

Sérgio Luís Machava

Avaliação da Qualidade da Água do Rio Umbelúzi – Distrito de Boane

Mestrado em Gestão Ambiental

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2020



---

Sérgio Luís Machava

Avaliação da Qualidade da Água do Rio Umbelúzi – Distrito de Boane

Dissertação apresentada ao Departamento de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências da Terra e Ambiente, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestrado sob orientação:

O Supervisor:

Prof. Doutor Benjamim Bandeira

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2020



---

## Índice Geral

Índice de Figuras.....	7
Índice de Tabelas .....	8
Símbolos e Abreviatura.....	9
Declaração de Honra.....	10
Dedicatória.....	11
Resumo .....	13
Abstract.....	14
1.1. Objectivo Geral .....	17
1.1.2. Objectivos específicos .....	17
1.2. Problema .....	17
1.3. Justificação.....	18
1.4. Questões Científicas.....	19
1.5. Hipóteses .....	19
2. Fundamentação Teórica .....	20
2.1. Qualidade da Água.....	20
2.2. Quadro legal do sector de águas em Moçambique .....	23
2.3. Parâmetros Físicos-químicos e Microbiológicos .....	29
2.3.1. Parâmetros físicos-químicos .....	29
2.3.2. Parâmetros Microbiológicos .....	35
2.4. Índices de Avaliação de Qualidade da Água .....	37
3. Metodologia .....	42
3.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo .....	42
3.1.2 Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Umbelúzi .....	45
3.1.3 Clima, temperatura e precipitação .....	47
3.1.4 Uso da terra.....	47
3.1.5 Geologia e geomorfologia.....	48
3.1.6 Vegetação.....	49
3.1.7 Mudanças climáticas.....	50
3.1.8 Aspectos Socioeconómicos.....	53
3.2. Materiais e equipamento .....	55

---

---

3.3. Colheita de Amostras.....	56
3.4. Amostras de água.....	57
3.5. Cálculo estatístico.....	58
3.6. Cálculo do Índice de Qualidade da Água.....	58
3.7. Tratamento estatístico não paramétrico através da correlação de <i>Spearman</i> ( $\rho$ ).....	61
4. Apresentação dos resultados.....	61
5. Discussão e interpretação dos Resultados.....	62
5.1. Parâmetros Físico-químicos e Microbiológicos.....	63
5.1.1. Temperatura.....	63
5.1.2. Condutibilidade eléctrica.....	64
5.1.5. Potencial Hidrogeniónico (pH).....	67
5.1.6. Oxigénio Dissolvido (DO).....	68
5.1.7. Nitratos.....	69
5.1.8. Nitritos.....	70
5.1.9. Fósforo Total.....	71
5.1.10. Amoníaco.....	72
5.1.11. Dureza Total.....	73
5.2. Parâmetros Microbiológicos.....	74
5.3. Índice de Qualidade da Água (IQA).....	76
5.4. Correlação de <i>Spearman</i> .....	78
6. Conclusão.....	80
7. Recomendações.....	82
8. Bibliografia.....	83
Apêndice 1 - Imagens do local de estudo.....	90
Apêndice 2 – Imagens de instrumentos usados para medição em campo.....	93
Anexos -Resultados de algumas análises processadas no laboratório.....	94

---

## Índice de Figuras

Figura 1. Imagens ilustrativas dos pontos de amostragem. ....	43
Figura 2. Área de estudo com seus respectivos pontos de amostragem ao longo do rio Umbelúzi .....	44
Figura 3. Bacia de Umbelúzi .....	46
Figura 4. Vegetação típica que caracteriza a bacia do Umbelúzi. ....	49
Figura 5. Danos económicos causados pelas cheias em Moçambique .....	52
Figura 6. Variação da temperatura época seca e chuvosa.....	63
Figura 7. Variação da condutibilidade eléctrica (CE).....	64
Figura 8. Variação da turbidez.....	65
Figura 9. Valores de sólidos totais dissolvidos.....	66
Figura 10. Variação do PH.....	68
Figura 11. Oxigénio dissolvido.....	69
Figura 12. Valores de nitratos .....	70
Figura 13. Valores de nitritos.....	71
Figura 14. Valores de fósforo total .....	72
Figura 15. Valores de amoníaco .....	73
Figura 16. Valores de dureza total de água.....	73
Figura 17. Valores de Coliformes totais .....	75
Figura 18. Valores de coliformes fecais .....	75
Figura 19. Valores de Escherichia coli .....	75

---

## Índice de Tabelas

Tabela 1. Pontos de amostragem ao longo do rio Umbelúzi. ....	42
Tabela 2. Materiais e equipamentos usados.....	55
Tabela 3. Critério de avaliação da qualidade de água.....	59
Tabela 4. Peso de qualidade de água por item. ....	60
Tabela 5. Resultados de valores médios obtidos na época seca (Maio a Setembro 2018) .....	62
Tabela 6. Resultados de valores médios obtidos na época chuvosa (Outubro/ Dezembro 2017- Outubro 2018).....	62
Tabela 7. Valores médios do IQA-época seca. ....	76
Tabela 8. Valores médios do IQA-época chuvosa.....	76
Tabela 9. Matriz de correlação Spearman-época seca. ....	78
Tabela 10. Matriz de correlação de Spearman-época chuvosa. ....	79

---

## Símbolos e Abreviatura

<b>ARA - SUL</b>	Administração Regional de Águas da Região Sul
<b>CCPM</b>	<i>Climate Change Profile Mozambique</i>
<b>C.E</b>	Condutividade eléctrica
<b>F.T</b>	Fósforo Total
<b>N02</b>	Nitritos
<b>N03</b>	Nitratos
<b>NH3</b>	Amoníaco
<b>C.F</b>	Coliformes Fecais
<b>C.T</b>	Coliformes Totais
<b>DNGRH</b>	Direcção Nacional de Gestão de Recursos Hídricos
<b>D.M</b>	Diploma Ministerial
<b>E.Coli</b>	<i>Escherichia Coli</i>
<b>EPA</b>	<i>Environmental Protection Agency- Ireland</i>
<b>INAM</b>	Instituto Nacional de Meteorologia
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estatística
<b>IQA</b>	Índice de Qualidade da Água
<b>IQAm</b>	Valor médio do Índice de Qualidade da Água
<b>IOM</b>	<i>International Organization for Migration</i>
<b>LNHAA</b>	Laboratório Nacional de Higiene, Águas e Alimentos
<b>OD</b>	Oxigénio Dissolvido
<b>OMS</b>	Organização Mundial da Saúde
<b>mg</b>	Miligrama
<b>MISAU</b>	Ministério da Saúde
<b>pH</b>	Potencial Hidrogeniónico
<b>RQACH</b>	Regulamento da Qualidade da Água para o Consumo Humano
<b>qi</b>	Qualidade da i-ésima variável, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida.
<b>T °C</b>	Temperatura em graus celsius
<b>TDS</b>	Totais de Sólidos Dissolvidos
<b>NTU</b>	Unidade Nefelométrica de Turbidez
<b>SSAS</b>	<i>South African Socore System</i>
<b>wi</b>	Peso da i-ésima variável

---

## Declaração de Honra

Declaro por minha honra que este trabalho é da minha autoria como resultado de uma investigação realizada por mim e nunca foi submetido para obtenção de qualquer grau ou finalidade que não seja o indicado: “Mestrado em Gestão Ambiental” pela Universidade Pedagógica de Maputo.

-----  
(Sérgio Luís Machava)

---

## Dedicatória

Imensa gratidão à minha família, pelo apoio incondicional e incentivo prestado durante a realização deste trabalho. Dedicção especial à minha esposa Sónia, meus filhos, Serídio, Léria, Gilda e Xiluva, pela paciência e de dias e noites ausentes.

Uma dedicatória especial aos meus pais: Luís Eduardo Machava e minha mãe Cacilda Eduardo Chimene, aos meus irmãos e à minha avó Ricardina Divar Dzeco -*Nwa Divar* (em memória).

---

## Agradecimentos

À Deus, pela saúde e dom da vida e pela oportunidade concedida!

Ao meu supervisor, Prof. Doutor Benjamim Bandeira, pelas orientações que deu durante a elaboração da dissertação.

Ao Prof. Doutor José Julião, pelo incentivo para conclusão do curso. Manifesto minha grande gratidão ao Instituto de Bolsas, na pessoa do seu Director o Prof. Doutor Octávio de Jesus, pela bolsa concedida.

A todos os colegas da turma de mestrado da Universidade Pedagógica de Maputo, Faculdade de Terra e Ambiente (2017-2019) pela convivência e partilha de informações e experiências.

Um agradecimento especial à Diretora do Instituto de Investigação em Águas, Dra. Roda Nuvunga Luís, por permitir continuar meus estudos de mestrado.

Ao Laboratório Nacional de Higiene Alimentos e Água (LNHAA), pela realização das análises da água.

Minha gratidão também ao Samuel Tacuana, pelo apoio prestado na colheita de amostras de água usadas neste trabalho.

Por último e não menos importante ao sr. Mário Domingos, motorista que me transportou para todos os lados ao longo da realização deste trabalho.

---

## Resumo

Os recursos de água doce estão cada vez mais sujeitos à poluição devido ao aumento acelerado da população humana, acompanhada de urbanização, industrialização e aumento da demanda por alimentos. Consequentemente, a qualidade da água doce e a estrutura e função dos ecossistemas aquáticos estão sendo severamente prejudicadas. A manutenção da qualidade da água e sua disponibilidade é realizada por acções de monitoramento permanente, avaliando os principais parâmetros da qualidade através dos Índices de Qualidade de Água (IQA). Este estudo teve como objectivo avaliar a qualidade ambiental da água do rio Umbelúzi, utilizando os parâmetros físico-químicos e microbiológicos e classificar a qualidade da água do rio Umbelúzi, através do Índice de Qualidade da água. A coleta de amostras de água, foi realizada ao longo do rio Umbelúzi, na época seca e chuvosa, sendo que a coleta no tempo chuvoso decorreu de Outubro a Dezembro de 2017 e no Mês de Outubro de 2018. Na época seca a colheita decorreu de Maio a Setembro de 2018. Foram realizadas 14 campanhas de coleta de amostras, constituindo 56 amostras, sendo 36 amostras realizadas na época seca e 20 na época chuvosa. Foram analisados os seguintes parâmetros: Temperatura, pH, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido, sólidos totais, fósforo total, nitratos, nitritos, Amoníaco, coliformes totais e fecais, e Escherichia Coli. Os resultados obtidos demonstram que a água do rio Umbelúzi está poluída, sendo que os valores apresentados tanto na época seca, bem como na época chuvosa, indicam que o Índice de Qualidade da água do rio Umbelúzi é considerada de Mau, ( $25 < IQA \leq 50$ ). Esta situação pode estar relacionada com o aumento de actividades antrópicas, crescimento urbano, intensa actividade agrícola (produção de banana e frutícolas), e a exploração mineira.

Palavras Chaves: *Avaliação da Qualidade da água, Parâmetros físicos-químicos e microbiológicos, Índice de Qualidade da Água, rio Umbelúzi.*

---

## Abstract

Freshwater resources are increasingly subject to pollution due to the rapid increase in the human population, accompanied by urbanization, industrialization and increased demand for food. Consequently, the quality of fresh water and the structure and function of aquatic ecosystems are being severely impaired. The maintenance of water quality and its availability is carried out through permanent monitoring actions, evaluating the main quality parameters through the Water Quality Indexes (WQI). This study aimed to evaluate the environmental quality of the water of the Umbelúzi River, using the physical-chemical and microbiological parameters and to classify the water quality of the Umbelúzi River, through the Water Quality Index (WQI).

The collection of water samples was carried out along the Umbelúzi River, in the dry and rainy season, and the collection in the rainy season took place from October to December 2017 and in the month of October 2018. In the dry season, the harvest took place from May to September 2018. 14 sample collection campaigns were carried out, constituting 56 samples, 36 of which were carried out in the dry season and 20 in the rainy season. The following parameters were smoothed: Temperature, pH, turbidity, conductivity, dissolved oxygen, total solids, total phosphorus, nitrates, nitrites, Ammonia, total coliforms, fecal coliforms and *Escherichia Coli*. The results obtained demonstrate that the water of the Umbelúzi River is polluted, and the values presented both in the dry season, as well as in the rainy season, indicate that the Water Quality Index of the Umbelúzi River is considered as Bad, ( $25 < IQA \leq 50$ ). This situation may be related to the increase in anthropogenic activities, urban growth, intense agricultural activity (banana and fruit production), and mining.

Key words: *Water Quality Assessment, Physical-chemical and Microbiological Parameters, Water Quality Index, Umbelúzi River.*

---

## Introdução

A satisfação das necessidades básicas humanas, em termos de abastecimento de água seguro e fiável e condições de saneamento adequadas, é essencial para a saúde, na batalha contra a pobreza e na promoção do desenvolvimento social (MOPHRH, 2016). O acesso à água e ao saneamento são considerados como fazendo parte dos direitos humanos. Os recursos hídricos são intrinsecamente associados a todos os aspectos do desenvolvimento (por exemplo, à segurança alimentar, à promoção da saúde e à redução da pobreza), e são necessários para sustentar o crescimento económico na agricultura, na indústria e na geração de energia, assim como para a manutenção de ecossistemas.

A água é considerada não somente “um dos recursos naturais”, mas também um recurso com um papel complementar na melhoria da qualidade de vida das populações (DNGRH, 2018). Recursos de água doce estão cada vez mais sujeitos à poluição devido ao aumento acelerado da população humana, acompanhada de urbanização, industrialização e aumento da demanda por alimentos. Consequentemente, a qualidade da água doce e a estrutura e função do ecossistema aquático estão sendo severamente prejudicadas (Odume, 2014).

A UNESCO (2019), considera o acesso à água como um direito universal da humanidade. Segundo CAMPOS (2007), a disponibilidade de água para o homem reflete-se numa questão de sua própria sobrevivência. A carência em abastecimento de água, saneamento e higiene é determinante na saúde e bem-estar, e tem um grande custo financeiro, incluindo a perda considerável nas actividades económicas. A FAO (2007), considera que a escassez de água ocorre quando a procura por este recurso excede a oferta num determinado domínio. De forma genérica, a escassez de água é vista como o ponto em que o impacto global de utilização colide com o fornecimento ou a qualidade da água, na medida em que a procura não é satisfeita plenamente. Segundo a UNESCO (2019), em 2025, cerca de 1.800 milhões de pessoas estarão a viver em países ou regiões com escassez de água absoluta, e dois terços da população mundial pode encontrar-se já em situação de *stress* hídrico. Esta situação dificulta a sustentabilidade e limita o desenvolvimento social e económico.

Moçambique é um país muito vulnerável a desastres naturais de origem meteorológica, incluindo secas, cheias e ciclones tropicais, devido sobretudo à sua localização geográfica. O país

---

apresenta uma vasta extensão de linha costeira (2700 km), vários rios internacionais que descarregam no Oceano Índico e vastas extensões de terrenos abaixo do nível médio do mar (CONSULTEC, 2016).

Outros factores que contribuem para a vulnerabilidade do país a eventos meteorológicos extremos são a reduzida capacidade de predição destes eventos, a dificuldade em transmitir e dispersar avisos atempados e o elevado grau de pobreza e dependência de recursos naturais, que por sua vez são dependentes da variabilidade climática (DNGRH, 2018).

Actualmente, o país entrou em *stress* hídrico, que afeta muitas comunidades em certas regiões do país. Na região sul, o rio Umbelúzi é a principal fonte de abastecimento da água às Cidades de Maputo, Matola, Vila de Boane e arredores. Este rio é actualmente afectado pela escassez de água que se regista nos últimos tempos, exacerbada pelo aumento da temperatura devido a mudanças climáticas que tem conduzido ao aumento na demanda pela água para consumo.

Esta situação é agravada pelas mudanças no ciclo hidrológico, previstas em todos os modelos climáticos, que afetam o país de forma particular e a região da África Austral de forma geral, em função das mudanças nos padrões da precipitação (Genito Maúre *et al.*, 2018), que tem vindo a afetar significativamente a disponibilidade e distribuição temporal da vazão do rio Umbelúzi.

Segundo Duarte (2009), a modificação climática ou aumento da variabilidade climática pode alterar o ciclo da água e o valor do escoamento superficial dos rios, causando implicações importantes para sistemas existentes dos recursos hídricos como também para planeamento e gestão desses recursos.

Um dos factores visíveis que afetam a qualidade e quantidade da água do rio Umbelúzi é o aumento assinalável da população, havendo previsões de que a população da Província de Maputo, venha duplicar nos próximos anos em quatro milhões de habitantes para 2035 (Hake, 2016). Este aumento da população irá de certa forma exercer uma grande pressão pela demanda por água para o consumo humano, desenvolvimento de actividades sociais e económicas (agrícola, criação de gado entre outras), bem como na deterioração da sua qualidade.

A manutenção da qualidade da água e sua disponibilidade é realizada por acções de monitoramento permanente, avaliando os principais parâmetros da qualidade através dos Índices de Qualidade de Água (IQA). Os parâmetros de avaliação da qualidade da água estão

---

padronizados a nível do mundo e, em Moçambique o IQA é avaliado numa escala de 0 a 100, e é usado para classificar de forma quantitativa a qualidade da água através de nove (09) itens: temperatura, turbidez, oxigénio dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigénio, Fosforo total, nitrogénio e resíduo total e Coliforme fecal (PNGRH, 2018).

Em Moçambique, estudos de avaliação de qualidade de água em diferentes rios têm sido efetuados, usando métodos tradicionais (químicos, físicos e microbiológicos) Albino (2012); Cossa (2015). Entretanto, no rio Umbelúzi em particular, estudos que associam estes métodos com o uso do Índice de Qualidade da Água (IQA), têm sido pouco realizados.

O presente estudo surge na necessidade de se avaliar a qualidade ambiental do rio Umbelúzi, utilizando os parâmetros físicos-químicos e microbiológicos, bem como o uso do Índice da Qualidade da Água (IQA), de forma a constituir uma ferramenta de avaliação dos corpos de águas, às modificações das condições ambientais originais e disponibilizar subsídios que auxiliem na monitoria e classificação da qualidade da água superficial em Moçambique.

### **1.1. Objectivo Geral**

- Avaliar a qualidade da água do rio Umbelúzi, para o consumo humano.

#### **1.1.2. Objectivos específicos**

- Identificar os parâmetros que influenciam na qualidade da água do rio Umbelúzi.
- Classificar a qualidade da água do rio Umbelúzi com base no índice da Qualidade da Água (IQA) durante o período seco e chuvoso;
- Verificar os resultados obtidos em função aos parâmetros determinados pela legislação em vigor.

### **1.2. Problema**

Os impactos das actividades humanas no ciclo hidrológico e na qualidade das águas de um determinado rio ou de uma bacia hidrográfica decorrem de um conjunto de actividades humanas, resultado dos usos múltiplos da água (Tundisi, 2006). O aumento de população que se verifica nos últimos tempos no distrito de Boane e arredores, tem vindo a influenciar de certa forma a

---

conservação e a qualidade da água do rio Umbelúzi. Maior parte desta população, com excepção de alguma parte que vive na Autarquia da Vila de Boane, consome água retirada directamente do rio Umbelúzi sem nenhum tipo de tratamento.

É notória a realização de actividade que atentam à qualidade de água deste rio a destacar: a intensa irrigação na actividade agrícola, a pastagem de gado, lavagem de carros, roupa e a deposição de resíduos sólidos e efluentes no rio, tendo como consequência a persistência de propagação de doenças de veiculação hídrica no meio da população que vive nas imediações das margens do rio, onde mulheres e crianças são as principais vítimas. Com exposto, surgiu o interesse em avaliar a qualidade da água do rio Umbelúzi para o consumo humano e para nortear o estudo foi delineada a seguinte pergunta de partida: até que ponto a água do rio Umbelúzi, no distrito de Boane, é propícia para o consumo Humano?

### **1.3. Justificação**

O rio Umbelúzi é a principal fonte de abastecimento de água às Cidades de Maputo, Matola, Vila de Boane e Marracuene. A rápida urbanização que caracteriza toda a região da província de Maputo, o crescimento industrial e económico, a demanda pela água para o consumo humano, o desmatamento e outros usos consumptivos, concorrem para a deterioração da qualidade da água do rio Umbelúzi. Esta situação é agravada pela poluição devido ao despejo de efluentes líquidos sem tratamento, lançamento de resíduos sólidos e industriais no corpo de água, causadas pelas actividades humanas, com maior destaque para actividades agrícolas que são desenvolvidas no baixo curso do rio Umbelúzi, o pastoreio de gado, a crescente actividade industrial de exploração de minérios (Extração de pedras para construção civil).

Observa-se ainda que as comunidades locais lavam roupa e carros no rio despejando combustíveis, graxa entre outros contaminantes no corpo d'água. Estudos da qualidade da água usando Índice da Qualidade da Água (IQA), são poucos realizados em Moçambique. A elaboração desta dissertação temo como motivação a avaliação da qualidade da água do rio Umbelúzi e classifica-la segundo os padrões internacionais de qualidade da água, usando o Índice de Qualidade da Água (IQA), face às modificações das condições ambientais originais e disponibilizar subsídios que auxiliem na monitoria e classificação da qualidade da água superficial, bem como para a preservação ambiental dos recursos hídricos.

---

## 1.4. Questões Científicas

Quais são parâmetros que influenciam na qualidade da água do rio Umbelúzi?

Como se classifica a Qualidade da água do rio Umbelúzi?

Será que os parâmetros obtidos estão de acordo com os limites máximos permitidos pela legislação Moçambicana em vigor?

## 1.5. Hipóteses

A avaliação de qualidade da água é geralmente realizada através da caracterização físico-químicos e microbiológicos, usando uma ampla gama de técnicas quantitativas. Neste trabalho foram formuladas algumas hipóteses com vista a responder as questões acima levantadas.

*H0: Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, influenciam na qualidade da água do rio Umbelúzi.*

*H1: Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos não influenciam na qualidade da água do rio Umbelúzi.*

*H0: No período seco e chuvoso, a qualidade da água do rio Umbelúzi é considerada ótima para o consumo humano.*

*H1: No período seco a qualidade de água não é considerada ótima para o consumo humano.*

*H2: No período seco e chuvoso, a qualidade da água do rio Umbelúzi é considerada ótima para o consumo humano.*

*H0: A qualidade da água do rio Umbelúzi não está fora dos limites máximos permitidos pela legislação em vigor.*

*H3: A qualidade da água do rio Umbelúzi está fora dos limites máximos permitidos pela legislação em vigor.*

---

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1. Qualidade da Água

O conceito de qualidade da água sempre tem relação com o uso que se faz dessa água. Uma água de qualidade adequada para uso industrial, navegação ou geração hidrelétrica pode não ter qualidade adequada para o abastecimento humano, a recreação ou a preservação da vida aquática (FDS, 2014). A qualidade da água refere-se não somente a determinar o quanto ela é pura, mas também determinar quais são as características desejadas que a água deva ter para os seus mais diversos usos (Santos, 2008). Qualquer uso específico terá certos requisitos para as características físicas, químicas ou biológicas da água (UNEP/WHO, 1996). Embora muitos usos têm alguns requisitos comuns para determinadas variáveis, cada uso terá suas próprias demandas e influências sobre a qualidade da água (UNEP/WHO, 1996).

A qualidade da água pode ser descrita em termos de concentração e estado (dissolvido ou particulado) de alguns ou de todos os materiais orgânicos e inorgânicos presentes na água, juntamente com certas características físicas da água. É determinado por medições *in situ* e pelo exame de amostras de água no local ou no laboratório. Os principais elementos do monitoramento da qualidade da água são, portanto, as medições no local, a coleta e análise de amostras de água, o estudo e a avaliação dos resultados analíticos e o relatório dos dados achados (UNEP/WHO, 1996).

WEINBERG (2013), define que a qualidade da água é realizada pela medição de suas características físicas, químicas e biológicas, correspondentes a um curso d'água ou um conjunto de rios contribuintes de uma bacia hidrográfica. Ou característica dada pelo conjunto de valores de parâmetros microbiológicos, organolépticas e físico-químicos fixados que permitem avaliar se a água é potável ou não (MISAU, 2004), e refere-se não somente determinar o quanto a água é pura, mas também determinar quais características desejadas que esta deva ter para os seus mais diversos usos.

Ao se abordar a questão da qualidade da água, é fundamental ter em conta que o meio líquido apresenta duas características peculiares, que condicionam, de maneira absoluta, a conformação desta qualidade: capacidade de dissolução e capacidade de transporte (Santos et al., 2017).

