados geológicos, resultando em uma análise abrangente das condições geológicas das áreas estudadas.

2.2. Integração dos dados e interpretação dos resultados

Os mapas geológicos, os perfis geológicos e a revisão bibliográfica foram integrados para interpretar a geologia da área de estudo. A interpretação dos resultados, apresentada no capítulo de Interpretação de Resultados, fornece uma visão compreensiva da estrutura geológica e dos processos tectônicos e sedimentares que moldaram a região e levaram a formação do aquífero.

2.3.Elaboração do relatório final

A elaboração do relatório final do presente Projecto Científico foi feita no gabinete e envolveu uma série de etapas metodológicas para compilar, redigir e revisar o documento, garantindo clareza e coerência. A estrutura do relatório incluiu capa, resumo, índice, introdução, metodologia, interpretação de resultados, conclusão, referências e anexos. A redação dos capítulos seguiu normas acadêmicas, com foco na organização dos dados, análise crítica, escrita clara e revisão detalhada.

Os resultados obtidos foram integrados de forma coesa, assegurando conexões lógicas entre os capítulos e validando as interpretações com a literatura existente. A formatação do relatório seguiu as diretrizes da instituição, incluindo estilo de citação, formatação de texto e inserção adequada de figuras e tabelas.

O relatório passou por várias revisões, recebendo *feedback* do orientador, até alcançar a versão final aprovada. Após a finalização, o relatório foi submetido conforme os procedimentos da instituição e a pesquisa foi apresentada em uma defesa pública, discutindo os principais achados e interpretações com a banca examinadora.

CAPÍTULO III

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1. Águas Subterrâneas

Define-se como água subterrânea aquela que ocorre abaixo do nível de saturação ou nível freático, presente nas formações geológicas aflorantes e parcialmente saturadas, e nas formações geológicas profundas totalmente saturadas (Feitosa *et al.*, 2008).

Praticamente toda a água subterrânea origina-se das contribuições superficiais naturais ou artificiais, como a precipitação, infiltração a partir de cursos de água, lagos reservatórios, além da recarga artificial (Arraes, 2008). No entanto Feitosa *et al.* (2008), referem que quase toda a água subterrânea existente na Terra tem origem no ciclo hidrológico (Figura 1), isto é, no sistema pelo qual a natureza faz a água circular do oceano para a atmosfera e daí para os continentes, de onde retorna, superficial e subterraneamente, ao oceano.

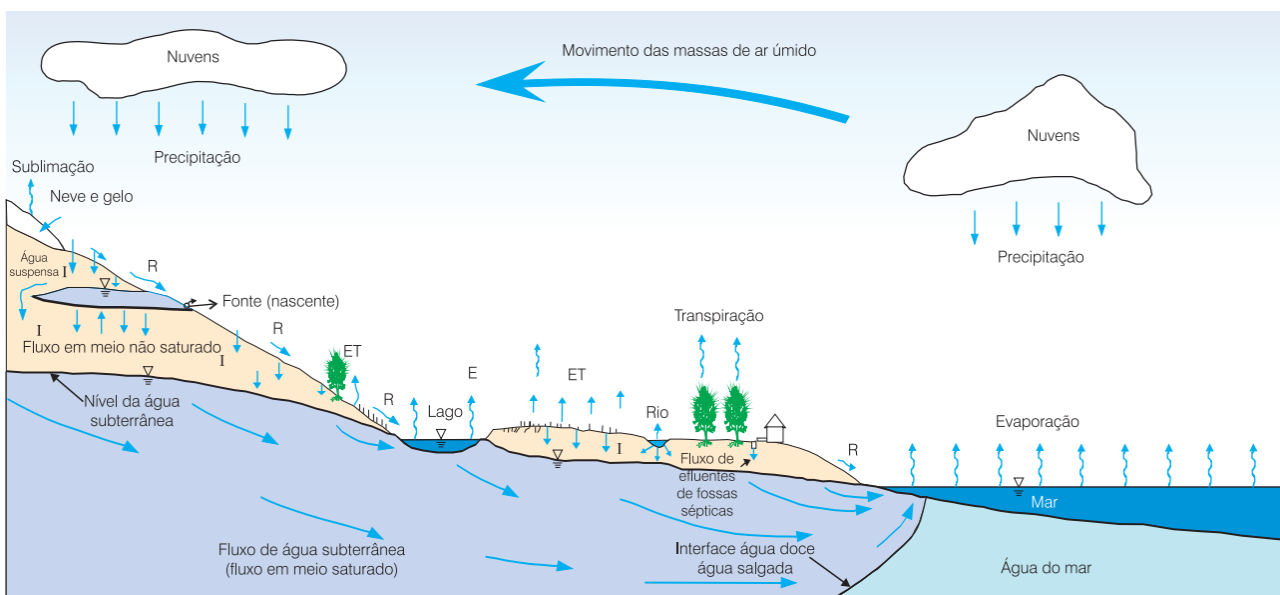


Figura 1: Representação esquemática do ciclo hidrológico: E = evaporação; ET = evapotranspiração; I=infiltração; R = escoamento superficial (deflúvio) (Fonte: Feitosa et al., 2008).

3.2. Zona de Saturação

Embora toda a água situada abaixo da superfície da Terra seja evidentemente subterrânea, na hidrogeologia a denominação água subterrânea é atribuída apenas à água que circula na zona saturada, isto é, na zona situada abaixo da superfície freática. Deste modo, denomina-se **aquífero** a uma formação geológica que contém água e permite que quantidades significativas dessa água se

movimentem no seu interior em condições naturais. As formações permeáveis, como as areias e os arenitos, são exemplos típicos de aquíferos. Já um **aquiclude** é uma formação que pode conter água (até mesmo em quantidades significativas), mas é incapaz de transmiti-la em condições naturais. As formações impermeáveis, como as camadas de argila, são exemplos de aquicludes. Um **aquitardo** é uma camada ou formação semi-permeável, delimitada no topo e/ou na base por camadas de permeabilidade muito maior. O aquitardo tem o comportamento de uma membrana semi-permeável através da qual pode ocorrer uma filtração vertical ou drenança. E, por fim, a denominação **aquífugo** aplica-se a uma formação impermeável que nem armazena nem transmite água (Feitosa *et al.*, 2008).

3.3. Aquíferos

Como referido anteriormente, um aquífero é uma formação geológica do subsolo, constituída por rochas permeáveis, que tem a capacidade de armazenar e transmitir água em quantidades que possam ser aproveitadas como fonte de abastecimento para diferentes usos (Tedesco, 2018; ANA, 2016). Uma litologia é considerada aquífera se possui os poros saturados de água e permite a transmissão dessa água armazenada. Segundo Borghetti *et al.* (2011), refere ainda que um aquífero constitui uma reserva permanente e uma reserva reguladora de água que é abastecida através da infiltração da chuva e de outras fontes subterrâneas, ou seja, o volume de água renovável que entra anualmente no aquífero.

3.3.1. Tipos de Aquíferos

Os aquíferos classificam-se quanto ao tipo de porosidade e à pressão hidrostática. Quanto à porosidade, existem três tipos de aquíferos (Figura 2):

- **Aquífero poroso:** é aquele formado por rochas sedimentares consolidadas, sedimentos não consolidados ou solos arenosos, onde a circulação da água se faz nos poros formados entre os grãos de granulação variada (Borghetti *et al.*, 2011).
- **Aquífero cárstico:** é formado em rochas calcárias ou carbonáticas, onde a circulação da água se faz nas fracturas e outras discontinuidades (diáclases) que resultaram da dissolução do carbonato pela água (Borghetti *et al.*, 2011) ou nas fracturas resultantes da deformação das rochas carbonatadas metamorfizadas.
- **Aquífero fracturado ou fissurado:** formado por rochas ígneas, metamórficas (rochas cristalinas), duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fracturas, fendas e falhas, abertas devido aos processos geodinâmicos externos e internos (Borghetti *et al.*, 2011).

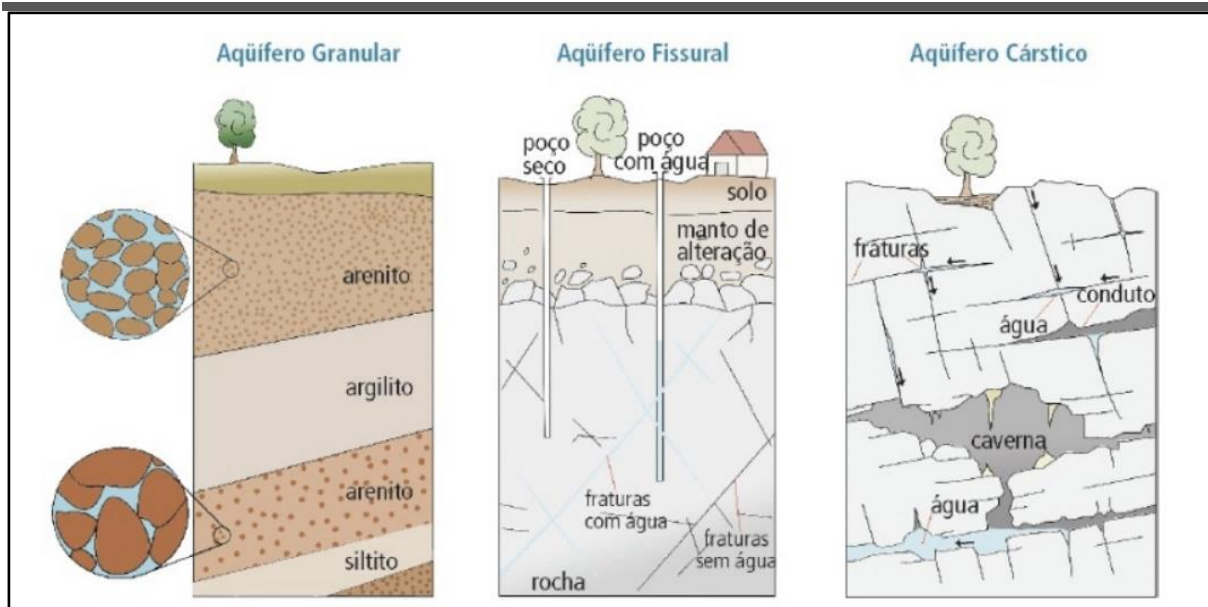


Figura 2: Tipos aquíferos classificados quanto a porosidade (Fonte: Borghetti et al., 2008).

Segundo Feitosa *et al.* (2008), quanto à pressão hidrostática, os aquíferos podem ser classificados em: confinados e livres.

▪ Aquíferos Confinados

Também chamados de aquíferos sob pressão, são aqueles onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica. Em função das características das camadas limítrofes, podem ser definidos como: **confinados não drenantes** e **confinados drenantes**.

- i. **Aquíferos Confinados não Drenantes** - são aquíferos cujas camadas limítrofes, superior e inferior, são impermeáveis. Em um poço que penetra num aquífero desse tipo, o nível da água subterrânea fica acima da base da camada confinante superior. É o caso do aquífero B, penetrado pelos poços 1, 2 e 4 e do aquífero C, penetrado pelo poço 3 (Figura 3) e do aquífero C, penetrado pelo poço 3 (Figura 3). Esse nível pode ficar abaixo da superfície do solo (como nos poços 1 e 4) ou acima dessa superfície (como no poço 2). Neste caso, o poço costuma ser chamado de artesiano surgente ou jorrante. Em qualquer situação, esse nível de água no poço, indica a carga piezométrica ou carga hidráulica média ao longo da zona do filtro do poço ou da zona de admissão de água do poço. Os níveis de água em um certo número de poços de observação penetrantes em um aquífero, definem uma **superfície piezométrica**.
- ii. **Aquíferos Confinados Drenantes** - são aqueles onde, pelo menos, uma das camadas limítrofes é semi-permeável, permitindo a entrada ou saída de fluxos pelo topo e/ou pela

base, através de drenança ascendente ou descendente (Figuras 3 e 4). Esses aquíferos também são conhecidos como **semi-confinados**. As formações semipermeáveis oferecem uma resistência hidráulica relativamente alta à passagem do fluxo de água através delas. Mesmo assim, quantidades consideráveis de água podem ser perdidas ou ganhas pelos aquíferos drenantes de grande extensão regional.

