



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DIVISÃO DE AGRICULTURA

ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

MONOGRAFIA CIENTÍFICA

**Análise de Qualidade da Água superficial e seus Padrões para
Consumo Humano e Irrigação no Leito Principal Rio Limpopo e
no Canal Principal do Regadio de Chókwè**

Autor: Nelia Amelia Pires Bila

Tutor: Eng.º: Lateiro Salvador de Sousa, PhD.

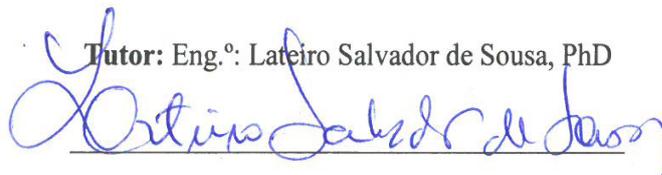
Cotutor: Eng.º Paulo Sérgio Lourenço Saveca, MSc

Lionde, Novembro de 202



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia Científica sobre ANÁLISE DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E SEUS PADRÕES PARA CONSUMO HUMANO E IRRIGAÇÃO NO LEITO PRINCIPAL RIO LIMPOPO E NO CANAL PRINCIPAL DO REGADIO DE CHÓKWÈ, apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Divisão da Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

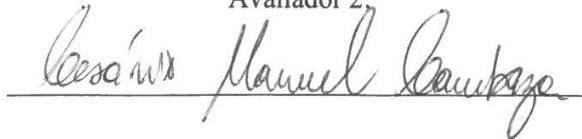
Tutor: Eng.º: Lateiro Salvador de Sousa, PhD


Avaliador 1:



(eng ° Philipa Ncube)

Avaliador 2:



(eng ° Cesário Manuel Cambaza)



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Nelia Amelia Pires Bila

(Nelia Amelia Pires Bila)

ÍNDICE

DECLARAÇÃO	3
SÍMBOLOS	v
RESUMO	viii
1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objectivos	11
1.1.1. Geral	11
1.1.2. Específicos	11
1.2. Problema e Justificativa	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Água e sua importância	13
2.2. Água superficial	13
2.3. Avaliação da qualidade das águas superficiais	14
2.4. Qualidade de água para irrigação	14
2.5. Parâmetros de avaliação da qualidade de água para irrigação	15
2.5.1. pH	15
2.5.2. Cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2})	16
2.5.3. Sódio (Na^{+}) e potássio (K^{+})	16
2.5.4. Ferro (Fe^{+2}) e Manganês (Mn^{+2})	17
2.5. Relação de adsorção de sódio (RAS)	17
2.6. Avaliação da qualidade de água para o consumo humano	18
2.7. Parâmetros microbiológicos	18
2.8. Parâmetros físico-químicos	19
2.9. Colecta de amostras	22
2.9.1. Colectores de água superficial	22

2.10.	Padrões de qualidade da água	22
3.	METODOLOGIA.....	25
3.1.	Localização e Extensão da Bacia do Limpopo.....	25
3.1.1.	A hidrogeologia da bacia do Limpopo.....	26
3.4.	Métodos de análise	28
3.5.3.	Determinação de CE	29
3.6.4.	Cloreto (método de Mohr)	29
3.6.5.	Dureza Total.....	31
3.7.	Análises Microbiológicas	32
3.7.1.	Coliformes totais:.....	32
3.8.	Testes estatísticos.....	33
4.	RESULTADOS	34
5.	DISCUÇÃO.....	41
6.	CONCLUSÃO.....	46
7.	RECOMENDAÇÕES.....	47
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
9.	ANEXOS	53

Índice de tabelas

Tabela 1: Classificação da dureza da água.....	20
Tabela 2: Valores máximos permitidos dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para o consumo humano e irrigação.	23
Tabela 3: Resultados do calculo do balanço iónico	34
Tabela 4: Resultados de correlação dos parâmetros de qualidade de água subterrânea do leito seco do rio Limpopo-Macarretane.....	35
Tabela 5: tabela da comparação dos dados obtidos a OMS e MISAU	44
Tabela 6: comparação dos resultados obtidos a OMS e MISAU	45
Tabela 7: Média dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das análises feitas no laboratório.....	54

Índice de Figuras

Figura 1 Distribuição de água no planeta terra	13
Figura 2: Localização do leito principal do rio Limpopo e Sistema de Regadio de Chókwe	25
Figura 3: Mapa geológico da área de estudo.....	27
Figura 4: Materiais usados para colecta das amostras	28
Figura 5: Determinação do cloreto antes e depois.....	30
Figura 6: Determinação da dureza antes e depois.....	31
Figura 7 : Membrana filtrante	33
Figura 8: hidroquímicas da água superficial no diagrama de Piper	36
Figura 9: Resultados do pH obtidos nos pontos de colecta.....	37
Figura 10: Resultados da CE nos pontos de colecta	37
Figura 11: Resultados da turvação nos pontos de colecta.....	38
Figura 12: Resultados dos Coliformes fecais nos pontos de colecta.....	38
Figura 13: Resultados dos coliformes totais nos pontos de colecta	39
Figura 14: Classes de qualidade de água para irrigação usando RAS e CE.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS

Abs	Absorbância
CE	Condutividade elétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
meq/l	Mili equivalente por litro;
Mg	Teor de Mg em cmolL ⁻¹ no extrato de saturação.
mg/l	Miligrama por litro;
MISAU	Ministério da Saúde
OD	Oxigênio dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
P1	Peso inicial
P2	Peso final
pH	Potencial Hidrogeniônico
VMP	Valores máximos permissíveis
µS/cm:	Micro Siemens por centímetro

SÍMBOLOS

AgNO₂	Nitrato de prata
Al³⁺	Ião Alumínio
Ca²⁺	Ião Cálcio
CaCO₃	Carbonato de cálcio
Fe^{2+ / 3+}	Ião Ferro
K⁺	Ião de Potássio
K₂CrO₄	Cromato de potássio
Mg²⁺	Ião Magnésio
Mn^{2+ / 4+}	Ião Manganês
NH₃	Amoníaco
NH⁴⁺	Ião Amónio
NaOH	Hidróxido de sódio
NO²⁻	Iões Nitrito
NO³⁻	Iões Nitrato
Sr²⁺	Ião Estrôncio

DEDICATORIA

Dedico o presente trabalho a família em geral e a todos que directa ou indirectamente apoiaram-me em todo processo de desenvolvimento do mesmo, e em especial aos meus pais Pires Sozinho Bila e Cândida Bila, que muito apoiaram financeiramente os meus estudos.

AGRADECIMENTO

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me ter dado saúde, vida, e forças até chegar aqui. Ao meu supervisor Eng.º: Lateiro Salvador de Sousa, MEngSc., pela sua incondicional disponibilidade, paciência, entrega e partilha de conhecimento.

À minha família, por ser o meu suporte, principalmente aos meus pais, aos meus irmãos Lindocas Bila, Ledísia Bila, Nélio Bila e Isselton Bila por toda a preocupação e motivação para atingir os meus objectivos.

Aos meus pastores José Siteo, Romeu Cuamba e Jacob, ao irmão Nildo, ao irmão Jeremias Cumbucane, agradeço imenso pelas orações, e por me apoiarem sempre.

E por fim, aos meus amigos, Alberto Nhachengo, Moisés Mandjate, Milton Income, Adelino Zunguza, Mingues Miguel, Edson Cumbe, Augusto Tembe, Isabel Fumo, Lavínea Janela, e para os amigos da faculdade, Telma Pedro, Danilo Nhacumangue, Iocilde Cuco, Élcio Matimula, Nelia Camba, Vânia Quitéria dos Santos, Sebastião Manjate, Hermínio Ofumane, Heldemiro Chaúque, Alberto Chambisso, Melquisio Malo, Romário Marrengula, Idelson Estevão, Vânia Vilanculos, Nádia Chambal, Nelson Zefanias Paulo Chissico, Helio Conjo, Yulla Maria Nhantumbo, o meu muito obrigada pela força, apoio, e encorajamento, mais que amigos vocês são minha família.

O meu muito obrigada

RESUMO

Os diversos usos que a água proporciona ao homem faz com que este recurso natural seja essencial para nossa sobrevivência, tornando-se indispensável sua proteção com vistas a garantia de melhor qualidade e quantidade. Porém, água tem de apresentar características de qualidade de modo a não constituir um vínculo de doenças e poluentes. A diversificação no uso do recurso, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações na qualidade da mesma, comprometendo os recursos hídricos e por consequência seus usos para os diversos fins como consumo humano, irrigação e meio ambiente. Este uso tem sofrido restrições significativas em função de prejuízos nos rios provenientes das ações naturais e antrópicas, as quais alteram os aspectos de qualidade e quantidade de água disponível para o uso humano. O objectivo deste trabalho é avaliar o ponto de situação da qualidade das águas superficiais para consumo humano e irrigação do leito principal do rio Limpopo e canal principal do regadio de chokwe, uma vez que essas são usadas para alimentar sistemas de captação superficial para fins de tratamento e abastecimento para consumo humano e na sua maioria para irrigação. Apesar de reportar-se bom estado qualitativo de água superficial pouco se conhece sobre a ocorrência de alguns elementos que podem constituir poluição da mesma. Foram colectados amostras em 8 locais, 98 amostras no período de três meses (junho á Setembro) e levadas imediatamente ao laboratório provincial de higiene de água e alimentos localizado no distrito de Xai-xai na província de Gaza. Fez se o processo hidroquímico verificou se que o tipo de agua é Cloretada cálcica. Todos os parâmetros físicos e microbiológicos estão fora do admissível e químicos estão dentro, de acordo com a comparação feita na MISAU e OMS. Para irrigação está dentro dos padrões vigentes, visto qua a classe é C2-S1, e o RAS não ultrapassa 10 meq/l indicando assim que a água que a agua é boa para irrigar culturas.

Palavras chaves: Análises de água, Parâmetros de qualidade, Água para consumo humano, água e irrigação; padrões admissíveis.

ABSTRACT

The various uses that water provides to man make this natural resource essential for our survival, making its protection essential in order to guarantee better quality and quantity. However, water has to present quality characteristics so as not to constitute a link between diseases and pollutants. Diversification in the use of the resource, when performed inappropriately, causes changes in its quality, compromising water resources and, consequently, their uses for various purposes such as human consumption, irrigation and the environment. This use has been subject to significant restrictions due to damage to rivers resulting from natural and anthropic actions, which alter the aspects of quality and quantity of water available for human use. The aim of this work is to assess the status of surface water quality for human consumption and irrigation of the main bed of the Limpopo River and the main channel of the Chokwe irrigation system, since these are used to feed surface catchment systems for treatment purposes. And supply for human consumption and mostly for irrigation. Despite reporting a good qualitative status of surface water, little was known about the occurrence of some elements that could constitute its pollution. They were collected from 8 sites, 98 samples within three months over a period of three months (June to September) and taken immediately to the provincial laboratory for food and water hygiene located in the district of Xai-xai in Province of Gaza. The hydrochemical process was carried out and it was verified that the type of water is lime-chlorinated. All physical and microbiological parameters are outside the admissible at MISAU and OMS for human consumption, but for irrigation it is within the current standards. As for irrigation water, both the Main Bed and the Chokwe Irrigation are within allowable conditions, implying that the water can be used to irrigate crops. For irrigation it is within current standards, as the class C2-S1 and the RAS does not exceed 10 meq/l, thus indicating that the water is good for irrigating crops.

Key words: Water analysis, Quality parameters, Water for human consumption, water and irrigation; permissible standards.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com CUNHA, (2019) a água é um recurso essencial para a vida, a saúde, os alimentos, desenvolvimento económico e o meio ambiente sustentável. No entanto, essa diversificação no uso da água, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações na qualidade da mesma.

As águas superficiais respondem por quase metade do abastecimento de água potável mundial e por 20% da capacidade de geração de energia eléctrica (Torri, 2015). Apesar de a humanidade ser altamente dependente de fluxos de água, a actividade humana vem degradando rios e córregos em todo o mundo, provocando danos quantitativos e qualitativos, levando espécies a extinção e diminuindo a valiosa capacidade da água de desempenhar funções ecossistemas. Factores tão diversos quanto a contaminação por excesso de nutrientes provocadas por escoamento de resíduos agrícolas e domésticos, drenagem ácida da mineração, espécies invasoras, barragens e desvios, alteram radicalmente os fluxos de rios em todo o planeta, desde os menores e mais efémeros afluentes, até os maiores rios do mundo (de Oliveira Laice, 2015).

Moçambique é um país jovem e enfrenta os problemas de abastecimento da água potável para toda população, com deficiente saneamento básico. Para Maidjelele, (2016), regista-se anualmente nesse país doenças de origem hídrica.

Sem o devido tratamento, a água oferece risco à saúde humana por ser considerado um veículo de transmissão de microrganismo e parasitas causadores de doenças, tornando-se imprópria para consumo humano (OLIVEIRA, 2019). A qualidade da água pode ser comprometida por influente de origem inorgânica, complexos inorgânicos ou por influente orgânico como coliformes e diversos complexos derivados de esgotos domésticos e industriais.

A produção de cultivos nestas regiões é dependente de um abastecimento adequado de água, é dizer, água em quantidade suficiente e de qualidade apropriada e facilmente disponível para a irrigação ao longo da temporada para suprir as necessidades dos cultivos (PEREIRA, 2018). Quando se fala de qualidade da água de irrigação se tem a certeza que se trata de qualidade em relação com a salinidade no sentido amplo do termo (SOUSA, 2015).

Segundo LEITE, (2017), os principais parâmetros a serem avaliados na qualidade da água para irrigação contemplam os parâmetros físico-químicos, que definem sua adequação ou não para o uso. Geralmente os principais atributos analisados nessa avaliação são o pH, conductividade

eléctrica, sólidos totais dissolvidos e iões (sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloretos, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos).

Com o presente trabalho pretende-se avaliar a qualidade da água para irrigação e consumo humano por meio de análises químico-físico e microbiológica e comparar aos padrões estabelecidos em Moçambique e internacionalmente.