---

Devido a sua capacidade dissolutiva, a água pode se associar a uma variedade de substâncias conferindo-a como uma determinada característica (FDS, 2014).

Além disso, as substâncias dissolvidas e as partículas presentes no seio da massa líquida são transportadas pelos cursos d'água, mudando continuamente de posição e estabelecendo um caráter fortemente dinâmico para a questão da qualidade da água (FDS, 2014). Quando se avalia a qualidade ambiental dos recursos hídricos, aborda-se de certa forma as condições do meio onde as águas se inserem, como seja, aspectos relativos à densidade e composição da vegetação natural, aspectos geológicos e geomorfológicos, pedológicos e climáticos, bem como o grau de interferência antrópica e todos os factores inerentes ao ambiente (Pedroso et al., 2017).

As águas superficiais dependem do clima e do solo da região, da vegetação circundante do ecossistema aquático e da influência do homem (Santos et al., 2017). As actividades antrópicas são consideradas as que mais impactam os ambientes terrestres e aquáticos, alterando de certa forma as estruturas físicas, químicas e biológicas dos ecossistemas naturais, do ciclo hidrológico, e fazendo com que a oferta de água de boa qualidade seja reduzida (Alvarenga et al., 2012).

Os impactos ambientais, sociais e económicos da degradação da qualidade das águas se traduzem, entre outros, na perda da biodiversidade, no aumento de doenças de veiculação hídrica, no aumento do custo de tratamento das águas destinadas ao abastecimento doméstico e ao uso industrial, na perda de produtividade na agricultura e na pecuária, na redução da pesca e na perda de valores turísticos, culturais e paisagísticos (FDS, 2014).

Os efeitos das actividades humanas na qualidade da água são generalizadas e variadas no grau em que perturbam o ecossistema e ou restringem o uso da água. A poluição da água pelas fezes humanas por exemplo, é atribuída apenas a uma fonte, mas as razões para este tipo de poluição, seus impactos na qualidade da água e as medidas corretivas ou preventivas necessárias são variadas (WHO, 2017). Doenças de veiculação hídrica, continuam tendo um peso significativo para a saúde pública entre os grupos vulneráveis e desfavorecidos em todo o mundo, especialmente nos países em vias de desenvolvimento como Moçambique, onde mulheres e crianças são as principais vítimas (DNGRH, 2018).

---

No estudo dos indicadores de estado de saúde em Moçambique realizado pelo INE (2017), indica que maior parte das doenças como diarreias, malnutrição, malária e doenças tropicais negligenciadas é atribuído à indisponibilidade de água potável, saneamento inadequado ou higiene insuficiente.

E de acordo com a MISAU (2014) estas, poderiam ser prevenidas através da melhoria da disponibilidade de água potável, saneamento, higiene e gestão dos recursos hídricos. Outro factor a ter em conta, são as alterações climáticas, que actualmente, são consideradas uma das mais sérias ameaças ambientais a nível global, com forte impacto nos ecossistemas, na saúde humana e nas actividades económicas. Os modelos climáticos actuais projectam um aumento em frequência e intensidade de eventos climáticos extremos como cheias severas, secas e ondas de calor (G. Maúre et al, 2018).

As mudanças na precipitação e aumento da temperatura terão impactos na quantidade e qualidade de água (DNGRH, 2018). Portanto, actividades de monitoria e controlo da qualidade da água destinada ao consumo humano tem por objectivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes de qualquer contaminação, assegurando a sua salubridade e limpeza, ou seja, esta água é caracterizada por não conter microrganismos, parasitas nem quaisquer substâncias químicas, em quantidades ou concentrações que constituam um atentado à saúde humana (MISAU, 2004).

Por esta razão, fixar os parâmetros de qualidade da água destinada ao consumo humano e as modalidades de realização do seu controlo, é muito essencial para proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes de qualquer contaminação que possa ocorrer nas diferentes etapas do sistema de abastecimento de água, desde a captação até à disponibilização ao consumidor (MISAU, 2004).

Para a caracterização da água são utilizados diversos parâmetros e índices de qualidade de água, que representam seu estado frente às suas características físicas, químicas e biológicas. Os valores destes parâmetros são indicadores da qualidade da água e o grau de poluição é determinado de acordo com padrões ou níveis máximos permitidos para cada parâmetro estabelecidos por legislação (Santos, 2008).

---

## 2.2. Quadro legal do sector de águas em Moçambique

A Política de águas de Moçambique (MOPHRH 2016), advoga que o futuro desejado em relação à água é aquele onde a água esteja disponível em quantidade e qualidade adequadas para as gerações actuais e futuras, servindo para o desenvolvimento sustentável.

Actualmente, a água encontrada na natureza é em geral inapropriada para o consumo humano, devido presença de uma série de contaminantes que podem ser prejudiciais à saúde dos seres humanos (Nkambule, 2016).

No ponto de vista da gestão de recursos hídricos, para se alcançar a disponibilidade de água (levando em conta os aspectos qualitativo e quantitativo) para a actual e gerações futuras é necessário o estabelecimento de padrões de qualidade de água adequados aos respectivos usos dos corpos hídricos, visando à utilização racional e integrada (DNGRH, 2018).

Em moçambique, vários instrumentos legais sobre os recursos hídricos têm sendo criados desde o tempo colonial até ao presente momento, representados por uma série de leis e normas que consolidam uma política de valorizações e gestão sustentável dos recursos naturais. O quadro legal do sector de águas em Moçambique consiste na Constituição de 1990 e na Lei de Águas desenvolvida em 1991 (Lei n.º. 16/91, de 3 de Agosto de 1991).

A Lei de Águas de 1991, com os seus respectivos regulamentos, e a Política de Águas de 2016, conjugados com a Lei do Ambiente de 1997, e seus respectivos regulamentos, constituem instrumentos legais importantes na gestão dos recursos hídricos em Moçambique. Um dos objectivos da Lei de Águas de 2016 é de definir em relação às águas interiores:

- O domínio público e político da sua gestão;
- O regime legal das actividades de promoção e conservação, inventário, uso, controlo e monitorização dos recursos hídricos;

Por sua vez, a Política Nacional de Águas de 1995, revogada pela Política de Águas de 2016, estabelece diretrizes modernos que considera a gestão integrada dos recursos hídricos como importante para garantir a qualidade e quantidade da água para a satisfação das necessidades das populações.

A Política de Águas de 2016, foi elaborada e aprovada no contexto da adopção da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e tem como um dos objectivos principais:

- 
- *atingir as Metas de Desenvolvimento Sustentável, acesso universal do abastecimento de água e saneamento;*
  - *satisfação das necessidades básicas da população mais pobre, com objectivo da redução da pobreza, procurando sempre uma situação de sustentabilidade;*
  - *a valorização da água não apenas como bem social e ambiental, mas também com o valor económico que detém;*
  - *melhoramento do saneamento, como ferramenta essencial para a prevenção de doenças de origem hídrica, melhoria da qualidade da vida e equilíbrio ambiental;*
  - *minimizar os impactos da seca no abastecimento de água nas zonas rurais.*

Ainda no quadro legislativo directamente associado à Política de água, importa referir o Decreto n.º 26/91, de 14 de Novembro, que cria cinco (5) Administrações Regionais de Águas (ARAS). Estas administrações têm como missão principal a gestão dos recursos hídricos organizadas na base de bacias hidrográficas e fundamentalmente vocacionadas para a administração dos recursos hídricos nas regiões adstritas.

A Resolução n.º 68/98, de 23 de Dezembro, que aprova a Política tarifária da água e declara que o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos balanceia três factores principais: o preço, o custo (tarifa) e o valor, tendo como pano de fundo a função social que a água desempenha para a saúde e o bem estar das populações.

A Resolução n.º 81/2004, de 15 de Setembro, aprova o Regulamento que visa estabelecer os parâmetros de qualidade da água para consumo humano e os procedimentos visando ao seu controlo, de forma a proteger os consumidores contra quaisquer efeitos nocivos de qualquer contaminação que possa ocorrer nas várias fases do sistema de abastecimento de água.

Por outro lado, a Lei do Ambiente (Decreto n.º 20/97 de 1 de Outubro), define vários conceitos e princípios fundamentais de gestão ambiental, estabelecendo o quadro institucional básico para a protecção ambiental (incluindo recursos hídricos):

- *estabelece uma norma geral que proíbe a realização de todas as actividades que causam danos ambientais e que excedam os limites legalmente definidos, com particular destaque para a poluição (que possa ter danos nos corpos d'água); e*
- *estipula normas especiais para a protecção do meio ambiente (em particular a protecção da biodiversidade).*

---

O Regulamento sobre os Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissão de Efluentes (Decreto n.º. 18/2004, de 2 de Junho), que rege sobre a qualidade ambiental e os padrões de qualidade ambiental relativos ao ar, água e solo, estabelecem os padrões de qualidade ambiental e os padrões de emissão de efluente para águas receptoras, tecnologias, sistemas e métodos de tratamento.

Outro instrumento de maior relevo na protecção do ambiente em moçambique é a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), regido pelo Regulamento sobre o Processo de Avaliação do Impacto Ambiental (Decreto n.º. 45/2004 de 29 de Setembro e Decreto n.º. 42/2008 de 4 de Novembro), que constitui um requisito legal em termos da Lei do Ambiente para qualquer actividade que possa ter impacto directo ou indirecto sobre o ambiente.

Para além de instrumentos legais acima apresentados, vários planos e estratégias de desenvolvimento de recursos hídricos já foram elaborados, aprovados e publicados ao longo das últimas duas décadas no país, os que enfatizam a necessidade de uma gestão sustentável dos recursos hídricos e a necessidade da realização contínua de monitoria da qualidade da água, e estes incluem:

- *A Estratégia para o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos em Moçambique, Aprovado na 22ª Sessão do Conselho de Ministros de 21 de Agosto de 2007;*
- *Plano Estratégico de Água e Saneamento (PESA –ASR), para o período de 2006 – 2015;*
- *Programa Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento Rural (PRONASAR)- 2011;*
- *O Plano Nacional de Desenvolvimento de Recursos Hídricos, 2018.*

## **Acordos Internacionais**

De acordo com Correia (2014), a água, ao contrário do sol e do ar, é um bem confinável, susceptível de ser apropriado, colectiva ou individualmente. Os Estados das Bacias Internacionais tendem a reter no seu território toda a água que precisam para as suas actividades de crescimento económico. A natureza confinável da água, enquanto recurso essencial aos Estados, faz dela um instrumento de Poder. O continente africano é um dos que apresenta maior

---

número de cursos de águas partilhadas, e os estados africanos, disputam entre si volumes de água partilhados (DNGRH, 2018).

Estima-se que 70% de recursos hídricos da região da SADC, são compartilhados por mais de um país, e, por isso, existem direitos de água complexos e potenciais conflitos sobre o uso de recursos hídricos compartilhados (DNGRH, 2018).

A região da SADC, apesar de aparentemente ser abundante em água e ter rios grandes como o Congo e o Zambeze, tem a água muito mal distribuída, e alguns dos países da região são áridos. E em casos como este, onde a água está distribuída de forma desigual, é necessário garantir que o acesso à água seja efectivo para todos, sendo o melhor artifício para tal, a cooperação (Espada, 2014).

Na região da SADC existem 15 grandes bacias hidrográficas partilhadas, que incluem as bacias dos rios Búzi, Congo, Cuvelai, Incomáti, Kunene, Limpopo, Maputo, Nilo, Okavango, Orange-Senqu, Púnguè, Ruvuma, Save, Umbelúzi e Zambeze (Espada, 2014; Coreia, 2014; DNGRH, 2018). Estas bacias variam no tamanho da área, sendo a menor de todas, a bacia do rio Umbelúzi, que cobre 10,900 quilómetros quadrados e a maior a do rio Congo, com 3,691,000 quilómetros quadrados (Espada, 2014; DNGRH, 2018).

De acordo com a (DNGRH, 2018), 52% das terras de moçambique localizam-se em bacias hidrográficas internacionais, partilha 9 das 15 principais bacias hidrográficas da região da SADC, com a excepção do rio Rovuma que é um ripário paralelo, sendo que cerca de 54% de escoamento total anual ocorre nos países ao montante (DNGRH, 2018).

De acordo com a mesma fonte, esta situação faz com que o país seja vulnerável em termos de disponibilidade de água nas bacias moçambicanas, devido às cheias causadas pelas descargas causadas nos países ao montante, bem também como a escassez de água causada pela interrupção das descargas de água durante os períodos de muita seca.

(Gustafsson & Johansson, 2006; Juízo, 2019), também consideram que o país é ambientalmente vulnerável devido às actividades que são realizadas nos países ao montante, que consistem na introdução de poluentes que entram nos rios moçambicanos.

Por exemplo, moçambique tem feito alegações de que a construção da Barragem de M'njoli sobre o rio Umbelúzi no Reino de Eswatini, diminuiu o fluxo de água pela metade da água que devia ser escoada para a parte Moçambicana (Chazournes et al., 2018). Como forma de

---

resolução de conflitos que possa surgir nos cursos de águas partilhadas, a nível da região da SADC, foi ractificado o Protocolo Revisto da Comunidade de Desenvolvimento da África Austral sobre Cursos de Água Partilhados. O mesmo entrou em vigor em 2003, substituindo o Protocolo original de 1995, tendo como objectivo: “*promover cooperação mais estreita para gestão, protecção e utilização criteriosa, sustentável e coordenada, de cursos de água e avançar a agenda da SADC de integração regional e alívio da pobreza*” (Artigo 2).

### **Outros acordos**

Moçambique tem vindo a ractificar ao longos dos últimos anos, vários acordos de partilha conjunta de recursos hídricos com países vizinhos, sendo de destacar os seguintes:

- **Comissão do Curso de Agua do Zambeze (ZAMCOM)**

A Comissão do Curso de Água do Zambeze (ZAMCOM), é um acordo assinado em 2004 por Angola, Namíbia, Zimbabué, Malawi, Tanzânia e Moçambique, para a gestão do rio Zambeze. No presente momento, sete dos oito países já assinaram o Protocolo, porém apenas 4 dos sete países já o ratificaram, sendo que a Zâmbia, Malawi, Tanzânia e Zimbabué continuam pendentes. A Comissão apenas entrará em vigor quando seis dos oito países ratificarem o Acordo (SADC, 2008).

- **Comissão da Bacia do Rovuma**

A Comissão Conjunta da Bacia do Rio Rovuma tem como objectivo principal, garantir o desenvolvimento sustentável e a utilização equitativa dos recursos hídricos na bacia transfronteiriça do rio Rovuma. O rio Rovuma forma a fronteira entre moçambique e a Tanzânia.

- **Acordo de Águas Partilhadas (*Water Sharing Agreement*)**. É um acordo assinado em 1976 entre Moçambique e o reino da Eswathini (Ex-Swazilândia), para a gestão integrada da Bacia de Umbelúzi. Neste acordo, o Reino de Eswathini concordou em garantir um fluxo anual de 40% da água do rio Umbelúzi e do seu principal tributário o White Mbuluzi, através da fronteira para moçambique. Em 1999, foi criada a ***Water Joint Commission***, para a gestão conjunta dos rios Incomáti, Umbelúzi e Maputo (Gustafsson & Johansson, 2006; Correia, 2014; DNGRH, 2018 e Juízo, 2019).

---

- **Comité Técnico Permanente Tripartido do rio Incomáti (INCOMAPUTO)**

É um acordo estabelecido em 2000 entre a África do Sul, Moçambique e o Reino da Eswathini. Este Comité visa permitir uma melhor gestão dos cursos de águas partilhados dos rios Incomáti e Maputo, garantir a protecção e utilização sustentável e equitativa das águas partilhadas, nos períodos específicos de seca e de cheia (Gustafsson & Johansson, 2006; Correia, 2014; Espada, 2014; DNGRH, 2018 e Juízo, 2019).

- **Comité da Bacia do Rio Limpopo (LIMCOM-Limpopo Water Commission)** Este comité, tem como objectivo, garantir uma melhor gestão da bacia do Rio Limpopo, sendo parte deste comité a África do Sul, o Botswana, Moçambique e Zimbabwe (Espada, 2014, DNGRH, 2018).

Nestes acordos de partilha de cursos de água, estão indicados por exemplo para o rio Umbelúzi; os volumes esperados de água que devem ser garantidos para Moçambique, num total de 91 Mm<sup>3</sup> /ano médio, determinados a partir de duas estações localizadas nos dois principais cursos de água da bacia do Umbelúzi no Reino de Eswathini, a Estação GS3 no Black Mbuluzi e a Estação GS10 no White Mbuluzi, estando esta última estação localizada a montante da albufeira do M'njoli (Juízo, 2019).

No estudo feito pelo Juízo (2019), indica que ultimamente, o reino de Eswathini tem vindo a cumprir com o acordo assinado. Entretanto, a região sul, principalmente a chamada grande Maputo, sofre de forma cíclica, efeitos de restrições no acesso e na qualidade da água do rio Umbelúzi, o que decerta forma traz outra abordagem na interpretação da escassez de água.

Juízo (2019), Correia (2014) e Espada (2014), consideram que a escassez pode ser dividida em três partes: (i) escassez física (quando os recursos hídricos são menos do que as necessidades); (ii) escassez económica (quando a falta de infraestruturas é que impõe o limite de disponibilidade); e, (iii) escassez institucional (que deriva dum quadro de governança de água desajustado e incapaz de lidar com gestão adequada do recurso).

---

## 2.3. Parâmetros Físicos-químicos e Microbiológicos

As características físicas referem-se aos sólidos como, cor, odor, turbidez e temperatura. As características químicas referem-se às substâncias dissolvidas que podem causar alterações nos parâmetros pH, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica e inorgânica. E finalmente, as características biológicas tratam dos organismos presentes na coluna de água, sendo analisados pela microbióloga (Glória et al., 2017).

A monitoria da saúde dos rios usando parâmetros físico-química da água é a abordagem tradicional para controlar a poluição e gerir a qualidade da água. Este processo serve como ferramenta de medir e analisar as concentrações de poluentes, determinar o seu destino e transporte, bem como a sua persistência no ambiente aquático (Odume, 2014).

Um conjunto de parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram estabelecidos para a identificação das características que determinam a qualidade da água. Estes parâmetros permitem identificar a qualidade da água de diferentes fontes (De Bortoli, 2016).

Segundo Rodriguez (2001), as características físicas e químicas da água são influenciadas pelo clima, geomorfologia e condições geoquímicas prevalentes na bacia de drenagem. Por outro lado, o intemperismo das rochas, a precipitação e a poluição são determinantes das características químicas. Considera ainda que as condições químicas da água são determinadas pelo intemperismo das rochas, incluindo a precipitação e introdução de poluentes.

### 2.3.1. Parâmetros físicos-químicos

#### • Temperatura

A temperatura é uma variável que exerce influência direta na velocidade das reações químicas e biológicas que ocorrem no sistema aquático, nos períodos de seca, onde as temperaturas são maiores, a dinâmica dessas transformações tende a ser mais acelerada (Esteves, 2011). Em corpos de água superficiais, a temperatura sofre influência de factores como: clima, latitude, altitude cobertura vegetal, estação do ano, circulação do ar, vazão e profundidade do corpo hídrico (Tundisi; Mutsumura-Tundisi, 2015; Vieira, 2015, Nkambule, 2016;), outro factor importante é que a temperatura água do rio, aumenta quando a altitude diminui na medida em que o rio vai drenando suas águas no oceano (Johansson & Gustafsson, 2006). E as águas

---

naturais apresentam variações de temperatura sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical (Garcia, 2013). A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogénicas (despejos industriais). De ponto de vista ambiental, a temperatura exerce uma influência primordial sobre os organismos vivos aquáticos, em especial nos peixes, por constituir elementos terminais na cadeia trófica em ecossistemas de água doce (Benilde Mendes et al., 2004).

#### • **Condutibilidade eléctrica**

A condutividade eléctrica (CE) é a capacidade de água conduzir corrente eléctrica (Piratoba et al., 2017). Essa capacidade depende basicamente da presença de íons, da concentração total, mobilidade, valência, concentrações relativas e medidas de temperatura (Hermes et al., 2014), e representa uma medida indirecta da concentração de poluentes. Por outro lado, Viera (2015), indica que a condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. Para a FNS (2014), as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Esteves (2011) considera que nas regiões tropicais, a condutividade está mais relacionada com as características geoquímicas e com as condições climáticas (estação de seca e de chuva) da região onde se localizam. E esta (CE), muda com a sazonalidade, sendo menor no período chuvoso por causa do aumento da diluição dos íons, não obstante o lançamento de efluentes industriais poderem elevar os valores da condutividade eléctrica independentemente da sazonalidade.

#### • **Turbidez**

A turbidez é um dos parâmetros físicos mais importantes no monitoramento de mananciais, tratamento e distribuição das águas de abastecimento público. Além do factor estético, a turbidez está intimamente relacionada com outros parâmetros químicos e biológicos (Odume, 2014; Nkambule, 2016).

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez ou nefelométricas (A turbidez é

---

uma medida da nebulosidade/claridade da água). É causada por sólidos suspensos principalmente do solo partículas (areia, lodo, argila), fitoplâncton e animais que estão suspensos na coluna de água (Kale, 2016).

De acordo com a mesma fonte, baixos níveis de turbidez podem indicar um funcionamento saudável do ecossistema, com quantidades moderadas de plantas microscópicas e animais presentes para abastecer a cadeia alimentar. A turbidez dos corpos d'água é particularmente alta em regiões com solos erosivos, onde a precipitação pluviométrica pode carregar partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo.

Grande parte das águas de rios moçambicanos é naturalmente turva em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, ocorrência de altos índices pluviométricos, e prática de garimpo (Zona Centro e norte do país), e uso de práticas agrícolas, muitas vezes inadequadas (DNGRH, 2018).

Além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água pode, também, ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais. Níveis mais elevados de turbidez colocam vários problemas para o fluxo de sistemas e são frequentemente associados a níveis mais elevados de vírus, parasitas e algumas bactérias (Kale, 2016; Nkambule, 2016).

#### • Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)

Variedade de fontes, natureza e a dimensão das partículas sólidas em suspensão fornece apenas uma indicação da extensão da poluição em um determinado recurso hídrico (Dojlido et al., 1993). Os sólidos Totais Dissolvidos referem-se à matéria suspensa e dissolvida na água, são parâmetros muito úteis que descrevem os constituintes químicos da água e podem ser considerados como tendo uma relação edáfica que contribuem na produtividade dentro do corpo da água (Qureshimatva et al., 2015).

Os STD incluem todos os sais e componentes não iônicos e actuam na modificação da salinidade e conseqüentemente na condutividade eléctrica da água, que pode indicar indirectamente a presença de poluição ou desequilíbrio no corpo hídrico (Abreu et al, 2015).

Os processos de intemperismo geram produtos que são encontrados nos corpos da água na forma iônica, que são os principais constituintes dos STD. Este parâmetro é utilizado no controlo de poluição de corpos d'água natural com drenagens e efluentes industriais, para avaliar a eficiência nas estações de tratamentos de águas residuais (Pirotaba et al., 2016). A quantidade de sólidos

---

presentes num corpo de água está relacionada à geologia, uso do solo, precipitação e evaporação e podem diferir entre os rios que compõem a mesma bacia hidrográfica (Garcia, 2013).

#### • **Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O Potencial Hidrogeniônico (pH) é uma variável abiótica importante nos ecossistemas aquáticos de difícil interpretação pela quantidade de factores que o podem afetar (Piratoba et al., 2017). Segundo Kale (2016), o pH é definido como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio ( $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ ) de uma solução e é, portanto, uma medida que determina se o líquido é ácido ou alcalino.

A escala do pH (derivada da constante da ionização da água). Este parâmetro varia de 0 (muito ácido) a 14 (muito alcalino) (EPA, 2001). O pH da água é importante para as comunidades bióticas, pois a maioria das espécies de plantas e animais pode sobreviver em uma faixa estreita de pH de uma condição levemente ácida a ligeiramente alcalina (Goher 2000, Qureshimatva et al., 2015). O pH da água determina a solubilidade (quantidade que pode ser dissolvido na água) e disponibilidade biológica (quantidade que podem ser utilizados pela vida aquática) de produtos químicos constituintes como nutrientes (fósforo, nitrogênio e carbono) e metais pesados (chumbo, cobre, cádmio, etc.) (Kale, 2016).