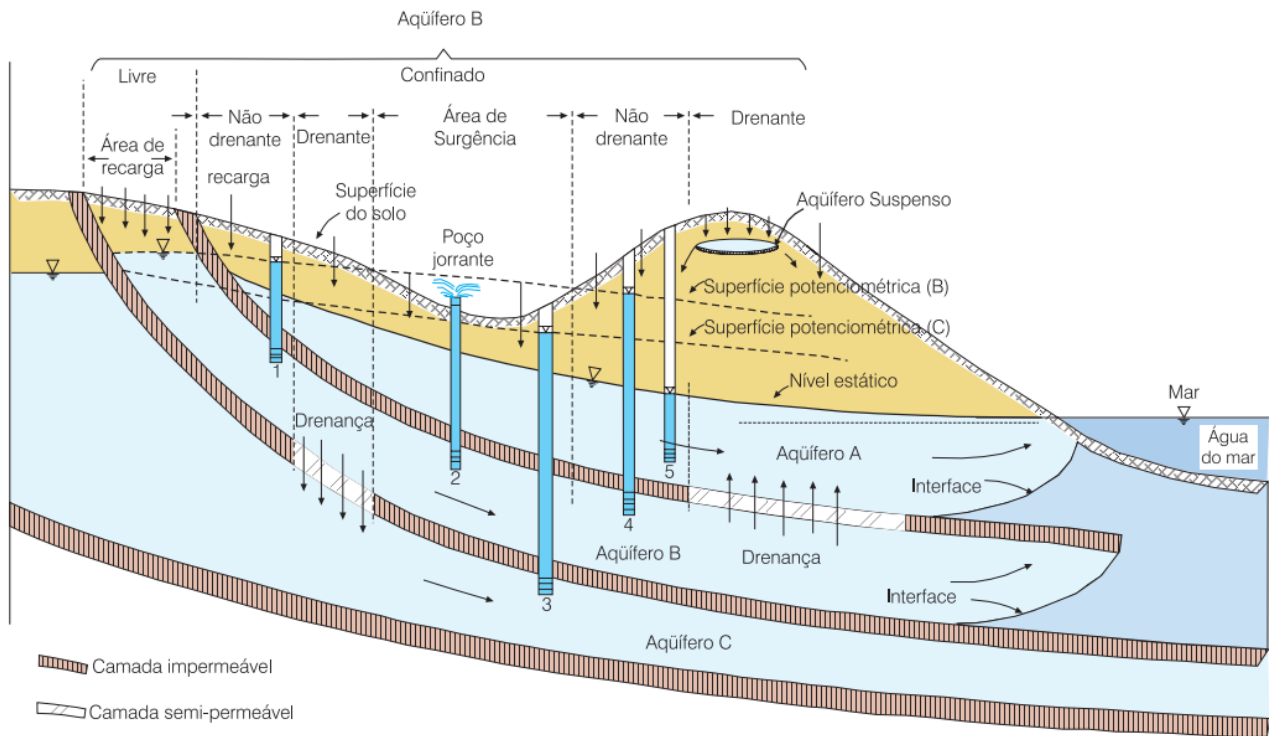


Figura 3: Representação esquemática dos diferentes tipos de aquíferos, de acordo com o sistema de pressão de suas águas e com a natureza das camadas que os delimitam na base (Fonte: Feitosa et al., 2008).

▪ Aquíferos Livres

Também chamados de freáticos ou não confinados, são aqueles cujo limite superior é a superfície de saturação ou freática na qual todos os pontos se encontram à pressão atmosférica. As áreas de recarga dos aquíferos confinados correspondem a aquíferos livres através dos quais os excessos de água da chuva conseguem penetrar por infiltração. A exemplo dos aquíferos confinados, os aquíferos livres também se classificam em drenantes (ou de base semipermeável) e não drenantes (ou de base impermeável). Existe um caso especial de aquífero livre, denominado de **aquífero suspenso**, quando é formado sobre uma camada impermeável ou semipermeável de extensão limitada e situada entre a superfície freática regional e o nível do terreno. Esses aquíferos às vezes existem em carácter temporário, na medida em que drenam para o nível freático subjacente.

3.3.2. Tipos de Furos

Num furo que intersete um aquífero confinado, o nível da água ou nível piezométrico subirá acima do limite superior (teto) do aquífero até estabilizar num determinado nível. Este fenómeno é conhecido por artesianismo. Diz-se **artesiano positivo** ou **jorante** quando o nível piezométrico atinge e ultrapassa a superfície do terreno na forma de repuxo (furo repuxante); diz-se **artesiano negativo** ou **não jorante** quando o nível piezométrico não atinge a superfície do terreno, sendo necessários mecanismos para bombear água até a superfície (Figura 4) (Ferreira *et al.*, 2012).

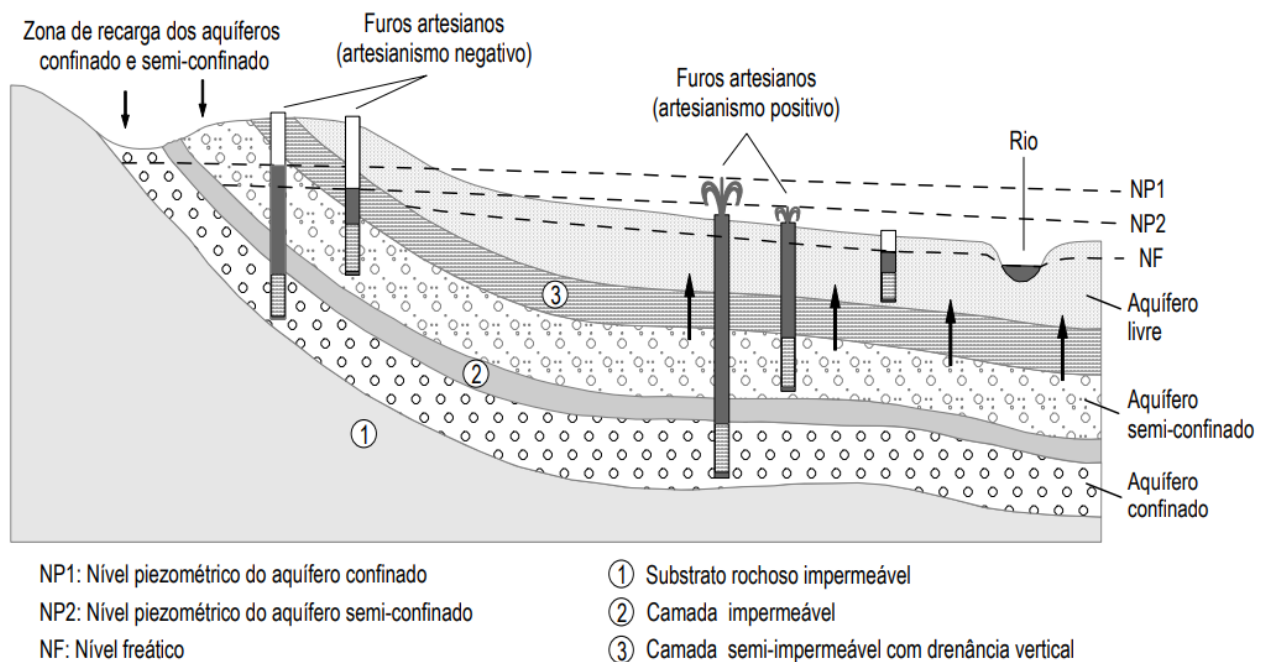


Figura 4: Classificação dos Aquíferos quanto à pressão (Fonte: Ferreira *et al.*, 2012).

3.4. Nível Piezométrico

Em termos práticos, no caso de aquíferos não confinados (livres), a carga na superfície freática (onde a pressão p é nula, por ser a pressão atmosférica de referência) corresponde ao próprio nível da água ($h = z$) e no caso de aquíferos confinados, a carga no topo da camada (tomado como referência) é dada pela carga de pressão (p/γ), que corresponde à altura até onde o nível da água se elevará, acima do topo do aquífero, quando perfurado um poço no local (Figura 5). Em alguns locais, onde existem aquíferos superpostos, o nível potenciométrico ou nível piezométrico de cada aquífero é independente do outro, como mostrado na figura 6.

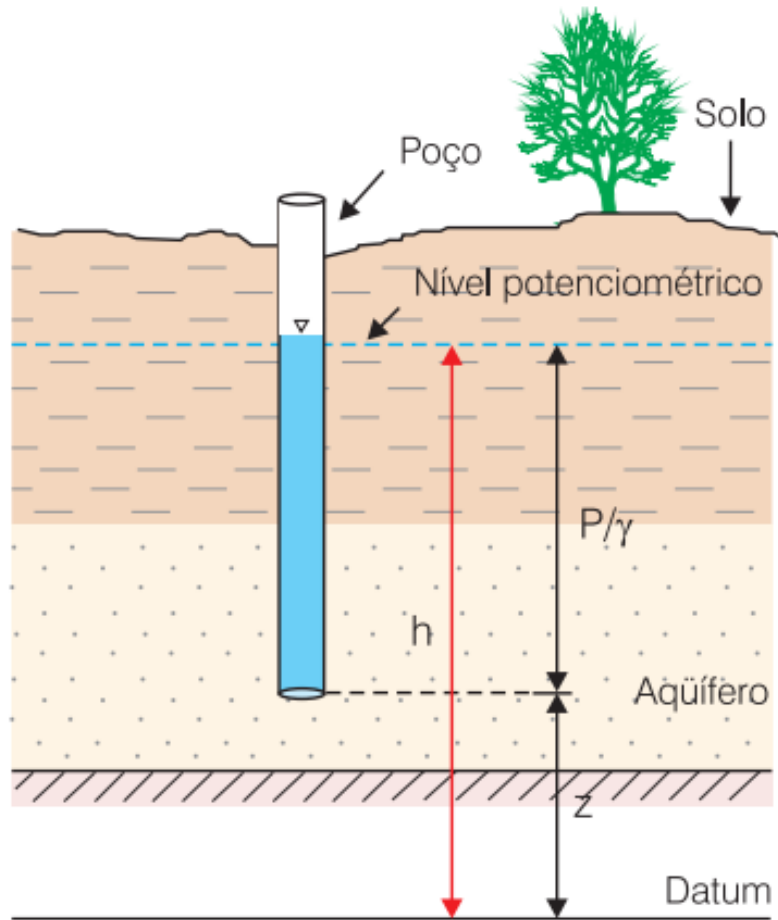


Figura 5: Carga hidráulica em um ponto do aquífero (no fundo do poço) expressa pelo nível piezométrico (Fonte: Feitosa et al., 2008).

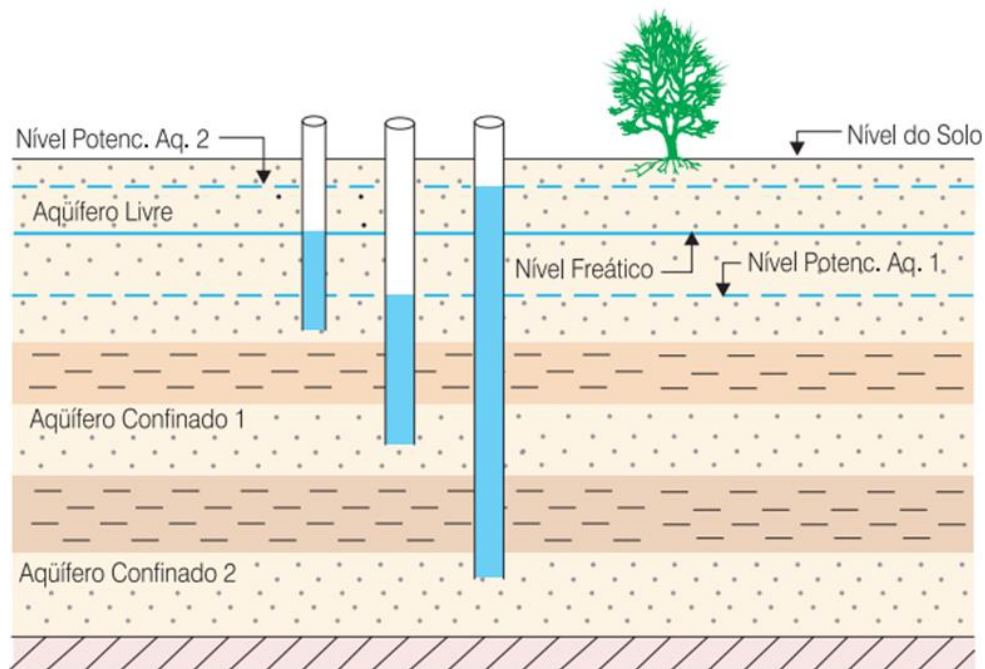


Figura 6: Níveis piezométricos de aquíferos superpostos. Os níveis piezométricos de aquíferos confinados são independentes (Fonte: Feitosa et al., 2008).

3.5. Recarga de Aquíferos

O termo recarga representa quantidade de água, por unidade de área, que penetra no solo até atingir o lençol freático contribuindo para aumentar a reserva subterrânea permanente ou temporária de aquífero, e, no caso de reserva temporária, é considerada como reserva reguladora ou renovável, que pode ser considerada como reserva explorável (Vasconcelos, 2005).

3.5.1. Recarga Natural dos Aquíferos

De acordo com Roseiro (2009), a recarga natural traduz-se num volume de água introduzido no subsolo sem a intervenção do homem e é uma variável do ciclo hidrológico. No ciclo hidrológico, a água da precipitação cai directamente na superfície terrestre e acabando por infiltrar-se. A água que se infiltra no solo fica sujeita à evaporação, pode ser absorvida pelas plantas sendo posteriormente evapotranspirada, ou pode escoar em profundidade em direcção à zona saturada em baixo da superfície; esta última é a água de recarga. A recarga de águas subterrâneas define-se como a quantidade de água que é acrescentada à zona saturada de água subterrânea. Esta recarga vai provocar o aumento do armazenamento de água da zona saturada (Oliveira, 2004).

Segundo Roseiro (2009), a recarga natural é responsável pela formação e manutenção dos recursos hídricos subterrâneos e resulta da diferença entre as entradas de água para o meio subterrâneo (precipitação, infiltração a partir dos rios, lagos e outros sistemas hídricos superficiais) e as saídas de água do meio subterrâneo (evapotranspiração, extracção e escoamento superficial).

A recarga natural do aquífero varia em resposta aos efeitos climáticos sazonais e de longo prazo. A resposta de um aquífero a uma mudança na taxa de recarga traduz-se por um aumento ou diminuição no gradiente hidráulica através de uma mudança nos níveis piezométricos, que por conseguinte se traduz numa alteração do armazenamento subterrâneo (NNC-IAH, 2002).

Para além da recarga natural que ocorre sem a intervenção do homem, a recarga de aquíferos pode incluir outras designações nomeadamente: a recarga facilitada, a recarga induzida, recarga incidental e a recarga artificial. A seguir são descritos estes tipos de recargas.

3.5.2. Recarga Facilitada

Segundo ADASA (2015), a recarga facilitada consiste essencialmente em melhorar a capacidade de infiltração do solo através da implementação de algumas acções como:

- 1) Substituir as plantas de raízes profundas por plantas com raízes mais superficiais, diminuindo dessa forma as perdas por evapotranspiração;

- 2) dar preferência a plantas com folhagem que interceptem menos as águas da chuva;
- 3) adoptar medidas de acumulação e conservação da água no solo (ex.: uso de terraços agrícolas e plantio em curvas de nível);
- 4) remover o material argiloso que se deposita no solo e 5) rebaixar o nível piezométrico pela exploração do aquífero mais raso.