1.1.Objectivos

1.1.1. Geral

- Analisar a qualidade das águas superficiais e seus padrões para consumo humano e irrigação no leito principal rio Limpopo e no canal principal do Regadio de Chókwe.

1.1.2. Específicos

- Determinar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos na água superficial relevantes para consumo humano e irrigação;
- verificar os processos hidroquímicos na água superficial;
- Avaliar o ponto de situação da qualidade da água superficial relevantes para consumo humano e irrigação;
- Comparar os níveis de qualidade de águas superficiais aos padrões nacionais e internacionais;

1.2.Problema e Justificativa

A água é um dos elementos mais importantes do planeta Terra, constituindo um bem essencial a todo ser vivo (Mota *et al.*, 2017). A utilização da mesma pela sociedade humana visa a atender suas necessidades pessoais, actividades económicas (agrícolas e industriais) e sociais. No entanto, essa diversificação no uso da água, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações na qualidade, comprometendo os recursos hídricos e por consequência seus usos para os diversos fins. Para Pedrotti *et al.*, (2015), a poluição da água está associada com a alteração

de suas características físicas, químicas ou biológicas, sejam elas ocasionadas por causas naturais ou provocadas pelo homem.

As águas superficiais da bacia do rio Limpopo são comumente usadas para alimentar sistemas de captação superficial para fins de irrigação na sua maioria e consumo humano. Pouco se conhece o grau de qualidade da mesma. Segundo Sampaio, (2016), desde a antiguidade o homem descobriu que mesmo águas aparentemente limpas para consumir podiam conter organismos patogênicos introduzidos por material contaminado ou fezes de pessoas doentes podendo transmitir doenças.

Estudos feitos por Verlicchi e Grallini (2019 e 2020) apontam para potencial de baixa qualidade tanto para irrigação quanto para o consumo. A baixa qualidade de água para irrigação pode trazer implicações negativas à prática agrícola, pois, a água pode conter substâncias prejudiciais, que podem acumular-se no solo e podem causar grandes concentrações de sais e por consequência fraco desenvolvimento e crescimento das culturas. A água do rio Limpopo é captada por motobombas, deixando escorrer a gasolina e entrando directamente na água, não se sabe qual pode ser a influencia da mesma para irrigação bem como para o consumo, uma vez que a população local usa para as necessidades domésticas. Entretanto, é importante que se conheçam as condições da água, pois, o conjunto de parâmetros a serem considerados na avaliação da qualidade da água para a irrigação e consumo humano deve contemplar o conjunto de características físicas, químicas e biológicas que definem sua adequação ou não para o uso, (Vilela, 2018).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Água e sua importância

Segundo (BORGES, 2019) este recurso é um dos principais presentes no planeta, sendo essencial para a subsistência do homem, principalmente pelo fato de diversas actividades humanas serem dependentes do mesmo, como o abastecimento humano, o uso industrial, o uso na agricultura, a geração de energia eléctrica, turismo, lazer, dessedentação animal, pesca, dentre outros. A proximidade com a água foi um factor preponderante no crescimento e desenvolvimento das civilizações e das cidades actuais que utilizam a mesma para seus diversos fins. O homem tem usado a água não apenas para manter suas necessidades pessoais diárias (alimentação, funcionamento adequado do corpo, higiene), mas também e principalmente para propósitos socioeconómicos. E, por se tratar de componente essencial para a vida humana em seus múltiplos usos, bem como para a dinâmica de todos os sistemas ambientais, a água, pode ser valorada como serviço ambiental (Waldman, 2020).

2.2. Água superficial

A todo momento, um volume estimado em 2.000 km³ de água doce flui pelos rios e córregos do mundo, volume este que representa apenas 0,006 % das reservas totais de água doce do planeta e menos de 3% da água doce encontrada em lagos por todo o mundo. A distribuição destes recursos não é uniforme: 31% do escoamento anual total global ocorre na Ásia e 25% na América do Sul, enquanto apenas 1% ocorre na Austrália (Magalhães, 2015). Mesmo assim, os rios e córregos do mundo acumulam uma influência desproporcional na paisagem e os na biodiversidade global. Mais de dois terços das espécies terrestres utilizam rios e seus corredores ciliares em algum momento de suas vidas (Barcellos, 2017).



Figura 1 Distribuição de água no planeta terra

Fonte: (Mendonça, 2019)

De forma geral, as águas superficiais respondem por quase metade do abastecimento de água potável mundial e por 20% da capacidade de geração de energia eléctrica (Lima, 2018). Apesar de a humanidade ser altamente dependente de fluxos de água, a actividade humana vem degradando rios e córregos em todo o mundo, provocando danos quantitativos e qualitativos, levando espécies a extinção e diminuindo a valiosa capacidade da água de desempenhar funções ecossistemas (Borelli, 2018). Factores tão diversos quanto a contaminação por excesso de nutrientes provocadas por escoamento de resíduos agrícolas e domésticos, drenagem ácida da mineração, espécies invasoras, barragens e desvios, alteraram radicalmente os fluxos de rios em todo o planeta, desde os menores e mais efémeros afluentes, até os maiores rios do mundo. Sessenta por cento dos 227 maiores rios do mundo tiveram seus fluxos interrompidos por barragens e outras infra-estruturas (Khan, 2018).

2.3.Avaliação da qualidade das águas superficiais

O conceito de qualidade da água é relativo, já que depende do uso a que se destina ou do seu objectivo. A qualidade da água pode definir-se como o conjunto das suas características físicas, químicas e biológicas. De acordo com a sua utilização, existe um conjunto de critérios e normas para a qualidade da água que variam com a sua finalidade, seja ela para consumo humano, para uso industrial ou agrícola ou para a manutenção do equilíbrio ambiental (Domingues, 2015). A qualidade da água para consumo humano é um indicador essencial para a avaliação do nível de desenvolvimento de um país e do bem-estar da população (de Souza, 2019).

O processo de análise ocorre pela averiguação das suas naturezas físicas, químicas e biológicas, que estão associadas a uma série de processos do corpo hídrico e em sua bacia de drenagem (de Souza, 2019). Os parâmetros físicos são medidos em escalas próprias, os parâmetros químicos são usualmente dados em concentração (mg L⁻¹ ou ppm) e os parâmetros biológicos, pela indicação da densidade populacional do organismo de interesse (Damasceno, Khan and Lima, 2018). Ao abordar a questão da qualidade da água, é importante considerar que o meio líquido apresenta duas características marcantes, que condicionam a conformação desta qualidade, a capacidade de dissolução e a capacidade de transporte (de Mello Rezende *et al.*, 2017).

2.4.Qualidade de água para irrigação

Sendo a água um elemento constitutivo dos seres vivos, é, portanto, das plantas. Às vezes se apresenta só, às vezes combinada com outros elementos que a planta encontra no solo e no ar, servindo de veículo para sua nutrição. Com o continuo crescimento demográfico, superando

em muito o aumento da produtividade e/ou à incorporação de Terra de zonas húmidas e sub-húmidas à produção agrícola, a humanidade se vê compelida a utilizar a irrigação para complementar as chuvas nestas zonas, como também para fazer produtivas as zonas áridas e semiáridas do globo (Ferentz, Garcias and Setim, 2020). A produção de cultivos nestas regiões é dependente de um abastecimento adequado de água, é dizer, água em quantidade suficiente e de qualidade apropriada e facilmente disponível para a irrigação ao longo da temporada para suprir as necessidades dos cultivos (Barros and Barden, 2019). Quando se fala de qualidade da água de irrigação se tem a certeza que se trata de qualidade em relação com a salinidade no sentido amplo do termo (de Mello Rezende *et al.*, 2017).

Segundo (Ribeiro, 2021) habitualmente as determinações que se realizam na água são: Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade Eléctrica (CE), Total de Sais Dissolvidos (TSD), íons: sódio (Na⁺), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), cloretos (Cl⁻), sulfatos (SO₄⁺⁺), carbonatos (CO₃⁻⁻) e bicarbonatos (HCO₃⁻). Por sua toxicidade manifesta, é conveniente analisar o íon boro (B⁺).

2.5. Parâmetros de avaliação da qualidade de água para irrigação

2.5.1. pH

O pH é um parâmetro químico e representa a concentração de íons hidrogênio H⁺ na água, fornecendo desta forma uma indicação quanto à acidez (pH entre 0 e 7), neutralidade (pH = 7) ou alcalinidade (pH entre 7 e 14) da mesma. As condições que influenciam nos valores de pH das águas podem ser naturais ou antropogénicas (Souza, 2018). Dentre as condições naturais estão a dissolução de rochas, a absorção de gases atmosféricos, a oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese; já as condições antropogénicas são, principalmente, devido aos despejos domésticos e industriais (Porto, 2018). O pH é um parâmetro muito importante nos estudos ambientais, principalmente pelo fato de influenciar no equilíbrio químico de diversas reacções que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de água sendo frequentemente utilizado na caracterização destas águas (CESTESB, 2015; SPERLING, 2005). Valores baixos de pH fazem com que a água apresente certo grau de corrosividade e agressividade nas tubulações e peças de abastecimento, enquanto valores elevados possibilitam incrustações nestas estruturas. Valores de pH afastados da neutralidade podem afectar a vida aquática, como os peixes (Colturato, 2015). Segundo (Monteiro, 2020), o pH influencia em vários aspectos, tais como na cor da água devido à sua interferência no grau de solubilidade de diversas substâncias, na distribuição das formas livres e ionizadas de vários compostos químicos, bem como na definição do grau de toxicidade de diversos elementos.

2.5.2. Cálcio (Ca⁺²) e magnésio (Mg⁺²)

(Alencar, 2020) diz que presença de cálcio na água resulta do contacto do corpo hídrico com depósitos de calcita (CaCO₃), dolomita (CaMg(CO₃)₂) e gipsita (CaSO₄ 2H₂O). A solubilidade dos carbonatos é controlada pelo pH e CO₂ dissolvido. O cálcio pode ser encontrado em corpos d'água em concentrações em torno de 15 mg L⁻¹ e, em águas subterrâneas, em concentrações que variam de 10 a >100 mg L⁻¹.

O magnésio ocorre geralmente nos minerais magnesita (MgCO₃) e dolomita (Peixoto, 2015), e é encontrado em águas naturais em concentrações próximas dos 4 mg L⁻¹ e em águas subterrâneas em concentrações em torno de 5 mg L⁻¹. As reacções de equilíbrio do carbonato para o magnésio são mais complicadas do que para o cálcio, e as condições para precipitação directa da dolomita em águas naturais não são comuns. Ca⁺² e Mg⁺² são os cátions que mais contribuem para a dureza total da água, seguidos de Ba⁺² e Sr⁺² (Moser, 2021). A determinação de Ca⁺² e Mg⁺² em água, assim como a dos demais metais alcalinos terrosos, metais alcalinos e metais de transição, pode ser feita por espectrometria de emissão e de massa, ambas com plasma indutivamente acoplado ou cromatografia iônica, em coluna para cátions (LOPES, 2017).

2.5.3. Sódio (Na⁺) e potássio (K⁺)

As águas naturais contêm sódio devido à sua abundância e alta solubilidade de seus sais em água, encontrados na forma iônica (Na⁺) (Bystronski, 2019). Concentrações de sódio em corpos d'água variam consideravelmente, dependendo das condições geológicas do local e das descargas de efluentes. A concentração de sódio na água potável geralmente não ultrapassa os 20 mg L⁻¹ e o valor máximo recomendável de sódio na água para potabilidade é 200 mg L⁻¹ (Pérez Ramos, 2018). Em águas superficiais, incluindo aquelas que recebem efluentes, ocorrem em concentrações abaixo de 50 mg L⁻¹, em águas subterrâneas, frequentemente, excedem esse valor.

O potássio é um elemento essencial tanto na nutrição das plantas quanto na dos humanos, e ocorre em águas subterrâneas como resultado da dissolução mineral de material vegetal em decomposição, e escoamento agrícola. Diferentemente de outros íons, como o sódio, o potássio não permanece em solução, pois é rapidamente assimilado pelas plantas, e facilmente incorporado em argilas (Vitorette, 2019).

Concentrações de potássio em águas superficiais variam de 1 a 3 mg L⁻¹. Águas subterrâneas apresentam valores inferiores a 10 mg L⁻¹, sendo mais frequente entre 0,5 e 5 mg L⁻¹ (Bystronski, 2019).

2.5.4. Ferro (Fe⁺²) e Manganês (Mn⁺²)

Ferro e manganês são elementos que apresentam comportamento químico muito parecido na natureza, e em virtude de afinidades geoquímicas quase sempre ocorrem juntos. Segundo (Vieira, 2016) As fontes de ferro são minerais escuros (máficos) portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios e anfibólios. No estado ferroso (Fe²⁺) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes o Fe²⁺ passa a Fe³⁺ dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. Não apresentam inconveniente à saúde nas concentrações normalmente encontradas, mas águas com altas concentrações desses metais lhe conferem coloração amarelada, acarretando sabor amargo e adstringente (da Província Hidrogeológica, 2015). Apesar de o organismo humano necessitar de até 9 mg Fe dia⁻¹, os padrões de potabilidade exigem que a água de abastecimento público não ultrapasse 0,3 mg L⁻¹. Este limite é estabelecido em função dos problemas estéticos relacionados à presença do ferro na água e do sabor que este lhe confere. Nas águas subterrâneas podem ocorrer concentrações abaixo de 0,3 mg L⁻¹ (TEIXEIRA, 2019).

Manganês ocorre em concentrações abaixo de 0,2 mg L⁻¹, quase sempre como óxido de manganês bivalente, que se oxida em presença do ar, dando origem a precipitados negros. Para controle ou remoção desses metais da água são utilizados processos de aeração, sedimentação e filtração conjugados ao uso de oxidantes (PEREIRA, 2015)

2.5.5. Relação de adsorção de sódio (RAS)

Segundo (Carneiro, 2017) este índice denota a proporção relativa em que se encontra o Na⁺ em relação com o Ca²⁺ e o Mg²⁺, cátions divalentes que competem com o sódio pelos lugares de intercâmbio do solo. Esta consideração é de grande importância quando há predominância do íon sódio, que induzirá trocas de íons cálcio e magnésio pelos de sódio nos solos, o que pode conduzir à degradação do mesmo, com a consequente perda de sua estrutura e permeabilidade.