#### • **Oxigénio Dissolvido (DO)**

O oxigénio dissolvido (OD) é um dos parâmetros mais significativos usados para determinar a qualidade de um ambiente aquático. O DO descreve a concentração de oxigênio molecular na água e depende da temperatura da água e da demanda biológica do sistema (Cheng et al., 2000, Nkambule, 2016). OD é fornecido para a água através de vários métodos como a difusão direta de oxigênio a partir da atmosfera, vento, ondas de ar e fotossíntese. O OD é usado na decomposição aeróbia da matéria orgânica, na respiração do organismo aquático e na oxidação química do mineral. Como o oxigênio dissolvido é usado por muitos organismos na água, tende a mudar de forma rápida (WHO, 2017).

As variações nos teores de OD estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. A temperatura é um dos parâmetros que influencia diretamente a quantidade de OD na água, quanto mais frio a água for, mais oxigênio pode ser contido no corpo

---

da água (Cheng et al., 2000), uma vez que baixas temperaturas facilitam a dissolução dos gases (Garcia, 2013).

#### • Nitratos

O nitrato é um composto de nitrogénio que ocorre naturalmente em concentrações moderadas, em muitos ambientes naturais (Khumar, 2010). Os nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) geralmente ocorre em baixos teores nas águas superficiais, mas pode atingir altas concentrações em águas subterrâneas (Freitas et al., 2001).

O nitrato pode alcançar águas superficiais e subterrâneas em consequência da actividade agrícola (incluindo aplicação excessiva de fertilizantes e adubos nitrogenados inorgânicos), das águas residuais eliminação e da oxidação de resíduos nitrogenados em produtos humanos e da excreta animal, incluindo os tanques sépticos (Kale, 2016, WHO, 2017).

A concentrações de nitrato de água superficial pode mudar rapidamente devido ao escoamento superficial do fertilizante, captação por fitoplâncton e desnitrificação por bactérias. Níveis naturais de nitrato em águas superficiais normalmente não excedem 50 mg/L. Níveis elevados de concentração de nitrato condicionam a proliferação de algas na superfície das águas e pode causar problemas de saúde humana (Kumar, 2012; WHO, 2017).

#### • Nitritos

O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) é uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em pequenas quantidades nas águas superficiais e subterrâneas (Bastos, 2007, Kindlein, 2010, Fonseca, 2017). Os nitritos (são produto da oxidação da amónia ( $\text{NH}_3^-$ ) ou da redução dos nitratos. Na água, em condições de oxidação normais, a conversão dos nitritos em nitratos é quase imediata. Qualquer acumulação de nitritos reflecte a existência de processos inibitórios da formação dos nitratos. A suas concentrações é, em regra, relativamente reduzida raramente excedendo, nas águas superficiais valores de 1mg/L (Metcafil & Eddy, 1998; Rodríguez, 2001).

Devido a sua instabilidade na presença do oxigênio, o nitrito ocorre como uma forma intermediária (WHO, 1997). A presença do íon nitrito indica a ocorrência de processos biológicos activos influenciados por poluição orgânica (Bastos, 2007, Kindlein, 2010, Fonseca, 2017), resultado da decomposição biológica devido à acção de microrganismos sobre nitrogénio

---

amoniacoal (Garcia, 2013). Valores de nitritos acima de 1 mg/L são totalmente tóxicos, podem representar um impedimento para o desenvolvimento da vida aquática (Fonseca, 2017).

#### • **Fósforo Total**

O fósforo é um elemento químico que serve de indicador antes de sua descarga para os vários recursos hídricos, podendo se apresentado na forma de orto fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$   $\text{HPO}_4^{2-}$   $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) polis fosfatos e fosfatos orgânicos e inorgânicos (Fernandes, 2015). O fósforo na forma elementar é um elemento extremamente tóxico e sujeito a bioacumulação. Formas orto são produzidas pelos processos naturais encontrados em sedimentos, águas naturais e esgoto (Vanessa, 2012). Formas polis fosfatos são usadas para tratamento de águas em caldeiras e em detergentes. os fosfatos orgânicos são de grande importância na natureza, e sua ocorrência resulta muitas vezes de pesticidas orgânicos contendo fosfatos (Ydi, 2000).

O fósforo é o nutriente mais importante para o crescimento de plantas, embora esteja em pouca disponibilidade em rio tropicais (FNS, 2014), como é o caso do rio Umbelúzi. Quando é descarregado em excesso nos cursos de águas, favorece crescimento demográfico e descontrolado de fitoplâncton e algas (boom das algas) levando à eutrofização do meio aquático (Ydi, 2000).

O fósforo constitui, para a maioria das águas, um nutriente limitante na determinação de produtividade biológica, devido as suas ligações com carbono em material orgânico (Vanessa, 2012). Compostos de fósforo solúveis são usualmente presentes em águas naturais como orto fosfato e várias formas de fosfato orgânicos em várias concentrações, entretanto, a maior quantidade de fósforo é absorvido como material particulado em águas ambientais (Halliwell et al. 1996, citado por Santos, 2008).

#### • **Amoníaco**

O amoníaco é resultante da decomposição da matéria orgânica presente na água; todavia, altos índices são normalmente indicadores de poluição de origem doméstica ou industrial (Loan et al., 2013).

A retirada de cobertura vegetal nativa e lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento prévio contribui para a presença de altas concentrações de amônia em águas superficiais e pode contribuir para a eutrofização (proliferação maciça de algas), resultando na

---

diminuição do oxigênio dissolvido na água e na consequente devastação da vida aquática (Jeong et al., 2013; Garcia, 2013).

#### • Dureza Total

A dureza total da água não é um componente específico, mas sim, uma mistura variável e complexa de cátions e aniões (Qureshimatva et al.,2015). A dureza é a concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions frequentemente associados à dureza são cálcio e magnésio ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), e em menor escala ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ), estrôncio ( $\text{Sr}^{2+}$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) (Pirotaba et al., 2016).

A dureza é influenciada pela geologia da bacia de drenagem e por actividades antrópicas. As principais fontes de dureza são a dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, exemplificando, as rochas calcárias e os despejos industriais (Von Sperling, 2007).

Em corpos d'água de reduzida dureza, a biota é mais sensível à presença de substâncias tóxicas, já que a toxicidade é inversamente proporcional ao grau de dureza da água (FNS, 2014). Para água de abastecimento para o consumo humano, estabelece o limite de 500 mg/L  $\text{CaCO}_3$  (MISAU, 2004).

#### 2.3.2. Parâmetros Microbiológicos

Os micro-organismos mais comumente empregado para a determinação da contaminação fecal, são as bactérias do grupo coliforme. Este grupo, abrange todos os bacilos gram-negativos, não formadores de esporos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos, que fermentam a lactose produzindo gás num intervalo de 24-48 horas a 35o C. O grupo coliforme é constituído de dois grandes géneros, a saber: *Escherichia* e *Aerobacter*. Os coliformes fecais representam uma parte dos coliformes totais capazes de formar ácido e gás a partir da lactose em  $24 \pm 2$  horas a  $44,5 \pm 2^\circ$  C (WHO, 2017).

A espécie mais comum é a *Escherichia coli*, embora representantes termotolerantes do género *Klebsiella*, possam fornecer resposta semelhante. Estas são utilizadas como medidas mais precisas de contaminação fecal e verificação da qualidade da água.

---

### • **Coliformes totais**

Os coliformes totais (CT) compreendem bactérias fecais e não fecais, que podem se originar do solo ou do material vegetal. Na qualidade da água, os CT indicam a presença de peptógenos na água (Gloria et al., 2017). As fontes de bactérias podem ser os intestinos do sistema digestivo para humanos ou animais de sangue quente (Gloria et al., 2017). A possibilidade de contrair infecções a partir de água contaminada depende do número de patógenos na água contaminada (Gloria et al., 2017).

Em águas superficiais, o valor limite recomendável na concentração de TC deve ser inferior a 1000 UFC / 100 ml. Porém, por questões de saúde, recomenda-se que a água para o consumo humano deve estar livre de coliformes como forma de minimizar o risco de contrair doenças de veiculação hídrica (Nkambule, 2016, WHO, 2017).

O coliforme total na água do rio pode ser usado como um indicador do total de bactérias ou organismos patogênicos que podem ser encontrados na água. A alta contagem total de coliformes na água do rio deve-se ao escoamento da captação, descarga de esgoto e falta de saneamento (Nkambule, 2016).

### • ***Escherichia coli***

A *Escherichia coli* - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidrolisa a ureia e apresenta actividade das enzimas  $\beta$  galactosidase e  $\beta$  glucoronidase, sendo considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos (FDS, 2014). A bactéria *E.coli*, serve como um excelente indicador de poluição fecal na água, pois pode viver mais tempo do que outras bactérias ou organismos causadores de doenças (Nkambule,2016; Gloria et al. 2017).

No entanto, sua existência não justifica essencialmente a existência ou presença de organismos causadores de doenças de veiculação hídrica, mas como indicador de um possível risco à saúde (Gloria et al, 2017).

As estações de tratamento águas residuais defeituosas, fossas sépticas, vazamento de tubos de esgoto, defecação a céu aberto e escoamento de águas pluviais são consideradas as maiores fontes de *E. coli* na água do rio (Nkambule, 2016). A análise da água para *E. coli* é importante para avaliar a poluição microbiana na água. A ocorrência de *E. coli* na água em alta concentração

---

significa que a água não é própria para o consumo humano sem tratamento, podendo causar doenças de veiculação hídrica, como diarreia, cólera, entre outras doenças. A WHO (2017), recomenda que a *E. coli*, deve estar ausente na água para o consumo humano.

## 2.4. Índices de Avaliação de Qualidade da Água

Ao redor do mundo, vários índices foram desenvolvidos para a avaliação da qualidade ambiental de recursos hídricos, com propósitos distintos, sendo que todos eles possuem em comum a combinação ponderada para o cálculo deste índice, são selecionados, dentre vários parâmetros, os mais significativos e, a partir daí, estipula-se para cada um destes parâmetros, pesos de acordo com a sua relevância de um conjunto de factores (Glória et al., 2017).

A interpretação dos dados para avaliar a qualidade da água não tem sido uma tarefa fácil, muitas vezes requer o uso de procedimentos complexos e demorados. Entretanto, as avaliações de qualidade são instrumentos necessários para monitorar e avaliar o desempenho de operação de tratamento da água e auxiliar na planificação e gestão dos recursos hídricos (Medeiros, 2012; Carvalho et al., 2016).

Existe uma grande variedade de indicadores que expressam aspectos parciais da qualidade das águas. No entanto, não existe um indicador único que sintetize todas as variáveis de qualidade da água. Geralmente são usados indicadores para usos específicos, tais como o abastecimento doméstico, a preservação da vida aquática, irrigação, geração de energia eléctrica entre outras (Nkumbule, 2016).

### • Índices Bióticos

**Índice de Diversidade e Similaridade** é um índice usado para o biomonitoramento, é realizado através de expressões numéricas que combinam medidas quantitativas de diversidade de espécies com informações qualitativas referentes à sensibilidade de determinada taxa a modificações ambientais (Washington, 1984, Czerniawska-Kusza, 2005, citado por Gonsálves, 2007).

---

No Reino Unido foi desenvolvido o modelo de predição de impactos, utilizado como instrumento de bio avaliação preditiva como o *River Invertebrate Prediction System* (RIVPAS), desenvolvido pelo Instituto de Ecologia de Água Doce (IFE) (Wright, et al., 2000).

O modelo RIVPACS oferece previsões específicas do local em que a fauna de macroinvertebrados por exemplo, é esperada na ausência de grande estresse ambiental, usando um pequeno conjunto de características ambientais (Wright, et al., 2000). Na Austrália foi desenvolvido o Sistema de Avaliação da saúde de rios utilizando macroinvertebrados como indicadores, designado por (AusRivAS) *Australia River Assessment System* (Smith et al., 1999). O modelo AusRivAS é baseado no sistema RIVPACS, mas com duas modificações. Os macroinvertebrados só são identificados ao nível familiar, pois esta mostra a discriminação taxonômica adequada para agrupar locais com base em suas comunidades de macroinvertebrados. Por outro lado, a amostragem e processamento, da comunidade de macroinvertebrados é realizada de forma separada (Dallas, 2000).

Outro modelo desenvolvido no Reino Unido e popularizado ao redor do mundo é o método denominado por BMWP (*Biological Monitoring Work Party Escore System*), que posteriormente foi adoptado para os rios da Península Ibérica, passando a ser designado por IBMWP (*Iberian Biological Monitoring Work Party Escore System*) (Alba-Tercedor (1996).

A nível da região Austral de África, vários países desenvolveram índices bióticos para a avaliação da qualidade da água dos rios. A África do Sul, foi pioneira e desenvolveu o método denominado por *South African Score System* (SASS-5). Este é um método padrão acreditado para a rápida avaliação biológica da saúde dos rios, amplamente usado na África do Sul (Odume, 2014). O SASS5 é um índice baseado na presença de famílias selecionadas de macroinvertebrados aquáticos e sua percepção de sensibilidade ou tolerância ao comprometimento da qualidade da água (Chutter, 1998; Dickens & Graham 2002).

O método SASS5 incorpora todos os biótipos disponíveis em um local, e fornece uma indicação da integridade da comunidade de macroinvertebrados pelo registo da presença de famílias de macroinvertebrados no local (Dickens e Graham, 2002). A Tanzânia, após uma série de estudos realizados nas Bacias de Pangani, Rufiji e Wami-Ruvu em 2012, adoptou o método denominado por TARISS (*Tanzania River Scoring System*). Este, é baseado no método sul-africano (SASS) (Kaaya et al., 2015). A Namíbia usa o (NASS)-*Namibian Scoring System* (Palmer & Taylor,

---

2004). A Zâmbia usa o (ZISS) *Zâmbia Invertebrates Scoring System* (Lowe et al., 2013). Mthimukulu et al., (2014), realizou um estudo sobre monitoramento da qualidade da água no rio Umbelúzi na parte do Reino de Eswatini (Ex Swazilândia), usando bioindicadores aquáticos usando o método sul-africano (SASS).

Moçambique ainda não adotou nenhum método de biomonitoramento. Entretanto, alguns estudos têm sido realizados para avaliação da qualidade da água dos rios usando macroinvertebrados. Apenas fazer referência ao trabalho realizado por Tacuana (2019), que usou o método sul-africano (SASS-5), para avaliar a qualidade da água do rio Umbelúzi utilizando macroinvertebrados aquáticos.

#### • **Índice de Estado Trófico (IET)**

A eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades. Devido a este processo, o ecossistema aquático passa da condição de oligotrófico e mesotrófico para eutrófico ou mesmo hipereutrófico (Esteves, 1998).

O Índice de Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar corpos de água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo do fitoplâncton. Os resultados correspondentes ao fósforo (P), correspondem à medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo.

A parte correspondente à clorofila-a, (CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento do fitoplâncton devido ao enriquecimento de nutrientes (Gustafsson & Johansson, 2006).

Estudo realizado por Gustafsson e Johansson (2006), indicam que no rio Umbelúzi por exemplo; os níveis de fósforo, nitrogênio e nitratos eram mais baixos antes da entrada para a albufeira dos Pequenos Libombos que à jusante, o que pode ser uma indicação de que a barragem não funciona como unidade de retenção de nutrientes. Havendo, portanto, risco de eutrofização. De acordo com Mthimukulu et al., (2014), o rio Umbelúzi da parte de Eswatini, o enriquecimento de nutrientes tem causado parcialmente a condição de rio eutrófico.

---

### • Índice de Análise Ambiental Simplificado

O Índice de Análise Ambiental Simplificado (IAAS), consiste em três grandes áreas fundamentais para a gestão dos impactos ambientais, que consistem em: (i) Identificação do problema e suas condições; (ii) Determinação da causa provável do problema, e (iii) Seleção de possíveis estratégias para controlo ou redução dos impactos ambientais (Oliveira et al., 2016).

Para a identificação das principais fontes geradoras de impacto ambiental, este índice utiliza, a amostragem e análise de determinados parâmetros microbiológicos e físico-químicos para a determinação da qualidade da água. Pequenas diferenças podem ser observadas entre o índice simplificado de avaliação ambiental e o índice de Avaliação da Qualidade de água. Enquanto o ISAA relaciona o uso e ocupação dos solos com parâmetros físico-químicos e biológicos da água, o índice de qualidade da água (IQA) identifica o impacto referente aos efluentes líquidos contaminantes (Oliveira et al., 2016).

### • Índice de Qualidade da Água

O índice da qualidade da água (IQA) é definido como metodologia e formulação específica, e composto por parâmetros físicos-químicos e biológicos da água, além de apresentar dados económicos, que trocam informações de um sistema para outro, proporcionando uma melhor tomada de decisão sobre o uso de um determinado curso de água (Glória et al., 2017).

Os índices de qualidade de água são igualmente importantes no acompanhamento da qualidade levando em conta que existem incertezas por detrás das variáveis que os compõem (Pimenta et al., 2014). O Índice de Qualidade de Água é um dos instrumentos mais efectivos de avaliação da Qualidade da água (Mwanda & Msangati, 2015).

O Índice de Qualidade da Água (IQA) transforma os parâmetros da qualidade da água seleccionados em números dimensionais, o que permite que as alterações que ocorrem na água, em determinado espaço e tempo, sejam apresentadas de forma simples e facilmente compreensível (Sutadian et al., 2017).

Com vista a adequação de pesos e parâmetros da qualidade da água para a realidade de cada região do mundo, diversas ferramentas foram propostas com base em características físicas,

---

químicas e bacteriológicas da água, sendo o Índice da Qualidade da Água (IQA), uma das metodologias usadas para esse desiderato (Glória et al., 2017).

O índice de Qualidade da água (IQA), foi desenvolvida nos anos 70 pela National Foundation Sanitation (NSF) dos EUA a partir de uma pesquisa de opinião entre os especialistas em qualidade de águas (Santos et al., 2017). Este índice (IQA), estabelece níveis e padrões de qualidade que possibilita a classificação das águas em classes, determinada pelo resultado encontrado nos respectivos cálculos.

Outros índices de Avaliação de Qualidade têm sido desenvolvidos desde então, com vista a uniformizar as metodologias de avaliação da qualidade d'água para o consumo humano e outros usos. Vale destacar aqui alguns índices de qualidade da água mais usadas a nível mundial:

- **Índice Universal de Qualidade da Água** (*Universal Water Quality Index-UWQI*) tendo como base o uso da água para consumo humano e as normas europeias (UNEP-GEMS, 20077);
- **Índice Global de Qualidade da Água**, desenvolvido pela *United Nations Environment Programme Global, Environment Monitoring System* (UNEP-GEMS), estabelecido com base nos critérios legais da Ásia, África, América, Europa e Oceânia (UNEP-GEMS, 2007).
- *Drinking Water Quality Index* (DWQI),
- *Source Water Quality Index* (SWQI), e;
- *Acceptability Water Quality Index* (AWQI).

Muitos rios a nível mundial e em África de forma particular, têm sido monitorados usando o IQA. Vários estudos foram realizados em rios brasileiros (Ribeiro et al., 2016; Santos et al., 2017; Pereira et al., 2012; Medeiros et al., 2017).

Na Índia destacam se trabalhos de avaliação da qualidade das águas em rios e lagos tropicais usando o IQA (Qureshimatva et al, 2015, Shil et al.,2019). A nível da região da África Austral temos trabalhos realizados por O'Brien et al., (2006) que usou o IQA, para o monitoramento de águas em estuários na África do sul. Pullanikkatil et al., (2015) avaliou o impacto de uso de terra na qualidade da água do rio Likanga, sul de Malawi, usando como método de avaliação do IQA.

### 3. Metodologia

#### 3.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo

O rio Umbelúzi é a principal fonte de abastecimento de água às Cidades de Maputo, Matola e Vila de Boane. O rio Umbelúzi nasce na parte noroeste (Ngwenya hills) do Reino da Eswatini (Ex Suazilândia), na fronteira com a África do Sul, e tem como principais afluentes: os Rios Black M'buluzi e o White M'buluzi (Dlamini, 2001). Ambos confluem com o rio principal aproximadamente a 22 km da fronteira de Goba, localizada no Posto Administrativo de Changalane no Distrito de Namaacha, por onde o rio Umbelúzi entra em Moçambique, atravessando a garganta da Cordilheira dos Libombos, indo desaguar no estuário do Espírito Santo ao Sul de Maputo (Dlamini, 2011). O Rio Umbelúzi tem uma extensão de cerca de 314 km, dos quais 80 km estão no território Moçambicano. A área de drenagem da bacia de Umbelúzi é de cerca de 5460 km<sup>2</sup>, dos quais 3.140 km<sup>2</sup>, correspondente a 58% está localizado no reino de Sérgio L. Machava Avaliação da Qualidade da Água do rio Umbelúzi 42 Eswatini, e 2.319 Km<sup>2</sup>, cerca de 41% está localizada em Moçambique e apenas 1% na África do Sul (ARA SUL, 2010). A área de estudo deste trabalho envolve o baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Umbelúzi (Figura 1), numa extensão de cerca de 22 km do curso do rio (seguindo o curso do rio). A colheita de amostras de água foi efetuada nos pontos previamente georreferenciados, usando um GPS de marca Garmin, modelo 64s. Os pontos são indicados nas imagens constantes na figura 1.

Tabela 1. Pontos de amostragem ao longo do rio Umbelúzi.

Pontos	Localização	Coordenadas	Características
Ponto 1	Empresa Agrícola de Citrinos Block C,	26°10'20.388"S	Apresenta ambiente preservado, Intensa actividade agrícola e ponto de captação de água para irrigação.
		32°11'21.451" E	
Ponto 2	Estação Hidrométrica E-289	26°5'13.492"S	Ambiente preservado, sem nenhuma actividade humana perceptível, localizado numa distancia de 300 metros à jusante da barragem de pequenos libombos.
		32°14'32.892" E	
Ponto 3	Ponte de Mafuiane	26°2'49.474"S	Ponto com actividades antrópicas intensas, lavagem de roupa, carros e lançamento de dejetos sem tratamento. Presença de jacinto-de-água ( <i>Eicchornia crassipes</i> ) uma planta invasora que contribui negativamente na degradação da qualidade da água.
		32°15'56.963"E	
Ponto 4	Ponte de Boane	26°3'16.621"S	Ponto densamente povoado, intensas actividades antrópicas, lavagem de roupa, lançamento de dejectos sem tratamento.
		32° 19'39.68"E	

---

As imagens 1, 2, 3 e 4, indicam os pontos de colheita de amostras de água



*Figura 1. Imagens ilustrativas dos pontos de amostragem.*

Fonte: Autor

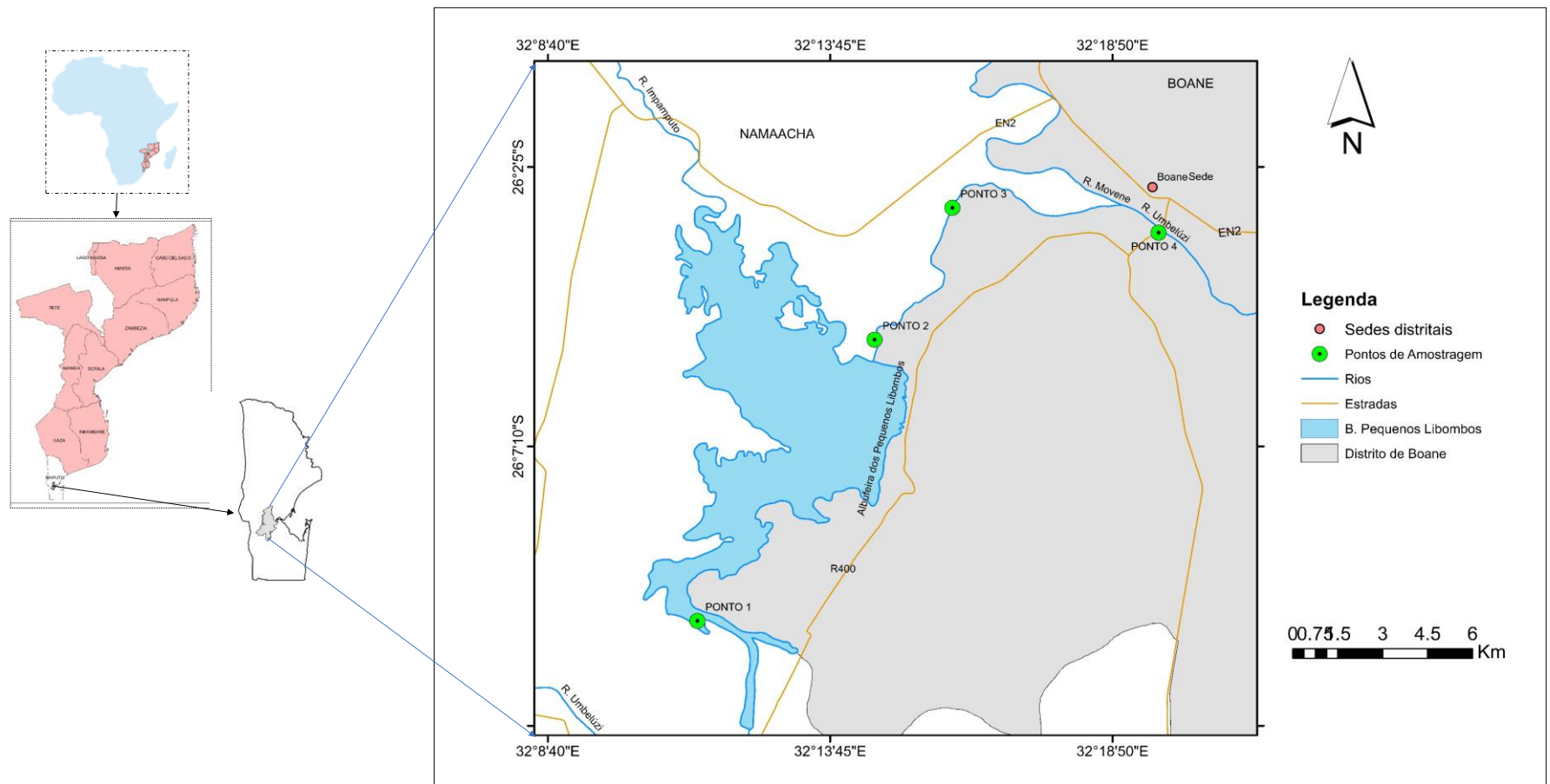


Figura 2. Área de estudo com seus respectivos pontos de amostragem ao longo do rio Umbelúzi

Fonte: Autor

---

### 3.1.2 Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Umbelúzi

Segundo Garcia (2013), a bacia hidrográfica é definida como sendo uma unidade natural da paisagem, que representa um sistema geomorfológico aberto, no qual ocorre a troca contínua de energia e nutrientes com o meio. Fonseca (2013) considera a Bacia hidrografia como o local com área definida onde são especificados os processos referentes a precipitação e a sua contribuição, a vazão gerada no rio e a evapotranspiração. Portanto, para se entender a dinâmica da poluição no ambiente aquático, é de fundamental importância o conhecimento desta capacidade do corpo receptor, assim como dos processos de sedimentação e da retirada do poluente do sistema (Garcia, 2013).