3.5.3. Recarga Induzida

Segundo ADASA (2015), recarga induzida são sistemas de recarga denominados de barreiras de infiltração. Consistem na construção de poços próximos de cursos de água, com o objectivo de que uma maior quantidade de água do rio recarregue o aquífero subjacente, à medida que se provoca o rebaixamento no aquífero em função do bombeamento.

3.5.4. Recarga Acidental

A recarga acidental ocorre com a incorrecta disposição de efluentes em fossas sépticas não impermeabilizadas, infiltração em aterros sanitários e campos excessivamente irrigados, escoamento superficial de áreas urbanas, rupturas em sistemas de abastecimento de água e esgotos ou demais vazamentos (Barbosa & Matos, 2008). De forma geral os volumes de recarga acidental não são favoráveis aos aquíferos do ponto de vista de sua qualidade das águas (ADASA, 2015).

3.5.5. Recarga Artificial

Uma das técnicas de gestão e de protecção de aquíferos, frequentemente aplicada a nível internacional, consiste na recarga artificial, que se pode definir como a introdução de água de forma artificial para o interior de um aquífero, com o objectivo de aumentar a disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos e/ou de melhorar a sua qualidade. Um dos principais objectivos dessa técnica consiste em contribuir para uma adequada gestão de um recurso hídrico subterrâneo, de forma mais racional possível e de um modo economicamente viável (Roseiro, 2009). Moura (2004) define a recarga artificial como uma técnica utilizada para manter ou elevar o volume de água em aquíferos subterrâneos.

CAPÍTULO IV

4. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente capítulo faz o enquadramento geográfico da área de estudo, descrevendo os aspectos fisiográficos como: localização geográfica, clima e hidrografia.

4.1. Localização Geográfica

A área de estudo encontra-se localizada a Sul de Moçambique na Província de Gaza, concretamente no Distrito de Chigubo que é um distrito situado a Norte de Gaza, fazendo fronteira a Norte com o distrito de Massangena, a Sul com os distritos de Guijá, Chibuto e Panda, a Este e a Oeste com os distritos de Chicualacuala e Mabalane, e Mabote e Funhalouro, respectivamente (Figura 7).

4.2. Clima

O clima da área de estudo é do tipo árido, com uma precipitação média anual inferior a 500 mm, e uma evapotranspiração potencial de referência geralmente superior a 1 500 mm. A maior parte da região apresenta temperaturas médias anuais superiores a 24°C. A temperatura elevada agrava consideravelmente as condições de fraca precipitação provocando deficiências de água superior a 800 mm anuais (MAE, 2005).

Tais condições são agravadas pela grande irregularidade da quantidade de precipitação ao longo da estação chuvosa e, por conseguinte a ocorrência de frequentes períodos secos durante o período de crescimento das culturas. A humidade relativa média anual é cerca de 60-65% (MAE, 2005).

4.3. Hidrografia

Ao longo do Distrito de Chigubo a rede hidrográfica é constituída por rios e lagoas. O principal rio da região é o Changane, que banha a faixa leste do distrito, estabelecendo a fronteira com a província de Inhambane (MAE, 2005). Este rio é o principal afluente da Margem esquerda do rio Limpopo em Moçambique, confluindo neste perto da cidade de Chibuto (Oxfam, 2017).

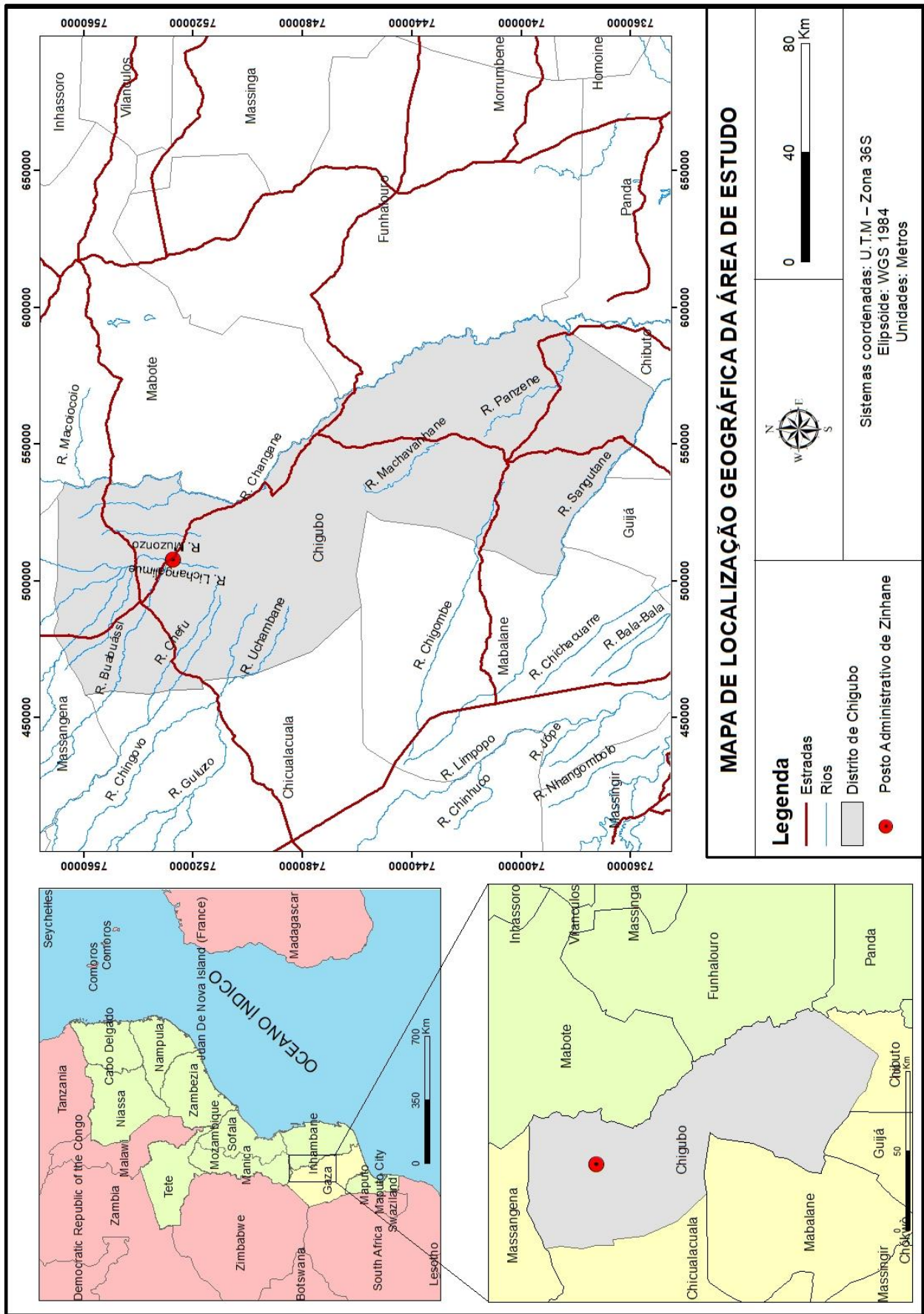


Figura 7: Mapa de Localização Geográfica do Distrito de Chigubo.

CAPÍTULO V

5. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1. Geologia Regional

Segundo ECL (2000), em Moçambique a formação de bacias sedimentares pode ser categorizada com base na sua relação temporal com a fragmentação do Gondwana sudoeste. Essas categorias são:

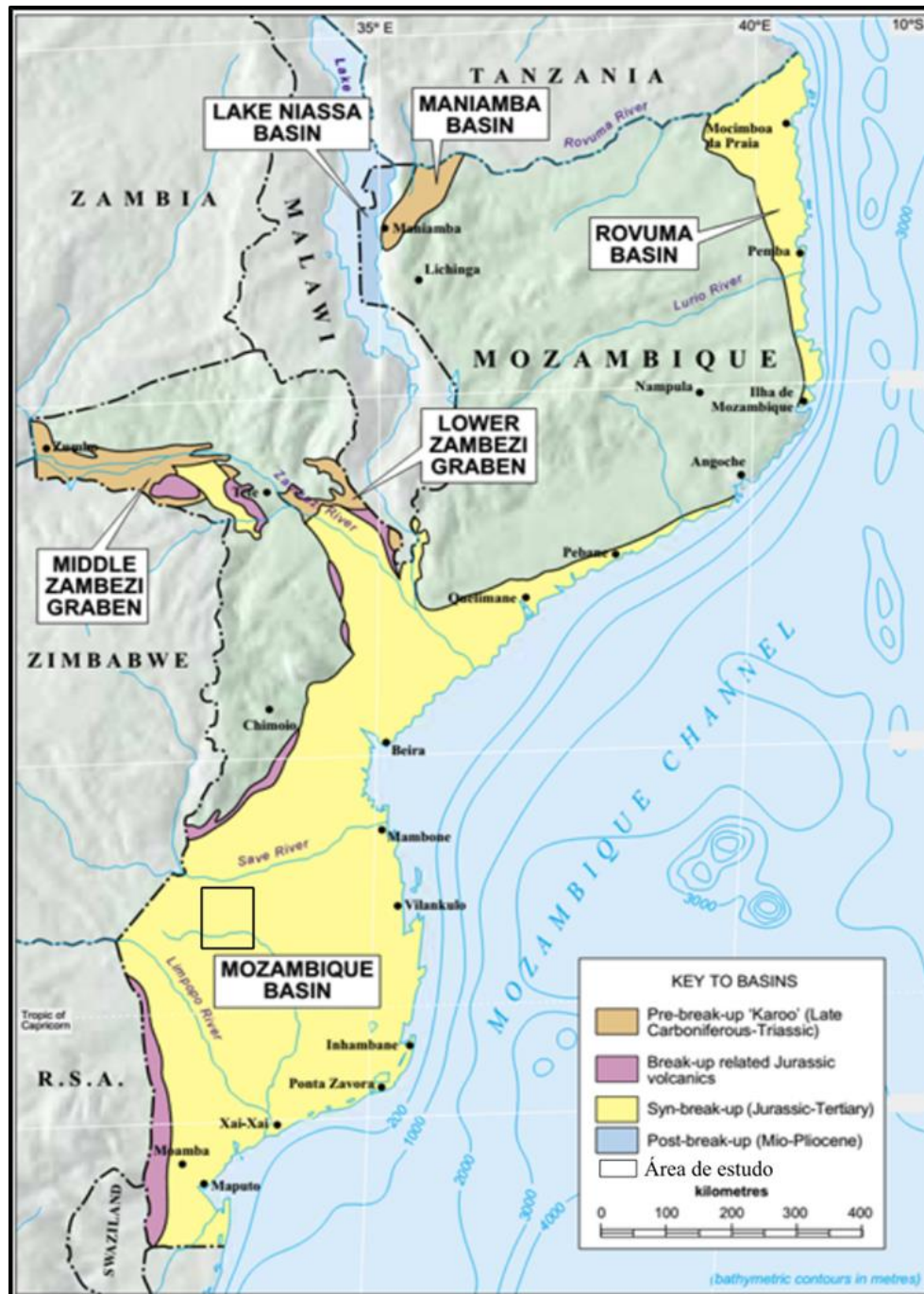


Figura 8: Localização das Bacias Sedimentares em Moçambique e a sua relação temporal com a fragmentação do Supercontinente Gondwana (fonte: ECL, 2000).

- i. **Bacias Pré-Ruptura:** Essas bacias se formaram antes dos eventos tectônicos que levaram à fragmentação do Gondwana. Elas tipicamente consistem em sequências sedimentares mais antigas que foram depositadas em um ambiente cratônico estável ou em ambientes de rifte que precederam o principal evento de ruptura. As bacias 'pré-ruptura' são formadas pelas bacias do Karoo, que são relativamente disseminadas no sul e centro da África (Johnson et. al. 1996). Exemplo: Bacia de Maniamba e as Bacia de Zambeze.
- ii. **Bacias Sin-Ruptura:** Essas bacias se desenvolveram contemporaneamente à rifte e fragmentação do Gondwana. Elas são caracterizadas por depósitos sedimentares que refletem a atividade tectônica, incluindo tectônica extensional, subsidência e atividade vulcânica associada ao processo de rifteamento. Exemplo: Bacia de Moçambique e Bacia de Rovuma.
- iii. **Bacias Pós-Ruptura:** Essas bacias se formaram após a ruptura do Gondwana e o estabelecimento de novas configurações continentais e oceânicas. As sequências sedimentares nessas bacias frequentemente registram a história geológica subsequente, incluindo o desenvolvimento de margens passivas, transgressões marinhas e outros processos tectônicos e sedimentares pós-rifte. Exemplo: Bacia do Lago Niassa.

Geologicamente a área de estudo insere-se na Bacia Sedimentar de Moçambique, Zona Sul do Rio Save (Salman & Abdula, 1995). A Bacia de Moçambique ocupa as partes central e sul da planície costeira de Moçambique, estendendo-se até a plataforma continental e o talude (Figura 8) (ECL, 2000). O preenchimento sedimentar é composto por rochas do Jurássico Superior, Cretácico e Cenozóico que sobrepõem os chamados *vulcânitos do Karoo* (GTK 2006).

5.1.1. Tectónica da Bacia Sedimentar de Moçambique

Esta Bacia foi formada durante a fragmentação do Supercontinente Gondwana que separou-se em dois grandes blocos: Gondwana Oeste (África e América do Sul) e Gondwana Este (Antártica, Madagáscar, Seychelles, Austrália, Índia e Sri Lanka), contemporânea com abertura do Oceano Índico e o desenvolvimento do SREA (Salman & Abdula, 1995) e (Vasconcelos & Jamal, 2010).