Segundo (FARIAS, 2016) a RAS é expressa em raiz quadrada do mil equivalente por litro (meq L⁻¹)^{1/2} ou do milimol carga por litro (mmolc L⁻¹)^{1/2}, e serve como indicadora do perigo de sodicidade ou alcalinidade do solo, sendo os valores da concentração dos elementos expressos em mg L e RAS definida pela equação:

$$RAS = \frac{NA^+}{\sqrt{(Ca^{2+})+(Mg^{2+})}} (meq L^{-1}) \quad (1)$$

Onde:

Na^+ - Concentração de sódio na água, em mmolc/L;

Ca^{2+} - Concentração de cálcio na água, corrigida pela relação HCO_3^-/Ca (mmolc/L) e CEa (dS/m);

Mg^{2+} - Concentração de magnésio na água, em mmolc/L.

2.6. Avaliação da qualidade de água para o consumo humano

A água doce corresponde a 1% em seu estado natural no planeta, considerado um dos mais puros componentes naturais essenciais para todas as formas de vida, mas, por outro lado, essa característica tem passado por transformações, tornando-se um dos importantes veículos de propagação de várias doenças. Segundo Placella *et al.*, (2017) Sem o devido tratamento a água oferece risco à saúde humana por ser considerado um veículo de transmissão de microrganismo e parasitas causadores de doenças, tornando-se imprópria para consumo humano. A qualidade da água pode ser comprometida por influente de origem inorgânica, complexos inorgânicos ou por influente orgânico como coliformes e diversos complexos derivados de esgotos domésticos e industriais. O acumulo dessas alterações pelos agentes orgânicos pode causar modificações enormes na concentração do oxigénio e nos valores referentes ao pH, com resultados irremediáveis para a vida humana (Sielo, 2018).

Muitas doenças transmitidas através da veiculação hídrica podem acometer o homem acarretando patologias como febre tifóide, paratifóide, disenteria bacilar, cólera, gastroenterites agudas, crónicas e diarréicas, Hepatite A e B, poliomielite, disenteria amebiana, giardíase (Leone, 2019). O tratamento da água ocorre devido à remoção de microrganismo e substâncias possivelmente deletérias à saúde humana presentes na água. Esta pode ser tratada através de muitos processos entre eles decantação, filtração e uso de produtos químicos como hipoclorito e sulfato de alumínio (Duarte, 2019).

2.7. Parâmetros microbiológicos

2.7.1. Bactérias coliformes

Segundo Handam, (2016) toda água pode conter bactérias proveniente do ar, solo, dejectos e dos seres vivos ou mortos com que entra em contacto. Cujo maior risco para a saúde da comunidade e a contaminação directa ou indirecta de uma água para beber por águas de esgoto

ou por excrementos de humanos ou animais neste caso, a água pode tornar-se um meio de transmissão de doenças graves como cólera, diarreias, febre-tifóide, hepatite etc.

As bactérias patogénicas causadoras destas doenças são acompanhadas por uma grande quantidade de microrganismo que vivem normalmente nos intestinos, em particular os coliformes que são os indicadores mais frequentes para a observação de qualidade de água. De acordo com (Gonçalves, 2018) os coliformes são classificados em: coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia coli*. Coliformes totais são um grupo de coliforme que compreende todas bactérias gram-negativo com forma de bastonete, aeróbica e anaeróbica facultativa, não esporuladas, que em menos de 48 hora em temperatura de 35-37 ° C de incubação coliformes fecais é um subgrupo dos coliformes totais trata-se das bactérias gram-negativo com forma de bastonete, aeróbica e anaeróbica facultativa, não esporuladas, capazes de crescer a temperatura de 44-44.5 ° C em menos de 24 horas Para a determinação destas bactérias existem dois métodos básicos: membrana filtrante e tubos múltiplos.

Membrana filtrante usamos o meio de Membrane Lauryl Sulphate Broth (MLSB) cujo método usa-se para a determinação dos coliformes fecais e totais, as colónias neste meio são de cor amarelas dourada ao fim de 24 horas de incubação. Tubos múltiplos neste método a determinação de coliforme obedece duas provas que são provas presuntivas em caldo de lauryl Tryptose (LTB) que não é selectivo permite crescimento de todas bactérias e prova confirmativa, com inoculação do caldo de latose em tubos positivos para o caldo de latose com bílis e verde brilhante a 2% (BVB) mais rico em sais biliares e com inibição das bactérias não-coliforme cujo a duração e de 96 horas de incubação (Gonçalves, 2018).

2.8. Parâmetros físico-químicos

2.8.1. Condutividade eléctrica

A condutividade eléctrica da água indica sua habilidade de conduzir uma corrente eléctrica devido à presença de íons e essa propriedade varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água, com a temperatura, com a mobilidade dos íons, com a valência dos íons e com as concentrações de cada íon (Vargas, 2017). Vários factores podem influenciar na composição iónica dos corpos d'água, como: a geologia da área de drenagem dos efluentes, geologia da bacia de acumulação do lago, regime de chuvas e o tipo de influência antrópica às quais estes são submetidos. Enquanto as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Soares and Ferreira, 2017).

2.8.2. Cloretos

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais, são fontes importantes de cloreto as descargas de esgotos sanitários. Segundo (CAVALCANTE, 2016) diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes dentre outras. Nas águas tratadas a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reacções de dissociação do cloro na água. O cloreto não apresenta toxicidade ao ser humano, excepto no caso da deficiência no metabolismo de cloreto de sódio. A concentração de cloreto em águas de abastecimento público constitui um padrão de aceitação, já que provoca sabor “salgado” na água (Britto *et al.*, 2016).

2.8.3. Dureza

Sais minerais são encontrados dissolvidos na água, que apresenta dependendo da região variações de composição e sabor. A concentração de íons dissolvidos na água é expressa em termos de concentração de carbonato de cálcio (CaCO_3) e denominada dureza (BORDALO, 2020).

A dureza pode ser classificada como dureza carbonato ou dureza não carbonato, dependendo do ânion com o qual ela está associada. A dureza carbonato corresponde à alcalinidade, estando, portanto, em condições de indicar a capacidade de tamponamento de uma água. A dureza de uma água pode ter origem natural ou antropogênica (Bauchspiess, 2020).

A toxicidade de várias substâncias e elementos varia de acordo com o grau de dureza da água. Existem indicações, por exemplo, de que a toxicidade dos metais pesados é tanto menor quanto maior a dureza da água (Britto *et al.*, 2016). Esse parâmetro é expresso em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio (CaCO_3) e pode ser classificado de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da dureza da água

CLASSIFICAÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
MOLE OU BRANDA	< 50 mg/L de CaCO_3
DUREZA MODERADA	Entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO_3
DURA	Entre 150 mg/L e 300 mg/L de CaCO_3

MUITO DURA	> 300 mg/L de CaCO ₃
-------------------	---------------------------------

Fonte: (Perini, 2018)

De acordo com (da Rocha Soares and da Costa, 2020) O problema desta para a saúde humana se dá pela diminuição da formação de espuma no uso de sabão e detergente, o que diminui a eficiência da lavagem de materiais como roupa e utensílios, e a própria higiene pessoal, aumentando as chances de problemas higiênico-sanitários. Além disso, a água com alta dureza aumenta as incrustações nas tubulações, o que diminui a vida útil do material. A OMS e o MISAU estipulam o limite de 500 mg/l de dureza para águas destinadas ao consumo humano.

Segundo (Almeida, 2016), alguns estudos feitos mostram que existem evidências de que a ingestão de águas duras contribui para uma maior incidência de doenças cardiovasculares. O excesso da dureza nas águas causa a extinção do sabão aumentando assim o seu consumo; causam também incrustações nas tubulações, e pode causar também sabores desagradáveis e efeitos laxativos.

2.8.4. DBO

A matéria orgânica da água é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição, e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbônico. Em grandes quantidades, no entanto, podem causar alguns problemas, como cor, odor, turbidez e consumo do oxigênio dissolvido pelos organismos decompositores. O consumo de oxigênio é um dos problemas mais sérios do aumento do teor de matéria orgânica, pois provoca desequilíbrios ecológicos, podendo causar a extinção dos organismos aeróbios. Geralmente, são utilizados dois indicadores do teor de matéria orgânica na água: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), (Oshiro, 2011).

Os parâmetros DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) são utilizados para indicar a presença de matéria orgânica na água. Sabe-se que a matéria orgânica é responsável pelo principal problema de poluição das águas, (Silveira, 2020), que reduz a concentração de oxigênio dissolvido. Isto ocorre como consequência da actividade respiratória das bactérias para a estabilização da matéria orgânica. Portanto, a avaliação da presença de matéria orgânica na água pode ser feita pela medição do consumo de oxigênio. De acordo com (Oshiro, 2011) os referidos parâmetros DBO e DQO indicam o consumo ou a demanda de oxigênio necessários para estabilizar a matéria orgânica contida na amostra de água. Esta demanda é referida convencionalmente a um período de cinco dias, já que a

estabilização completa da matéria orgânica exige um tempo maior, e a uma temperatura de 20°C.

2.9. Colecta de amostras

2.9.1. Colectores de água superficial

Colectas de amostras de água em rios, lagos, reservatórios ou córregos, geralmente, utilizam colectores denominadas garrafas de Van Dorn, confeccionadas em tubos em PVC, lacrados nas extremidades por tampas de borracha fortes e flexíveis. As amostras são colectadas interrompendo o fluxo livre de água em seu interior através do fechamento das aberturas das extremidades. A capacidade de armazenamento do amostrador pode variar de 1 L a 30 L (Carvalho, 2015). O suporte de fixação dos cabos de descida permite que a garrafa seja usada na posição vertical ou horizontal. As amostras podem ser colectadas em qualquer profundidade e utilizadas para análises químicas e biológicas (Murbach, 2019). Quando a colecta de amostras é feita directamente de um corpo hídrico, são recomendados os seguintes procedimentos: evitar a colecta de amostras em áreas estagnadas ou em locais próximos às margens; remover a tampa do frasco, segurá-lo pela base, mergulhar rapidamente com a boca para baixo, de 15 cm a 30 cm abaixo da superfície da água, para evitar a introdução de contaminantes superficiais; direccionar o frasco de modo que a boca fique em sentido contrário à correnteza; se o corpo de água for estático, deverá ser criada uma corrente superficial, através da movimentação do frasco na direcção horizontal (sempre para frente); inclinar o frasco lentamente para cima, a fim de permitir a saída de ar e seu subsequente enchimento; fechar o frasco e acondicioná-lo sob refrigeração (Carvalho, 2015).

2.10. Padrões de qualidade da água

Os padrões de qualidade da água referem-se a certo conjunto de parâmetros capazes de reflectir, directa ou indirectamente, a presença efectiva ou potencial de algumas substâncias ou microorganismos capazes de comprometer a qualidade da água do ponto de vista estético ou da salubridade (Araujo, 2015). Dentre os diversos padrões existentes a nível mundial os mais conhecidos são: Padrão Internacional da Organização Mundial da Saúde (OMS), que é o guia de quase todos os outros padrões nacionais e internacionais actualmente usados; O padrão Americano - United States Environmental Protection Agency (USEPA) e o padrão 80/778/EEC da Comunidade Europeia (Passos et al., 2014). Actualmente, OMS é a instituição que acompanha e recomenda os Valores Máximos Permitidos (VMP) a partir de estudos toxicológicos realizados em todo o mundo e publicados em diferentes eventos científicos baseados no tema

(Freitas & Freitas, 2005). No entanto todas as normas de potabilidade em Moçambique seguem basicamente os padrões recomendados pela OMS no Guide lines for Drinking - Water Quality. A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas (Sperling, 2005). Os parâmetros físico-químicos e biológicos descritos a seguir, servem para caracterizar águas para consumo humano e irrigação.

Tabela 2: Valores máximos permitidos dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para o consumo humano e irrigação.

PARÂMETRO PARA CONSUMO HUMANO

	MISAU	OMS	Unidade
Condutividade	2000		µS/cm
Dureza	500	500	mg/l de CaCO ₃
Cloretos	250	250	mg/l de Cl ⁻
Nitratos	<0,6		Mg/l
Nitritos	<0,05		Mg/l
Amoníaco	<0,06		Mg/l
Ferro	0-0,5		Mg/l
Matéria Orgânica	0-2.5		Mg/l
Magnésio	0-50		Mg/l
Coliformes Fecais	Ausente	Ausente	NMP/100ml
Coliformes Totais	Ausente	Ausente	NMP/100ml
Alcalinidade	0-100		Mg/l
Fosforo	0-1		Mg/l
Sulfatos	0-250		Mg/l
pH	6,5-8,5		-
Cor	Incolor	Incolor	-

Turvação	0-5		NTU
Temperatura	-	-	C
TDS	0-1000		Mg/l

PARÂMETRO PARA IRRIGACAO

PH	6-8.5	6-8.5	Mg/l
SODIO	0-40	0-40	Mg/l
CE	0-3000	0-3000	µS/cm
Carbonato	0-1	0-1	Mg/l
POTASSIO	0-2	0-2	Mg/l
MAGNESIO	0-5	0-5	Mg/l
RAS	0-15	0-15	-

Fonte: MISAU (2004); OMS (2007).

3. METODOLOGIA

3.1. Localização e Extensão da Bacia do Limpopo

Segundo MERTENS et al. (1970), citado por (SINATE, 2002), o curso de água que toma o nome de Limpopo é formado pela junção dos rios Marico e Crocodilo que tem as suas nascentes a altitudes de 1500m a oeste de cidade de Pretória (África do Sul) e desagua as suas águas no Oceano Índico na província de Gaza, num percurso total de cerca de 1460km. A porção da bacia do Limpopo que se encontra dentro de Moçambique localiza-se entre os paralelos 25°10' Sul e os meridianos 33°35' Este. Em Moçambique, a bacia do Limpopo tem como limites a bacia do rio Save a Norte, a Sul com a do rio Incomáti, a Este com uma faixa costeira onde se encontram várias bacias internas (lagoas) e a Oeste com a África do Sul (DNA, 1996), citado por (BRITO et al., 2009). A bacia do Limpopo é partilhada por quatro países nomeadamente a África do Sul, Moçambique, Botswana e o Zimbabwe. Estende se por uma área de cerca de 412.000 Km². O rio Limpopo delimita a fronteira entre a África do Sul e Botswana e, a fronteira entre a África do Sul e o Zimbabwe (BRITO et al, 2009).