A Bacia de Umbelúzi (Mapa 2), localiza-se nos paralelos 25° 30' e 26° 30'S, e pelos meridianos 30° 31' e 30° 30'E. Os principais afluentes do Rio Umbelúzi em território nacional são: o Rio Calichane que aflui no rio Umbelúzi na barragem dos Pequenos Libombos e o rio Movene a jusante da barragem (ARA-SUL, 2010). O rio Movene aflui pela margem esquerda, encontrando-se com o Umbelúzi próximo da vila de Boane. A Grande parte dos afluentes e subafluentes em território moçambicano tem sua origem nos grandes Libombos. Os rios Calichane e Movene são rios intermitentes, no período secos estes rios secam completamente. O rio Movene tem como seus tributários principais: o rio Matalha, o Maxibobo e a Cumbe. Por sua vez, os rios Impocuane, Mabelebele, Impamputo e Machuanine são afluentes do rio Calichane; O Rio Impamputo é mais comprido de todos os demais rios e possui uma extensão de 42 km<sup>2</sup>, dos quais 15 km<sup>2</sup> se estendem desde a confluência com o Impamputo até a confluência com o Umbelúzi. O rio Movene é quase todo ele de característica nacional, tendo uma extensão de 105 km<sup>2</sup> (Albino, 2010).

O regime hidrográfico do rio Umbelúzi, a par de todos os rios abaixo do rio Save, é condicionado pelo clima, relevo, natureza das rochas e pelos aproveitamentos hídricos. Este rio ao atingir a planície perde a sua capacidade erosiva e forma nas suas margens extensas planícies aluviais, propícias à agricultura (Muchangos, 1991).

Na planície, o seu caudal é condicionado pela influência combinada das condições climáticas gerais, do fraco declive e da elevada permeabilidade das rochas sedimentares bem como a intervenção humana. A navegabilidade deste rio é limitada, devido ao regime sazonal do caudal e

à sua elevada capacidade de assoreamento (Muchangos,1999). Esta Bacia, com cerca de 585 milhões de m<sup>3</sup> de escoamento anual médio, é tido como tendo um baixo coeficiente de escoamento e vulnerabilidade à intrusão salina até cerca de 50km do estuário, apresenta uma pequena profundidade devido à variação substancial de largura e do comprimento, devido a pouca água que este recebe no país ao montante (DNGRH, 2018).

A Bacia de Umbelúzi (Mapa 2), é vulnerável em termos de disponibilidade da água, devido a sua dependência do país a montante, agravando a fiabilidade no fornecimento de água, o que por sua vez agrava os danos de seca local e causa um défice de água severo. O escoamento de longo-prazo indica que a Bacia possui 585 milhões m<sup>3</sup> de escoamento médio anual e 11.6% do índice de escoamento, e a Análise do Balanço Hídrico (WBA) mostra que existem 0.26 milhões m<sup>3</sup> de défice de água na bacia (DNGRH, 2018).

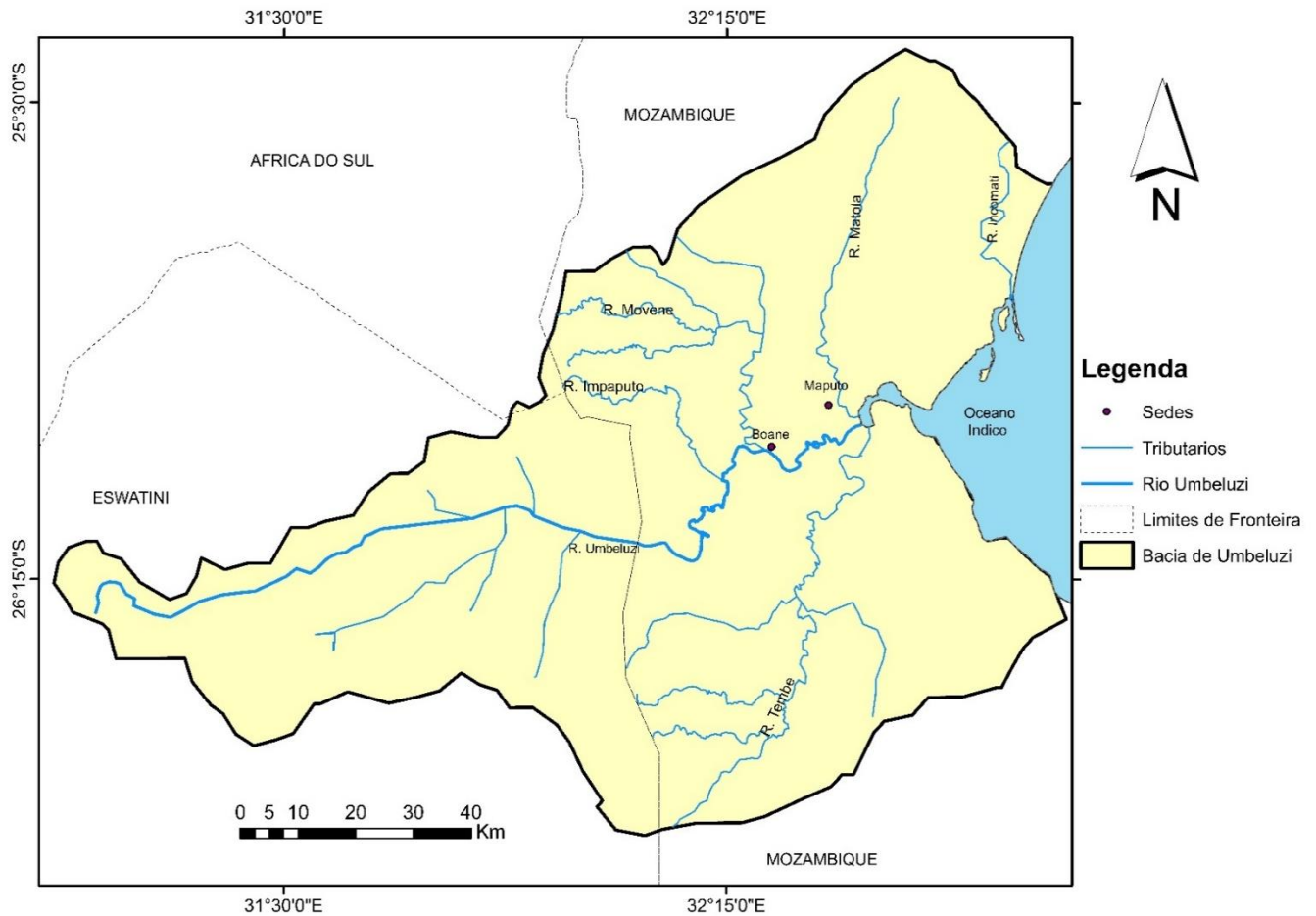


Figura 3. Bacia de Umbelúzi

Fonte: Autor

---

### 3.1.3 Clima, temperatura e precipitação

Dada a situação geográfica, nos dois lados do Trópico de Capricórnio, o clima da região climática Moçambique Sul é nitidamente tropical. A maior influência sobre o clima desta região e particularmente no que respeita ao comportamento da pluviosidade e da temperatura, é exercida pela localização na zona dos alíseos do Sudeste, pela corrente marítima Moçambique-Agulhas e pelas diferenças altitudinais e de exposição de cada uma das suas parcelas (Cumbe, 2007). Segundo a classificação de Köppen, na parte sul da Bacia de Umbelúzi predomina o clima seco de estepe (Bs), tropical chuvoso de savana (Aw) na região de Goba, e na parte norte é seco de estepe com estação seca no inverno (BSw). Na zona ocidental o clima é temperado húmido sem estação seca (CONSULTEC, 2016). Em Moçambique existem duas estações climáticas bem definidas: a estação chuvosa e a estação seca. A estação chuvosa tem início no mês de outubro e termina no mês de Março. Esta é caracterizada por chuvas intensas no período que vai de Novembro a Janeiro, e chuvas moderadas nos meses de Outubro, Fevereiro e Março. A estação seca tem seu início no período que vai desde o mês de abril até Setembro. Este clima é condicionado pela localização da zona de baixas pressões equatoriais, das células anticiclónicas tropicais e das frentes polares do Antártico (Muchangos, 1999).

A temperatura na região sul de moçambique a média varia de aproximadamente 23°C nas zonas costeiras a 25 °C no interior (DNGRH, 2018). A precipitação na região sul do país varia de 300mm a 800mm, o que é relativamente baixo comparado com outras regiões.

A região sul experimenta frequentes secas em comparação a outras regiões, sendo a região norte e centro com uma variação média de 1000 a 2000 mm de precipitação (DNGRH, 2018).

A fraca precipitação que caracteriza a região sul concorre para o deficit hídrico em quase todo o ano. A estação chuvosa dura entre 4 a 5 meses, podendo mesmo neste período ocorrer períodos de seca severa. A evapotranspiração é, em todos os meses do ano superior que a precipitação (Macia 2009).

### 3.1.4 Uso da terra

O uso intensivo da terra e a sobre-exploração das florestas naturais tem vindo a causar grande degradação do solo e desflorestação ao longo do país. O uso da terra é considerado como qualquer tipo de intervenção humana, permanente ou cíclica num pedaço de terra (Beernaert 1991). O padrão do uso da terra é aquele que indica a aptidão e o potencial para certos usos, e

---

resume-se na ocupação de terras para prática agrícola, exploração florestal, uso para a pastagem e caça (Macia 2009). Examinando todos os usos da terra de forma integrada permite reduzir os conflitos ao mínimo, fazer as alternâncias mais eficientes e integrar o desenvolvimento social e económico à protecção e melhoria do meio ambiente, contribuindo assim para atingir os objetivos do desenvolvimento humano e ambiental sustentável (ONU, 1992).

Em Moçambique, a terra é administrada pelo Estado e todo o tipo de uso é regulado pela Lei de Terras (1997) e o Regulamento da Lei de Terras (1998). O Estado concessionou vários hectares de terra para diferentes usos ao longo do Baixo Umbelúzi. Esta região, apresenta um potencial muito rico para a prática de agricultura e oferece condições óptimas para o fomento pecuário. Várias empresas do ramo agropecuário produzem uma gama variada de produtos agrícolas com destaque para a cultura de banana e citrinos.

O cultivo de milho, batata doce e hortícolas é realizada pelos pequenos produtores, alguns organizados em associações de camponeses, por outro lado existe muita produção do sector familiar para a subsistência. Com o aumento da população que caracteriza a Província de Maputo, na Bacia de Umbelúzi observa-se também muita proliferação de construções habitacionais nas planícies de inundação, abertura de vias de acesso, e instalação de empresas do ramo mineiro de extração de pedras (riólitos) para construção. Todos estes usos de terra, concorrem de certa forma para a degradação dos recursos hídricos, colocando assim, em risco o ecossistema aquático e as comunidades que deles dependem.

### **3.1.5 Geologia e geomorfologia**

A geologia de Moçambique é caracterizada por rochas cristalinas do complexo de base do pré-cambriano, supergrupo Karoo (rochas ígneas vulcânicas do jurássico) grupo sedimentar *post karoo* e aluviões (Muchangos, 1999). Na região sul do país onde se localiza a Bacia de Umbelúzi, caracteriza-se por rochas sedimentares do período quarternário e aluvião (DNGRH, 2018).

A formação do karoo é constituída por Sedimentos de origem continental e ígneos que se depositaram em bacias controladas por falhas (Macia, 2009). Esta estrutura de Karoo, estende-se ao longo de toda a cadeia dos libombos, a partir da região de Kwanzulu Natal até ao Vale de Limpopo, com uma estreita faixa de 25 km de rochas vulcânicas, com cerca de 450 km de extensão (Macia, 2009). De acordo com a mesma fonte, a escarpa dos Libombos é formada por

---

riólitos, andesitos, e agrupamento basáltico. Ao longo dos afluentes dos rios, apresenta formações do cretáceo, compostos maioritariamente por rochas sedimentares acumulados por cima de lavas do karoo.

### 3.1.6 Vegetação

A localização de Moçambique na região florística Sudano-Zambezíaca, condiciona, em conjugação com as condições climáticas o desenvolvimento de infinitas variedades de associações vegetais hidrófilas, mesófilas e xerófilas de floresta e de savana arbóreas e arbustivas (Muchangos, 1999).

A Bacia de Umbelúzi, está integrada no designado Mosaico Regional de *Tongaland-Pondoland* segundo a classificação florística de White e do Centro de Endemismo de Maputaland segundo (Van Wyk e Smith 1996, citado por Diniz *et al*, 2012). É na generalidade um território de terras baixas atingindo apenas as maiores altitudes nos Montes Libombos cobertos por formações herbáceas e arbustivas e com manchas de floresta aberta indiferenciada nas regiões mais elevadas. O tipo de vegetação é variável e difícil de caracterizar, com manchas florestais relíquias, savanas secundárias, matagais e balcedos. O estrato superior é em regra semi-caducifólio constituído por espécies de diferentes divisões corológicas (Diniz *et al.*, 2012).

A figura abaixo apresenta a diversidade da vegetação que caracteriza o baixo Umbelúzi.



Figura 4. Vegetação típica que caracteriza a bacia do Umbelúzi.

Fonte: Autor

Outra característica importante do baixo Umbelúzi, é a vegetação aquática, semiaquática e terrestre das margens de rios, pântanos e lagunas de água doce. Esta é constituída por numerosas espécies das quais se destacam como mais características, *Acácia nilótica subsp. kraussiana*,

---

*Cyperus papyrus*, *Ficus sycomorus*, *Fuirena umbellata*, *Mimosa pigra*, *Phoenix reclinata*, *Phragmites australis*, *Pycreus macranthus*, *Sesbania sesban* e *Typha domingensis* (Diniz *et al.*, 2012).

### **3.1.7 Mudanças climáticas**

Segundo Tundisi (2003), o Ciclo da Água é o factor unificador fundamental de distribuição de água no planeta. A velocidade do ciclo hidrológico varia de uma era geológica para outra, bem como a proporção de águas doces e marinhas. Entretanto, as características desse ciclo não são homogêneas, acarretando em uma distribuição desigual de água no planeta.

O Painel Intergovernamental sobre a Mudança Climática (IPCC, 1998), indica que o continente Africano e a região austral de África em particular, são as regiões mais vulneráveis aos efeitos da mudança climática, sendo susceptível a secas severas e inundações extremas. As actividades humanas e o aquecimento global são reconhecidos como agravantes desses desastres naturais, com as consequências relacionadas à qualidade de vida das pessoas e ao meio ambiente. As inundações e as secas têm um impacto particular na saúde pública, na segurança alimentar e energética, o que, por sua vez, tem impacto na pobreza e no desenvolvimento económico, especialmente no que diz respeito às zonas rurais.

Estudo realizado por Genito Maúre *et al.*, (2018), indica que a região de África Austral e moçambique em particular irá experimentar momentos de seca severa e evaporação das águas superficiais devido ao aumento das temperaturas, acima de 1.5° C a 2° C., e a diminuição de precipitação e o aumento dias consecutivos secos (CDD), atrasos no início das chuvas, o que vai impactar de forma negativa os recursos hídricos e sectores ou actividades deles dependentes, como agricultura, energia e ecossistemas. Assim, mudanças no clima que alterem o regime de chuvas podem provocar o aumento da ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como inundações e longos períodos de seca (IPCC, 2001).

De 1980 a esta parte, Moçambique vem registando vários eventos climáticos e atmosféricos com impactos devastadores. As cheias de 2000 associadas a uma onda de ciclones tiveram um impacto ímpar na vida das populações e do país. O impacto combinado das cheias e dos ciclones no mesmo período foi estimado em 600 milhões de dólares americanos. As calamidades desalojaram mais de 500 mil pessoas, cerca de 800 mortes, destruíram infraestruturas vitais causando um grande impacto negativo na economia nacional (MICOA, 2007).

---

A Barragem de Pequenos Libombos, sofreu danos causados pelo ciclone *Domoína* em 1984, as infraestruturas de fornecimento e drenagem de água foram danificadas, o fornecimento de electricidade foi interrompido, as planícies ficaram inundadas, as estradas que ligam Moçambique, RAS e Swazilândia (Eswathini) ficaram intransitáveis e uma ponte próxima de Boane ficou destruída.

As cheias de 2000 causaram danos avultados na região sul e centro de Moçambique de Fevereiro a março. As cheias de 2000 foram causadas por uma depressão subtropical e pelo ciclone LEON-ELINE e Gloria e *Hudah*, que provocaram uma intensa precipitação em Moçambique.

Em 2015 fortes chuvas resultaram em graves inundações nas zonas norte e centro do país, causado por ciclones sucessivos, causando mortes e danos económicos substanciais, incluindo infraestruturas (DNGRH, 2018).

Em 2017, o Ciclone tropical DINEO, formado sobre o canal de Moçambique, fortaleceu-se e começou a se mover para sudoeste em direcção ao sul de Moçambique, atingindo a Província de Inhambane com ventos fortes e com velocidade estimada a 120km/h (INAM, 2017). O Ciclone *Dineo* causou a morte de cerca de 70 pessoas e afetando cerca de 600 mil pessoas para além de destruição de infraestruturas.

Março e Abril de 2019, a zona centro e norte do país foi severamente fustigado pelos Ciclones Tropical IDAI e Kenneth, estes formados no Canal de Moçambique com ventos que chegaram a atingir 190 a 210 km/h, com chuvas fortes acima de 600mm em 24 horas, acompanhadas de trovoadas muito fortes (UNOCHA, 2019). O Ciclone Tropical *Idai*, é considerado um dos maiores ciclones a atingir hemisfério sul, e a região da África Austral, e moçambique em particular, e é classificado como de categoria 4, afectando cerca 1.5 milhões de pessoas e deixando um rasto de destruição massiva em Moçambique, Malawi e Zimbabwe (UNOCHA, 2019). Em Moçambique, as províncias de Sofala, Tete e Zambézia foram as mais afetadas, a cidade da Beira por exemplo foi severamente atingida por este fenómeno, quase maior parte da cidade (90%) ficou destruída, as vilas de Buzi, Nhamatanda, Chinde, ficaram totalmente inundadas, havendo registo de cerca de 700 mortes (UNOCHA, 2019).

Para o IPCC (2007), onde existe uma limitada capacidade humana, institucional e financeira os efeitos das mudanças climáticas serão mais intensos, colocando em risco a sobrevivência das

peças nestas regiões, em virtude das dificuldades da produção agrícola. De acordo com a CCPM (2016), moçambique é classificado como o menos desenvolvido (LDC), apresentado um índice de desenvolvimento humano (IDH), mais baixo (na posição 181 dos 188 países e territórios existentes no mundo), compartilhando o *Rank* com o Sudão do Sul. Em 2015 o IDH de Moçambique estava na ordem dos 0,418, abaixo da média de 0,497 para o grupo de países com IDH baixo, sendo média 0,523 para países da África Subsariana (CCPM, 2016).

Numa análise económica das alterações climáticas realizada pela *Mozambique Climate Action* (2016), revela que em Moçambique as alterações climáticas podem fazer com que o PIB caia entre 4 e 14%, com quedas significativas no bem-estar nacional até ao ano de 2050. No pior dos casos, os custos de mudança climática podem chegar a US\$7,6 bilhões, o que equivale a um custo anual de mais de US \$400 milhões, se não forem implementadas medidas de adaptação. Não obstante as projecções acima, o crescimento real do PIB diminuiu em 2016 para um mínimo estimado de 15 anos de 4,3% para 6,6% em 2015, e 3.3% em 2016 (CCPM, 2016). Todos os anos estima-se que o país perde 1,1% do seu PIB devido aos impactos das secas e inundações nos recursos e actividades económicas.

A figura 5, ilustra os danos económicos causados pelas cheias no país de 1980 a 2015.



Figura 5. Danos económicos causados pelas cheias em Moçambique

---

### 3.1.8 Aspectos Socioeconómicos

A Bacia de Umbelúzi está localizada na sua maior parte no Distrito de Boane, é um distrito em crescimento com características rurais. De acordo com o último censo populacional, o Distrito tem uma população estimada em 210,498 habitantes (INE, 2017). Maior parte desta depende da actividade agrícola e actividade comercial para a sua subsistência. Sendo a população feminina em maior número representando cerca de 51.5% (INE, 2017).

As bacias hidrográficas são ecossistemas adequadas que podem ser usados para avaliação dos impactos ambientais, tais como perda da fauna e flora, degradação da biodiversidade da região causada principalmente pelas actividades antrópicas e as alterações climáticas, em conjunto com fenómenos climáticos extremos cada vez mais frequentes que podem acarretar riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e a qualidade da água, uma vez que estas variáveis são relacionadas com o uso do solo (Gustafsson e Johansson, 2006, Araújo et al., 2016).

As principais actividades humanas praticadas ao longo da Bacia Hidrográfica do Umbelúzi incluem agropecuária, indústria de extração de minérios para construção civil (pedra, areia) e pequenas actividades indústrias. A actividade agrícola é mais desenvolvida, sendo a empresa *Bananalândia* a que ocupa maior extensão de terra para o cultivo de banana com cerca de 144 hectares (O País, 2019). A actividade agrícola ressentem-se da escassez de água que se regista nos últimos anos devido a pouca precipitação e reduzidos encaixes que se registam na Barragem de Pequenos Libombos.

A escassez de água tem obrigado o governo a fazer restrições no uso da água, principalmente para o sector agrícola. Por exemplo, a produção de banana na *Bananalândia* reduziu de 780 toneladas por mês para 585 toneladas, correspondendo a uma diminuição de produção de 25% (O País, 2019). Esta situação tem impacto direto na renda dos trabalhadores que depende deste produto para o sustento das suas famílias. A procura de terras aráveis para novas culturas com a destruição da vegetação natural, frequentemente associada a queimadas e a derruba descontrolada de árvores e arbustos para obtenção de lenha e carvão provocam um forte impacto no ecossistema por rarefação ou destruição total de espécimes, podendo levar à extinção de espécies e diminuição da biodiversidade (Balidy, et al., 2008). Este impacto é particularmente visível no sopé dos Montes Libombos, em Goba, Changanane, e outras regiões de Boane onde se

---

pratica a actividade agrícola, abate indiscriminado de árvores para a produção de carvão lenhoso e sua substituição por savana secundária e matagais com o abandono das culturas.