A tectónica da Bacia Sedimentar de Moçambique é de distensão, a partir do Jurássico superior. Sendo assim, ela é caracterizada por falhas normais que se desenvolveram até à formação de grabens. Durante este processo, desenvolveu – se uma fase de rifting local que originou a formação de horsts e grabens. Todavia, antes da fragmentação de Gondwana, parte da Bacia de Moçambique

era formada por uma placa estável com uma deposição dominante de fácies terrígeno e lacustres dentro de pequenas Bacias desenvolvidas, como fase de infra – rifting entre o Carbonífero superior e o Triássico, conhecidos como depósitos de Karoo (Flores, 1970) em (Mendes, 2007).

Os trabalhos prévios não descrevem com detalhe a situação da tectónica da região mais a sul da bacia. Os eventos tectónicos registados a partir de dados gravimétricos e magnéticos, sugerem um desenvolvimento contemporâneo do Sistema de Grabens de Funhalouro – Mazenga, Graben de Chidenguele e Xai – Xai. Segundo ECL (2000), há duas fases de extensão dos grabens supracitados: a primeira no Jurássico superior - Cretácico inferior e, a segunda, no Cretácico médio – superior. Este é o fundamento que caracteriza uma reactivação da Bacia de Moçambique durante a segunda fase.

5.1.2. Elementos estruturais da Bacia Sedimentar de Moçambique

A Bacia Sedimentar de Moçambique é composta por grabens alongados com uma orientação N – S e pequenos horsts do tipo planaltos, em certos lugares intersectados por algumas falhas pobremente definidas, com orientação NE – SW. Enquanto que na região Este, encontra – se, de Sul para o Norte, a elevação de Zandamela, separada mais para o Norte pela elevação do Domo Nhachengue e pelo estreito do graben de Inhambane, com orientação NE – SW. Estas entidades estão limitadas a Oeste pelos sistemas de Graben de Funhalouro – Mazenga.

A nordeste deste sistema encontra – se a elevação de Pande e Temane. Por tanto, muitos grabens mesozóicos com a orientação N – S e SW – SE tem blocos levantados e inclinados para o Este. Isto verifica – se devido ao afastamento, ou seja o deslizamento e levantamento de blocos mais para o Este, o que ilustra também uma forte assimetria na maioria dos grabens. Alguns grabens podem ser resultado de movimentos transtensionais desde a fase inicial de fragmentação, seguido pelo desenvolvimento do canal de Moçambique e depois um levantamento lateral do Continente Africano (GTK, 2006).

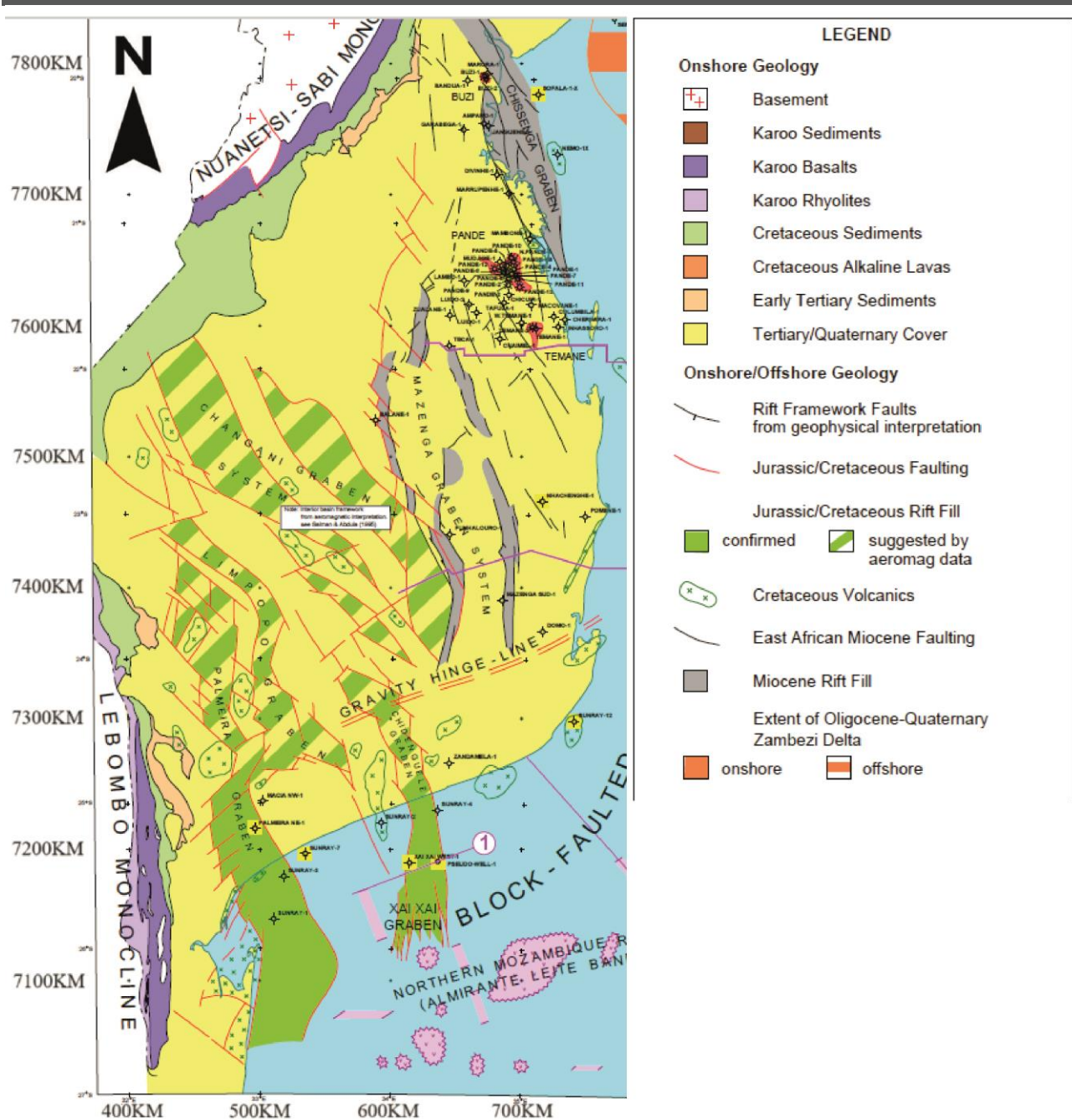


Figura 9: Mapa de estruturas geológicas na região sul da Bacia de Moçambique (adaptado de ECL, 2000).

5.1.3. Litoestratigrafia da Bacia Sedimentar de Moçambique

A Bacia Sedimentar de Moçambique pode ser dividida em seis (6) grandes sequências deposicionais separadas entre si por descontinuidades angulares e por períodos de não deposição ou erosão devidos aos ciclos transgressivo-regressivos, resultando da acção combinada entre flutuações eustáticas do nível do mar, subsidência da bacia e elevação continental. Verificam-se mudanças de fácies, variando de continentais a parálicas até de marinhas pouco profundas a realmente marinhas, geralmente no sentido de oeste para este (c.f. Coster *et al.* 1989) em (GTK 2006).

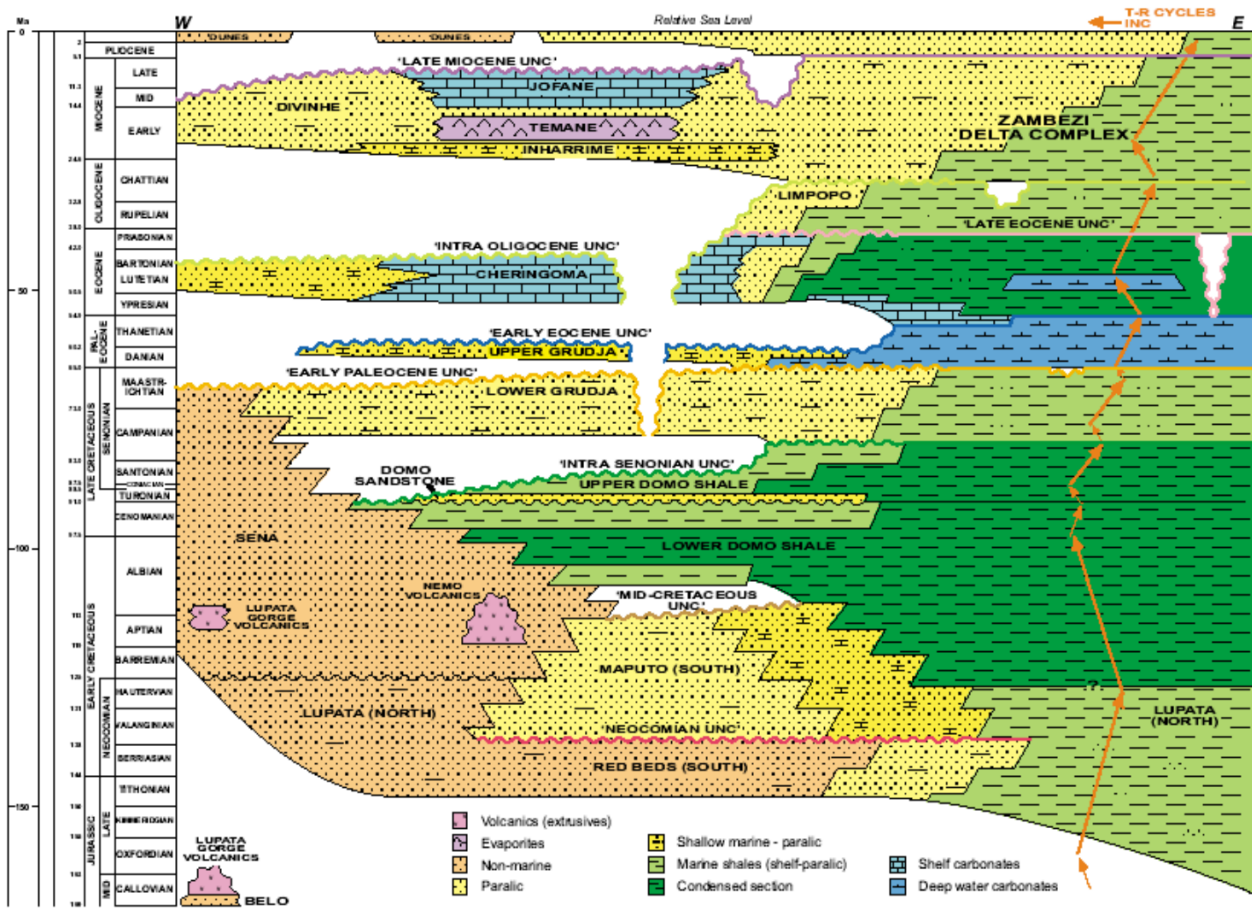


Figura 10: Sequência estratigráfica da Bacia de Moçambique (ECL, 2000).

Sequência 1

Deposição, durante o Jurássico Superior e o Cretácico Inferior, do Grupo de Lupata no norte e instalação contemporânea dos vulcanitos da Província Alcalina de Chirua, com discontinuidades no Neocomiano (do Berriasiano ao Barremiano) e no Aptiano.

Sequência 2

Deposição, durante o Cretácico Médio a Superior, das Formações de Sena e de Domo e discontinuidade dispersa na bacia intra-Senoniano. Distinguem-se dos sedimentos subjacentes do Grupo da Lupata por discontinuidades do Cretácico Médio ou mais antigas. A Formação de Sena reflecte as fácies continentais da subsidência da bacia na margem interior da planície costeira e está presente ao longo de vastas áreas nas regiões centro-oeste e norte da Bacia de Moçambique. A Formação de Sena foi depositada durante a grande e prolongada transgressão senoniana e é caracterizada pela ocorrência de grés arcósicos de grão médio a grosseiro (CrSt, CrSas), localmente

com calhaus e conglomerados arenosos maciços (CrSb), alternando com intervalos de siltitos. Localmente, o grés apresentam elevadas expressões de tório e potássio.

Sequência 3

Deposição, durante o Cretácico Superior (Campaniano- Maastrichtiano) e até ao Paleocénico. É caracterizada pela Formação de Grudja de idade cretácica superior a paleocénica, em conjunto com a mais localizada e menor Formação de Incomani, as quais sobrepõem discordantemente as litologias da *Sequência 2*.

A Formação de Grudja (CrG) consiste de estratos marinhos, iniciando com uma camada basal com *Alectryonia ungulata*, que é usada como um horizonte marcante separando a Formação de Grudja da Formação de Sena, em conjunto com uma descontinuidade e *hiatus* intra-senonianos. A Formação de Grudja é caracterizada pela ocorrência de calcarenitos ou calcarenitos glauconíticos, siltitos e margas (CrG), intercaladas com calcários em menor proporção. Local e esporadicamente, observam-se variedades conglomeráticas com macrofauna marinha, atingindo grés glauconíticos marcadamente enriquecidos em fósseis. Baseada numa descontinuidade e *hiatus* do Paleocénico Inferior, a Formação de Grudja pode ser dividida em duas partes, sendo uma inferior e outra superior. Durante a deposição dos clastos marinhos de baixa profundidade da Formação de Grudja Inferior na parte ocidental da Bacia de Moçambique, foram depositados carbonatos de águas profundas quer no oceano quer na parte oriental da bacia. Durante a elevação verificada no Eocénico Inferior, a Formação de Grudja foi erodida em alguns locais. Entre os Rios Movene e Maputo ocorrem calcarenitos marinhos bem fossilizados, com horizontes conglomeráticos ocasionais, os quais contêm fósseis de lamelibrânquios, gasterópodes (*Turrilites*) e baculites (Moura e Oberholzer, 1969). Estes calcarenitos (CrI) representam as rochas da Formação de Incomani, uma vez que elas foram consideradas como sendo os equivalentes daquelas de Incomanini e mais jovens que os grés cenomanianos de Mapicane descritos por Förster (1975). As restantes rochas sedimentares ocorrendo próximo dos Basaltos de Movene foram reagrupadas no Cretácico Indiferenciado (CrM).