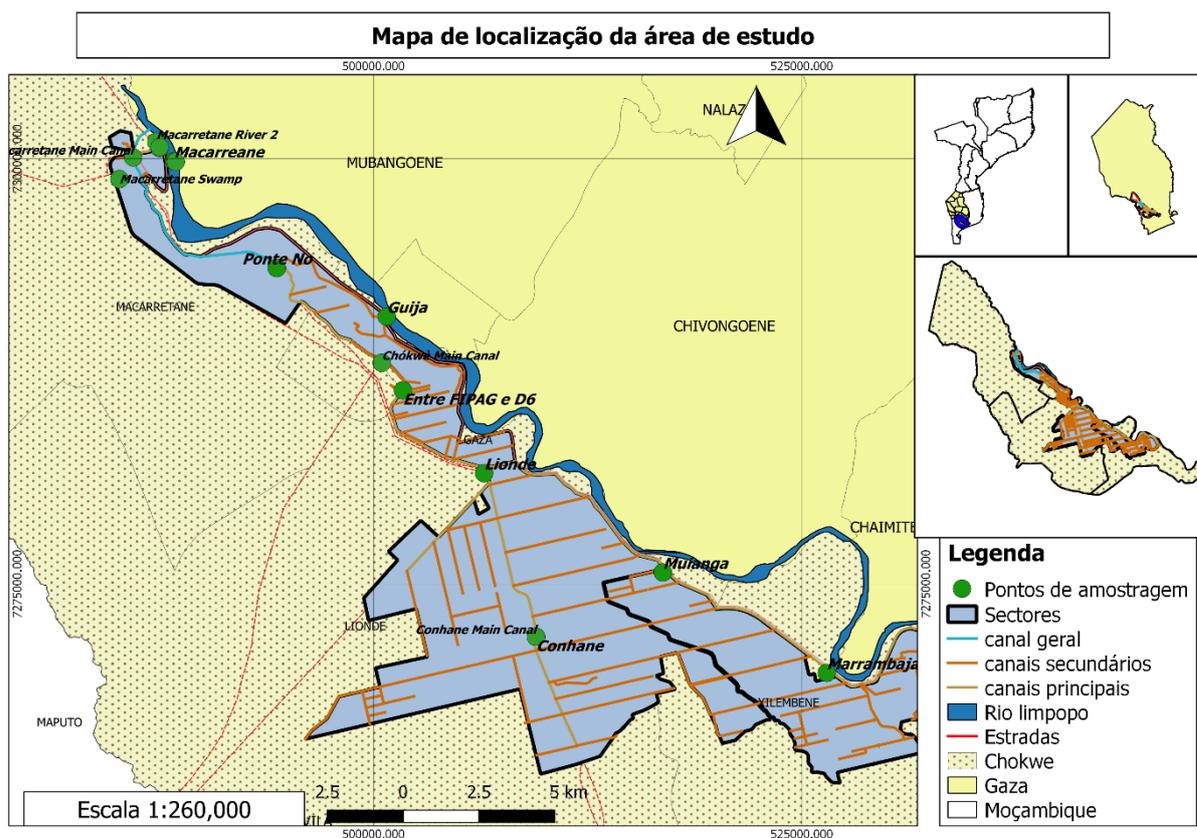


Figura 2: Localização do leito principal do rio Limpopo e Sistema de Regadio de Chókwe

3.1.1. A hidrogeologia da bacia do Limpopo

A hidrogeologia da Bacia do Limpopo em Moçambique é significativamente diferente da hidrogeologia de outros países que partilham a bacia, isto é, África do Sul e Zimbabwe (e Botswana) que têm principalmente aquíferos secundários cristalinos de rocha dura com aquíferos primários limitados e localizados. Sedimentos Terciários e Quaternários jovens dominam a parte sul da Bacia do Limpopo com uma extensão restrita de rocha vulcânica ao longo da margem oeste da bacia (WaterAid, 2002). As rochas cristalinas do embasamento que dão origem a aquíferos secundários ocorrem principalmente no norte do país. De acordo com o CSIR (2003), a porção de Moçambique da Bacia do Limpopo é dominada por depósitos não consolidados que albergam principalmente aquíferos primários. A principal formação de rocha dura (aquífero secundário) notável na Bacia do Limpopo de Moçambique é o riólito Libombo que aflora ao longo da fronteira África do Sul-Moçambique (CSIR 2003). Tal como foi feito para o Zimbabwe e a África do Sul, as unidades estratigráficas na Bacia do Limpopo em Moçambique são consideradas as diferentes unidades hidrogeológicas.

3.1.2. Clima

O clima do distrito é dominado pelo tipo semiárido (seco de savana), onde a precipitação varia de 500 a 800mm, enquanto a evapotranspiração potencial de referência (ET_o) é da ordem dos 1400 a 1500 mm. As temperaturas médias anuais variam entre os 22°C e 26°C e a humidade relativa média anual entre 60-65%. A baixa pluviosidade, aliada às elevadas temperaturas, resulta numa acentuada deficiência de água. A irregularidade das chuvas ocasiona estiagem e secas frequentes, mesmo durante a estação das chuvas (MAE, 2014).

3.1.3. Geologia

A geologia em grande parte da Bacia do Limpopo em Moçambique é caracterizada por espessos depósitos de sedimentos marinhos do Pleistocénico, denominados “Mananga”, localizados em áreas relativamente elevadas e, por depósitos arenosos do Quaternário. Esta região apresenta uma textura franco-arenosa com elevada percentagem de areia grossa. Zimbabwe. Estende-se por uma área de cerca de 412.000 Km² (MAE, 2014).

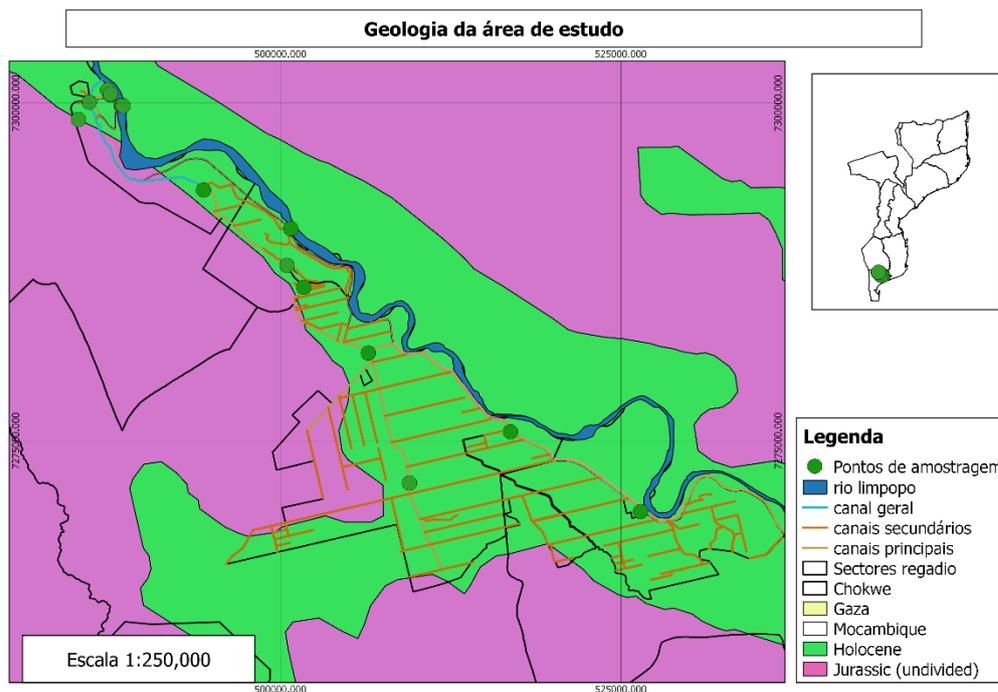


Figura 3: Mapa geológico da área de estudo

3.2. Colecta de amostras de água

As amostras foram colectadas em 8 pontos: Macarretane, Guijá, Nó, 4 Congresso, Lionde, Conhane, Muianga e Marrambadjane, dos quais todas em águas superficiais.

As coletas foram realizadas na época seca nos meses de junho, julho e agosto (ao todo foram três coletas), onde foram coletadas 98 amostras de água em profundidades que variam entre 0 a 2,4 m numa escala de (0,4 m) e levadas no mesmo dia ao laboratório para realização das análises.

Para a realização da análise dos parâmetros físicos e químicos, as amostras foram coletadas em frascos plásticos com capacidade de 1.5 litros. Porém, para a análise dos parâmetros biológicos foram utilizados frascos de vidro de 250 mL, devidamente autoclavados e analisados antes de serem completadas 24 horas de armazenamento.

No leito colectou-se com balde e nas pontes do canal colectou-se com Watertrap.



Figura 4: Materiais usados para colecta das amostras

3.3. Parâmetros analisados

Os parâmetros analisados para análise da Qualidade da Água foram:

pH, STD, Fe, Cl, dureza, coliformes fecais e totais, matéria orgânica, Mg^{++} , CE, NH_4^+ , NH_3^- , NH_2^- , Ca^{2+} , SO_4 , P, alcalinidade, cor, turvação, cheiro e depósitos.

3.4. Métodos de análise

- Titrimetria;
- Electrometria;
- Espectrofotometria.

3.5. Parâmetros físicos

3.5.1. Determinação de pH

Para determinação do pH, utilizara-se o medidor de pH (potenciômetro) com eléctrodo específico e soluções tampões (pH 4.0; pH 7.0 e pH 10,0), verificar o aparelho com solução tampão de pH conhecido e colocar em um *becker* a amostra e mergulhar os eléctrodos. Realizar a leitura.

3.5.2. Cor

A leitura da cor das amostras foi feita pelo método visual, em que pega se a amostra, e determina se é corada ou não.

3.5.3. Determinação de CE

A CE foi medida pelo condutímetro.

3.5.4. Depósitos

Assim como a cor, a leitura dos depósitos nas amostras, é feita pelo método visual.

3.6. Parâmetros Químicos

3.6.1. Determinação do cálcio

Medir 50 ml da amostra em análise para um erlenmeyer de 250 ml, acrescentar ao filtrado 3 ml de KOH a 20% e 0,3 g de murexida a 0,5%. Titular imediatamente com a solução 0,0100 de EDTA, até viragem do indicador de vermelho para violeta.

$$Ca = \frac{V_{\text{gasto}} - 400,8}{50} \quad (2)$$

3.6.2. Determinação do Magnésio

$$Mg = (\text{dureza total} - \text{cálcio}) * 0,244 \quad (3)$$

3.6.3. Determinação de alcalinidade

Pipeta-se 50ml de amostra num copo, juntam-se 3-4 gotas de indicador fenolftaleína e titula-se com ácido clorídrico até aparecimento da cor encarnada (se não aparecer alguma cor encarnada proceder directamente com o indicador misto). Anota-se o volume do titulante gasto, juntam-se 3-4 gotas do indicador misto e continua-se a titulação até viragem de cor verde ou azul-cinzento. Agita-se durante alguns minutos para eliminar CO₂, e se o indicador voltar à coloração verde-azul continua-se a titulação até viragem estável para cor azul cinzento (pH=5). Continuando a juntar ácido o indicador adquire a coloração vermelha-cinzenta (pH=4,8), e vermelha (pH=4,6).

$$\text{Alcalinidade} = (10 + V_{\text{gasto}}) * 20 \quad (4)$$

3.6.4. Cloreto (método de Mohr)

Numa solução neutra ou fracamente alcalino, o ião cloreto pode ser doseado através de uma solução standard de nitrato de prata, utilizando cromato de potássio como indicador do ponto final da titulação; com este método o cloreto precipita quantitativamente como cloreto de prata

de cor branca, antes da formação do cromato de prata cor de tijolo. As substâncias normalmente presentes na água não interferem no doseamento. Brometos, iodetos e cianetos dão a mesma reação dos cloretos, e são doseados como cloretos, o ferro superior a 10mg/l pode interferir mascarando o ponto de viragem (COSTA, 1987).

- Medir 100ml de amostra em análise e para um Erlenmeyer de 250ml.
- Adicionar 1ml de indicador.
- Agitar e titular com nitrato de prata 0,1N até formação da cor ligeiramente tijolo
- Registrar o n° de ml de nitrato de prata gasto.
- Realizar os cálculos.

Formula:

$$\text{Cl} - (\text{mg/l}) = \frac{(a-b) \cdot N \cdot 35,45 \cdot 1000}{V} \quad (5)$$

a= volume de titulante gasto na titulação da amostra(ml);

b= volume de titulante gasto na titulação do branco (ml);

N= normalidade da solução titulante;

V=volume da amostra analisada (ml);



Figura 5: Determinação do cloreto antes e depois

3.6.5. Dureza Total – (método de volumetria de EDTA)

Formação de complexos estáveis e incolores com cátions cálcio e magnésio, pela adição de sal disódico do EDTA em presença dum indicador (negro de eriocromo). Esta técnica não pode ser aplicada às águas muito coradas, pelo facto de ser difícil a identificação do ponto da viragem do indicador (COSTA, 1987).