A introdução de espécies invasoras, afeta também o equilíbrio no ecossistema. Por outro lado, a intensa sob exploração de recursos naturais, contribui para a crescente degradação ambiental (Kambaza, 2010), porque esta exploração de recursos naturais levanta questões concretas sobre a sustentabilidade ambiental (Castelo Branco, 2012) e os seres humanos são os principais interessados na conservação dos recursos naturais, mas, ao mesmo tempo, são os grandes degradadores do meio ambiente.

No levantamento feito ao longo do baixo Umbelúzi, a partir de Goba, onde o rio Umbelúzi entra em Moçambique até à vila de Boane, observou-se que algumas famílias residentes nas imediações do rio Umbelúzi, não possui casas de banhos nem latrinas melhoradas, recorrendo às margens do rio para fazer suas necessidades biológicas (fecalíssimo a céu aberto), outras fazem condutas lançando efluentes domésticos diretamente para o rio.

Maior parte desta população, à excepção de alguma parte da população que vive na vila Municipal de Boane, não são abrangidas pelo sistema de abastecimento público de água, recorrendo no rio para a abstracção da água para consumo humano sem tratamento. É notória actividades de lavagem de carros, roupa, deposição de lixo nas margens do rio. A deposição de lixo e emissão de resíduos domésticos, concorrem para o aumento de nutrientes no corpo de água e conseqüentemente proliferação de plantas invasoras denominadas por Jacinto-de-água (*Eichhornia crassipes*) e *Salvinia molesta*. A proliferação destas plantas tem como consequência imediata a procriação de mosquitos e de vectores de transmissão de doenças de veiculação hídrica como malária, encefalite e influenciam na redução do fluxo de água e das elevadas perdas de água no corpo de água por evapotranspiração (Martins, D. et al., 2011).

A actividade agrícola e a pastagem são outras actividades que tem impacto na qualidade da água do rio Umbelúzi. As comunidades praticam a actividade agrícola nas margens do rio introduzindo fertilizantes que impactam a qualidade da água, para além das grandes empresas agrícolas, como a Bananalândia que ocupa uma extensão considerável de terra nas margens do rio Umbelúzi. Ao longo da Bacia de Umbelúzi é notória a presença da indústria mineira, que também vem ganhando terreno nos últimos tempos, extraindo minério para a produção de pedras (brita) e “pó de pedra” para construção civil. Apesar de a mineração contribuir para impactos ambientais significativos em todas as fases: prospeção e pesquisa, extração, refinamento e encerramento de mina (Figueiredo, 2000), esta representa uma actividade imprescindível,

---

acrescenta valor na balança de pagamento, no aumento de emprego da população local e no crescimento e desenvolvimento socioeconómico daquela região.

A mineração, no seu processo de produção, utiliza grandes quantidades de explosivos (dinamites) para derrubar grandes montanhas de pedra. Em termos ambientais, os efeitos das actividades destas indústrias mineiras são visíveis, podendo se observar as clareiras causadas pela retirada da vegetação, e a modificação da paisagem e ecossistema local devido a emissão de poeiras, dificultando assim as plantas de realizar completamente o processo de fotossíntese. Também é notório a poluição das águas superficiais, o solo e ar.

O som ruidoso e as vibrações causadas pelas explosões têm tido um efeito negativo para a fauna local, como pequenos pássaros e répteis que vão migrando de um local para outro devido a estes estrondos. De acordo com as comunidades locais, as actividades das indústrias mineradoras tem impacto devastador nas suas vidas, as vibrações que se fazem sentir têm criado rachas nas residências, vidros partidos e uma sensação de medo no momento de explosão bem como o risco de ser atingido por pedaços de pedras que são arremessados no momento de explosão.

### 3.2. Materiais e equipamento

Para a realização do presente trabalho foi necessário o uso de determinados equipamentos identificados na tabela 4, imprescindível para este tipo de pesquisa.

*Tabela 2. Materiais e equipamentos usados*

Parâmetro Analisado	Equipamento	Método
Temperatura	pH metro HI83141	SASS5
pH	pH metro HI83141	SASS5
Condutividade Eléctrica	Conduvímetro Cond 6+	SASS5
Oxigénio Dissolvido	CyberScan DO110	SASS5
Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)		
Turbidez	Turbidímetro TN-100	Titulação
Demanda Bioquímica de		

Oxigénio		
Dureza Total		Volumétrica MI C14
Nitratos		Absorção Molecular MI C07
Nitritos		Absorção Molecular MI CI06
Fosforo Total		Absorção Molecular MI C19
Amoníaco		Absorção Molecular MI C05
Coliformes Totais		MI-P/LNHAA/ML/102016-04-22
Coliformes Fecais		MI-P/LNHAA/ML/1102017-05-05
<i>Escherichia Coli</i>		MI-P/LNHAA/ML/1102017-05-05

### 3.3. Colheita de Amostras

A coleta de amostras de água, foi realizada em duas épocas climáticas distintas (chuvoso e seco), sendo que a coleta no tempo chuvoso decorreu de Outubro a Dezembro de 2017 e no Mês de Outubro de 2018. Na época seca a colheita decorreu de Maio a Setembro de 2018. A colheita foi efectuada ao longo o rio Umbelúzi (fig.2) em quatro pontos previamente identificados num trecho do rio de cerca de 30 km.

O primeiro (01) ponto está localizado 18 km ao montante da Barragem de Pequenos Libombos dentro das instalações da empresa de Citrinos e é designada por Block C, o segundo (02) ponto está localizado a 500 metros à jusante da mesma barragem, e é designada por estação 245; o terceiro (03) ponto está localizada na ponte de Mafuiane, no Bairro do mesmo nome e por fim o quarto (04) ponto situa-se na Ponte de Boane, na Vila de Boane.

Ao todo, foram realizadas 14 campanhas de coleta de amostras, constituindo 40 amostras, sendo 20 amostras realizadas na época seca e 20 na época chuvosa. A metodologia da selecção de pontos de amostragens baseou se nos critérios estabelecidos nos procedimentos do *South African Score System* (SASS), tendo como aspectos fundamentais a acessibilidade, profundidade e segurança do local para a realização da colheita de amostras de água.

---

### 3.4. Amostras de água

De acordo com UNEP/WHO (1996), os resultados das análises realizadas em uma única amostra de água só são válidos para o local e hora específicos em que a amostra foi tirada. Os parâmetros físicos e químicos, embora tenham a capacidade de detectar diretamente os poluentes, demonstram apenas o estado da água no momento da coleta (Piratoba et al., 2017).

A coleta de amostras de água foi efectuada diretamente do rio logo nas primeiras horas de manhã no intervalo das 08 às 10 horas da manhã, e as amostras de água foram colocadas em garrafas de polietileno de 1000 ml, previamente esterilizados em estufas no Laboratório Nacional de Higiene Alimentos e Água (LNHAA), conservadas em uma caixa térmica e transportadas no mesmo dia diretamente para o Laboratório, onde foram analisados os parâmetros: Nitratos, Nitritos, Fósforo Total, Amoníaco, Dureza total da Água, Coliformes Totais, Coliformes Fecais e *Escherichia coli*. A metodologia usada para a realização de análises da água, é de acordo com os métodos internos do Laboratório Nacional de Higiene Alimentos e Água (Tabela 2).

As medições de parâmetros abióticos medidos no campo foram: Temperatura, pH, Oxigénio Dissolvido, Turbidez e Condutividade. A temperatura e o pH foram medidos directamente do rio, ou seja, introduziu-se o sensor de medição no corpo de água, deixando que o instrumento estabilizasse por um momento e fez-se a leitura da temperatura e do pH utilizando o instrumento multi-paramétricos de medição de temperatura e pH de Marca *Hanna*, Modelo HI8314;

O oxigénio dissolvido foi medido por um medidor de oxigénio dissolvido, de Marca *Eutech Instruments*, modelo CyberScan DO 110; a turbidez foi medido usando um instrumento denominado por turbidímetro da Marca *Eutech Instruments*, modelo TN-100. A turbidez foi medida mediante a introdução do sensor de turbidez num frasco de 100 ml de água, e colocando no instrumento previamente calibrado com os padrões de medição, e este por sua vez faz a leitura da turbidez, e por fim efectuou-se a medição da Condutividade eléctrica, recorrendo-se a um Condutímetro de Marca *Eutech Instruments*, Modelo Cond 6<sup>+</sup>.

A medição da condutividade consistiu em introduzir o sensor no corpo de água e fazer a respectiva leitura. Estas medições foram efectuada *in situ*, em todos os quatro (04) pontos acima indicados, ao longo do trecho do rio. Os sólidos totais dissolvidos (TDS) foram determinados pela conversão a partir dos valores de condutividade eléctrica.

O parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigénio (DBO) não foi analisado.

---

### 3.5. Cálculo estatístico

Os dados colhidos foram analisados através do Programa Microsoft Excel 2016, para fazer a análise estatística. Foi feita uma análise descritiva para cada um dos parâmetros, calculou-se a média aritmética como medida de tendência central para todos os parâmetros em cada ponto analisado e o desvio padrão para se avaliar o grau de dispersão. Foi realizado o teste *t* de *Student*, para verificar a ocorrência de variação estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre as médias aritméticas do tempo seco e chuvoso.

Para os dados com distribuição normal foi realizado a análise de variância (*ANOVA ONE-WAY*), pacote estatístico, *PAST Version 04.02*, para verificar diferenças significativas dos dados da qualidade de água entre os pontos de amostragens realizadas nas duas épocas climáticas. ANOVA (análise de variância) é um procedimento estatístico para testar a hipótese nula de que várias amostras univariadas são coletadas de populações com a mesma média. Presume-se que as amostras estejam próximo da distribuição normal e tenha variações semelhantes. Se os tamanhos das amostras forem iguais, essas duas suposições não são críticas (Hammer, 1999; Hammer 2020).

### 3.6. Cálculo do Índice de Qualidade da Água

O cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) é baseada na equação endossada pelo Conselho de Ministros canadiano para o ambiente (CCME) (UNEP/GEMS, 2007). O índice permite medições das frequências das medições e a extensão de quais parâmetros excederam os seus respectivos limites em cada ponto de monitoramento. Portanto, o índice, reflecte a aceitabilidade da qualidade da água para a saúde, de acordo com as normas da Organização Mundial da Saúde. Para a avaliação da qualidade da água usando o Índice da Qualidade da Água (IQA), calculou-se as médias dos parâmetros obtidos ponto por ponto, usando o produto ponderado dos parâmetros físicos-químicos e microbiológicos analisados, utilizando a seguinte formula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Fórmula 1

**Onde:** IQA: Índice de Qualidade da Água (varia de 0 a 100);

---

$q_i$ : qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade específica para cada parâmetro, em função da sua concentração ou medida;

$w_i$ : peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro ou subnível, um número entre 0 e 1, atribuído em função de sua importância para a conformação global de qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad \boxed{\text{Fórmula 2}}$$

Sendo  $n$  o número ( $n=9$ ) de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A classificação da qualidade da água é feita através dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos estabelecida conforme os critérios de avaliação da qualidade da água indicados na tabela 6 abaixo.

Para cada parâmetro foram traçadas curvas médias de variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações. A cada parâmetro é atribuído um peso ( $w_i$ ) (Tabela 6), de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA.

*Tabela 3. Critério de avaliação da qualidade de água*

Qualidade de água	Intervalo do IQA
Muito boa	$90 < IQA \leq 100$
Boa	$70 < IQA \leq 90$
Razoável	$50 < IQA \leq 70$
Má	$25 < IQA \leq 50$
Muito Má	$0 < IQA \leq 25$

Fonte: DNGRH, 2018

Tabela 4. Peso de qualidade de água por item.

Nº	Item de qualidade de água	Peso (wi)	Unidade
1	Oxigénio Dissolvido	0.17	%
2	Coliformes Fecais	0.15	MPN/100mL
3	pH	0.12	-
4	Demanda Bioquímica do Oxigénio	0.10	-
5	Nitrogénio Total	0.10	mg/L
6	Fósforo Total	0.10	mg/L
7	Temperatura	0.10	°C
8	Turbidez	0.08	NTU
9	Resíduo Total	0.08	mg/L

Fonte: DNGRH, 2018

Para a classificação da qualidade da água do rio Umbelúzi, foram realizados cálculos, usando o Índice da Qualidade da Água (IQA). A base dos cálculos para a avaliação do IQA é a utilização do peso (wi), que é uma representação da importância de um parâmetro em relação ao conjunto (Grunitzki *et al.*, 2013).

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, foram utilizados no cálculo do índice de Qualidade da Água (IQA), para o período seco e chuvoso, nos quatro pontos identificados na (Fig 1), acima. A base dos cálculos para a avaliação do IQA é a utilização do peso (wi), que é uma representação da importância de um parâmetro em relação ao conjunto (Grunitzki *et al.*, 2013).

Os parâmetros utilizados para o cálculo do IQA, foram: Temperatura, Ph, DO TDS, Turbidez, nitratos, fósforo total, coliformes fecais e Escherichia coli. O Oxigénio Dissolvido (DO) e a Demanda Bioquímica de Oxigénio (DBO), são um dos frequentes componentes utilizados para se determinar a qualidade da água dos ecossistemas aquáticos ambientalmente impactados, pois ambos permitem respectivamente quantificar a variação básica da oferta do oxigénio dissolvido e a variação espaço-temporal da concentração da matéria orgânica respirável existente no meio líquido (Abreu & Cunha, 2015).

Neste trabalho, devido a limitações de ordem técnica, não foi possível ter resultados da Demanda Bioquímica de Oxigénio (DBO). Os cálculos do IQA, foram efetuados através de uma ferramenta WEB denominada por **BasIQA**, disponível em: <http://bsi.ceavi.udesc.:8080/basiqa>.

---

Os valores de parâmetros obtidos são introduzidos no sistema “parâmetros de entrada”, este por sua vez vai gerar os resultados do IQA referente.

### **3.7. Tratamento estatístico não paramétrico através da correlação de *Spearman* ( $\rho$ )**

A correlação é crucial para perceber e prever possíveis cenários na avaliação da qualidade da água (Ddladla, 2009). Neste trabalho, nas tabelas 9 e 10, foi usado o coeficiente de Spearman ( $\rho$ ), que é uma medida de correlação não paramétrica, através do pacote estatístico do Programa Excel 2016, para analisar a correlação dos parâmetros físicos-químicos e microbiológicos observados durante o período de amostragem.

Foi considerado como nível de significância 5 e 1% de probabilidade, uma vez que o coeficiente de correlação de *Spearman* assume apenas valores entre -1 a 1. Onde:  $r = 1$  significa uma correlação perfeita entre as duas variáveis, ou seja, se uma aumenta, a outra diminui.

$r = -1$  significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis, ou seja, se uma aumenta, a outra sempre diminui.  $r = 0$  significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra.

No entanto, pode existir uma outra dependência que seja não linear (Pimenta et al., 2014). Valores altos de um determinado parâmetro estão associados a valores baixo de outro parâmetro (Figueiredo et al., 2014, Medeiros et al., 2018).

## **4. Apresentação dos resultados**

Os resultados de valores médios dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, estão apresentados nas 5 e 6, referente aos períodos seco e chuvoso respectivamente. A coleta de dados no período seco foi efectuada de Maio a Setembro de 2018.

No período chuvoso, a coleta foi efectuada nos meses de Outubro a Dezembro de 2017 e em Outubro de 2018. Foram utilizados 14 parâmetros amostrados em 4 pontos do rio Umbelúzi.

Tabela 5. Resultados de valores médios obtidos na época seca (Maio a Setembro 2018)

Pontos	T (°C)	pH	DO (mg/l)	Cond. (mS/m)	TDS (mg/l)	Turbidez (NTU)	Dureza Total (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	Nitratos (mg/l-NO <sub>3</sub> )	Nitritos (mg/l-NO <sub>2</sub> )	Amoníaco (mg/l-NH <sub>4</sub> )	Fosforo total (mg/IPO <sub>4</sub> )	C.totais (Ufc/100ml)	C.fecais (Ufc/100ml)	E.coli (Ufc/100ml)
P1	23.72	6.99	7.83	129.08	86.48	13.87	127.71	17.33	0.03	0.04	0.21	100.17	100.00	83.50
P2	22.56	7.09	10.96	131.67	88.22	2.37	129.11	22.85	0.03	0.04	0.13	72.13	56.13	47.13
P3	22.83	7.25	10.19	138.84	93.03	2.90	143.11	13.58	0.03	0.04	0.07	100.00	100.00	75.25
P4	23.24	7.17	8.59	132.10	88.06	4.90	147.38	15.66	0.03	0.04	0.14	100.00	100.00	75.25

Tabela 6. Resultados de valores médios obtidos na época chuvosa (Outubro/ Dezembro 2017- Outubro 2018)

Pontos	T (°C)	pH	DO (mg/l)	Cond. (mS/m)	TDS (mg/l)	Turbidez (NTU)	Dureza Total (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	Nitratos (mg/l-NO <sub>3</sub> )	Nitritos (mg/l-NO <sub>2</sub> )	Amoníaco (mg/l-NH <sub>4</sub> )	Fosforo total (mg/IPO <sub>4</sub> )	C.totais (Ufc/100ml)	C.fecais (Ufc/100ml)	E.coli (Ufc/100ml)
P1	25.34	7.49	4.95	457.94	306.82	11.46	159.60	1.11	0.02	0.03	0.46	100.00	67.00	67.00
P2	24.38	8.20	6.76	495.60	332.05	2.78	150.40	0.54	0.02	0.03	0.31	68.33	49.67	34.00
P3	24.82	8.55	7.04	712.12	477.12	4.49	156.80	0.86	0.02	0.03	0.36	84.00	67.00	67.00
P4	25.18	7.64	7.49	472.34	316.47	1.80	146.80	1.97	0.02	0.03	0.19	80.25	60.00	50.50

## 5. Discussão e interpretação dos Resultados

Nas figuras 6 a 19, são apresentados os gráficos com resultados obtidos, referentes a parâmetros físico-químicos e microbiológicos em todos os pontos analisados. Nas tabelas 7 e 8, são apresentados os valores do Índice de Qualidade da Água de cada ponto e a classificação da qualidade da água observada nas duas épocas climáticas. A Classificação da Qualidade da água usando o IQA, foi realizado de acordo com os critérios de avaliação constantes na tabela 3. Nas tabelas 9 e 10, são apresentados os coeficientes de correlação de Spearman entre os parâmetros analisados.

## 5.1. Parâmetros Físico-químicos e Microbiológicos

### 5.1.1. Temperatura

Matsinhe (2008) considera que, parâmetros físicos como pH e temperatura da água não afetam a aceitabilidade da água, e não são preocupantes para a saúde, mas têm uma grande influência na qualidade da água, como crescimento de bactérias e algas. Para Oliveira et al., (2016), a temperatura é um parâmetro muito importante, pois, influi em algumas propriedades da água (densidade viscosidade, oxigênio dissolvido), e em rios tropicais, a temperatura apresenta pequenas variações. Esta situação pode ser observada no presente estudo, onde a variação da temperatura média (fig.6), no período seco (inverno) foi de 23.0°C e no período chuvoso (verão) foi de 25,0°C. Os pontos 1, 3 e 4, são as que registaram temperaturas relativamente altas no período chuvoso, com o ponto 1 a registar uma temperatura média de 23.72°C. Este ponto situa-se ao montante da Barragem dos Pequenos Libombos. O ponto 2, apresenta temperaturas relativamente baixas no período seco em torno dos 22.5° C. Esta situação pode ser explicada pela presença de vegetação constituída por árvores frondosas e plantas aquáticas com uma diversidade florística muito rica, e este ponto (2) apresenta se muito preservada, com pouca actividade antrópica.

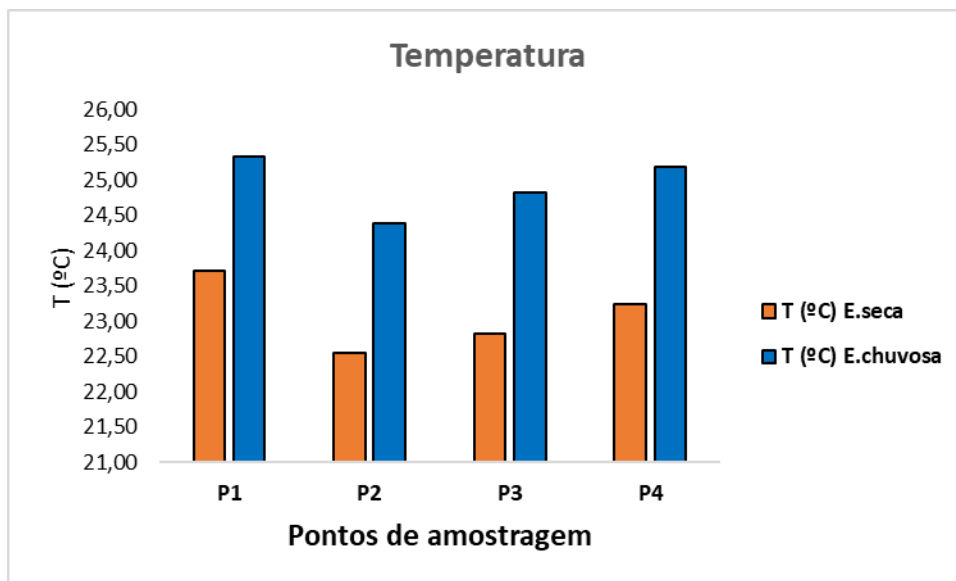


Figura 6. Variação da temperatura época seca e chuvosa.

Gustafsson & Johansson (2006), realizaram um estudo no rio Umbelúzi e observaram que as águas quando transpõem a barragem, apresentam temperaturas baixas porque as águas são retiradas da parte mais funda da coluna da água onde a temperatura é mais fria. E as altas temperaturas são causadas pela alta turbidez da água. Pois, valores elevados de turbidez aumentam o consumo da radiação solar e assim influi para as altas temperaturas. De acordo com Dlandla (2009), Citando Baldwin et al. (2009), as barragens afectam os sistemas dos rios, alterando a temperatura, o fluxo e a morfologia.

### 5.1.2. Condutibilidade eléctrica

De acordo com a legislação moçambicana (MISAU, 2004), a condutibilidade varia de 500 a 2000  $\mu\text{hm}/\text{cm}$ . No presente estudo, na época seca, a condutibilidade (Fig.7) apresentou o valor médio mínimo de 129  $\mu\text{hm}/\text{cm}$ , no ponto 1, sendo que o valor médio máximo neste período foi de 138.8  $\mu\text{hm}/\text{cm}$  registado no ponto 3. No período chuvoso, observou se um aumento considerável de CE, tendo sido registado como valor médio mínimo 458  $\mu\text{hm}/\text{cm}$ , no ponto 2, e valor médio máximo de 712.12  $\mu\text{hm}/\text{cm}$  no ponto 3. Valores de condutibilidade acima de 100  $\mu\text{hm}/\text{cm}$ , indicam ambientes impactados (Cutrim, 2013). No estudo realizado por Gustafsson e Johansson, (2006), registou valores de condutividade que variaram entre o 330 a 690  $\mu\text{hm}/\text{cm}$ . Albino (2012) observou valores de condutibilidade que variaram na ordem de 732  $\mu\text{hm}/\text{cm}$  no período de 2010 e um valor mínimo de 472  $\mu\text{hm}/\text{cm}$  em 2011, ao longo de todo o rio Umbelúzi.