Sequência 4

Deposição da Formação paleocénica de Mapai sobre descontinuidades do Eocénico Inferior e sob intra- e descontinuidades do Oligocénico Superior. A Formação paleocénica de Mapai ocorre maioritariamente na parte ocidental de Moçambique ao longo das escarpas suaves dos vales dos Rios Limpopo, Uanétzi e Singuédzi, na Barragem de Massingir e no Rio dos Elefantes (Graus Quadrados 2331/2332). Por vezes, jazem discordantemente sobre os vulcanitos dos Libombos. A

Formação de Mapai está dividida em seis subunidades cartografáveis, às quais foram atribuídas as seguintes nomenclaturas (do topo para a base): Calcários Superiores (TeAuL), Grés Superiores (TeAuc), Grés Médios (TeAcs), Calcários Médios (TeAml), Grés Inferiores (TeAlc) e Calcários Basais (TeAbl). Contudo, sob o ponto de vista sedimentológico, é difícil usar esta subdivisão num sentido genético. Estes depósitos consistem de aluviões muito grosseiros constituídos por barras de canais medianos (períodos alternantes de calhaus rolados e de conglomerados) e áreas entre canais dominadas por areias mais finas e siltitos. As litologias calcárias dominantes podem corresponder a períodos de cheias ou a um nível do mar mais elevado. Os grés e os conglomerados são predominantemente ferruginosos e possuem coloração vermelha (côr de tijolo) com, em alguns locais, zonas esbranquiçadas lixiviadas devidas à redeposição carbonática. Estes depósitos imaturos de grão grosseiro foram classificados como planícies arenosas gerais, drenando a margem escarpada elevada situada ocidentalmente e correspondente ao Cratão do Kaapvaal e à Cadeia dos Libombos.

Sequência 5

Esta sequência representa os sedimentos de idade do Paleocénico-Pliocénico atribuídos às Formações de Mangulane, Tembe, Inhaminga, Maputo, Boane, Salamanga, Cheringoma, Jofane, Inharrime, Ponta Vermelha e de Mazamba.

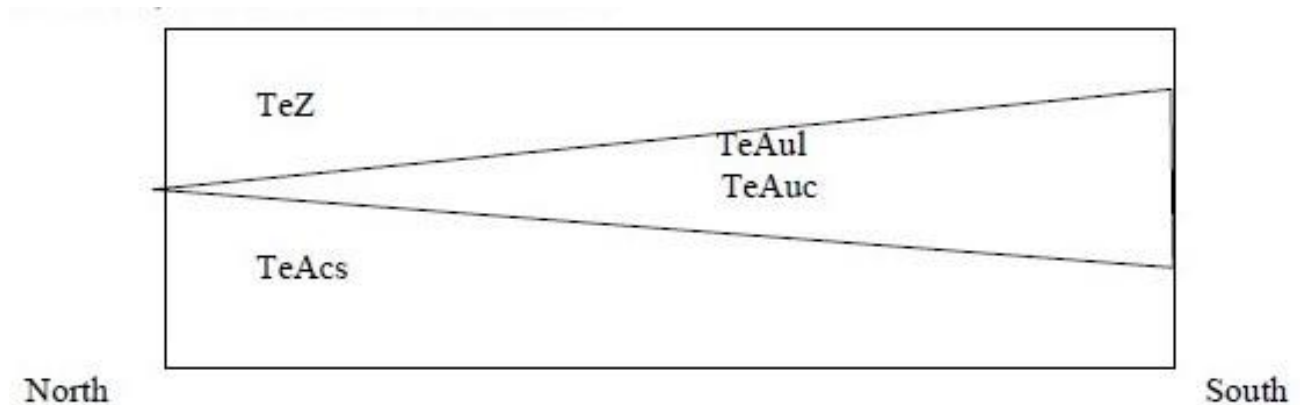


Figura 11: Ordem estratigráfica simplificada das sub-unidades superiores da Formação Mapai TeAuL, TeAuc e TeAcs e da sobrejacente Formação Mazamba (TeZ) em uma seção de 100 km de extensão, orientada de norte a sul, das folhas de mapa 2231, 2232 até 2331/2332 (GTK, 2006).

O evento regressivo oligocénico mais importante foi seguido por uma transgressão gradual. Na vasta área localizada entre os paleodeltas dos Rios Zambeze e Limpopo, muito pouco profunda, depósitos marinhos restritos a lagunares marcam a fase primária da transgressão. Os estratos relacionados com a transgressão são as camadas de dolomites vermelhos, argilas vermelhas e

silte/grés, com intercalações locais de anidrite, do Miocénico Inferior. Estas camadas são referidas como constituindo a Formação de Inharrime, que assenta discordantemente sobre a Formação de Cheringoma (Salman and Abdulá, 1995). A Formação de Temane pode passar gradualmente à Formação de Inharrime e encontra-se desenvolvida numa pequena bacia evaporítica perto da foz do Rio Save. Compreende argilitos margosos cinzentos-escuros e siltitos com intercalações de calcários portadores de gesso e poucas areias (Pinna *et al.* 1986).

A Formação de Mangulane é caracterizada por calcários do Miocénico (TeMI), com intercalações de grés (TeMm) contendo fósseis do género *Spondylus*, *Teredo* e *Ostrea* (c.f. Borges *et al.* 1939).

A Formação de Inhaminga compreende uma parte basal composta por grés micáceos a argilíticos de grão fino a médio (Tel). Os pequenos fósseis de gasterópodes e bivalves e litofáceis associadas são indicadores de um meio de deposição marinho litoral, com possíveis intercalações deltaicas. A transgressão culminou no fim do Miocénico Inferior e resultou numa sedimentação costeira, marinha, de pouca profundidade, passando no sentido oeste para ambientes continentais.

A deposição do Miocénico foi mais extensa a leste e é representada pelos calcarenitos e calcários bioclásticos da Formação de Jofane. Esta unidade pode ser dividida nos seguintes membros (de baixo para cima): Calcários de Urrongas (TeJu), Calcarenitos do Cabe (TeJc), Grés Silicificados Locais (TeJs) e Grés Remobilizados/Conglomerados (TeJco).

A Formação de Mazamba compreende predominantemente uma sequência continental areno-greso-conglomerática (TeZ) composta por depósitos detríticos de material não calibrado argilo-arenoso ou conglomerático, jazendo no topo da dominante Formação marinha de Jofane.

A Formação da Ponta Vermelha compreende, na sua porção superior, grés ferruginosos vermelhos e areias siltíticas (Föster, 2004). Os siltitos e margas desta unidade são rochas semiconsolidadas, friáveis, apresentando acamamento e a característica erosão do tipo ‘terreno caótico’ (‘bad land’). À porção inferior da Formação da Ponta Vermelha foi atribuída uma idade pliocénica, mas está associada de perto com as dunas internas do Pleistocénio.

Na parte oriental e marítima da Bacia de Moçambique a sedimentação marinha continuou sem interrupção através do Eocénico. Contudo, na parte ocidental, esta fase de desenvolvimento da bacia iniciou-se com um *hiatus* e discordância de idade paleocénica a eocénica inferior e terminou com uma descontinuidade e *hiatus* no Oligocénico e no Oligocénico Superior. Calcários marinhos da Formação de Cheringoma ocorrem por cerca de 50 Km ao longo do Rio Búzi para oeste e depois na direcção SSE, jazendo discordantemente sobre a Formação de Grudja, do Paleocénico. Na

localidade, a Formação de Cheringoma apresenta fácies marinha de fraca profundidade, altamente energética, no interior da zona fótica. Para oriente e no sentido das zonas mais profundas da rampa carbonatada no oceano, estes calcários (TeC) transformam-se em calcários margosos e em margas calcárias. As cheias do Eocénico Superior resultaram nos calcários numulíticos e recifais da Formação regressiva de Cheringoma. Fósseis são muitas vezes encontrados nos calcarenitos e calcários da Formação de Tembe (TeT).

A Formação de Maputo é uma sequência de grés glauconíticos finamente acamados (TeP) com nódulos calcários, indicando condições de deposição costeiras a de mar aberto, ambiente que é condicionado pelo desenvolvimento de duas estruturas de rifte profundas, grosso modo paralelas e alinhadas N-S, ou seja, o *Graben* de Mazenga (a este) e o *Graben* de Funhalouro (a oeste).

A Formação de Boane, não datada, consiste de siltitos arenosos vermelhoacastanhados escuros, friáveis (TeB). Esta unidade pode representar uma fácies continental mais ferruginosa, variedade basal da Formação de Maputo.

A Formação de Salamanga, que cobre discordantemente a Formação cretácica de Maputo, é composta por níveis heterogéneos compreendendo calcários arenosos e grés calcários (TeSa) com calcários bioclásticos. A eles associados de perto, ocorrem também grés avermelhados (TeSs). Concluindo, a maior parte dos calcários das Formações de Cheringoma e de Salamanga representam depósitos de recifes interiores.

Sequência 6

Deposição dos sedimentos quaternários que incluem: (1) Areias eólicas (Qe) com níveis arenosos não consolidados formando lençóis superficiais, geralmente com poucos metros de espessura, (2) Terraços fluviais que são geralmente constituídos por areias argilosas com um elevado cimento argiloso, variando de grão fino a médio, com cor castanha escura a negra, (3) Depósitos de escorrência eluvionares com composição argilosa (Qpi), contendo material argiloso de cor escura, (4) Depósitos de vertente coluviais (Qc), (5) Grés costeiros/'Beach Rocks' (Qcs), os quais são constituídos por rochas litificadas compostas por depósitos arenosos com matriz calcária, fossilíferos, não calibrados, mostrando ocasionalmente estratificação entrecruzada, (6) Calcários lacustres (Qll), compostos geralmente por calcários de água doce, fossilíferos, compactos ou friáveis, ocasionalmente alterados, (7) Depósitos de escorrência eluvionares com composição areno-argilosa (Qps), os quais se formaram devido à actuação dos processos erosivos normais agindo em unidades de grés, (8) Argilas aluvionares de origem fluvio-marinha (Qst), caracterizadas por apresentarem teores elevados de argila e cor cinzenta escura a negra, (9) Depósitos aluvionares

recentes (Qa), compostos por areias, silte e cascalho depositados pelas águas correntes ou material de inundação em ambiente fluvial ou deltaico, (10) Dunas interiores (Qdi), as quais são compostas por areias eólicas, geralmente consolidadas pela vegetação e localizadas no interior, não longe da actual linha de costa, mas não fazendo parte do sistema actual de dunas activas, (11) Dunas costeiras e areias de praia recentes (Qd), distribuídas ao longo da actual linha de costa, as quais são geralmente constituídas por areias não consolidadas e são originadas pela acção combinada do fornecimento fluvial e de factores erosivos.

A deposição da cobertura quaternária é parcialmente controlada por forças endógenas exercidas durante o desenvolvimento da bacia. Contudo, para a deposição do Quaternário, os processos exógenos foram mais importantes, notavelmente as flutuações do nível do mar devidas à alternância de episódios glaciares e intraglaciares. Como sempre, as unidades cartografáveis depositadas durante este período estão relacionadas com o respectivo ambiente de deposição (marinho, lacustre, fluvial, eólico, solos antigos, etc.) e relacionadas também com a idade relativa das diferentes regiões e unidades fisiográficas do território. A cronologia proposta joga com quatro avanços (transgressões) e cinco recuos (regressões) do mar, correspondendo às fases glaciais e intraglaciais:

- Transgressão e sedimentação aluvial e lacustre mantida ao longo de uma zona a mais de 100 Km para oeste da actual linha de costa;
- Primeira regressão do mar, correspondendo com uma segunda interfase lacustre a leste da primeira;
- Deposição fluvial cobrindo o talude de abrasão marinha. Os depósitos aluvionares encontram-se parcialmente bloqueados por uma barreira dunar consolidada, a qual constitui um obstáculo à descarga fluvial normal para um mar aberto. Na interfase das águas doces e salgadas nos lagos intradunares, foi depositado o primeiro nível de diatomitos;
- Mudança dos canais deposicionais intradunares pela acreção de novas barreiras dunares. Formaram-se lagoas com mangais entre as zonas de marés e os lagos interiores.