- Medir 50 ml da amostra em análise para um erlenmeyer de 250 ml;
- Adicionar 3-5 gotas do indicador Negro de Eriocromo e adicionar 1ml da solução tampão;
- Agitar e titular com a solução de EDTA até formação da cor azul venosa.
- Registar o número de mililitros do titulante EDTA gastos.

$$\text{CaCO}_3 \text{ (mg/l)} = \frac{1000 \cdot V_1}{V} \quad (6)$$

Onde:

V1 = volume de titulante gasto na amostra

V = volume da amostra



Figura 6: Determinação da dureza antes e depois

3.7. Análises Microbiológicas

3.7.1. Coliformes totais:

Toda água pode conter bactérias proveniente do ar, solo, dejectos e dos seres vivos ou mortos com que entra em contacto. Cujo maior risco para a saúde da comunidade e a contaminação directa ou indirecta de uma água para beber por águas de esgoto ou por excrementos de humanos ou animais neste caso, a água pode tornar-se um meio de transmissão de doenças graves como cólera, diarreias, febre-tifóide, hepatite etc.

As bactérias patogénicas causadoras destas doenças são acompanhadas por uma grande quantidade de microrganismo que vivem normalmente nos intestinos, em particular os coliformes que são os indicadores mais frequentes para a observação de qualidade de água.

Os coliformes são classificados em: coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia coli*.

Coliformes totais são um grupo de coliforme que compreende todas bactérias gram-negativo com forma de bastonete, aeróbica e anaeróbica facultativa, não esporuladas, que em menos de 48 hora em temperatura de 35-37 ° C de incubação. Coliformes fecais é um subgrupo dos coliformes totais trata-se das bactérias gram-negativo com forma de bastonete, aeróbica e anaeróbica facultativa, não esporuladas, capazes de crescer a temperatura de 44-44.5 ° C em menos de 24 horas. Para a determinação destas bactérias existem dois métodos básicos: membrana filtrante e tubos múltiplos. Membrana filtrante usamos o meio de Membrane Lauryl Sulphate Broth (MLSB) cujo método usa-se para a determinação dos coliformes fecais e totais, as colónias neste meio são de cor amarelas dourada ao fim de 24 horas de incubação



Figura 7 : Membrana filtrante

3.8. Testes estatísticos

Determinados os principais parâmetros da avaliação da qualidade da água, os testes estatísticos foram aplicados a nível de significância de 5%, para estudar a variabilidade temporal e espacial destes, com recurso ao XLSTAT e Excel para estatística descritiva, Análise de Variância (ANOVA), para qualidade de água usou-se Qualigraf. Este programa foi desenvolvido em 2001, pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) com intuito de auxiliar na parte gráfica das análises mais usuais de qualidade de amostras de água. Entre as suas funcionalidades tem-se o balanço iônico, análise de correlação entre os elementos, índice de qualidade de água (IQA), estatísticas básicas e os diagramas de Durov e Piper.

O cálculo do balanço iônico foi aplicado nas amostras estudadas para averiguar o controle de qualidade das análises. A equação do balanço de carga iônica é definida como:

$$BI = \frac{\Sigma \text{catiões} - \Sigma \text{aniões}}{\Sigma \text{catiões} + \Sigma \text{aniões}} * 100 \quad (7)$$

Onde:

Σ catiões = somatório dos catiões em meq/L

Σ aniões = somatório dos aniões em meq/L

Nessa equação, são usadas concentrações em meq/L de cátions e ânions.

4. RESULTADOS

Foram determinados os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água superficial. Os resultados encontram-se nos anexos.

O cálculo do balanço iônico mostrou que, para as amostras estudadas (8 amostras), os erros da reação estiveram dentro do intervalo de 10%, que variam entre 0,13% a 7,17%.

Tabela 3: Resultados do cálculo do balanço iônico

Pontos	Ca ⁺⁺ (meq/l)	Mg ⁺⁺ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	SO ₄ ⁻ (meq/l)	Σcation (meq/l)	Σanions (meq/l)	BI (%)
Macarretane	0,0675	0,0222	0,0846	0,0108	0,0897	0,0955	3,11
Guija	0,075	0,0148	0,0846	0,01	0,0898	0,0946	2,62
Muinga	0,0725	0,0222	0,0824	0,0121	0,0947	0,0944	0,13
Marrambadjane	0,0735	0,0189	0,0807	0,0139	0,0924	0,0946	1,19
No	0,0645	0,0181	0,0807	0,0106	0,0826	0,0913	5,01
Conhane	0,0705	0,0181	0,0827	0,0108	0,0886	0,0935	2,69
Lionde	0,075	0,0197	0,0838	0,0104	0,0947	0,0942	0,28
4 Congresso	0,0755	0,0755	0,0818	0	0,0818	0,0818	7,17

Foi construída a matriz de correlação de Spearman entre as variáveis físico-químicas e microbiológicas das águas superficiais. Esta matriz de correlação permite verificar as interações entre os valores das variáveis estudadas e avaliar a possível origem, semelhanças e/ou diferenças dos parâmetros medidos nas águas (AHMED *et al.*, 2018).

Os dados apresentados na matriz de correlação abaixo observam que há uma correlação forte positiva entre TDS e CE, CF e CT, Amoníaco e Nitrito, Ca e Dureza, e uma correlação forte negativa entre Sulfato e Turvação, Alcalinidade e Fe.

Tabela 4: Resultados de correlação dos parâmetros de qualidade de água subterrânea do leito seco do rio Limpopo-Macarretane

	pH	CE	Turv	T	TDS	Ct	Cf	Nitra	Nitri	Amon	Durz	cl	Ca	Mg	Sulf	Fe	Alca	P
pH	1																	
CE	-0,05	1																
Turv	0,07	0,29	1															
T	0,04	0,31	0,19	1														
TDS	-0,10	0,91	0,20	0,23	1													
Ct	-0,01	0,00	0,15	0,10	0,04	1												
Cf	0,03	0,02	0,32	0,25	0,00	<u>0,52</u>	1											
Nitra	-0,11	0,04	0,28	0,10	0,09	0,13	0,33	1										
Nitri	0,01	0,03	0,06	0,22	-0,01	0,02	0,08	0,10	1									
Amon	-0,04	0,06	0,22	0,20	0,07	-0,04	-0,02	0,00	0,50	1								
Durz	0,03	0,39	-0,09	-0,20	0,45	-0,17	-0,25	-0,13	-0,18	0,00	1							
cl	-0,02	0,45	0,11	-0,05	0,39	0,05	-0,03	0,07	0,08	0,10	0,33	1						
Ca	0,02	0,25	-0,16	0,05	0,32	-0,05	-0,15	0,11	-0,07	-0,18	0,50	0,08	1					
Mg	0,09	0,19	0,01	-0,16	0,22	-0,03	-0,05	-0,19	-0,12	0,10	0,48	0,29	-0,06	1				
Sulf	-0,07	-0,18	<u>-0,56</u>	-0,42	-0,14	-0,09	-0,26	-0,37	-0,21	-0,23	0,13	-0,19	0,05	0,12	1			
Fe	-0,01	-0,26	0,17	-0,01	-0,30	-0,12	0,04	0,25	-0,04	-0,26	-0,12	-0,05	0,12	-0,18	-0,32	1		
Alca	0,11	-0,03	-0,29	-0,19	0,04	0,09	-0,12	-0,21	-0,09	0,23	0,08	-0,05	-0,03	0,11	0,40	-0,60	1	
P	0,02	0,19	0,24	0,26	0,11	0,12	0,08	-0,02	-0,02	0,17	-0,03	0,16	0,01	-0,04	-0,10	-0,17	0,08	1

4.1. Hidroquímicas na água superficial

No diagrama Piper a classificação dos tipos de água é baseada na localização do ponto plotado no triângulo dos íons, determinando assim as fácies químicas da água. A Figura a seguir, representa esse diagrama para as 8 amostras coletadas em águas superficiais.

Conforme indicado pelo diagrama de Piper na Figura, apresentaram 100% cloretada com suas amostras totalmente concentradas na extremidade do triângulo do Cl^- . As amostras apresentam uma face hidroquímica classificada como água cálcica cloretada ou magnésiana segundo a projeção geral no losango do diagrama de Piper.

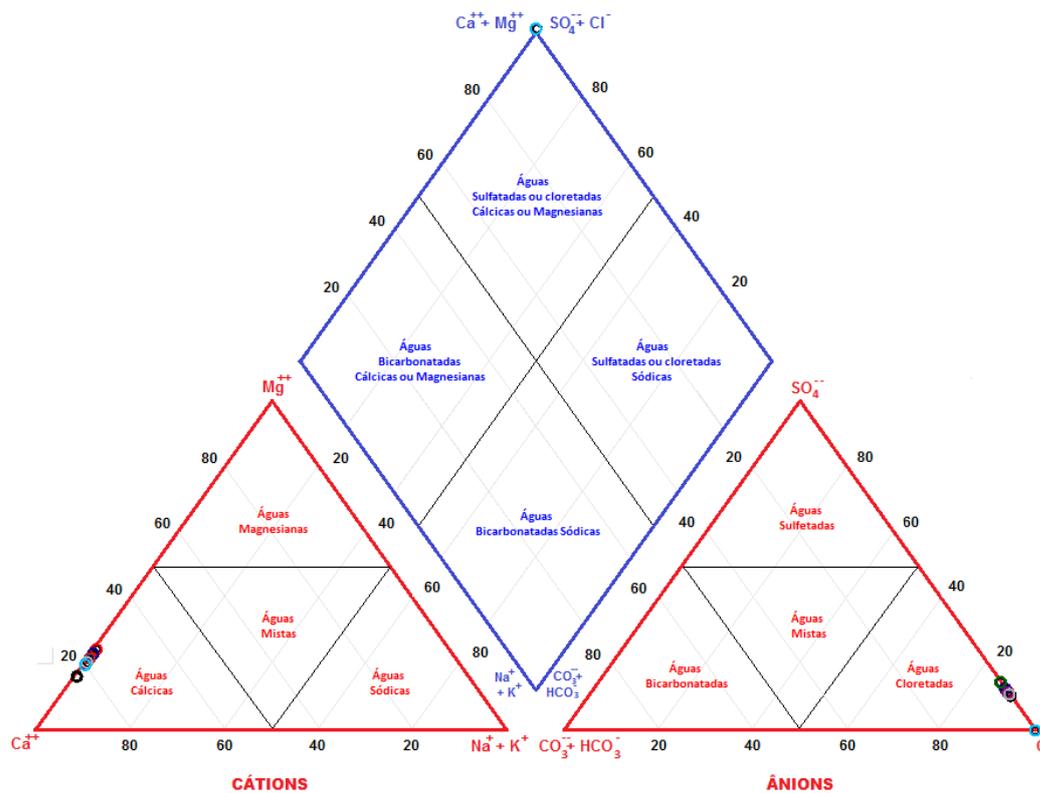


Figura 8: hidroquímicas da água superficial no diagrama de Piper

4.2. Parâmetros físicos-químico e microbiológico para consumo humano

Com as análises realizadas, detectou se em todos os locais de estudo há presença de cor e cheiro desagradável.

Verifica-se na Figura abaixo que os valores de pH medidos em laboratório, para as amostras de água em todos os pontos, notadamente, distribuídos no intervalo $6,35 < \text{pH} < 7,23$.

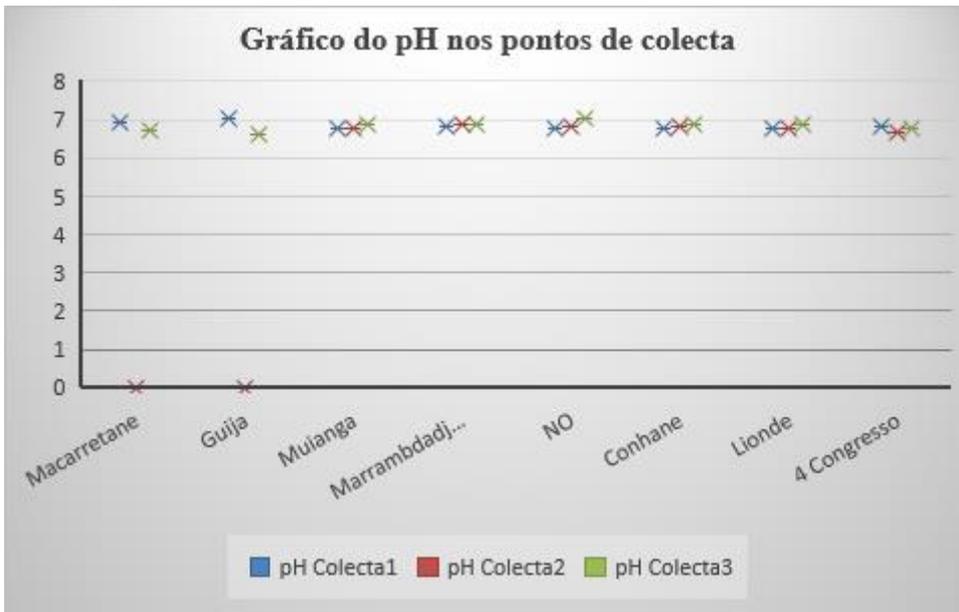


Figura 9: Resultados do pH obtidos nos pontos de colecta

Verifica-se na Figura 10, que os valores de condutividade elétrica, medidos em laboratório, para as amostras de água dos poços tubulares estão, notadamente, distribuídos no intervalo 413 <CE <539.

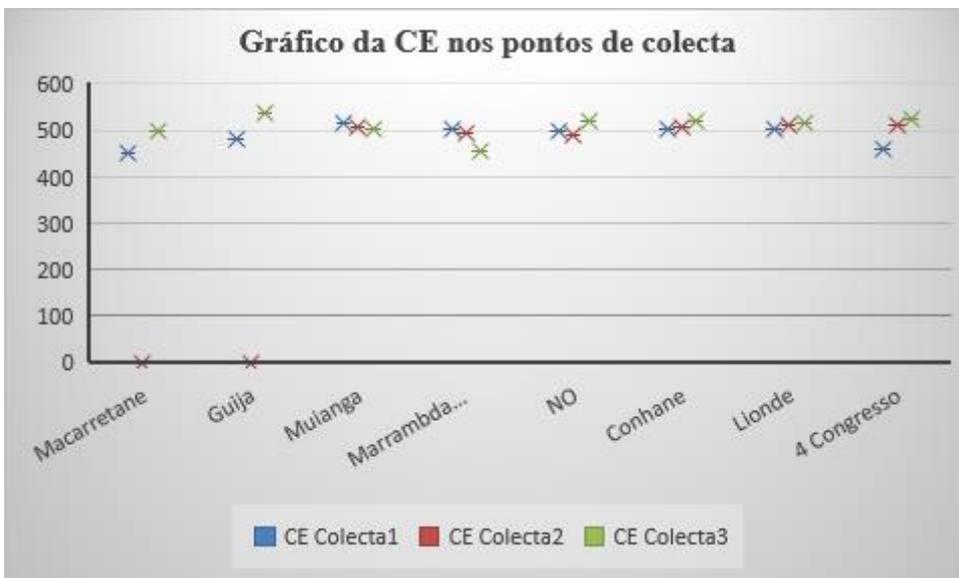


Figura 10: Resultados da CE nos pontos de colecta

Os resultados na figura 11 ilustram variação da turvação e observa que os valores variam de $5,56 < \text{turvação} < 133,63 \mu\text{S/cm}$.