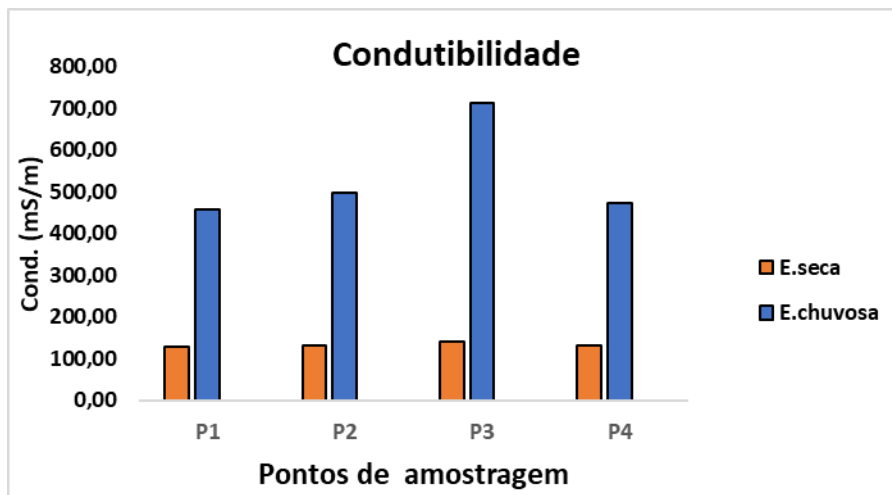


Figura 7. Variação da condutibilidade eléctrica (CE)

No presente estudo, observou-se um ligeiro aumento de CE no ponto 3 (Ponte de Mafuiane), isto pode estar relacionado com a intensa actividade antrópica pela população local, onde pode se observar o lançamento e acumulação de resíduos domésticos, lavagem de roupa e de carros, e também pode se observar neste ponto, a acumulação de plantas flutuantes denominadas Jacinta-de-água (*Eichhornia crassipes*) e *Salvinia molesta*. Estas plantas são alienígenas invasoras. A *Eichhornia crassipes* pode causar o decréscimo dos níveis de oxigénio na água que pode afetar a população de peixes, e outras formas de vida aquática, para além de que esta infestação constitui locais de produção de mosquitos causadores de doenças como bilharziose e outros organismos vetores de doenças de veiculação hídrica. A *Salvinia molesta*, pode criar um “tapete” no corpo de água, e podendo alterar completamente as condições de oxigénio, luz, dióxido de carbono, temperatura e pH dos organismos vivos (Gustafsson, Johansson, 2006). A mesma fonte indica que nos climas quentes como na região da África Austral, muita água evapora dos rios, o que tem uma implicação na concentração de sais nos cursos dos rios.

### 5.1.3. Turbidez

Os valores altos de turbidez (fig. 8), foram observados no ponto 1, onde no período seco apresentou em média 13.87 NTU e na época chuvosa 11.46 NTU. Os pontos 2, 3 e 4 apresentaram valores relativamente uniformes e dentro dos limites máximos admissíveis na ordem de 3.39 NTU. No estudo realizado por (Gustafsson e Johansson, 2006), obtiveram valores que variaram de 2.09 a 8.02 NTU na parte moçambicana.

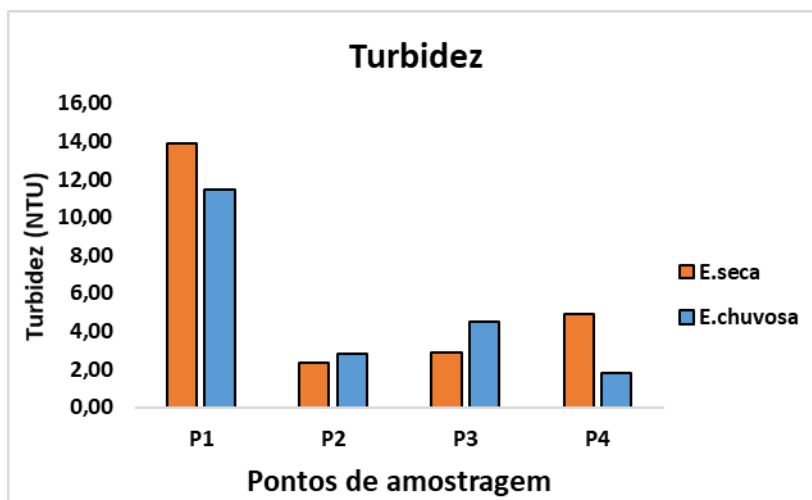


Figura 8. Variação da turbidez

No estudo realizado por Albino (2012), registou em 2010, uma média de 7 NTU e 5,3 em 2011. No meso estudo, obteve no rio Moveve 9.7 em 2010 e 0.8 em 2011. No rio Impaputo registou 0.88 NTU em 2010 e 1.6 NTU em 2011. Entretanto, no mesmo estudo de Gustafsson e Johansson (2006), observou valores de turbidez muito elevados no rio Umbelúzi do lado do Reino da Eswathini, com valores a atingir 39.4 NTU.

Segundo os mesmos autores, esta situação é recorrente nos períodos chuvosos, porque os eventos chuvosos aumentam a erosão dos solos e o escoamento superficial transporta uma grande quantidade de sedimentos no rio. E, pequena precipitação corresponde a um pouco fluxo de água no rio, implicando assim, pouca velocidade da água e acentuando a sedimentação das partículas, o que resulta por isso pouca turbidez. Albino (2012), considera que a os elevados teores de turbidez deve-se à concentração de partículas suspensas na água, provocando uma cor mais escura e a presença contínua de sedimentos na bacia.

#### 5.1.4. Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)

Neste estudo, os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (fig.9), foram uniformes na época seca, apresentando um valor médio em torno de 89.06 mg/L para todos os pontos estudados. No período chuvoso o ponto 3 apresentou o valor mais elevado com 477.2 mg/L.

No estudo realizado por (Gustafsson e Johansson, 2006), observa-se que os TDS, não aumentando na medida que o curso do rio entra em moçambique na fronteira na região de Goba, sendo que do lado de Eswathini o valor variou de 20 a 290 mg/L, e de Goba até a Estação de Umbelúzi, os TDS aumentaram consideravelmente tendo sido registado valores que variaram de 280 a 450 mg/L.

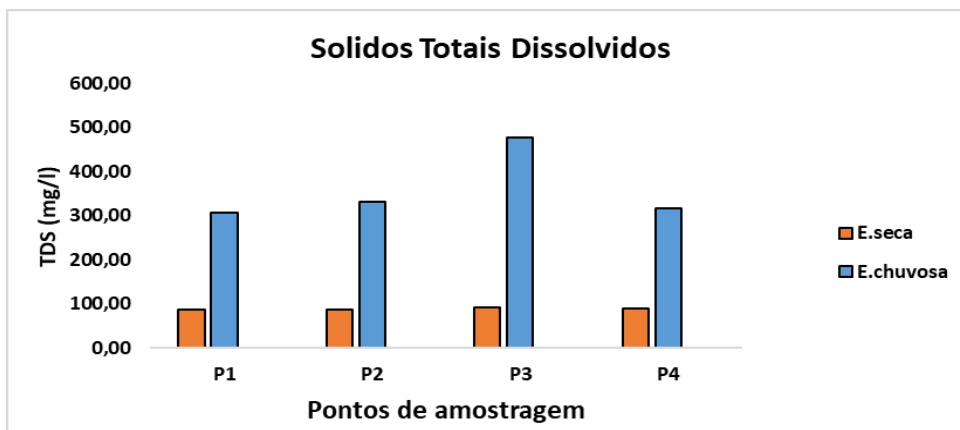


Figura 9. Valores de sólidos totais dissolvidos

---

A alta concentração de TDS no ponto 3 está relacionado com as actividades antropogénicas que são desenvolvidas no local. O Ponto 3 localiza na ponte de Mafuiane, onde está situada a empresa Bananalândia, por outro lado, as comunidades locais lavam roupa, carros e observa-se ainda, camiões cisternas que retiram água do rio usando motobombas, que por sua vez emitem combustíveis e graxa no corpo de água.

Entretanto, fazendo uma avaliação de todos os pontos estudados, estes valores estão dentro dos limites máximos recomendáveis (MISAU, 2004), que se situam nos 1000mg/L, não havendo, portanto, nenhum ponto acima deste valor.

No estudo apresentado por Gustafsson e Johansson (2006), indica que o valor médio de TDS para rios africanos é de 121 mg/L TDS.259. Este valor é excedido 4 vezes, quando comparado com os valores obtidos nestes estudos. Altos valores de TDS consequentemente de CE podem indicar características corrosivas da água (Chibantão, 2012).

### **5.1.5. Potencial Hidrogeniónico (pH)**

O Regulamento da Qualidade da Água para o Consumo Humano em Moçambique (MISAU, 2004), estabelece como limite admissível para o pH, valores entre os 6.5 a 8.5.

No estudo realizado por Albino (2012), obteve valores acima dos limites admissíveis no rio Movene, um dos principais afluentes do rio Umbelúzi, onde registou 9.51 de pH.

Dados obtidos no presente estudo, indicam que a variação do pH em ambos períodos estava dentro dos limites admissíveis, sendo a média em todos os pontos observados de 7.49 a 8.55 no período chuvoso e 6.96 a 7.25 no período seco (Fig.10). Entretanto, no período seco (Maio e Setembro de 2018), foram observados valores do pH abaixo do recomendável em todos os pontos, com valores que variaram de 5.8 a 6.1.

Os valores baixos de pH, podem ser causados por lançamento de resíduos domésticos e industriais que ocorre frequentemente ao longo do rio Umbelúzi. Por outro lado, as características geológicas do solo podem influenciar para as condições alcalinas da água (Mwangi, 2014).

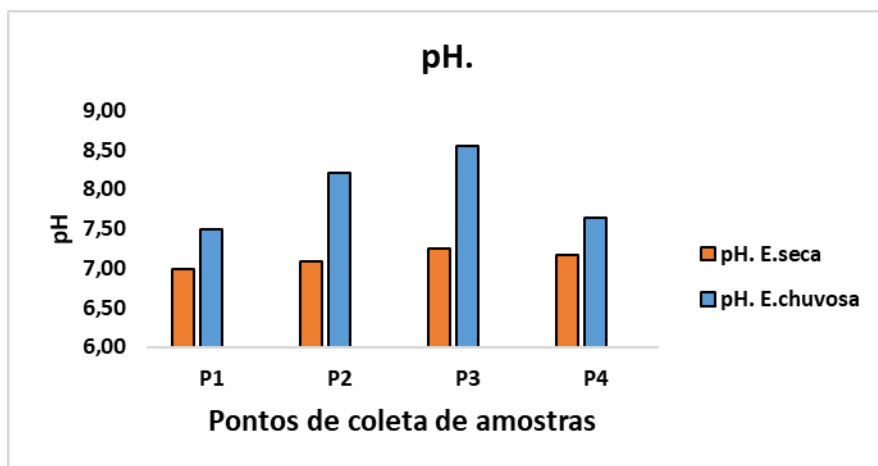


Figura 10. Variação do PH.

Valores elevados de pH indicam a ocorrência de processos de desnitrificação, devido a presença de íons de hidrogénio responsável por este fenómeno. Os processos de desnitrificação ocorrem quando as condições anóxicas estão presentes, indicando que as águas profundas na barragem de Pequenos Libombos, por exemplo, estejam com pouco oxigénio. Isto pode ser causada pela decomposição extensiva de material orgânica (Gustafsson & Johansson, 2006).

#### 5.1.6. Oxigénio Dissolvido (DO)

A WHO (2017), estabelece que o valor mínimo para a preservação da vida aquática não deve ser inferior a 5mg/L. A redução dos teores de oxigénio dissolvido devido ao excesso de consumo pelos decompositores prejudica a sobrevivência dos demais seres consumidores. Valores de 0 a 2 mg/L não são suficientes para manter a vida aquática; de 2 a 4 mg/L somente poucas espécies de sobreviver; de 4 a 7 mg/L é o valor aceitável para peixes de águas quentes, e de 7 a 11 mg/L é ideal para peixes de águas frias.

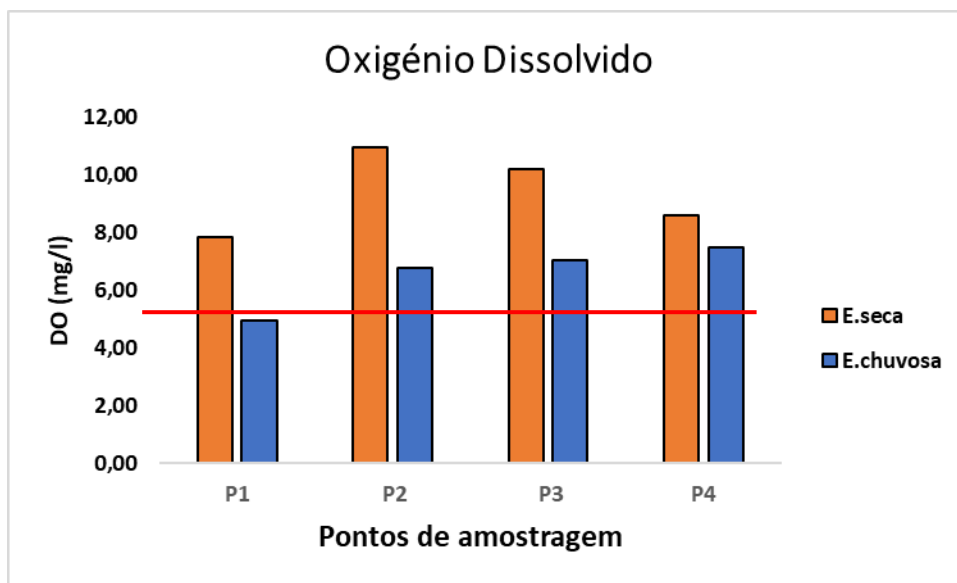


Figura 11. Oxigénio dissolvido

A legislação moçambicana (MISAU,2004), não especifica os limites admissíveis para DO. No período seco no ponto (01) o DO registou valores médio mínimo de 7.8mg/L, e o valor máximo registado foi de 10.96 mg/L no ponto 2. No período chuvoso apresentou valores mínimos de 4.95 mg/L registado no ponto 1 e valor máximo de 7.49mg/L no ponto 4. No estudo realizado por Albino (2012), o valor médio do DO no rio Umbelúzi apresentou uma variação média na ordem de 10.55mg/L. com estes valores pode se determinar que o corpo de água do rio Umbelúzi está bem saturado. A vegetação ribeirinha, pode influenciar para os altos índices de DO. Por outro lado, Silva et al., (2014), considera que o decréscimo do OD, é um indicador de poluição orgânica de um corpo d'água.

### 5.1.7. Nitratos

Neste estudo (fig.12), observa se que o valor de nitratos enquadra se dentro dos limites admissíveis estabelecido pela legislação nacional (MISAU,2004), cujo valor limite é 50mg/L. Na época seca o valor de nitratos apresentou valores relativamente elevados em relação a época chuvosa, mas dentro dos limites estabelecidos. Na época seca, o ponto 2 foi o que registou o valor mais elevado com 22.85mg/L, e neste mesmo ponto apresentou na época chuvosa os valores mais reduzidos, com uma média de 1.25mg/L. Mesmos resultados foram apresentados por Gustafsson e Johansson, (2006), cujo valor registado foi de 0.39 mg/L.

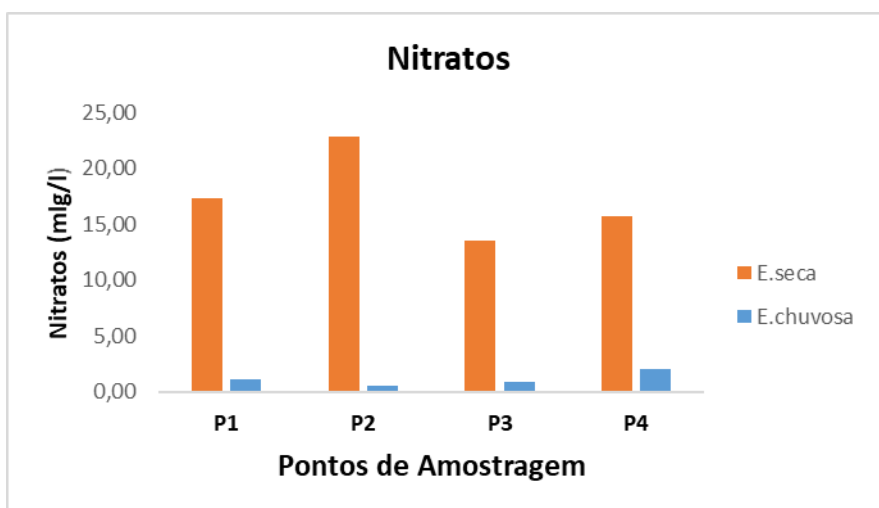


Figura 12. Valores de nitratos

As variações sazonais nos níveis de nitratos acontecem geralmente devido às mudanças nas actividades biológicas no corpo de água dos rios (WHO, 2017). Por outro lado, a observância de valores reduzidos de nitratos, pode ser explicado pela pouca actividade agrícola que se praticava na altura da realização deste trabalho, que pode ter sido condicionado pelas medidas de restrições impostas para uso da água nas actividades agrícolas devido a estiagem que se fazia sentir na altura. Entretanto, valores observados podem estar relacionados com actividades humanas como a lavagem de carros e a presença de rebanhos de gado em alguns pontos ao longo do rio, que impactam a qualidade da água. Outro factor da concentração de nitratos é a densidade populacional principalmente na região de Boane, onde maior parte das pessoas que vivem nas encostas lançam resíduos e dejectos humanos directamente para o rio sem tratamento.

### 5.1.8. Nitritos

O Regulamento da Qualidade da Água para o Consumo Humano em Moçambique (MISAU, 2004), estabelece como limite admissível para o nitrito 3,0mg/L. No presente estudo (Fig.13) na época seca foram obtidos valores uniformes em todos os pontos na ordem de 0.03 mg/L, e na época chuvosa 0.02mg/L. mesmos valores foram observados por Albino (2012), cujos valores situaram se entre os 0.01mg/L a 0.03 mg/L. Portanto, a presença de nitritos no corpo de água do rio Umbelúzi encontram-se dentro dos limites estabelecidos.

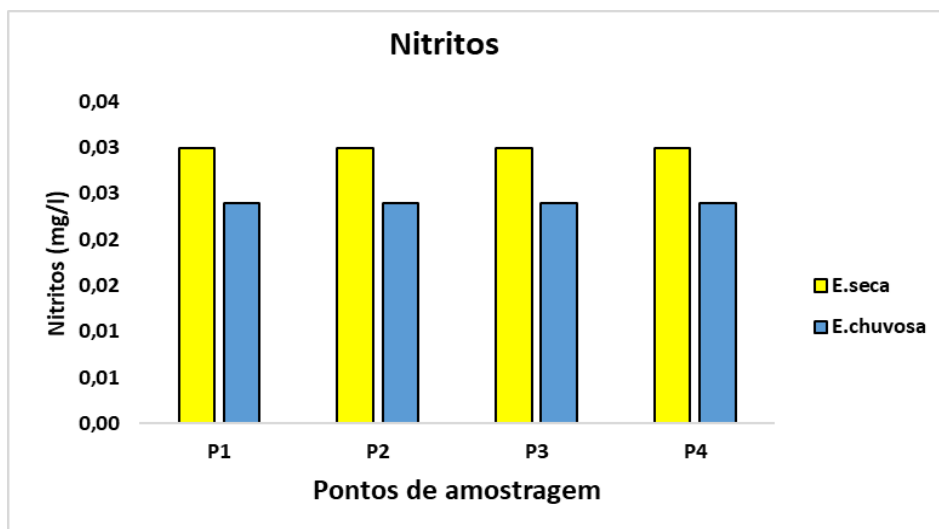


Figura 13. Valores de nitritos

No estudo realizado por Gustafsson e Johansson, (2006), registou valores elevados de nitritos no rio Umbelúzi da parte do reino de Eswathini com registo de 1.12 mg/L como valor mais alto. Observaram que estes níveis de concentração vão diminuindo na medida que o rio entra no território nacional em Goba devido a capacidade de auto purificação até a Barragem de Pequenos Libombos. Entretanto, o mesmo estudo indica que a concentração de nitratos volta a aumentar depois da barragem, o que pode ser causado pelo baixo nível de concentração de oxigénio no fundo da barragem.

### 5.1.9. Fósforo Total

A legislação moçambique (MISAU, 2004), tem como limite máximo admissível do Fósforo presente em água para consumo humano 0.1 mg/L. Gustafsson e Johansson (2006), obtiveram valores consideravelmente altos que variaram de 0.50 mg/L a 0.96 mg/L. No presente estudo (fig. 14) foi também observado, valores de fósforo acima do recomendável, principalmente na época chuvosa, com o ponto 1, a apresentar o valor mais alto com 0.46mg/L, seguido pelo ponto 3 com 0.36mg/L. Na época seca, o ponto 3 apresentou o valor mais baixo com 0.07mg/L, estando, portanto dentro dos limites admissíveis. O excesso do fosforo é causada principalmente por descarga de esgotos domésticos, eutrofização da matéria orgânica e pelas actividades agrícolas, bem como do intemperismo das rochas (Cutrim, 2013).

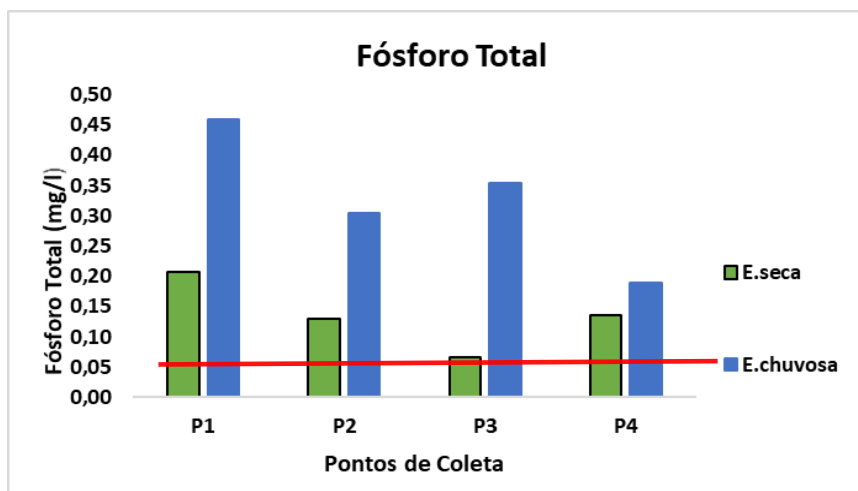


Figura 14. Valores de fósforo total

O local de estudo está situado numa região com muita actividade agropecuária e mineira, o que pode influenciar de certa forma a presença em excesso do fósforo total. Nos pontos 3 e 4 é notória a presença de comunidades locais a lavar roupa, viaturas e o lançamento de resíduos no corpo de água. A alta concentração de fósforo pode ser um limitante para a produtividade primária do ecossistema aquático (Cutrim, 2013), pois mantém os níveis de concentração de nitrogénio em níveis baixos, evitando assim a eutrofização (Gustafsson & Johansson, 2006).

#### 5.1.10. Amoníaco

Apesar de ao longo do baixo Umbelúzi praticar-se a actividade pecuária, os valores de amónico (fig.15), estavam dentro dos limites estabelecidos, sendo o limite máximo admissível de amónia na água 1,5 mg/L (MISAU, 2004). Na época seca o valor obtido foi de 0,04 mg/L e na época chuvosa apresentaram valores de 0,03mg/L em todos os 4 pontos observados.

Gustafsson e Johansson (2006), obtiveram níveis de NH<sub>3</sub> que variaram de 0,12 a 0,61 mg/L. Valores similares foram observados por Boana (2011), que registou uma variação de 0 a 0,65 mg/L.

Valores elevados de concentração de NH<sub>3</sub> indicam que a quantidade de decomposição do material orgânico é alta, a quantidade de oxigénio dissolvido é baixa e as bactérias de nitrificação não são capazes de nitrificar toda NH<sub>3</sub> que esteja nesse local (Gustafsson e Johansson, 2006).

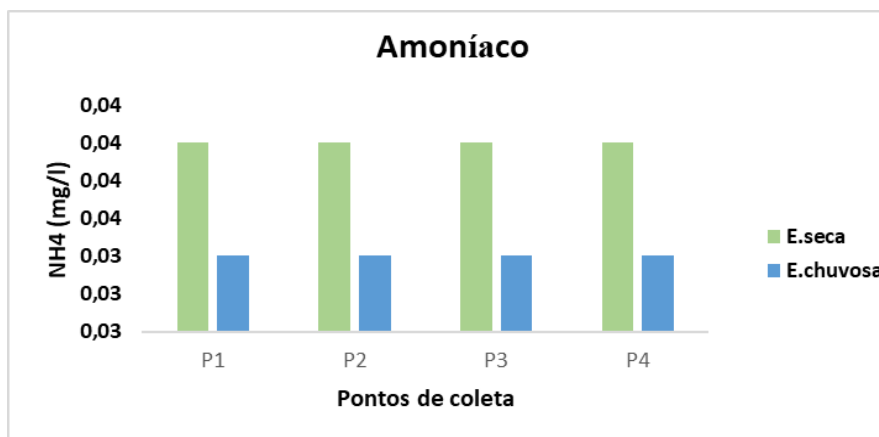


Figura 15. Valores de amoníaco

Outra constatação, é que a concentração do amônio, nas estações chuvosas pode ser explicada por menos turbulência e, portanto, menor oxigenação durante períodos secos, levando a uma menor taxa de nitrificação.