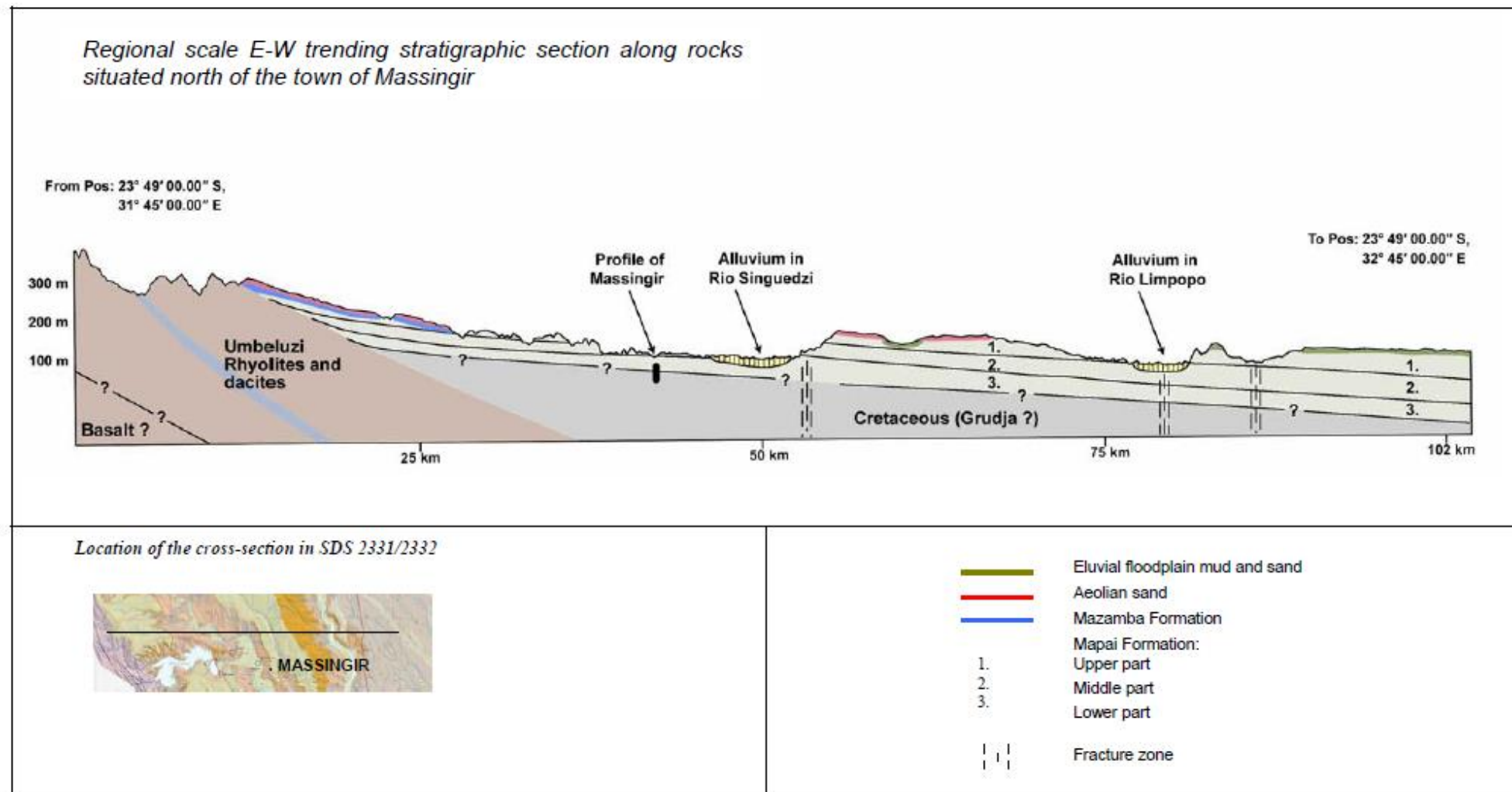


Figura 12: Perfil geológico com a orientação Oeste – Este de uma região próxima a área de estudo (Distrito de Massingir) pertencente a Bacia de Mocambique, Zona Sul do Save (fonte: GTK, 2006).

5.2. Geologia Local

De acordo com GTK (2006), o Distrito de Chigubo caracteriza-se por apresentar depósitos do Quaternário na superfície que incluem (Figura 13):

a) Depósitos de escorrência argilosa fluvial (Qpi)

Esta unidade litológica contém material argiloso de cor escura e abrange grandes áreas com uma topografia plana, tendo uma permeabilidade muito baixa devido ao alto teor de argila e, conseqüentemente, formam zonas frequentemente inundadas com lagoas e pântanos que continuam por um período longo. A origem destas planícies de inundação está ligada ao desenvolvimento de pequenos e rasos canais marinhos entre a areia argilosa eluvial.

b) Depósitos de calcário Lacustre (Qll)

O calcário Lacustre encontra-se em regiões isoladas e topograficamente baixas.

c) Depósitos de escorrência argilo-arenosa fluvial (Qps)

Reconhecem-se actualmente extensos depósitos de areia argilosa eluvial formados durante o Pleistoceno devido a processos de erosão normal que actuam nos arenitos, especialmente os da formação de Mazamba. Esta unidade cobre extensas áreas no SE e no NW, onde este tipo de depósito é encontrado associado com os depósitos de argila eluvionares de planície de inundação.

Esta unidade de planície de inundação refere-se a depósitos de argila soltas e areia dispersas em vastas áreas, sem estruturas dunares ou qualquer tipo de relevo. Por vezes, a presença de material argiloso causa retenção de água durante longos períodos, levando a formação de pequenos lagos, mas profundos. Grãos de areia em material argiloso são geralmente de origem eólica.

d) Depósitos aluvionares, areia, silte e cascalhos (Qa)

Os depósitos aluviais recentes afloram em terras planas típicas e são constituídas por areia, silte e cascalho e relacionam-se com os processos fluviais.

Estes depósitos geralmente mostram uma diminuição da granulometria para o topo (*fining upward*) com conglomerados na base, seguindo-se arenitos e siltes. Estes geralmente vêm acompanhados por depósitos de fluxo de massa e leque aluvial (*Alluvial Fans*). Os depósitos aluvionares incluem depósitos deltaicos que ocorrem ao longo de toda a área.

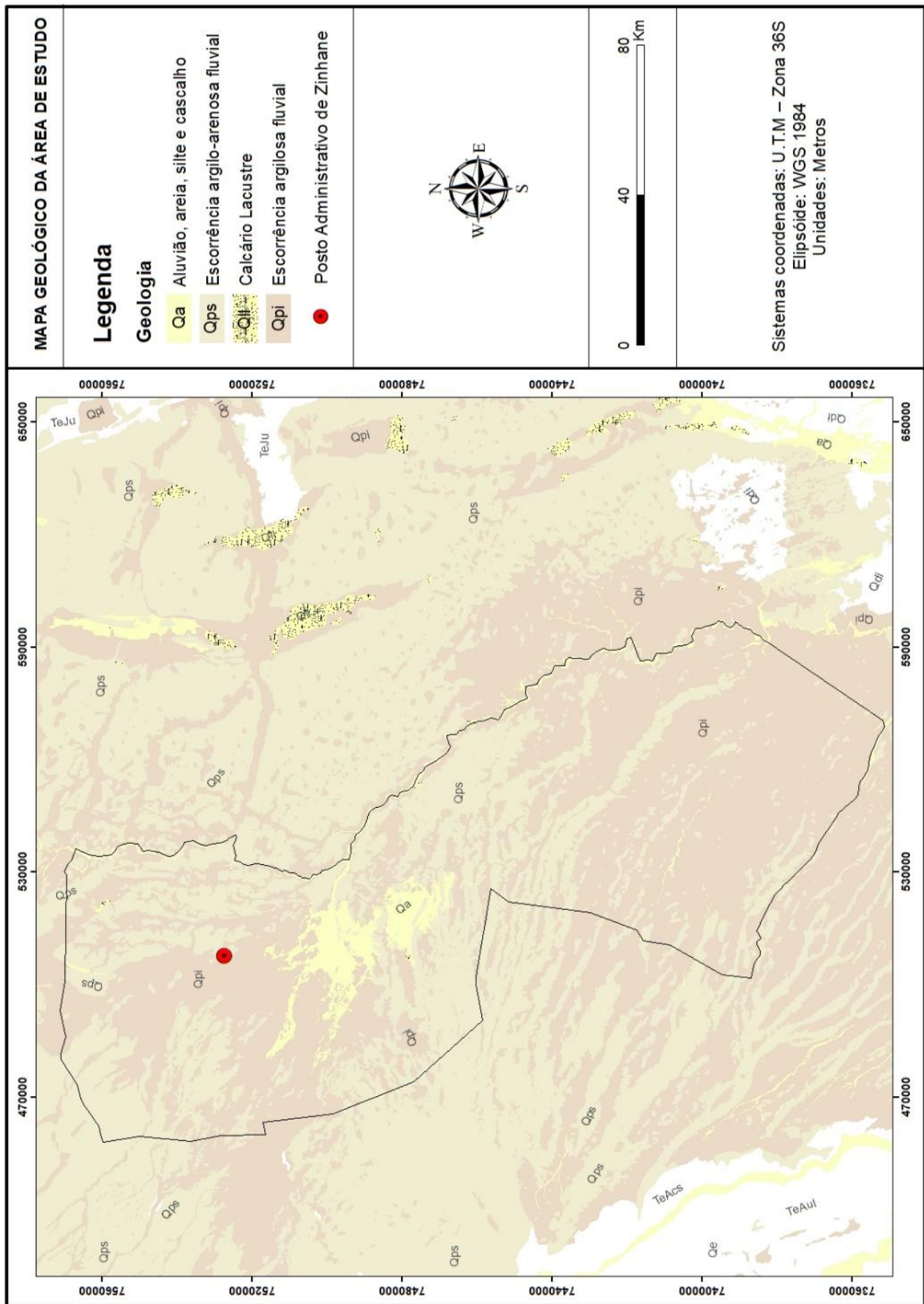


Figura 13: Mapa geológico da área de estudo (Adaptado de GTK, 2006).

5.2.1. Hidrogeologia

De acordo com a carta hidrogeológica de Moçambique (escala: 1/1.000.000) (Figura 14), o distrito é caracterizado por apresentar aquíferos com água salobre e onde o principal aquífero regional em exploração é classificado como sendo moderadamente produtivo, com caudais que podem atingir os 5 m³/h (DNA, 1987).

Segundo Oxfam (2017), o aquífero freático é constituído por areias de cobertura refira-se, contudo, que o aquífero regional é composto por areias médias por vezes grés e/ou grés calcário das formações de Mazamba e de Mangulane.

Em termos hidrogeológicos o Distrito de Chigubo é constituído por dois aquíferos designadamente (DNA, 1987):

a) Primeiro Aquífero

Corresponde a cobertura eluvionar e aluviões ao longo de alguns cursos de água. A espessura é, regra geral, inferior a 30 metros. Em termos de qualidade é geralmente bastante salobre e a condutividade eléctrica atinge cerca de 20000 µS/cm. Este aquífero corresponde a sedimentos aluvionares do Quaternário, com produtividades que variam de 3-10 m³/h.

b) Segundo Aquífero

É um aquífero profundo (profundidades entre os 100 e 300 metros), possui água menos mineralizada não significando, contudo, que seja doce, mas a produtividade é baixa. A concentração de cloretos é de 1 114 mg/l, superior ao recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) que é de 600 mg/l.

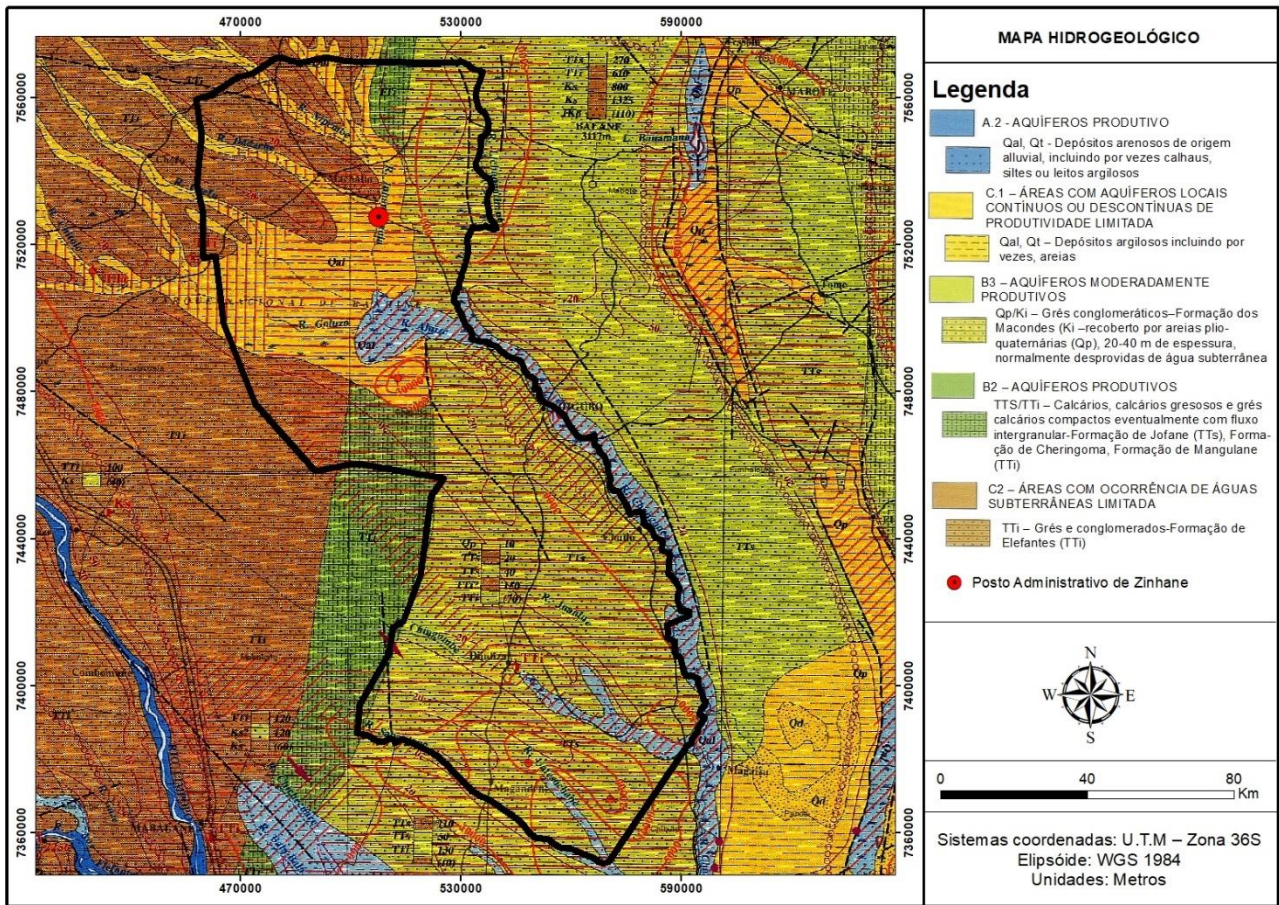


Figura 14: Mapa Hidrogeológico da área de estudo (Adpatado de DNA, 1987).