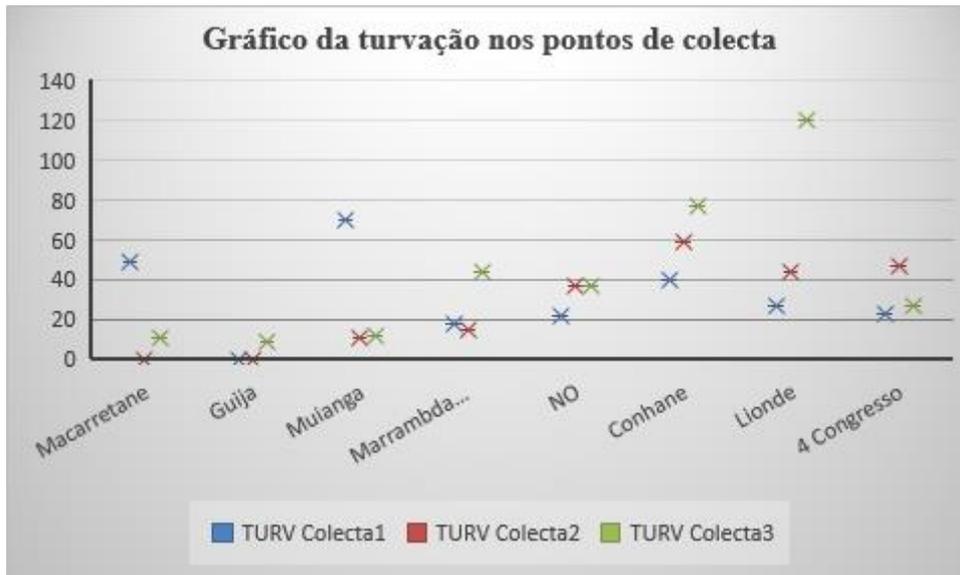


Figura 11: Resultados da turvação nos pontos de colecta

4.3. Parâmetros Microbiológicos

Os dados mostram os resultados dos coliformes fecais e observa se uma variação dentro do intervalo de 0 á 140 NMP/100 ml.

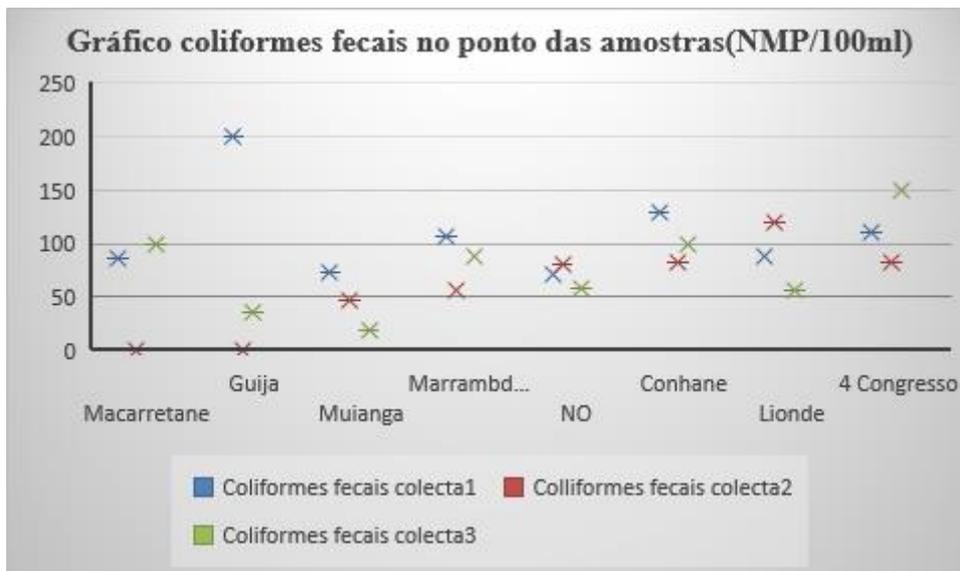


Figura 12: Resultados dos Coliformes fecais nos pontos de colecta

Os dados na figura mostram resultados obtidos dos coliformes totais e observa se uma variação dentro do intervalo de 0 á 250 NMP/100 ml.

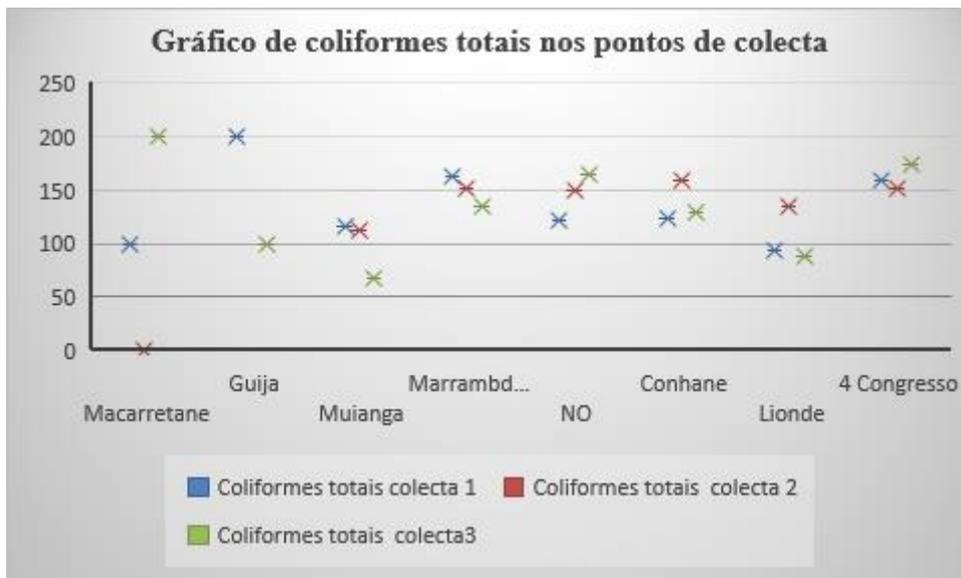


Figura 13: Resultados dos coliformes totais nos pontos de colecta

4.4. Classes da qualidade da água Superficial para irrigação agrícola

Segundo a classificação do RAS a água para irrigação mostra que os valores são muito menores a 10 meq/l, que variam de 0,30 á 0,55 meq/l.

A classificação feita pelo diagrama USSSL de água para irrigação, observa se que todas amostras de água são classificadas como C2-S1 (salinidade média, baixo teor de sodicidade).

Nº	Nome da Amostra	Na (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	C.E. (µS/cm)	SAR (RAS)	Classificação
1	Macarretane Swamp	2,33	1,17	1,76	476	0,3180	C2 - S1
2	Macarretane River	2,70	1,45	1,91	476	0,3467	C2 - S1
3	Macarretane Main ...	2,64	1,42	1,88	511	0,3419	C2 - S1
4	Conhane Main Canal	2,55	1,58	1,98	499,21	0,3190	C2 - S1
5	Chókwè Main Canal	2,54	1,33	1,77	494,5	0,3393	C2 - S1
6	Macarretane River 1	1,95	1,93	2,08	510,94	0,2319	C2 - S1
7	Macarretane River 2	1,98	1,35	2,01	509,71	0,2525	C2 - S1
8	Macarretane River 3	2,25	1,44	0,00	510,47	0,5159	C2 - S1

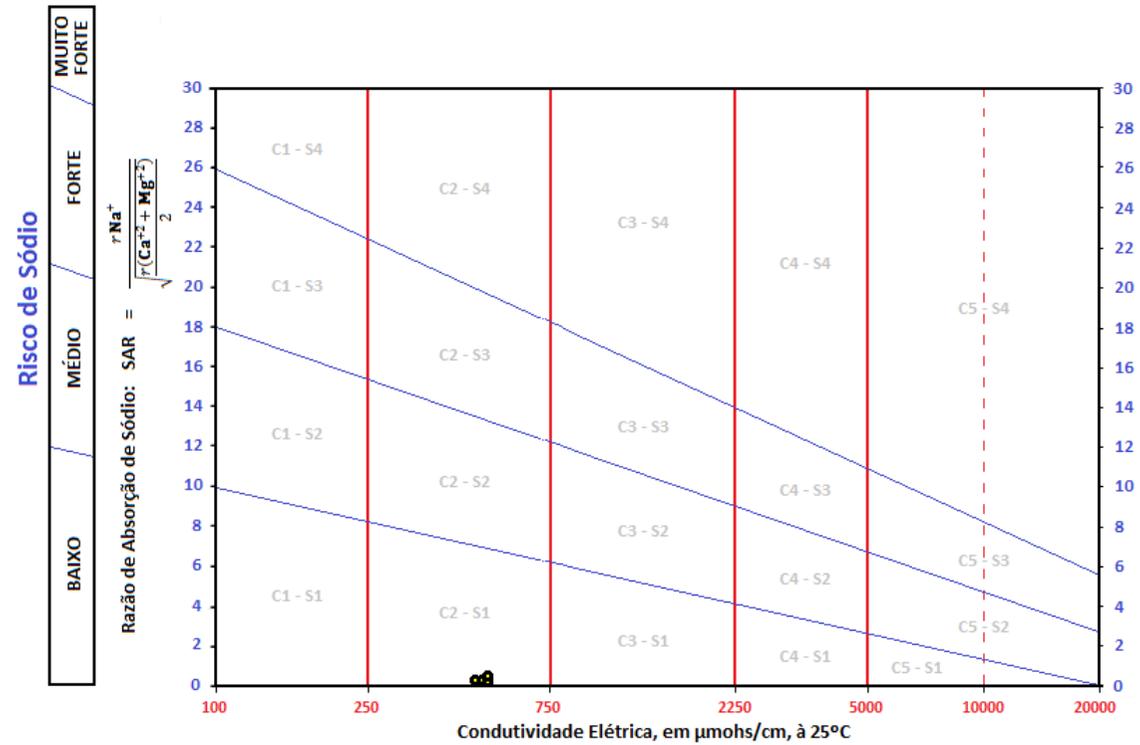


Figura 14: Classes de qualidade de água para irrigação usando RAS e CE

5. DISCUÇÃO

Deutsch (1997) considera que o erro analítico do balanço iônico não pode ser superior a 5% e, segundo Feitosa e Filho (2000), nunca superior a 10%, para que a análise possa ser considerada analiticamente correta. Custódio e Llamas (1983) distinguem entre erro prático e teórico, sendo o último o erro prático máximo permitido, considerando a condutividade elétrica da água. Já Appelo e Postma (2005) afirmam ser inevitável uma diferença de 2% no balanço iônico. E, mais, consideram que a ocorrência de desvios superiores a 5% exige um exame dos procedimentos de amostragem e analíticos.

5.1.hidroquímica na água

A predominância dos íons cálcio e cloro nas águas dos poços profundos, apesar de não estarem presentes em níveis tão elevados, sofrem influências tanto das águas das chuvas, das águas vindas a montante, ou seja, podem estar relacionados ao fenômeno de intrusão salina, sendo necessário desta forma o monitoramento constante, além da realização de trabalhos aprofundados relacionado ao tema, a fim de nortear a utilização destes recursos de forma racional, evitando possíveis danos, dificilmente reversíveis (CERQUEIRA, 2014).

5.2.Correlação

A matriz de correlação gerada possui os parâmetros analisados, explicando assim a variância total (Tabelas 4). Pela referida matriz, observa-se que apenas 16% das variáveis estudadas apresentaram correlação superior a 0,5 com pelo menos uma variável. Um coeficiente de correlação superior a 0,5 expressa uma forte relação positiva, de -0,5 a -1 é uma correlação forte negativa. (Helena *et al.* 2000). A maior correlação foi entre TDS e CE, de quase 0,91, pois a é devida à presença de partículas em suspensão na água, de natureza orgânica ou inorgânica e outros organismos microscópicos. O pH obteve os menores índices de correlação, correlacionando-se somente com a temperatura. Os coliformes fecais e totais apresentaram correlações positivas, o que significa que a água está contaminada por fezes de animais de sangue quente. A precipitação influencia na correlação das variáveis pois, traz uma constatação importante para o estudo da região, a mesma está predominantemente relacionada com a temperatura, sólidos totais, coliformes; mostrando que as chuvas carregam consigo a sujeira da montante, porém essa não possui grande quantidade de matéria orgânica e nutrientes.

5.3. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos para consumo humano

Zuffo (2013), ao caracterizar a qualidade de águas superficiais em Rondônia verificou que o parâmetro cor esteve acima de 75 mg Pt /l, ultrapassando o limite estabelecido na resolução CONAMA. Para consumo humano e usos mais nobres, o padrão de potabilidade exige que a água seja completamente incolor (APHA, 2000).

A água não deve proporcionar sensação de odor ou sabor. Esta característica relaciona-se com o aspecto estético da água, pois a sensação olfativa desagradável o sabor acre causam desconforto e muitas vezes mal-estar. Os produtos que conferem odor ou sabor podem resultar da composição de matéria orgânica ou de fontes químicas de poluição (Fidelis, 2020).