#### 5.1.11. Dureza Total

O limite máximo admissível para a dureza da água para consumo humano é de 500mg/L (MISAU, 2004). No presente estudo, a dureza total (Fig. 16), variou de 127.7mg/L a 147.4mg/L na época seca e de 146.8mg/L a 160mg/L na época chuvosa. Dados similares foram observados por Albino (2012), onde obteve uma variação de 128mg/L a 161mg/L no rio Umbelúzi. Nas medições feitas no rio Movene Albino (2012), obteve uma variação de 150 a 340.6 mg/L e 30 a 46.80 mg/L no rio Impaputo, que são os principais afluentes do rio Umbelúzi.

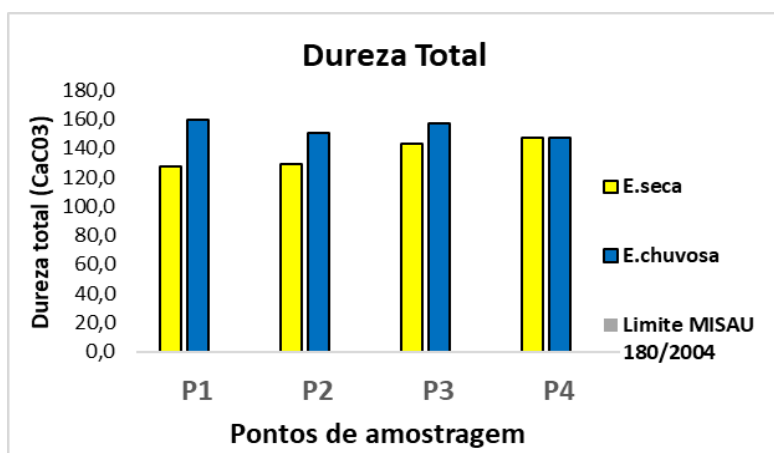


Figura 16. Valores de dureza total de água

---

Valores de dureza que variam de 150 a 280 mg/L, dão informação da concentração de sais dissolvido, sendo que as actividades humanas e a natureza dos depósitos geológicos, sobre os quais o rio flui, são uma das razões principais para os valores elevados de dureza (Fonseca, 2013).

Apesar de visualmente ser notório a introdução de efluentes domésticos no rio Umbelúzi, de acordo com os dados obtidos neste estudo e de acordo com a legislação nacional e da OMS, a água do rio Umbelúzi não é dura.

## 5.2. Parâmetros Microbiológicos

De acordo com a legislação moçambicana (MISAU, 2004), para a água destinada ao consumo humano sem tratamento, os coliformes totais (CT) devem estar ausentes na água. Para os coliformes fecais (CF), o limite permitido varia de 0 a 10 NPM/100ml. A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017), determina que a *E. coli* deve estar ausente na água destinada ao consumo humano. Entretanto, a Legislação moçambicana não especifica os limites admissíveis para a *Escherichia coli*.

No estudo realizado por Albino (2011) no rio Umbelúzi, observou valores acima dos limites estabelecidos para os Coliformes fecais. No presente estudo, pode se observar que os Coliformes Fecais (CF), Coliformes Totais (CT) e *E.coli* (figuras 17, 18 e 19), apresentaram valores acima do recomendável em todas épocas climáticas, com valores a atingir 100NPM/100ml nos quatros pontos observados. A elevada concentração dos CF, CT e *E. coli*, indicam que a água do rio Umbelúzi está contaminada, devido principalmente ao lançamento de esgotos humanos sem tratamento, defecação a céu aberto, bem como dejectos de animais, uma vez que o rio Umbelúzi serve também como fonte para o abeerramento de gado.

Estudos realizados por Carvalho et al., (2016), demonstram altos níveis de coliformes termotolerantes nas bacias hidrográficas com maior densidade populacional. Outro factor que propicia aos níveis elevados de coliformes termotolerantes é o escoamento superficial e as plantações agrícolas (Nkambule, 2016). Portanto, os parâmetros coliformes totais, coliformes fecais e *E. coli*, tem maior peso, para a avaliação da qualidade da água, porque representa maior efeito nocivo para a saúde humana.

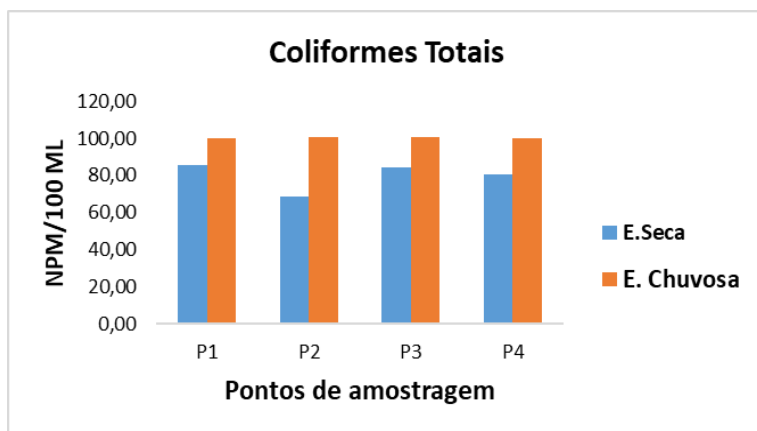


Figura 17. Valores de Coliformes totais

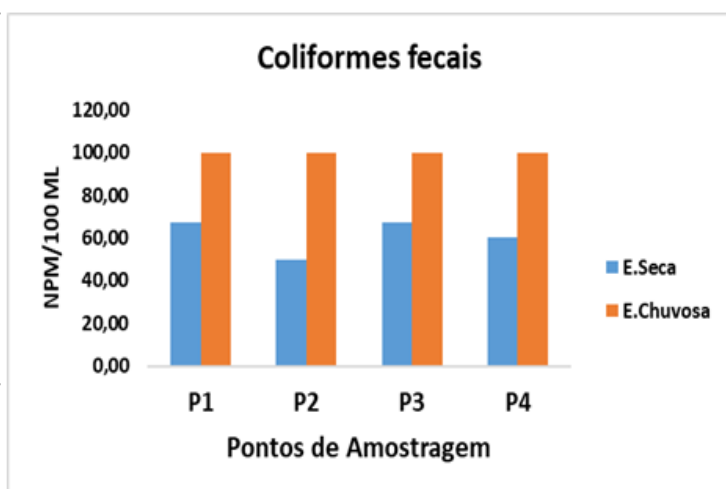


Figura 18. Valores de coliformes fecais

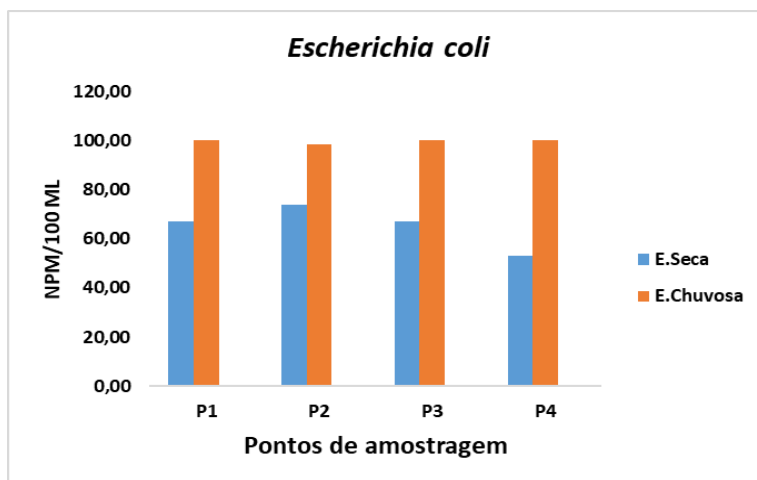


Figura 19. Valores de Escherichia coli

### 5.3. Índice de Qualidade da Água (IQA)

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 6), o IQA apresentou valores abaixo de 50, em todos os pontos observados e em todas épocas climáticas. Sendo que o valor médio do IQAm na época seca foi de 36.5 nos quatro pontos observados ao longo do trecho do rio. Segundo o critério de avaliação ( $25 < IQA \leq 50$ ), a qualidade da água do rio Umbelúzi na época seca foi considerada poluída, estando classificada como tendo qualidade Máu.

Tabela 7. Valores médios do IQA-época seca.

Pontos	T (°C)	pH	DO (mg/l)	TDS (mg/l)	Turbidez (NTU)	Nitratos (mg/l)	Fosforo total (mg/l)	C.fecais (NPM/100ml)	E.coli (Ufc/100ml)	IQA
<b>P1</b>	23.72	6.99	7.83	86.48	13.87	17.33	0.21	100.00	83.50	<b>34.8</b>
<b>P2</b>	22.56	7.09	10.96	88.22	2.37	22.85	0.13	56.13	47.13	<b>34.2</b>
<b>P3</b>	22.83	7.25	10.19	93.03	2.90	13.58	0.07	100.00	75.25	<b>42.3</b>
<b>P4</b>	23.24	7.17	8.59	88.06	4.90	15.66	0.14	100.00	75.25	<b>38.7</b>

Avaliação do IQA época seca: ( $25 < IQA \leq 50$ ) **Má**

**IQA=37.50**

O mesmo exercício foi realizado para os dados da época chuvosa (tabela 7), sendo que o valor médio de IQAm foi de 45.48, para os mesmos pontos observados. De acordo com o critério de avaliação ( $25 < IQA \leq 50$ ), a qualidade da água do rio Umbelúzi na época chuvosa é considerada poluída, estando classificada também como de qualidade Mau.

Tabela 8. Valores médios do IQA-época chuvosa.

Pontos	T (°C)	pH	DO (mg/l)	TDS (mg/l)	Turbidez (NTU)	Nitratos (mg/l)	Fosforo total (mg/l)	C.fecais (Ufc/100ml)	E.coli (Ufc/100ml)	IQA
<b>P1</b>	25.34	7.49	4.95	306.82	11.46	1.11	0.46	67.00	67.00	<b>38.71</b>
<b>P2</b>	24.38	8.20	6.76	332.05	2.78	0.54	0.31	49.67	34.00	<b>48.79</b>
<b>P3</b>	24.82	8.55	7.04	477.12	4.49	0.86	0.36	67.00	67.00	<b>45.10</b>
<b>P4</b>	25.18	7.64	7.49	316.47	1.80	1.97	0.19	60.00	50.50	<b>49.32</b>

**IQA=45.50**

Avaliação do IQA época seca: ( $25 < IQA \leq 50$ ) **Má**.

---

Observando os valores médios obtidos do IQAm nos dois períodos climáticos (Tabelas 6 e 7) pode se notar que a qualidade da água se deteriorou muito na época seca em relação a época chuvosa. Embora o pH, tenha apresentado valores consideravelmente elevados na época chuvosa, principalmente nos pontos 2 e 3, em relação a época seca, os Coliformes totais, coliformes fecais e E. coli, tiveram uma maior influência para a qualidade da água na época seca.

Os Ponto 3 e 4 são os que se apresentam qualidade da água muito contaminada. Esta situação deve se a sua localização. O ponto 3 está na ponte de Mafuiane e o Ponto 4 na ponte de Boane, nas imediações da Vila do mesmo nome, são locais que apresentam maior aglomerados populacionais, intensa actividade antrópica e por consequência são muito muito impactados. Durante a realização deste estudo foi presenciado o depósito de resíduos domésticos no corpo de água, pratica de fecalismo a céu aberto, lançamento de lixiviados, o que de certa forma concorre para altos valores de Coliformes totais, fecais e E. coli, maus odores e degradação visual do ambiente local.

O ponto 2 (Figura 1), apresenta água em boas condições em quase todos os parâmetros analisados. É um ponto situado a poucos metros a jusante da Barragem de Pequenos Libombos, num local pouco perturbado, com pouca actividade antrópica e apresenta uma vegetação ripária bem preservada.

Os resultados de actividades de monitoramento dos rios Save, Maputo e Umbelúzi levados a cabo pela ARA-SUL em 2016 (DNGRH, 2018), usando o método de IQA, apresentaram valores que indicam que a qualidade da água rio Umbelúzi é considerado como razoável ( $50 < IQA \leq 70$ ).

Entretanto, resultados obtidos no presente estudo, indicam que a qualidade água do rio Umbelúzi deteriorou-se substancialmente neste intervalo de tempo (2016-2018), sendo que os valores apresentados tanto na época seca, bem como na época chuvosa o IQA foi considerado **mau** ( $25 < IQA \leq 50$ ). Esta situação pode estar relacionada com o aumento de assentamento urbanos, maior actividades antrópicas (lançamento de efluentes líquidos sem tratamento), intensa actividade agrícola (produção de banana e frutícolas), e a exploração mineira.

## 5.4. Correlação de Spearman

As tabelas 9 e 10, apresentam as matrizes de correlação de Spearman ( $\rho$ ) entre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, na época seca e chuvosa, respectivamente. Segundo a classificação da magnitude dos coeficientes de correlação de Spearman (Ribeiro et al., 2016), os valores entre 0.10 e 0.29 indicam uma correlação fraca; valores entre 0.30 e 0.49 indicam uma correlação moderada; valores entre 0.50 e 1.0, correlação forte, independentemente de ser negativos ou positivos.

De acordo com os dados apresentados nas tabelas 9 e 10 a temperatura T no período seco, apresentou uma forte correlação com DO ( $\rho = -0,98$ ), TDS ( $\rho = 0,54$ ), Turbidez ( $\rho = 0,92$ ), Fósforo total ( $\rho = 0,75$ ) e Coliformes Totais ( $\rho = 0,73$ ). A forte correlação inversa apresentada pela temperatura T e DO no período seco ( $\rho = -0.98$ ) e chuvoso ( $\rho = -0.66$ ), indica que a morfologia das drenagens tem uma certa influência sobre a quantidade de DO (Pimental et al, 2014).

Tabela 9. Matriz de correlação Spearman-época seca.

	T	pH.	DO	C.E	TDS	TUR	D.T	N03-	N02	NH3	P	C.T	C.F	E.C
T	1.00													
pH.	-0.04	1.00												
DO	<b>-0.98</b>	0.00	1.00											
CE	-0.04	<b>0.85</b>	<b>0.52</b>	1.00										
TDS	<b>-0.54</b>	<b>0.85</b>	<b>0.65</b>	1.00	1.00									
TUR	<b>0.92</b>	-0.26	<b>-0.85</b>	<b>-0.65</b>	<b>-0.65</b>	1.00								
D.T	-0.11	<b>0.75</b>	-0.03	<b>0.59</b>	<b>0.59</b>	-0.10	1.00							
N03-	-0.37	<b>-0.91</b>	0.41	-0.56	<b>-0.56</b>	-0.56	<b>-0.71</b>	1.00						
N02-	-0.42	0.16	0.36	0.31	0.31	-0.49	0.31	0.00	1.00					
NH3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00				
P	<b>0.75</b>	<b>-0.68</b>	<b>-0.71</b>	<b>-0.94</b>	<b>-0.94</b>	<b>0.86</b>	<b>-0.61</b>	0.33	-0.42	-	1.00			
C.T	<b>0.76</b>	-0.43	<b>-0.64</b>	<b>-0.67</b>	<b>-0.67</b>	<b>0.95</b>	<b>-0.72</b>	0.14	-0.49	-	<b>0.86</b>	1.00		
C.F	0.00	0.00	-0.37	<b>-0.95</b>	<b>-0.95</b>	0.39	-0.42	<b>0.63</b>	-0.17	-	<b>0.79</b>	0.40	1.00	
E.C	0.00	0.00	<b>-0.73</b>	0.20	0.20	0.45	<b>0.52</b>	<b>-0.92</b>	-0.17	-	0.06	0.19	-0.33	1.00

T-Temperatura, C.E-Conduutibilidade Eléctrica, TDS-Sólidos Totais Dissolvidos, Tur-Turvação, D.T-Dureza Total, N03<sup>-</sup> -Nitratos, NH3-Amoníaco, N02<sup>-</sup>Nitritos, T-Fosforo total, C.T-Coliformes Totais, C.F-Coliformes Fecais, E.C- Escherichia Coli.

Tabela 10. Matriz de correlação de Spearman-época chuvosa.

	T	pH.	DO	E.C.	TDS	Turb.	D.T.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	F.T	C.T	C.F	E.C
T	1.00													
pH	-0,75	1.00												
DO	<b>-0.66</b>	<b>0.81</b>	1.00											
C.E.	-0.33	<b>0.85</b>	<b>0.65</b>	1.00										
TDS	-0.30	<b>0.85</b>	<b>0.65</b>	1.00	1.00									
Turb.	<b>0.56</b>	-0.44	<b>-0.86</b>	-0.19	0.31	1.00								
D.T	0.29	0.05	-0.49	0.31	0.31	<b>0.86</b>	1.00							
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<b>0.71</b>	<b>-0.62</b>	-0.14	-0.35	-0.35	-0.17	-0.45	1.00						
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00					
NH <sub>3</sub> .	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00				
F.T	0.20	0.05	<b>-0.61</b>	0.10	0.10	<b>0.91</b>	<b>0.96</b>	<b>-0.54</b>	-	-	1.00			
C.T	<b>0.85</b>	<b>0.86</b>	<b>-0.76</b>	-0.08	-0.08	<b>0.88</b>	<b>0.75</b>	0.24	-	-	<b>0.68</b>	1.00		
C.F	<b>0.74</b>	<b>0.50</b>	-0.33	0.38	0.38	<b>0.60</b>	<b>0.68</b>	0.27	-	-	0.49	<b>0.86</b>	1.00	
E.C	<b>0.69</b>	<b>0.53</b>	-0.34	0.41	0.41	<b>0.64</b>	<b>0.75</b>	0.18	-	-	<b>0.57</b>	<b>0.87</b>	<b>0.99</b>	1.00

Na época seca, o pH, apresentou uma forte correlação com os parâmetros C.E ( $\rho=0.85$ ), TDS ( $\rho=-0.54$ ), dureza Total ( $\rho= 0.75$ ), Nitratos ( $\rho= -0.91$ ) e o fósforo total ( $\rho= -0.68$ ), exceptuando os parâmetros Dureza ( $\rho= 0,05$ ) e fósforo total ( $\rho = 0,20$ ) que apresentaram correlação fraca a moderada respectivamente. A forte correlação entre a C.E, fósforo total, C.T e C.F, pode estar relacionado com a introdução de efluentes domésticos no rio Umbelúzi.

Os nitratos por sua vez, apresentaram uma forte correlação inversa com o pH, tanto na época seca ( $\rho= -0.91$ ), bem como na época chuvosa ( $\rho= -0.62$ ). Isso indica a influência de pH no ciclo de nitrogénio amoniacal.

Para o mesmo período em análise, a condutividade eléctrica (C.E) e os TDS apresentaram uma forte correlação ( $\rho= 1,00$ ). De acordo com (Mwangi, 2014), esses valores elevados de condutividade e TDS em todos pontos podem estar relacionados com a geologia da área com o qual o rio atravessa e a matéria orgânica em decomposição, devido a possível presença de quantidades consideráveis de íons lixiviados (pedras associadas a vegetação em decomposição).

Observando o fósforo total, tanto na época seca como na época chuvosa, este apresentou uma forte correlação positiva com a turbidez ( $r = 86$ ) e ( $\rho= 0,91$ ) respectivamente. Esta situação pode

---

estar relacionada com os processos erosivos (Malheiros et al., 2012). Na época seca, a correlação foi mais significativa com os parâmetros condutividade eléctrica ( $\rho = -0,94$ ), TDS ( $\rho = -0,94$ ) e turbidez ( $\rho = 0,86$ ).

Na época chuvosa os Coliformes Fecais (C.F) apresentaram uma forte correlação positiva com os coliformes totais ( $\rho = 0,87$ ), temperatura ( $\rho = 0,74$ ), pH ( $\rho = 0,50$ ), Turbidez ( $\rho = 0,60$ ) e Dureza total ( $\rho = 0,68$ ). Por sua vez, na época seca os C.F, apresentaram uma forte correlação inversa com a C.E ( $\rho = -0,95$ ) e Turbidez ( $\rho = -0,95$ ), e uma forte correlação positiva com os nitratos ( $\rho = 0,63$ ) e Fósforo total ( $\rho = 0,79$ ). Esta situação é indicativa da influência das actividades antrópicas nos pontos em análise.

## 6. Conclusão

De uma maneira geral, através dos resultados obtidos das características físicas-químicas e microbiológicas da água do rio Umbelúzi pode se concluir que:

Os parâmetros Turbidez, fósforo, Coliformes Totais, Coliformes Fecais e *Escherichia coli*, influenciam sobremaneira na qualidade da água do rio Umbelúzi. Os parâmetros microbiológicos (coliformes totais, fecais e *Escherichia coli*), tiveram maior influência para a degradação da qualidade do rio Umbelúzi. Em todos os 4 pontos analisados, estes parâmetros apresentaram valores acima dos limites recomendáveis pela legislação. Isto pode ser justificado pelo comportamento das comunidades que vivem ao longo das margens do rio, que introduzem lamas fecais sem tratamento, a prática do fecalismo a céu aberto e o pastoreio de gado, entre outras actividades nefastas ao ambiente. Corroborando assim, com a hipótese de que a água do rio Umbelúzi não é óptima para o consumo humano sem passar de um tratamento prévio.

Com relação ao Índice da Qualidade da Água, conclui-se que em ambos períodos climáticos, e em todos os pontos analisados a água do rio Umbelúzi encontra se deteriorada. O Índice de Qualidade da água (IQA), calculado com os valores médios das análises dos parâmetros identificados desta pesquisa, obteve valores abaixo de 50. No período seco o valor médio de IQA em todos os pontos foi: IQA= 36.8 e no período chuvoso o IQA=44.48.

---

De acordo com o critério de classificação da qualidade da água ( $25 < IQA \leq 50$ ), pode se concluir que a Água do rio Umbelúzi é classificada como tendo qualidade MÁ. Portanto, não esta em condições permissíveis para o consumo humano sem passar por processos de tratamento.

O uso do índice de Qualidade da Água (IQA), em conjugação com os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, demonstrou de certa forma, ser uma ferramenta eficaz para o monitoramento da qualidade ambiental da água, este índice traz uma visualização mais detalhada para a avaliação ambiental em termos espacial e temporal da qualidade da água e classifica de forma sintetizada a qualidade da água em cada ponto observado e pode ser usado pelas entidades gestoras de bacias hidrográficas para o monitoramento permanente da qualidade do rio.

Na avaliação estatística não paramétrica de Spearman, permitiu visualizar de certa forma, a correlação existente entre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados, e a confirmação da deterioração da qualidade da água do rio Umbelúzi em ambos os períodos analisados, causadas na sua maior parte pela actividades antrópicas e poluição difusa e pontual. Estes resultados indicam que a degradação da qualidade da água na Bacia de Umbelúzi, para além dos factores naturais, as actividades antrópicas influenciam sobremaneira para a degradação da qualidade da água em todos os pontos analisados e em ambos períodos climáticos, provando se assim, a hipótese de que tanto no período seco, como no período chuvoso, a qualidade de água não é considerada óptima para o consumo humano.

A realização de mais estudos usando o IQA em outros cursos de água é muito importante para o desenvolvimento de uma ferramenta mais robusta com vista ao monitoramento permanente da qualidade dos recursos hídricos a nível nacional e garantir a saúde e o bem das comunidades bem como a preservação do ambiente aquático e envolvente.

---

## 7. Recomendações

- Necessidade de se realizar mais estudos similares com mais pontos de amostragem, com vista a se ter um acervo sobre a qualidade da água do rio Umbelúzi, e seus afluentes,
- Realização de medidas de monitoramento permanente da qualidade da água do rio Umbelúzi, com vista a preservar o rio Umbelúzi e o ambiente envolvente,
- Realização de actividades de sensibilização às comunidades locais para a preservação da água do rio, promoção de actividades de higiene pessoal e coletiva e a massificação de acções de construção de latrinas melhoradas e deposição de lixo em locais apropriadas,
- Sensibilização às comunidades ribeirinhas para a construção de fossas sépticas para evitar o lançamento de dejetos humanos directamente para o rio,
- Implementação de sistemas de coleta e tratamento de águas residuais,
- Criação de mais infraestruturas para o abastecimento de água às comunidades de Goba, Mafuiane e Boane, que não estão abrangidas pelo sistema de abastecimento público, o que de certa forma diminuiria a poluição da água do rio e evitando assim, proliferação de doenças de veiculação hídrica, causadas principalmente pelo consumo directo da água do rio sem tratamento.