5.2.2. Solos

Os solos do Distrito de Chigubo são, em geral, delgados, com zonas arenosas característicos da cobertura dos depósitos de Mananga . São ainda de realçar os solos aluvionares que ocorrem ao longo da planície do Rio Changane, embora com limitações decorrentes da presença de sais em excesso (MAE, 2005).

CAPÍTULO VI

6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS



-  Perfil Oeste - Este (figura 16)
-  Perfil Norte - Sul (figura 17)
-  Perfil Oeste - Este (figura 12)



Figura 15: Imagem de satélite, ilustrando a localização dos traçados dos perfis geológicos a serem discutidos.

PERFIL GEOLÓGICO OESTE – ESTE

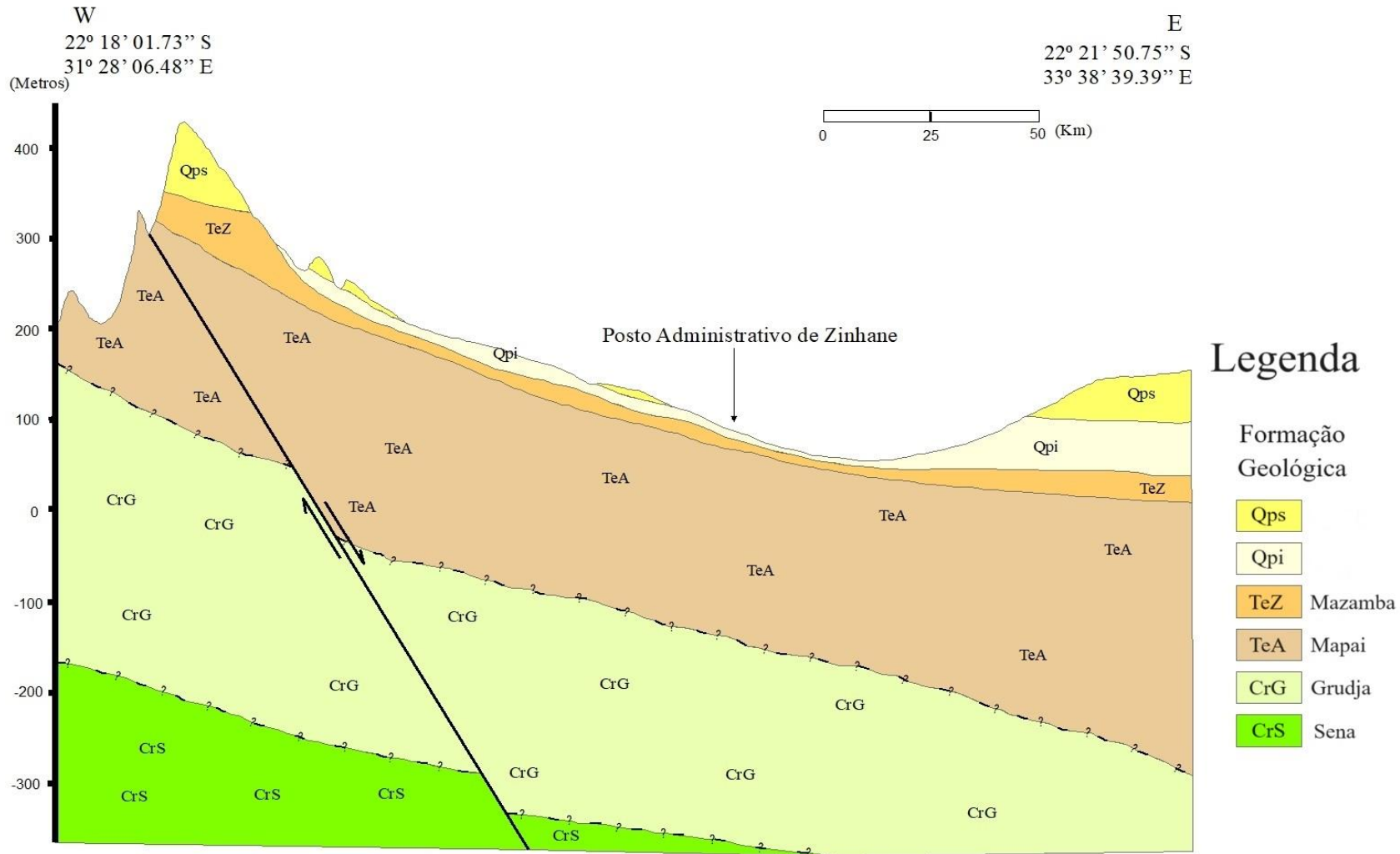


Figura 16: Perfil geológico da zona norte da Província de Gaza com orientação Oeste – Este.

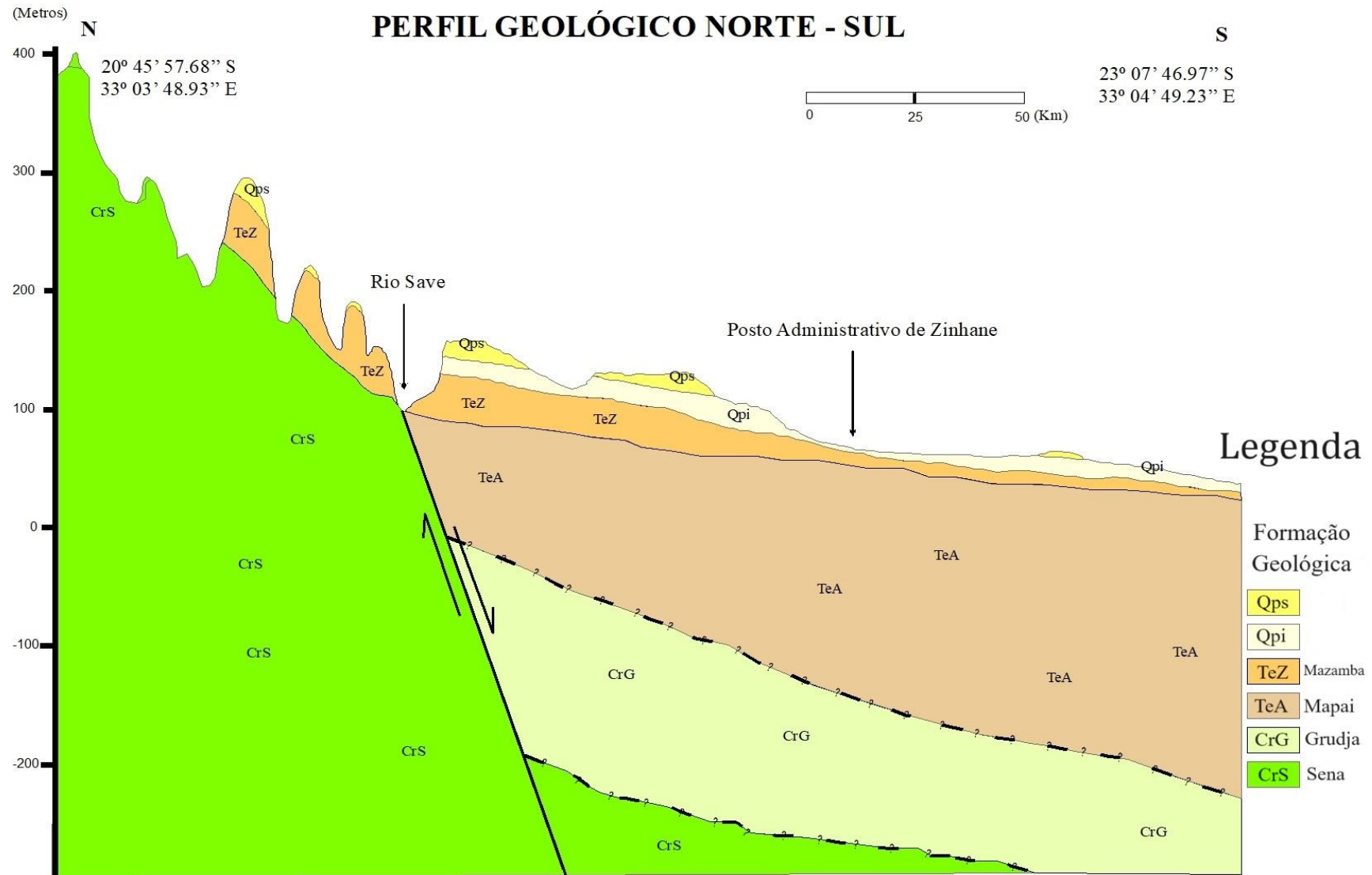


Figura 17: Perfil geológico da zona norte da Província de Gaza e sul da Província de Manica com a orientação Norte – Sul.

Tabela 1: Legenda dos perfis geológicos nas figuras 16 e 17

Formação geológica (idade)		Rochas sedimentares
(Quaternário)	Qps	Escorrência argilo – arenosa fluvial
	Qpi	Escorrência argilosa fluvial
Mazamba (Paleoceno - Plioceno)	TeZ	Grés arcósico, parcialmente conglomerático
Mapai (Paleoceno)	TeA	Arenitos e calcários intercalados
Grudja (Cretácico superior)	CrG	Calcarenitos ou calcarenitos glauconíticos, siltitos e margas intercaladas com calcários em menor proporção
Sena (Cretácico medio a superior)	CrS	Grés arcósicos de grão médio a grosseiro e grés conglomerático

Contribuição para o conhecimento hidrogeológico do aquífero confinado no Distrito de Chigubo
(Província de Gaza)

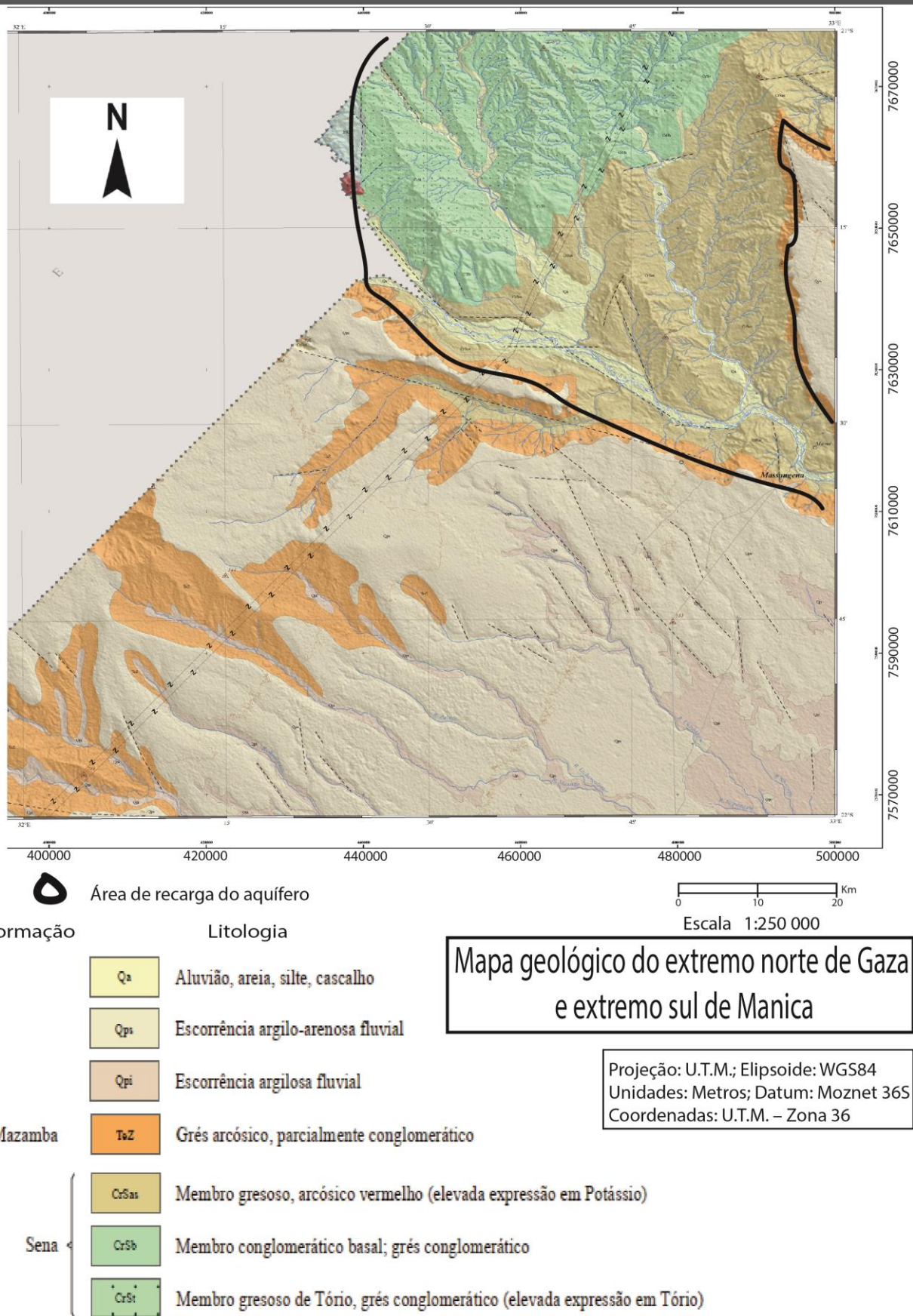


Figura 18: Mapa geológico ilustrando a área de recarga do aquífero, baseado na carta 2132.