Assim Queiroz et al., (2013) estudando a qualidade e quantidade da água do rio Pianco, tributário do rio Piranhas Açu na região nordeste, encontrou resultados parecidos de pH, onde o valor mínimo foi (6,6) e máximo (7,5) respectivamente, semelhante aos valores observados nesse estudo para o rio Limpompo no leito e no canal principal, não demonstrando significativa variação e apontando valores aceitáveis com a legislação pertinente. Valores parecidos também foram encontrados no trabalho realizado por Donadio et al., (2005) e Gonçalves et al., (2005). Do mesmo modo, Moschini Carlos et al., (2010) pesquisando sobre a avaliação limnológica da água nos braços do rio Grande e Taquacetuba no complexo Billings e as implicações para manejo, verificou valores mínimo de (7,6) e máximo (7,8), concordando com os encontrados nesta pesquisa. Esses valores corroboram também com os encontrados no trabalho de Lima (2008) que apresentou pH entre 6 a 9. Valores parecidos encontrados por Haddad (2010) ao estudar a influência antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel Carste do Alto São Francisco, Minas Gerais onde o pH variou de (7,7 a 8,9). Foram observadas condições relativamente estáveis de pH, sem variações significativas nas diferentes campanhas de amostragens. O pH, nos diferentes poços, variou entre 6,0 a 8,5, indicando valores próximos a neutro até levemente alcalinos.

Recomenda-se que a turbidez da água seja a mais baixa possível, pois valores elevados de turbidez podem proteger microorganismos dos efeitos da desinfecção (Heller, 2006). Valores equivalentes de turbidez foram encontrados por Chandra et al., (2014), onde apresentou grandes variações mensais, sendo os valores mais altos notados na estação chuvosa, devido ao rápido fluxo de água e adição de matéria em suspensão por lavagens de superfície. Outros autores como Verma et al., (1977) encontraram também valores semelhantes aos indicados neste

trabalho. Em corpos de água a turbidez confere uma aparência turva e pode reduzir a penetração da luz, prejudicando, assim, a fotossíntese. Para a Agência Nacional de Águas (ANA, 2016), a mais importante fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma grande quantidade de material sólido para os corpos d'água. Sendo este fenômeno agravado em regiões de solos argilosos, lançamentos de efluentes domésticos e indústrias. Para Santos (2001) os resultados apresentaram valores altos, pois a água está diretamente associada com a quantidade de material em suspensão, mas a mesma não depende somente da concentração de sedimentos em suspensão, porém também de outras características do sedimento, tais como tamanho, composição mineral, cor e quantidade de matéria orgânica. Ainda de acordo FRITZSONS et al., (2003) em termos do consumo e irrigação, a principal consequência da turbidez num corpo hídrico é a diminuição da penetração da luz solar e consequentemente a redução da fotossíntese, tendo como ponto negativo a redução da oxigenação do meio, chamando a atenção em águas paradas ou mesmo rios de baixa turbulência. Tanto o período menos chuvoso quanto o período chuvoso apresentam valores médios semelhantes de condutividade elétrica (Figura 11). Esses resultados podem estar associados à concentração de sais dissolvidos nas amostras de águas (Cabral, 2006).

Quanto à presença de coliforme, identificamos um percentual insatisfatório em 88,14% (52/59) das amostras analisadas, sendo evidenciado *Escherichia coli* em 65,38% (34/52) destas. Resultados semelhantes foram observados nas amostras de água destinada ao consumo humano em propriedades rurais tanto no Estado de São Paulo, onde 86,7% estavam fora dos padrões microbiológicos de potabilidade (AMARAL et al., 2003) e no município de Lavras em Minas Gerais, que apresentaram coliformes termotolerantes em 96,5% das amostras em estudo (BARCELLOS et al., 2006). Percentuais preocupantes também foram registrados no município de Nova Iguaçu/RJ, onde 97,7% das amostras de água de poços analisadas apresentaram contaminação por coliformes totais e termotolerantes (AGUILA et al., 2000), bem como na região sul do Rio Grande do Sul, no qual todas as amostras (100%) de água provenientes de poços artesianos estavam contaminadas por bactérias do grupo coliforme, com presença de coliformes termotolerantes em 70% destas (COLVARA et al., 2009). Entretanto, resultado inferior foi levantado na zona rural de Bandeirantes/PR, onde 47,79% das amostras de água captada em poços apresentaram contaminação por coliformes (OTENIO et al., 2007). Segundo Silva et al. (2002), das para o consumo acusaram a presença de coliformes totais, e em 11,2% apresentaram *E.coli*. Conforme os estudos de Resende e Prado (2008), duas contraprovas de uma amostra, apresentam resultado positivo para coliformes totais, e resultados negativos para coliformes termotolerantes. Porém, Lima (2007), analisou 106 amostras de água a mesma,

apresentaram coliformes totais, com maior número de contaminação. A Resolução CONAMA nº357 estabelece para águas doces que o NMP/100ml de coliformes fecais não deve ultrapassar o limite ausente de coliformes fecais por 100 ml. A variabilidade dos resultados deve ter sido por causa das chuvas dias antes da colecta, cobertura vegetal na área de drenagem da nos pontos colectados que também é composto por pastos, (SILVA *et al.*, 2015). Os despejos domésticos são lançados no reservatório (BARRETO, 2009). Que também influenciam na má qualidade de de água.

5.4. Classe de qualidade da água subterrânea para irrigação agrícola

Segundo GUEDES *et al.*, (2016) as águas que apresentam uma concentração menor a 10 meq/L para RAS são consideradas boas para irrigação, pois não apresentam risco de sodicidade para o solo, a classe de água C2-S1 é classificada com um médio risco e salinidade e baixo risco de sodicidade, podendo ser usada para irrigação com pouca probabilidade de o solo apresentar níveis perigosos de sodicidade.

As águas da classe C2 devem ser usadas com precaução e de preferência silto-arenoso, siltosos e areno-argilosos quando houver uma lixiviação moderada do solo. Os vegetais de fraca tolerância salina podem ser cultivados, na maioria dos casos, sem perigo.

5.5. Padrões admissíveis ao consumo Humano

Tabela 5: tabela da comparação dos dados obtidos a OMS e MISAU

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Unidades	MISAU	OMS
pH	6,350	7,230	6,810	-	6,5-8,5	6,5-8,5
Cor	-	-	-	-	incolor	incolor
CE	413,000	539,000	501,888	µS/cm	2000	2000
Turvação	5,560	133,630	39,561	NTU	5	5
T	20,700	34,100	22,604	°C	-	-
TDS	219,000	524,000	254,316	Mg/l		
Ct	0,000	300,000	131,959	NMP/100ml	ausente	ausente
Cf	0,000	200,000	83,500	NMP/100ml	ausente	ausente
NO3	0,500	0,900	0,602	Mg/l	<0,05	<0,05
NO2	0,030	0,620	0,042	Mg/l	<0,06	<0,06
NH4	0,040	0,060	0,040	Mg/l	0-0,5	0-0,5
Dureza	34,000	50,000	41,388	Mg/l	500	500

Cl	92,170	113,440	103,121	Mg/l	250	250
Ca	0,000	36,000	28,745	Mg/l	50	50
Mg	0,000	4,390	2,865	Mg/l	0-50	0-50
SO4	14,000	38,200	26,379	Mg/l	250	250
Fe	0,020	0,060	0,038	Mg/l	0,5	0,5
Alcalinidade						
total	11,290	142,000	18,596	Mg/l	100	100
P	0,030	0,070	0,040	Mg/l	1	1
MO	2,500	2,500	2,500	Mg/l	2,5	2,5

Fonte: MISAU (2004); OMS (2007).

5.6. Padrões admissíveis para irrigação

Tabela 6: comparação dos resultados obtidos a OMS e MISAU

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Unidades	MISAU	OMS
pH	6,350	7,230	6,810	-	6,5-8,5	6,5-8,5
CE	413,000	539,000	501,888	µS/cm	3000	3000
Temperatura	20,700	34,100	22,604	°C	-	-
Mg	0,000	4,390	2,865	Mg/l	0-5	0-50
Sulfatos	14,000	38,200	26,379	Mg/l	250	250
Sódio	0,020	0,060	0,038	Mg/l	0,5	0,5
Potássio	11,290	142,000	18,596	Mg/l	100	100

Fonte: MISAU (2004); OMS (2007).

6. CONCLUSÃO

Considerando os objetivos do presente trabalho conclui-se que, as amostras apresentam uma face hidroquímica classificada como água cálcica cloretada ou magnésiana segundo a projeção geral no losango do diagrama de Piper, que podem estar relacionados ao fenômeno de intrusão salina.

Quanto a comparação dos resultados obtidos com a OMS e MISAU, os parâmetros químicos da água para o consumo humano, foram satisfatórios para todos os locais de colecta em todas as secções porque estão dentro dos admissíveis na legislação vigente. Os parâmetros físicos e microbiológicos não satisfazem em todos os pontos e secções de colecta pois, segundo a legislação Moçambicana (Diploma ministerial numero 180/2004 de 15 de Setembro) e OMS, a água tem que ser incolor, inodoro, a condutividade tem que ser inferior a 5 NTU, o que não pode se observar nas amostras colectadas pois chegaram a alcançar a 133 NTU. Na área microbiológica, todas as amostras estão fora do padrão estabelecido, pois (Diploma ministerial numero 180/2004 de 15 de Setembro) e OMS a água tem de ser ausente em 100 ml, o que não se observou nas amostras. Contudo, a água para o consumo Humano não corresponde aos padrões estabelecidos nas legislações vigentes.

Segundo o diagrama do U.S. Salinity Laboratory, indica que existe uma predominância das classes C2-S1 (100%), ou seja, com baixo risco de sódio e um médio risco de salinidade. Em relação a comparação dos padrões da qualidade da água para irrigação, é satisfatória durante todo o período de análise, cujos parâmetros físico-químicos analisados atenderam aos padrões estabelecidos pela legislação Moçambicana (Diploma ministerial numero 180/2004 de 15 de Setembro) e OMS.

7. RECOMENDAÇÕES

- Monitoria da água antes da entrada no território nacional para evitar a intrusão salina da mesma;
- Monitoria das práticas agrícolas ao longo do regadio de Chókwè;
- Criar-se condições para disponibilização de água potável para a população que reside nas proximidades do leito principal e do regadio;
- Ensinar práticas convencionais de tratamento de água a fim de purificar-se a mesma;
- Educação ambiental sobre saneamento básico as populações residentes nas proximidades do leito principal e do regadio de Chókwè.
- Estudo repetido e aprofundado do trabalho, em diferentes épocas do ano ao longo do troco desde a entrada de água em Moçambique até onde termina o canal.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, T.M.P. de (2015) ‘Potencial de captação da chuva e avaliação da qualidade de água de cisternas em Poço Redondo, Sergipe’. <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/4216>
- Alencar, N.R.O. (2020) ‘Processos hidrogeoquímicos envolvidos na salinização dos reservatórios Algodoeiro e Três Barras situados na região do baixo São Francisco no estado de Sergipe’.
- AMBIENTE, C.T.E.M. and PIRES, P.C.A. (2019) ‘ANÁLISE DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) PARA A QUANTIFICAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA DE CORPOS AQUÁTICOS’.
- Almeida, D.R.V.N. de (2016) *Implementação do referencial IFS Food numa linha de produção de presunto*. PhD Thesis.
- Bauchspiess, K. (2020) ‘Monitoramento de variáveis ambientais e avaliação do Índice de Qualidade da Água em viveiro de piscicultura’.
- Britto, F.B. *et al.* (2016) ‘Impactos da produção do arroz inundado na qualidade da água do Rio Betume, Sergipe’.
- BORGES, T.C. de S. (2019) *A Gestão dos Recursos Hídricos no Pará: Uma Análise do Uso Múltiplo da Água na Região de Santarém e suas Implicações*. PhD Thesis. Universidade Federal do Oeste do Para.
- Barcellos, R.A. (2017) ‘O direito humano à água potável e a resolução de conflitos ambientais pelo Ministério Público’.
- Britto, F.B. *et al.* (2016) ‘Impactos da produção do arroz inundado na qualidade da água do Rio Betume, Sergipe’.
- Bystronski, A.R. (2019) ‘Avaliação de sistema de tratamento de efluentes de lavagem de uma oficina mecânica por eletroflotação para reúso’.
- BORDALO, A.O. (2020) ‘Investigação da aplicabilidade da composição isotópica de oxigênio, hidrogênio e estrôncio na autenticação de águas naturais engarrafadas e/ou comercializadas no Estado do Pará–Brasil’.
- Carneiro, A.P. de G. (2017) ‘Encapsulação de subproduto industrial de acerola em matriz composta de goma arábica e maltodextrina para aplicação em alimentos: desenvolvimento, caracterização e estabilidade’.

- CAVALCANTE, L.P. de A. (2016) ‘ESTUDO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DO RIO DOS CACHORROS NA COMUNIDADE DO TAIM’.
- Carneiro, A.P. de G. (2017) ‘Encapsulação de subproduto industrial de acerola em matriz composta de goma arábica e maltodextrina para aplicação em alimentos: desenvolvimento, caracterização e estabilidade’.
- Carvalho, A. da C. de O. (2015) ‘Variabilidade da fugacidade do CO₂ (FCO₂) na interface Oceano-atmosfera no Atlântico Equatorial’.
- Colturato, L.F. de D.B. (2015) ‘Dessulfuração de biogás da metanização da vinhaça: uma nova abordagem para remoção de altas concentrações de H₂S’.
- CUNHA, E.G. (2019) ‘Gestão da sustentabilidade através do plano de manejo agroecológico: estudo de caso de uma área agrícola degradada.’ Doi:10.1590/1516-731320180020009.
- da Província Hidrogeológica, S. (2015) ‘Avaliação dos Aquíferos das Bacias Sedimentares da Província Hidrogeológica Amazonas no Brasil (escala 1: 1.000. 000) e Cidades Pilotos (escala 1: 50.000)’.
- de Souza, V. (2019) ‘Análise do Desenvolvimento Humano Rural e Bem-estar Social No Estado de Santa Catarina entre 2010 E 2017’.
- Domingues, L.I.P. (2015) *Qualidade microbiológica e físico-química da água usada na higienização em explorações de leite de pequenos ruminantes*. PhD Thesis.
- de Souza, V. (2019) ‘Análise do Desenvolvimento Humano Rural e Bem-estar Social No Estado de Santa Catarina entre 2010 E 2017’.
- Damasceno, N.P., Khan, A.S. and Lima, P.V.P.S. (2018) ‘Desempenho da saúde pública no semiárido brasileiro’, *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 9(5), pp. 171–187.
- de Mello Rezende, G.B. *et al.* (2017) ‘Sustentabilidade de Barra do Garças sob a ótica do índice de desenvolvimento sustentável para municípios’, *Desenvolvimento em Questão*, 15(39), pp. 203–235.
- Duarte, C.B. (2019) ‘Análise de remoção do nonilfenol etoxilado no tratamento de água’.
- Ferentz, L.M. da S., Garcias, C.M. and Setim, L.C.F. (2020) ‘Proposta de um indicador de desenvolvimento sustentável com base na qualidade de vida, bem-estar e felicidade’, *Análise Social*, 55(234 (1), pp. 168–192.
- FARIAS, D.S.C.R. (2016) ‘Avaliação espacial e temporal dos teores de sais nas águas subterrâneas no município de Boa Vista-PB.’