---

## 8. Bibliografia

ABREU, C.H.M; da CUNHA, A, C. *Qualidade da Água em Ecossistemas Aquáticos Tropicais Sob Impactos Ambientais no Baixo Rio Jeri-AP: Revisão Descritiva*, Macapá, v. 5, n. 2, p. 119-131, 2015.

Disponível em <http://periodicos.unifap.br/index.php/biota>, acessado aos 20 de Setembro de 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Indicadores de Qualidade- Índice de qualidade das águas (IQA)*, Brasil, 2009 - Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Obtido a 20 de Abril de 2018.

ALBINO, A. *Bases Geoambientais Para a Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Umbeluzi-Moçambique*. Tese de Mestrado.162pp. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

ALVARENGA, L. A. *et al.*, *Estudo da Qualidade e Quantidade da Água em Microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul-São Paulo, após ações de Preservação Ambiental*. *Revista Ambiente & Água*, v.7, n.3.p.228-240, 2012. Disponível em <http://dx.doi.org/10.4136/ambiente-agua.987>. acesso aos 04 de outubro 2018.

ARAÚJO *et al.* *Impactos ambientais em bacias hidrográficas – caso da bacia do rio paraíba*. *tecnológica*, Santa Cruz do Sul, v. 13, n. 2, p. 109-115, jan. 2010. ISSN 1982-6753. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/855>>. Acesso em: 11 Set. 2019. doi:<https://doi.org/10.17058/tecnolog.v13i2.855>.

BALIDY, et al. *Reserva Especial do Bilene. Situação Biofísica e Socioeconómica Actual*. Volume I. CDS Zonas Costeiras e DPCA Gaza/MICOA, 2008.

BEERNAERT, F. *Manual de levantamento da terra*, Maputo, Moçambique: INIA-DTA, 1991.

BENILDE MENDES, J. F., SANTOS, O. *Qualidade da água para consumo humano*. *Lidel-edições técnicas, Lda.: Lisboa-Coimbra*.2004.

CASTELO-BRANCO, C. *Recursos Naturais, Meio ambiente e Crescimento Sustentável*, Ideias nº 11, pp.494-501, Maputo, 2012.

CHENG, J. C. CHEN, W. *Effects of pH, temperature and salinity on immune parameters of the freshwater prawn Macro brachium Rosenberger*, *Fish and Shellfish Immunology*,10 (4) pp. 387-391, 2000. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdfplus/10.2307/1468175>, Acessado aos 27/06/2019.

CHIBANTÃO, G.V.G - *Controlo da Qualidade da Água do rio Infulene para fins de Irrigação*, *Monografia de Licenciatura, UEM, Maputo-Moçambique*, 2012.

---

CLIMATE CHANGE PROFILE MOZAMBIQUE- *Climate Change Panel Report for Mozambique, 2016.*

COSSA, N. E. *Distribuição e Possíveis Factores de Proliferação das Plantas Aquáticas Invasivas na bacia do Incomáti*, Monografia Científica, Universidade Pedagógica - Faculdade de Ciências Naturais e Matemática. Maputo. 2008.

CUMBE, A. N. F. *O Património Geológico de Moçambique: Proposta de Metodologia de Inventariação e Avaliação*. 273 p. Dissertação (Mestrado em Património Geológico e Geoconservação). Universidade do Minho, Braga, 2007.

CUTRIM, A.L. *Avaliação da qualidade ambiental do Rio Uberabinha (MG) utilizando parâmetros físico-químicos e comunidade de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores*, 2013.

De BORTOLI, J-*Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na região do vale do taquari/rs*. 2016.

DINIZ, M. A, BANDEIRA. S, MARTINZ, E. S. *Flora e Vegetação da Província de Maputo: Sua apropriação pelas Populações*. Atlas do Congresso Internacional Saber Tropical em Moçambique: História, Memória e Ciência. IICT-JBT/Jardim Botânico Tropical, Lisboa, 24-26 Outubro, 2002. Disponível em: <http://doi.org/10.4136/amb-agua.2054>.

DIPLOMA MINISTERIAL No. 180/2004, de 15 de Setembro- *Regulamento da Qualidade de Água para o consumo humano*. Boletim da República, I Série, Número 37, Publicação Oficial da República de Moçambique, 2004.

DLAMINI, D. J. *Integrated water resources management studies in the Mbuluzi catchment, Swaziland*, Thesis Submitted in partial fulfilment of the requirements of the degree of MSc Hydrology, School of Bio Resources Engineering and Environmental Hydrology University of Natal Pietermaritzburg, 2001.

MARTINS et al., *Manejo químico de Eicchornia crassipes e brachiaria subquadripara com DIQUAT em condições de reservatório*, Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 51-57, 2011. Obtido em WWW. Scielo.br, acessado aos 22 de Fevereiro de 2018.

DIRECÇÃO NACIONAL DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS- *Desenvolvimento do Plano Nacional de Recursos Hídricos*, Maputo-Moçambique, V1, 2018.

DOJLIDO, J. R., & BEST, G. A. *Chemistry as water and water pollution. Ellis Harwood series in water and wastewater technology*. Editor: Winkler, University of Surrey. England, 363p. 1993.

---

DUARTE, C. *Análise dos impactos das Mudanças climáticas no Escoamento superficial da bacia Hidrográfica do rio tapacurá- pe, A partir da utilização de um Modelo de balanço hídrico mensal semi-distribuído*, Recife-Brasil. 2009.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Parameters of Water Quality, Interpretation and Standards*, ISBN 1-84096-015-3, Ireland, 2001.

FERNANDES, P. C. L. *Validação e Controlo de Qualidade do Fósforo Total em Águas Residuais, Análise da Qualidade da Água*. Tese de Mestrado, Universidade de Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2015.

FIGUEIREDO *et al.*- *Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson*. In Leviathan Cadernos de Pesquisa Política, 8:66-95, Brasil. 2014.

FIGUEIREDO, B. F. *Minérios e Ambiente*. Editora Unicamp, Campinas, São Paulo, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS- *Adaptation to Climate Change in Agriculture, Forestry and Fisheries, Perspectives, FRAMEWORKS and Priorities*. Viale delle Terme di Caracalla - 00100 Rome, Italy, 2007.

FONSECA, A. L -*Determinação do índice de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal na água da lagoa de Extremoz/RN*, 2017.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M., ALMEIDA, L. M. *Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: Enfoque em coliformes fecais, nitrato e alumínio*, Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 17(3):651-660, mai-jun, 2001.

GENITO MAÚRE *et al.*, *The Southern Africa Climate Change under 1.5°C and 2°C of Global Warming as Simulated by CORDEX models*, 2018. Environ. Res. Lett., doi:10.1088/1748-9326/aab190, <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aab190>. Obtido em: <http://www.csag.uct.ac.za/cordex-africa/> Acessado em novembro de 2019.

GLOBAL WATER PARTNESHIP. *Can You Determine Water Hardness from Conductivity Or Total Dissolved Solids Measurements?* 2011. Obtido em <http://www.globalw.com/support/hardness.html> Acessado no dia 5 de Junho de 2019.

GLÓRIA L. P; HORN B.C; HILGEMANN M- *Avaliação da qualidade da água de Bacias Hidrográficas através da ferramenta do Índice de Qualidade da Água-IQA*. Revista Caderno Pedagógico, Lajeado, V.14, N.1, 2017.ISSN 1983-0882. <http://dx.doi.org/10.22410/issn.1983-0882.v14ila2017.1421> obtido em: <http://www.univates.br/revistas>. 2017.

GOHER M. E. M. *Chemical studies on the precipitation and dissolution of some chemical element in lake Qarun*, Ph.D. Thesis faculty of sciences, Al-Azhar University, Egypt. 2002.

---

GRUNITZKI *et al.*, *Ferramenta web para determinação do Índice de Qualidade de Água a partir da reestruturação das Equações que descrevem as curvas dos indicadores de Qualidade*. 2013.

Conference Paper, Sao Paulo, 2013. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/260409906>.

GUSTAFSSON A; JOHANSSON M. *Investigação do nível de nutrientes ao longo do Rio Umbeluzi – Base para uma gestão sustentável dos recursos hídricos*. A Minor Field Study (MFS) conducted in Mozambique and Swaziland-Master of Science Thesis in Environmental Engineering. Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Lund University, Report TVRL2006-9, Sweden, Lund, 2006.

HAKE, S. *The Mission of Suppling Maputo with Freshwater - A political and environmental water history*. Uppsala, dep of Archaeology and Ancient History, 2016 fevereiro de 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. *IV Censo Geral da População e Habitação-Divulgação dos Resultados*, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA-Mozambique *Tropical Cyclone Dineo-Emergency Response Coordination Centre (ERCC)–ECHO Daily Maputo*, 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR MIGRATION. *Mozambique cyclone Idai and cyclone Kenneth response situation report #9 1-16 June 2019*. Obtido em : [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/mozambique\\_sr\\_20190601-16.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/mozambique_sr_20190601-16.pdf), aos 20 de Junho de 2019.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL FOR CLIMATE CHANGE. *Mozambique Country Climate Risk Assessment Report*. 2018. Obtido em: [https://www.climatelearningplatform.org/sites/default/files/resources/mozambique\\_country\\_climate\\_risk\\_assessment\\_report\\_-\\_final.pdf](https://www.climatelearningplatform.org/sites/default/files/resources/mozambique_country_climate_risk_assessment_report_-_final.pdf), acessado 27/06/2019.

JEONG. H, PARK. J, KIM. H. *Determination of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in Environmental Water with Interfering Substances Using the Modified Nessler Method*. Journal of Chemistry Volume 2013, Article ID 359217, 9 p, 2013: Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jchem/2013/359217/>.

KALE, V. *Consequence of Temperature, pH, Turbidity and Dissolved Oxygen Water Quality Parameters*, Department of Electronic Science, KTHM College, Nashik, Maharashtra, India 2016.

KAMBAZA, V. *A terra no contexto do Desenvolvimento da Indústria Mineira: Pressões e conflitos em torno dos DUATS*, DESAFIOS PARA MOÇAMBIQUE 2010- IESE, pp 217-228, Maputo, 2010.

KINDLEIN C. P. *Determinação do teor de nitratos e nitritos na água de abastecimento do Município de Nova Santa Rita*, Canoa-Brasil, 2010.

---

KUMAR M.; PURI A. *A review of permissible limits of drinking water*. 2012. *Indian J Occup. Environ Med*. 2012.

LOAN, D. K; CON, T. H; HONG, T. L. Y. *Quick Determination of Ammonia Ions in Water Environment Based on Thymol Color Creating Reaction* VNU, Hanoi University of Science Copyright. 2013. disponível em: <http://www.m-hikari.com>, Acessado aos 16 de Abril de 2019. Macia, 2009.

MACIA, C. J. *Avaliação de terras da Província de Maputo (Moçambique). O caso das bacias hidrográficas de Changanane e Mazimunhama*, Tese de Pós-Graduação em Geografia-análise ambiental e dinâmica territorial, Campinas-Brasil. 2009.

MEDEIROS et al., *Avaliação Sazonal e Espacial da Qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil*. Articles doi:10.4136/ambi-agua.2054, 2018.

MINISTERIO PARA A COORDENAÇÃO DA ACÇÃO AMBIENTAL- *Avaliação da vulnerabilidade as mudanças climáticas e estratégias de adaptação*. 2005.

MINISTERIO PARA A COORDENAÇÃO DA ACÇÃO AMBIENTAL-*Programa Nacional de Adaptação as mudanças climáticas*, Moçambique, 2007.

MINISTERIO PARA A COORDENAÇÃO DA ACÇÃO AMBIENTAL- *Programa de Acção Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas*, Moçambique, 2009.

MINISTÉRIO DE OBRAS PÚBLICAS HABITAÇÃO E RECURSOS HÍDRICOS- *Política de águas 2016*, Boletim da República, I Série, Número156, Publicação Oficial da República de Moçambique, 2016.

MUCHANGOS, A. *Moçambique: Paisagens Regiões Naturais*. Maputo, Impressão: Tipografia Globo, Lda., 163pp. 1999.

MWANGI, N. *Land Use Practices and Their Impact on the Water Quality of the Upper Kuils River (Western Cape Province, South Africa)*. Tese de Mestrado. 144pp. Cape Town, University of the Western Cape. 2014.

ODUME N. O. *An evaluation of macroinvertebrate-based biomonitoring and Eco toxicological assessments of deteriorating environmental water quality in the Swartkops river, South Africa*, Doctoral Thesis, Rhodes University. 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS- *Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento* (CNUMAD), Agenda 21, cap. 10. Rio de Janeiro, 1992.

PAULOS, E.M. S. *Qualidade da Água para Consumo Humano*- Tese de Mestrado, Covilhã-Portugal, 2008.

---

PEDROSO B.L, De MUNO COLESANTI, M.T- *Determinação do Índice de Qualidade de Água da Bacia hidrográfica do ribeirão da Areia – Goiás, em período de estiagem.* 2017.

PIMENTA *et al*, Qualidade da água e correlação de parâmetros físico-químicos em Drenagens Urbana e Rural de Formosa (GO). *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.6-n.1Dez 2014.

PIRATOBA *et al.*, *Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil*, 2017.

QURESHIMATVA *et al*, *Determination of Physico-Chemical Parameters and Water Quality Index (Wqi) of Chandlodia Lake, Ahmedabad, Gujarat, India J. Environ Anal Toxicol* 5: 288. doi: 10.4172/2161-0525.1000288, 2015.\

RIBEIRO *et al.*, *Estudo da Qualidade das Águas por Meio da Correlação de parâmetros Físicos-Químicos, da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Anicuns*, 2016. doi: 10.21715/GB2358-2812.2016301084. *Geochimica Brasiliensis*. 92. 30(1)84-94, 2016.

RODRIGUEZ M. P. *Avaliação da Qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monolinho) através de variáveis Físicas, Químicas e Biológicas*-Tese de Doutorado-São Carlos-Brasil, 2001.

SANTOS *et al.*,- *Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe*, 2017. *Eng. Sanit. Ambient.* vol.23 no.1 Rio de Janeiro Jan./Feb. 2018. Epub Aug 03, 2017 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017159832>, 2017. Acessado aos 02/07/2018.

SANTOS, F. F. *Determinação de fósforo por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado em matrizes contendo metais alcalinos e alcalinos terrosos e soluções para o seu tratamento.* Fortaleza-Ceará. 2008.

TUNDISI J.G, TUNDISI T. *As múltiplas dimensões da crise hídrica.* *Rev. USP* [Internet]. 2set.2015 [citado 29jan.2020]; (106):21-0. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/109780> .

UNEP/WHO. *Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*, 1996. Disponível em: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resourcesquality/waterqualmonitor.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/waterqualmonitor.pdf). Acessado aos 22 de Outubro de 2019.

UNESCO, *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos* 2019. Não deixar ninguém para trás, factos e dados, 2019. Unesco, Perugia, Itália. 2019.

---

UNOCHA, *Mozambique: Cyclone Idai & Floods Situation Report No.22*, 2019: Maputo, Mozambique, Obtido em: <https://reliefweb.int/report/mozambique/mozambique-cyclone-idai-floods-situation-report-no-22-20-may-2019>. Acessado a 20/20/2019.

VANESSA E. *A problemática do fósforo nas águas para consumo humano e águas residuais* Tese de Mestrado, Algarve, 2012.

VON SPERLING, M. *Estudo e modelagem da qualidade da água de rios. Dissertação (mestrado em química na área de química inorgânica)* -Instituto de Química. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Guidelines for drinking-water quality*, 4th edition, incorporating the 1<sup>st</sup> addendum. Geneva, 2017. Disponível em: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/gdwq4-1st-addendum/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq4-1st-addendum/en/), Acessado a 10/09/2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Guidelines for drinking-water quality. Surveillance and control of community supplies 2<sup>nd</sup> Edition*, v, 3, Geneva, 1997.

YDI, S. J- *Um estudo dos níveis de espécies solúveis de fósforo em córregos urbanos, em função das características de ocupação das áreas drenadas*. São Paulo: Instituto de Química, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado em Química Analítica.2000.

---

## Apêndice 1 - Imagens do local de estudo



Barragem de Pequenos Libombos



Estação Hidrométrica de Goba



Ponte de Boane-Rio Umbeluzi



Lavagem de roupa-Ponte de Mafuiane



Levantamento de dados sobre acesso á água e saneamento- Goba e Boane



Colheita e medição dos parâmetros em campo-rio Umbeluzi

---

**Apêndice 2 – Imagens de instrumentos usados para medição em campo.**



Medidor de Oxigénio Dissolvido  
Temperatura.



Medidor de Condutividade



Medidor de pH e



Medidor de turbidez

## Anexos - Resultados de algumas análises processadas no laboratório.



### Boletim de Análise de Água

F/LNHAÁ/DQ/017  
Revisão/Edição: 01/A

Nº da Ficha: Código: 999 SubCódigo: 999 Nº de Registo: 4654/17  
Proveniência da Amostra: FNI - Sérgio Machava - Rio Umbeluzi - Boane - P3, Bairro: , Av./Rua: , Nº  
Tipo de Amostra: Água do Rio Volume da Amostra: 1L  
Data de Colheita da Amostra: 18/10/2017 Data de Início da Análise: 19/10/2017  
Motivo: Controlo de Qualidade Data de Fim da Análise: 03/11/2017  
Entidade Requisitante: FNI - Sérgio Machava Resp. pela Colheita: Sérgio Machava

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Unidade
Nitratos	Absorção Molecular MI CO7	n	<0.5LQ	mg/L NO3
Nitritos	Absorção Molecular MI CO6	n	<0.03LQ	mg/L NO2
Amoníaco	Absorção Molecular MI CO5	n	<0.04LQ	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	210.0	mg/L CaCO3

### JUÍZO

Taxa: 800.00 (Oitocentos meticais)

Observações: AC - Acreditado s - Parâmetro acreditado n - Parâmetro não acreditado MI - Método Interno  
Os resultados referem-se apenas a amostra analisada.  
Reprodução parcial proibida, excepto quando autorizada pelo Director do Laboratório.  
A amostragem não esta no âmbito da acreditação  
LQ- Limite de quantificação

Directora do Laboratório

Dra. Maria Nivalda Lázaro  
(Especialista)

Data: 03/11/2017

Endereço: Avenida das FPLM nº 2260 - Atrás do Hospital Geral de Mavalane (nas instalações do Centro de Saúde de Mavalane)  
Fax: +258 21 462714 - Telefone: +258 462715 - Telemóvel: +258 82 3069249 - Email: atendimento.lnhaa@gmail.com - Maputo - Moçambique



Laboratório Nacional de Higiene de  
Águas e Alimentos - MISAU  
**Boletim de Análise de Água**

F/LNHA/DQ/017  
Revisão/Edição: 01/A

Nº da Ficha: P1 Código: 999 SubCódigo: 999 Nº de Registo: 1916/18

Proveniência da Amostra: IIA, Bairro: Central, Av./Rua: 24 de Julho, Nº

Tipo de Amostra: Água do Rio

Volume da Amostra: 2L

Data de Colheita da Amostra: 10/05/2018

Data de Início da Análise: 10/05/2018

Motivo: Controlo de Qualidade

Data de Fim da Análise: 14/05/2018

Entidade Requisitante: IIA

Resp. pela Colheita: Sérgio Machava

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Unidade
Nitratos	Absorção Molecular MI CO7	n	42.85	mg/L NO3
Nitritos	Absorção Molecular MI CO6	n	<0.03LQ	mg/L NO2
Amoníaco	Absorção Molecular MI CO5	n	<0.04LQ	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	154	mg/L CaCO3
Fósforo Total	Absorção Molecular MI C18	n	<0.25LQ	mg/L PO4
Quantificação de Coliformes totais	MI - P/LNHA/ML/102 2016-04-22	n	>100	ufc/100 mL
Quantificação de Coliformes fecais	MI - P/LNHA/ML/110 2017-05-05	n	>100	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	MI - P/LNHA/ML/110 2017-05-05	n	>100	ufc/100mL

### JUÍZO

Taxa: 2,150.00 (Dois mil cento e cinquenta meticais)

Observações: AC - Acreditado s - Parâmetro acreditado n - Parâmetro não acreditado MI - Método Interno  
Os resultados referem-se apenas a amostra analisada.  
Reprodução parcial proibida, excepto quando autorizada pelo Director do Laboratório.  
A amostragem não esta no âmbito da acreditação  
LQ- Limite de quantificação

**A Directora do Laboratório**

Dra. Maria Nivalda Lázaro

(Especialista)

Data: 21/05/18

Endereço: Avenida das FPLM nº 2260 - Atrás do Hospital Geral de Mavalane (nas instalações do Centro de Saúde de Mavalane)  
Telefax: +258 21 462714 - Telemóvel: +258 82 3069249 - Email: atendimento.lnhaa@gmail.com - Maputo - Moçambique



**LNHAÁ**  
Laboratório Nacional de Higiene de  
Águas e Alimentos - MISAU  
**Boletim de Análise de Água**

F/LNHAÁ/DQ/017  
Revisão/Edição: 01/A

Nº da Ficha: P3 Código: 999 SubCódigo: 999 Nº de Registo: 1918/18

Proveniência da Amostra: IIA, Bairro: Central, Av./Rua: 24 de Julho, Nº

Tipo de Amostra: Água do Rio

Volume da Amostra: 2L

Data de Colheita da Amostra: 10/05/2018

Data de Início da Análise: 10/05/2018

Motivo: Controlo de Qualidade

Data de Fim da Análise: 14/05/2018

Entidade Requisitante: IIA

Resp. pela Colheita: Sérgio Machava

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Unidade
Nitratos	Absorção Molecular MI C07	n	11.42	mg/L NO3
Nitritos	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	mg/L NO2
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	160	mg/L CaCO3
Fósforo Total	Absorção Molecular MI C18	n	<0.25LQ	mg/L PO4
Quantificação de Coliformes totais	MI - P/LNHAÁ/ML/102 2016-04-22	n	>100	ufc/100 mL
Quantificação de Coliformes fecais	MI - P/LNHAÁ/ML/110 2017-05-05	n	>100	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	MI - P/LNHAÁ/ML/110 2017-05-05	n	>100	ufc/100mL

**JUÍZO**

Taxa: 2,150.00 (Dois mil cento e cinquenta meticais)

Observações: AC - Acreditado s - Parâmetro acreditado n - Parâmetro não acreditado MI - Método Interno  
Os resultados referem-se apenas a amostra analisada.  
Reprodução parcial proibida, excepto quando autorizada pelo Director do Laboratório.  
A amostragem não esta no âmbito da acreditação  
LQ- Limite de quantificação

**A Directora do Laboratório**

Dra. Maria Nivalda Lázaro

(Especialista)

Data: 18.05.18

Endereço: Avenida das FPLM nº 2260 - Atrás do Hospital Geral de Mavalane (nas instalações do Centro de Saúde de Mavalane)  
Telefax: +258 21 462714 - Telemóvel: +258 82 3069249 - Email: atendimento.lnhaa@gmail.com - Maputo - Moçambique



Laboratório Nacional de Higiene de  
Águas e Alimentos - MISAU

## Boletim de Análise de Água

F/LNHAÁ/DQ/017  
Revisão/Edição: 01/A

Nº da Ficha: Código: 999 SubCódigo: 999 Nº de Registo: 4655/17

Proveniência da Amostra: FNI - Sérgio Machava - Rio Umbeluzi - Boane - P4, Bairro: , Av./Rua: , Nº

Tipo de Amostra: Água do Rio

Volume da Amostra: 1L

Data de Colheita da Amostra: 18/10/2017

Data de Início da Análise: 19/10/2017

Motivo: Controlo de Qualidade

Data de Fim da Análise: 03/11/2017

Entidade Requisitante: FNI - Sérgio Machava

Resp. pela Colheita: Sérgio Machava

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Unidade
Nitratos	Absorção Molecular MI CO7	n	<0.5LQ	mg/L NO3
Nitritos	Absorção Molecular MI CO6	n	<0.03LQ	mg/L NO2
Amoníaco	Absorção Molecular MI CO5	n	<0.04LQ	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	80	mg/L CaCO3

### JUÍZO

Taxa: 800.00 (Oitocentos meticais)

Observações: AC - Acreditado s - Parâmetro acreditado n - Parâmetro não acreditado MI - Método Interno

Os resultados referem-se apenas a amostra analisada.

Reprodução parcial proibida, excepto quando autorizada pelo Director do Laboratório.

A amostragem não esta no âmbito da acreditação

LQ- Limite de quantificação

Directora do Laboratório

Dra. Maria Nivalda Lázaro

(Especialista)

Data: 03/11/2017