CAPÍTULO VII

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A geologia do Distrito de Chigubo está toda coberta por camadas finas do Quaternário. Nota-se no Perfis geológicos representados no capítulo anterior que as Formações geológicas relacionadas com o aquífero em estudo não afloram no Distrito de Chigubo, porém, afloram em outras regiões da Bacia Sedimentar de Moçambique e estão presentes no subsolo de Chigubo.

As cobertura quaternária (Qpi e Qps) e a Formação de Mazamba (Tez) contituem camadas finas e muito pobres em água. A formação de Mapai (TeA) contitui um grosso de camadas de calcários e arenitos intercalados.

Nota-se nas figuras 16 e 17 que o Rio Save foi formado ao longo de uma falha regional com pequenas falhas ao seu redor. Sendo assim, este rio constitui uma zona de fractura que facilita a infiltração da água no subsolo.

A Formação de Grudja (CrG) é a mais produtiva em hidrocarbonetos na Bacia Sedimentar de Moçambique e onde se situam os jazigos de gás natural de Pande, Temane e Buzi. Para além desta Formação, os potenciais reservatórios, constituídos por espessas sequências de arenitos ou calcários, podem ser encontrados nas Formações de Maputo, Domo e Chiringoma. Todavia, é a Formação de Grudja – Inferior que define o único reservatório de hidrocarbonetos provado, testado e que também contem água subterrânea nos calcarenitos glauconíticos (ECL, 2000).

O aquífero confinado provavelmente é recaregado ao longo do Rio Save, no extremo sul da Província de Manica e extremo norte da Povíncia de Gaza. A água superficial da provavel área de recarga, indicada na figura 17, se infiltra através da zona de fractura ao longo da falha regional do Rio Save onde aflora a Formaçã o de Sena e encontra um horizonte (ou camada) permeável no meio de dois horizontes impermeáveis e que por sua vez, encontra-se a uma pressão litoestática superior á pressão atmosférica na região do Distrito de Chigubo, o que leva a formação de condições artesianas. O horizonte permeável provavelmente pertence á Formação de Grudja, tendo em consideração que entre as diferentes Formações geológicas da Bacia Sedimentar de Moçambique relacionadas com o aquífero, a Formação de Grudja é a única que possui horizontes comprovados como porosos e permeáveis de calcarenitos glauconíticos intercalados com horizontes impermeáveis que provavelmente sejam de siltitos e/ou margas pertencentes a mesma Formação de Grudja.

Sendo assim, os principais eventos geológicos que levaram ao estabelecimento das condições geológicas presentes na área de estudo e consequente formação do aquífero em estudo foram os seguintes:

- Formação de falhas geológicas normais, típicas do ambiente tectónico distensional da Bacia Sedimentar de Moçambique, que fizeram com que as massas rochosas da Formação de Sena (CrS), estejam a altas profundidades nas Províncias de Gaza e Inhambane, apesar de aflorarem nas montanhas a sul da Província de Manica e ao longo do Rio Save onde o aquífero é recarregado;
- Transgressão marinha no Cretácico Superior, denunciada pela mudança de fácies continentais para fácies marinhas no contacto entre a Formação de Sena (CrS) e a Formação de Grudja (CrG), o que levou a formação de horizontes de rocha impermeáveis intercalados com horizontes de rocha permeáveis;
- Contínua deposição de espessas camadas de calcários e arenitos intercalados, correspondentes a Formação paleocénica de Mapai (TeA);
- Regressão marinha no Terciário Superior que levou a deposição da Formação de Mazamba (TeZ) de fácies continentais e posterior contínua deposição das camadas finas do Quaternário.

Contudo, o aquífero confinado provavelmente pode ser encontrado na direção sul da área de recarga, concretamente nos Distritos de Chigubo, Chicualacuala, Massangena, Mabalane e Massingir, tendo em conta que a profundidade do aquífero em estudo aumenta no mesmo sentido do provável fluxo da água subterrânea (noroeste – sudeste).

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1. Conclusões

O estudo revelou que o aquífero confinado no Posto Administrativo de Zinhane foi formado devido a processos geológicos complexos derivados da fragmentação do supercontinente Gondwana, a subsequente formação da Bacia Sedimentar de Moçambique e abertura do Oceano Índico. A Bacia Sedimentar de Moçambique, na qual a área de estudo se enquadra geologicamente, por sua vez, pode ser dividida em seis (6) sequências deposicionais separadas entre si por inconformidades e períodos de não deposição.

A recarga natural do aquífero provavelmente ocorre ao longo do Rio Save, concretamente no limite entre as Províncias de Gaza e Manica, onde aflora a Formação Cretácica de Sena de fácies continental, composta essencialmente por grés arcósicos de grão médio a grosseiro e grés conglomerático, tendo em conta que, as fracturas existentes nesta área de recarga facilitam a infiltração da água no subsolo.

Devido ao sistema de falhas geológicas normais existentes na Bacia de Moçambique típicas de ambientes tectónicos distensivos, e a transgressão marinha indentificada na transição da Formação de Sena para Formação de Grudja, a água subterrânea provavelmente é transportada até a Formação cretácica de Grudja de fácies marinha, que possui horizontes de camadas permeáveis de calcarenitos glauconíticos limitados na base e no topo por camadas impermeáveis que provavelmente sejam de siltitos e/ou margas.

8.2. Recomendações

Para futuras investigações fazem-se as seguintes recomendações:

- Realizar análise geofísica usando os métodos geoelectricos disponíveis;
- Realizar ao menos dois furos de sondagem com profundidades de aproximadamente 500 metros para obter amostras de rocha, bem como para medir os níveis de água e a pressão artesiana
- Conduzir testes de bombeamento para avaliar a capacidade do aquífero, a transmissividade e a permeabilidade das formações rochosas.
- Realizar análises hidroquímicas das águas subterrâneas para identificar a qualidade da água e possíveis contaminações para avaliar sua potabilidade e adequação para diferentes usos.
- Desenvolver modelos hidrogeológicos para simular o comportamento do aquífero sob diferentes cenários de exploração e recarga.
- Implementar um programa de monitoramento contínuo dos níveis de água subterrânea e fluxos de recarga e descarga.
- Trabalhar em conjunto com autoridades locais e regionais para desenvolver políticas e regulamentos que promovam a conservação e o uso sustentável do aquífero.

CAPÍTULO IX

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

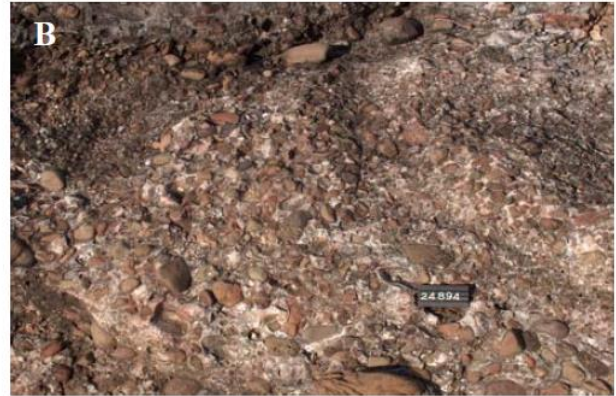
- Agência Nacional de Águas (ANA). (2016). **Hidrogeologia: Conceitos Básicos**. Brasília, Brasil;
- Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento (ADASA). (2015). **Directrizes para o desenvolvimento de recarga artificial de aquíferos no distrito federal**. Relatório de consulta técnica. Brasil;
- Arraes, T. M. (2008). **Proposição de critério e métodos para delimitação de Bacias Hidrográficas**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasil;
- Bapatista, H. N. R. (2016). **Acompanhamento da construção de uma captação de água subterrânea**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências. Portugal.
- Barbosa, C. M. S. & Matos, A. (2008). **Conceito e directrizes para recarga artificial de aquíferos**. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas;
- Borghetti, N. R. B.; Borghetti, J. R. & Filho, E. F. R. (2011). **A integração das águas: Revelando o verdadeiro aquífero Guarani**. Curitiba: Edição da Autora;
- Direcção Nacional das Águas (DNA). (1987). **Carta Hidrogeológica de Moçambique**. Ministério de Construção e Águas. Maputo, República de Moçambique;
- ECL. (2000). **The Petroleum Geology and Hydrocarbon Prospectivity of Mozambique '2000'**. volume 1, Moçambique, ENH;
- Feitosa, F. A. C.; Manoel Filho, J.; Feitosa, E. C. & Demetrio, J. G. A. (2008). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 3ª ed., CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro;
- Ferreira, J. M., Brito, A., Da Silva, A. R., Sampaio, J., & Tavares, T. (2012). **Manual de Boas Práticas Para a Execução e Exploração de Furos de Captação de Águas Subterrâneas**. www.ipq.pt;
- GTK Consortium. (2006). **Map Explanation; Volume 1: Sheets 2032 – 2632. Geology of Degree Sheets, Espungabera/Chibabava, Nova/Mambone, Massangena, Chidoco, Save/Bazaruto, Chicualacuala, Machaila, Chigubo, Mabote/Vilanculos, Rio Singuédzi/Massingir, Rio Changana, Funhalouro/Inhambane, Chilembene, Chókwè, Zavala/Inharrime, Maputo, Xai-Xai/Zavala and Bela-Vista, Mozambique**. Ministry of Mineral Resources, National Directorate of Geology, Maputo;

- Hirata, R. S.; Marcellini, A.; Villar, S.; Pilar & M. L. (2019). **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e económica para o Brasil**. <https://doi.org/10.11606/9788563124074>;
- Lächelt, S. (1948). **Geology and mineral resources of Africa**. In *Nature* (Vol. 162, Issue 4129). <https://doi.org/10.1038/162971a0>;
- Ministério da Administração Estatal (MAE). (2005). **Perfil do Distrito de Chigubo, província de Gaza**. Maputo, Moçambique;
- Midões, C., & Fernandes, J. (2006). **Água Subterrânea - Conhecer para Proteger e Preservar**. *Projecto No P-IV-1052 Do Programa Ciência Viva*, 1–24.
- Moura, A.N.de. (2004). **Recarga artificial de aquíferos: os desafios e riscos para garantir o suprimento futuro de água subterrânea**. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas;
- Mussa, A. (2014). **Caracterização da matéria orgânica da sequência sedimentar interceptada pela Sondagem NEMO-1X (Bacia de Moçambique) Potencial para a geração de hidrocarbonetos**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Portugal;
- Nairn, A. E. M.; Lerche, I. & Iliffe, J. E. (1991). **Geology, basin analysis, and hydrocarbon potential of Mozambique and the Mozambique Channel**. *Earth-Science Reviews*, Volume 30, pp. 81 – 124;
- Netherlands National Committee – International Association of Hydrogeologists (NNC-IAH). (2002). **Management of aquifer recharge and subsurface storage. Making better use of our largest reservoir**. Editors Albert Tuinhof & Jan Piet Heederik. Seminar Wageningen 18 – 19 December 2002;
- Oliveira, M. J. M. (2004). **Recarga de águas subterrâneas. Métodos de avaliação**. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal;
- PRONASAR. (2012). **Relatório do Distrito de Chigubo**. Direcção Nacional de Águas. Moçambique;
- Roseiro, C. M. S. D. (2009). **Recarga artificial de aquíferos: Aplicação ao Sistema Aquífero da Campina de Faro**. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Portugal;
- Salman, G. & Abdula, I. (1995). **Development of the Mozambique and Rovuma sedimentary basins, offshore Mozambique**. *Sedimentary Geology*, Volume 96;
- Tedesco, A. M. (2018). **Avaliação da vulnerabilidade das águas subterrâneas por meio dos métodos AHP e TOPSIS**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Brasil;

- Vasconcelos, S. M. S. (2005). **Avaliação da recarga subterrânea através da variação do nível potenciométrico no aquífero Dunas/Paleodunas, Forataleza, Ceará.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 10, n. 2;
- Vasconcelos, L. & Jamal, D. (2010). **A Nova Geologia De Moçambique X.** Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa XVI Semana de Geoquímica. Departamento de Geologia, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique, 1–15.
- Vasconcelos, M. B. (2014). **Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura.** Anais Do XVIII Congresso Brasileiro de Água Subterrânea, 1–12.
- World Food Program. (WFP). (2017). **Moçambique Análise do Clima.** Pp: 1–48.

ANEXOS

Anexo I : (A) Afloramento de leito de rio de conglomerado polimítico da Formação Sena, (B) Foto detalhada do conglomerado com clastos bem arredondados em uma matriz de calcrete. Rio Vumaúze (0463051/7680567), (C) Horizonte de conglomerado intraformacional em arenito da Formação Sena no Rio Búzi (0568177/ 7756506), (D) Arenito maciço e clástico grosseiro com pequenas manchas de redução. A Formação Sena no Rio Save (0447656/7642641). A barra de escala é de 10 cm (GTK, 2006).



Anexo II: Arenito arcósico da Formação de Sena (arenito Conglomerático), 30 km ao sul da aldeia de Mutarara (0715890/8043880). A placa de número tem cerca de 10 cm (GTK, 2006).



Anexo III: Foto de amostra de calcarenito branco, de grão grosso, da Formação Grudja. Próximo ao Rio Zambeze, a noroeste da aldeia de Marromeu (0774049/8004584). A barra de escala é de 8 cm (GTK, 2006).



Anexo IV: Depósito detrítico com seixos quartzozos arredondados no topo da Formação Mazamba (0615310/7785675). A barra de escala é de 10 cm (GTK, 2006).



Anexo V: Afloramento do Membro Basal de Calcário da Formação Mapai* na fronteira com a África do Sul, ao norte de Gaza (0345392/7458524) (GTK, 2006).



Anexo VI: Parte de uma seção de 15 m de altura de conglomerado polimíctico com matriz calcária. O Membro Inferior de Arenito da Formação Mapai*. Rio Singuédzi (0389798/7389888). A barra de escala é de 10 cm (GTK, 2006).