- FARIAS, D.S.C.R. (2016) ‘Avaliação espacial e temporal dos teores de sais nas águas subterrâneas no município de Boa Vista-PB.’
- Gomes, S.L.A. (2017) ‘Água, ambiente e saúde: estudo de caso com catadores de materiais recicláveis do DF’.
- Handam, N.B. (2016) *Condições sanitárias da água residencial, do solo peridomiciliar e dos rios das comunidades do território de Manguinhos, RJ*. PhD Thesis.
- Khan, A.M. (2018) *Contencioso Económico e Financeiro entre Portugal e Moçambique na Transição à Independência*. PhD Thesis.
- Lima, L.F.A. de (2018) ‘A importância do Brasil em um provável cenário de crise hídrica mundial’.
- LOPES, H.S.S. (2017) ‘Avaliação de atributos químicos e de bioindicadores da qualidade da água sob diferentes ações antrópicas na bacia do rio Canoas no Estado de Santa Catarina’. Lages-SC.
- Leone, L. de O. (2019) ‘Fatores de resistência bacteriana associados a doenças de veiculação hídrica: Revisão de literatura’.
- LEITE, S.F. (2017) ‘Diagnóstico participativo em assentamento rural e avaliação da tecnologia social canteiro econômico.’
- Magalhães, T.C.S. (2015) *Água e alimentação no contexto das alterações climáticas: um caso de estudo-Região Norte*. PhD Thesis.
- Mendonça, M.V. (2019) ‘Corredor ecológico entre as áreas protegidas de Carajás e da Terra do Meio, Pará’.
- Murbach, T. (2019) ‘Desenvolvimento de uma ferramenta de verificação para gestão e fiscalização da segurança do trabalho na indústria da construção’.
- Maidjelele, G.B.A. (2016) ‘Proposta de abordagem integrada para gestão ambiental da planície fluvio-marinha do rio Pungué, no município da Beira/Moçambique’.
- Moser, L.I. (2021) *Desenvolvimento de metodologia para determinação de alcalinidade por cromatografia iônica em amostras de matriz hipersalina características do pré-sal*. Master’s Thesis. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- Monteiro, L.N. (2020) ‘Sistema de monitoramento da qualidade da água em tempo real’.
- OLIVEIRA, J.L. de (2019) ‘Estratégias preventivas à doenças causadas em locais de riscos em período chuvoso em Limoeiro do Ajuru–Pará.’
- Passos, T.M. et al. (2014) ‘Avaliação do efeito do ozônio na eliminação de micro-organismos provenientes de amostras de esgoto’, in *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica*, pp. 13–17.

- Pedrotti, A. *et al.* (2015) ‘Causas e consequências do processo de salinização dos solos’, *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19(2), pp. 1308–1324.
- Pereira, M.R. (2016) ‘Uso da luminescência como ferramenta de detecção de oxigênio dissolvido para verificação da qualidade de água bruta superficial’.
- PEREIRA, F.S.G. (2015) ‘Processos Químicos’, *Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia de Pernambuco (IFPE). Ipojuca* [Preprint].
- Placella, A. *et al.* (2017) ‘Fondata da Pompeo Giannantonio’, *Critica letteraria*, 177, p. 4.
- Perini, F.O. (2018) ‘Elaboração e aplicação de uma ferramenta de avaliação de estruturas físicas, leiaute e materiais de construção utilizados em cozinhas industriais com impacto na segurança de alimentos’.
- Pérez Ramos, J.M. (2018) ‘Estudo e aplicação de processos oxidativos avançados e ecotoxicológicos no tratamento de efluente contendo verde malaquita’.
- Porto, M.D. (2018) ‘Análise da qualidade da água do Rio Candonga em Arcos-MG’.
- Peixoto, J. de S.G. (2015) ‘A qualidade dos recursos hídricos superficiais no alto curso da bacia hidrográfica do córrego Campo Alegre-Goiás’.
- PEREIRA, J.C. (2018) ‘Avaliação de impactos ambientais nas águas da Sub-bacia Rio do Peixe-PB e seus efeitos na produção agroindustrial.’
- Silveira, R.N.C.M. (2020) ‘Drenagem e Controle de Salinidade na Irrigação’.
- Soares, E.M. and Ferreira, R.L. (2017) ‘Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil’, *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 13(6).
- Sampaio, R. (2016) ‘Análise do Papel do Município da Cidade de Tete na Melhoria do Saneamento do Meio no Bairro Josina Machel (2009-2014)’.
- SOUSA, F.F. de (2015) ‘Produção de mudas enxertadas de goiabeira irrigadas com águas salinizadas e doses de nitrogênio.’
- Souza, S.A. de (2018) ‘Influência do solo da fundação no surgimento de eflorescências em edificações no município de Caraúbas/RN’.

- Sielo, F. (2018) ‘Curzio Malaparte: il rovesciamento, l’indifferenziazione e il corpo nella rappresentazione distopica di Napoli’.
- TEIXEIRA, J.R.D.S. (2019) *ESCOLA NORMAL SUPERIOR–ENS MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS–ProfÁgua*. PhD Thesis. UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS.
- Torri, J.B. (2015) ‘Dessalinização de água salobra e/ou salgada: métodos, custos e aplicações’.
- Vargas, L.G.B. (2017) ‘Projeto temático em geologia caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica das águas subterrâneas na área da Mina do Trevo, Siderópolis (SC)’.
- Vitorette, P.J. (2019) ‘Resíduo sólido de estação de tratamento de água como componente circular para adsorção de flúor de águas subterrâneas’.
- Vilela, V.L.D. (2018) *Qualidade da água de mananciais empregados na irrigação e lavagem de hortaliças da região de Apucarana, Paraná*. Master’s Thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

9. ANEXOS



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
PROVINCIA DE GAZA
SERVIÇO PROVINCIAL DE SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS E ALIMENTOS
BOLETÍN DE ANÁLISÉ DE ÁGUA

Ficha nº 0 m		Registo nº _____ LPHAA/SPS- GZ/2020
Proveniência da amostra: Muinga		
Data da colheita de amostra: 12/8/ 2021		Data de inicio da analise 12/8/ 2021
Data de chegada ao laboratório 12/8/ 2021		Data fim da analise 16/8/ 2021
Fonte: _____ Tipo de água: Não tratada		volume da amostra: 1500ml
Entidade requisitante: Nelia Bila		Motivo da colheita: C.Q. Estudo

Parâmetros	Resultado	Método	Limite		Unidades	Tipos de Análises
			Mínimo	Máximo		
PH	6,73	Electrométria	6.5	8.5	-	<i>Físicas e organolepticas</i>
Cor	l.corada	Visual	-	Incolor	-	
Depósito	presente	Visual	-	Ausente	-	
Cond. eléctrica	523	Electrométria	50	2000	µs/cm	
Turvação	130,76	Nefelométrico	-	5	NTU	
Temperatura	24,2	Electrométria	-	-	°C	
Cheiro	desagradável	Olfactivo	-	Inodoro	-	
Sabor	-	Paladar	-	Insípido	-	
TDS	266	Electrométria	-	1000	mg/l	
Coliformes totais	>100	M. filtrante	-	Ausente	ufc/100ml	<i>Microbiológicas</i>
Coliformes fecais	90	M. filtrante	-	Ausente	ufc/100ml	
Nitratos	<0,6	Colorimétrico	-	50	mg/l	<i>Químicas</i>
Nitritos	<0,05	Colorimétrico	-	3.0	mg/l	
Amoniac	<0,06	Colorimétrico	-	1.5	mg/l	
Dureza total	40	Titrimétrico	-	500	mg/l	
Cloretos	106,35	Mohr	-	250	mg/l	
Cálcio	28	Titrimétrico	-	50	mg/l	
Magnésio	3.0	Diferença	-	50	mg/l	
Sulfatos	21	Turbidimétrico	-	250	mg/l	
Ferro total	0,03	Colorimétrico	-	0.3	mg/l	
Alcalinidade total	30	Titrimétrico	-	100	mg/l	
Fósforo total	0,05	Colorimétrico	-	1.0	mg/l	
Materia organica	2,5	Kübel	-	2.5	mg/l	

JUÍZO

A água analisada é **imprópria** de acordo com o regulamento de águas para o consumo Humano.

Diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.

OBSERVAÇÕES: o resultado refere-se apenas a amostra analisada.

Tabela 7: Média dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das análises feitas no laboratório

Parametros	Ma	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
pH	6,93	7,05	6,8	6,842	6,765	6,76	6,77	6,824
pH	0	0	6,78	6,886	6,848	6,81	6,76	6,66
pH	6,73	6,61	6,87	6,883	7,045	6,88	6,86	6,773
Parametros	MA	GJ	Mu	MR	NO	CN	LI	4 Co
CE	453	483	517	502,8	499,2	503	504	458,8
CE	0	0	509	494	491,7	509	513	509,7
CE	499	539	504	453,3	522	520	517	522,3
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LILI	4 CO
TURV	48,9	90,72	69,9	17,94	21,86	39,4	26,2	22,58
TURV	0	0	10,9	14,8	36,34	58,4	43,8	46,68
TURV	10,1	8,94	11,8	43,51	36,62	77,2	121	26,55
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
TEMP	24,6	24,3	23,3	25,25	22,15	22,8	22,7	22,16
TEMP	0	0	21,7	21,8	21,68	22,6	22,4	21,84
TEMP	21,9	22,5	22,4	22,45	23,73	22,6	22,2	23,48
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
TDS	250	241	259	250,7	249	249	251	235,4
TDS	0	0	256	300,2	248	253	259	255,3
TDS	245	270	253	223,5	262	258	257	260,8
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
Ct	100	200	116	163,3	121,7	124	93,7	160
Ct	0		112	152	150	160	135	151,4
Ct	200	100	67,2	135	164	129	87,2	175
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
Cf	86	200	72,7	107	71,67	130	88,7	111
Cf	0	0	46	56,6	80,33	82,4	120	83,14
Cf	100	36	18,8	88,75	57,5	100	56	150
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO+	CN	LI	4 CO
NITRATO	0,5	0,71	0,57	0,563	0,528	0,63	0,53	0,712
NITRATO	0	0	0,53	0,518	0,598	0,63	0,72	0,646
NITRATO	0,5	0,68	0,55	0,623	0,5	0,58	0,65	0,8
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
NITRITO	0,3	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,22	0,03
NITRITO	0	0	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03
NITRITO	0,3	0,06	0,03	0,033	0,03	0,03	0,03	0,03

Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
AMONIO	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
AMONIO	0	0	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
AMONIO	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
DUREZA	38	38	41,7	40	42	40,8	40	38,4
DUREZA	0	0	43,7	42,8	40,83	40,8	40,8	41,71
DUREZA	26	40	44	39,25	45	41	42	43,5
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
CLORETOS	106	99,3	104	101,6	90,05	97,8	103	102,1
CLORETOS	0	0	104	103,5	101,6	105	106	104,3
CLORETOS	106	113	102	97,49	102,8	106	106	104,6
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
CALCIO	28	28	26	29,13	29,83	29,6	30	29,6
CALCIO	0	0	31	30	29	30,4	30	29,17
CALCIO	26	28	30,4	29	33	30,5	29,6	32,5
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
MAGNESIO	3,92	2,44	3,07	2,648	3,253	3,13	2,44	2,146
MAGNESIO	0	0	3,32	3,124	3	2,44	3,03	3,497
MAGNESIO	2,22	1,95	3,42	2,498	3,92	2,91	3,12	2,93
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
SULFATOS 1	27,4	23	24,6	32,33	27,93	23,8	24	25,58
SULFATOS 2	0	0	31	34,74	23,61	23,5	24,1	27,18
SULFATOS 3	22,1	22,8	28,1	28,26	23,65	24,3	24,6	20,95
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
FERRO 1	0,04	0,03	0,3	0,028	0,04	0,04	0,04	0,04
FERRO 2	0	0	0,03	0,032	0,04	0,04	0,04	0,04
FERRO 3	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
ALCALINIDADE	11,3	15	29,4	21,78	17,08	12,9	14,4	19,52
ALCALINIDADE	0	0	21,8	20,42	15,25	12,6	13,7	17,71
ALCALINIDADE	14,6	11,5	17,5	15,3	16,25	12,6	38,8	14,29
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO
FOSFORO	0,07	0,04	0,04	0,05	0,035	0,04	0,04	0,04
FOSFORO	0	0	0,03	0,038	0,04	0,04	0,03	0,04
FOSFORO	0,05	0,04	0,3	0,04	0,04	0,04		0,035
Parametros	MA	GJ	M u	MR	NO	CN	LI	4 CO

MAT. ORG.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
MAT. ORG.	0	0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
MAT. ORG.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

MA- Macarretane; **Gj-** Guija, **Mu-** Muianga; **MR-** Macarretane; **No;** **CN-** Conhane; **4 CO-** 4 Congresso