



**Faculdade de Engenharia**  
**Departamento de Engenharia Química**  
**Curso de Licenciatura em Engenharia**  
**do Ambiente**



**Trabalho de Licenciatura**

**TEMA:** Importância da Conservação da Bacia  
Hidrográfica do Rio Incomáti na Preservação dos  
Serviços Ecosistémicos

**Caso de estudo:** Estuário do Rio Incomáti

**Estudante:**

Shirima, Mary Dionis

**Supervisor:**

Prof. Doutor Diniz Juízo, Eng.º

**Co-supervisor:**

Prof. Doutor Clemêncio Nhantumbo, Eng.º

Maputo, Dezembro de 2022.

**Faculdade de Engenharia**  
**Departamento de Engenharia Química**  
**Curso de Licenciatura em Engenharia**  
**do Ambiente**

**Trabalho de Licenciatura**

**TEMA:** Importância da Conservação da Bacia  
Hidrográfica do Rio Incomáti na Preservação dos Serviços  
Ecosistémicos

**Caso de estudo:** Estuário do Rio Incomáti

**Estudante:**

Shirima, Mary Dionis

**Supervisor:**

Prof. Doutor Diniz Juízo, Eng<sup>o</sup>

**Co-supervisor:**

Prof. Doutor Clemêncio Nhantumbo, Eng<sup>o</sup>

Maputo, Dezembro de 2022.

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu, Mary Dionis Shirima, declaro por minha honra que o presente trabalho com o tema: “Importância da Conservação da Bacia Hidrográfica do Rio Incomáti na Preservação dos Serviços Ecossistêmicos; com o caso de estudo: Estuário do Rio Incomáti” é da minha autoria e resultado do meu empenho e dedicação, que o mesmo teve uma assistência cabal dos meus supervisores; e que nunca foi apresentado para outro propósito que não seja para a obtenção do grau de licenciatura em Engenharia do Ambiente.

Maputo, Dezembro de 2022

---

Mary Dionis Shirima

## **DEDICATÓRIO**

Este trabalho é dedicado de forma especial aos meus pais, Dionis Shirima e Jane Shirima, em memória; meus supervisores; meus irmãos; meus pastores; meus professores; meus amigos e a todos que de alguma forma dedicaram um espaço de tempo para me apoiar, e que o mesmo sirva como fonte de inspiração e motivação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente a Deus pelo dom da vida e por ter me proporcionado tudo o que é essencial para me manter saudável e pela oportunidade de poder fazer um curso de licenciatura e concluí-lo com êxito.

A mim mesma, pela dedicação, resiliência, e por sempre tentar dar o meu melhor em tudo. Ao meu pai, pelo apoio durante a minha formação académica, por me ensinar a dar sempre o melhor de mim e por sempre estar do meu lado em todos momentos.

Os meus agradecimentos especiais se estendem aos meus supervisores, Professor Diniz Juízo e Professor Clemêncio Nhantumbo por serem inspiração e motivação no mundo da ciência; pela paciência, intervenção, contribuição nas correções e suporte na execução deste trabalho; e a Doutora Stéphanie Duvail da IRD por despertar em mim a paixão pela ciência-social, bem como a sua disponibilidade e abertura aos diálogos, que apoiaram incondicionalmente a busca do conhecimento sobre o presente trabalho.

A todos os meus professores pelo conhecimento transmitido durante a formação, a minha equipe de trabalhos em grupo, bem como, todos os colegas e companheiros do dia a dia durante o tempo de formação, endereço o meu agradecimento.

Agradeço, em especial, a Professora Maria Eduardo do Departamento de Engenharia Química (DEQ) pelo suporte e as palavras de sabedoria durante a minha formação especialmente na hora de angústia. Agradeço também, ao pessoal da secretária do DEQ e a todo o pessoal administrativo que pacientemente forneceram o apoio necessário.

Em especial agradeço, o meu pastor, Joshua J. Kanondo por acreditar em mim, encorajar, aconselhar e apoiar nos momentos difíceis; assim como, o meu amigo verdadeiro e parceiro nessa jornada, Frank D. Johnson, pelo sacrifício do seu tempo e suporte a garantir que eu realizasse os trabalhos de forma eficaz. Também, agradeço o meu companheiro deste trabalho, Mocuba J. Mocuba pela ajuda e orientação dele, especialmente na produção dos mapas.

Agradeço à Universidade Eduardo Mondlane pela oportunidade de frequentar o curso de Licenciatura em Engenharia do Ambiente no DEQ da Faculdade de Engenharia, o curso que me proporcionou conhecimentos científicos determinante para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

E a todos que de forma directa ou indirecta apoiaram-me e colaboraram na elaboração deste trabalho, agradeço muito.

***'Asante sana'!***

## **RESUMO**

As actividades realizadas numa bacia hidrográfica influenciam a quantidade e a qualidade da água, bem como, a saúde dos ecossistemas e a disponibilidade dos seus serviços. Actualmente, a preservação dos ecossistemas e dos seus serviços tem sido o foco de inúmeras pesquisas, devido à preocupação com o meio ambiente.

O estuário do rio Incomáti é um exemplo de um ecossistema que fornece serviços que sustentam as comunidades locais, bem como, o ecossistema marinho. As actividades antropogénicas a montante e a exploração dos serviços ecossistémicos afectam a disponibilidade e a qualidade da água e por conseguinte o funcionamento do ecossistema a jusante. No entanto, estudos sobre preservação do ecossistema do Estuário do rio Incomáti e os seus serviços; que analisam ambos qualidade e a quantidade da água dentro da bacia hidrográfica do rio Incomáti são limitados.

Nesse contexto, este estudo avalia como a conservação da bacia hidrográfica do rio Incomáti influencia a disponibilidade dos serviços ecossistémicos no estuário do rio. O trabalho foi desenvolvido por meio da revisão de literatura, assim como, a pesquisa do campo, onde foram avaliados os parâmetros físico-químicos (pH, condutividade eléctrica, oxigénio dissolvido, temperatura e nutrientes) que caracterizam a qualidade da água no estuário. Também foi feito um levantamento dos serviços ecossistémicos existentes no estuário e como estes são afectados pela qualidade e quantidade da água através de entrevistas com as comunidades locais e por observação física.

Os resultados deste trabalho mostram que a qualidade e a quantidade da água no estuário do rio Incomáti são mais afectadas durante a época seca comparado com a época húmida, de tal modo que a disponibilidade dos serviços ecossistémicos, especialmente a alimentação humana, é afectado significativamente. Do estudo, concluiu-se que o fenómeno da intrusão salina avaliado através de medições sucessivas de condutividade eléctrica é o que mais afecta a disponibilidade dos serviços ecossistémicos. A intrusão salina fez com que as comunidades dos bairros de Hobjana e Muntanhana abandonassem os campos agrícolas nas bermas do rio Incomáti porque ficaram menos ou totalmente improdutivos. Infelizmente, foi apurado através de entrevistas com as comunidades locais que a intrusão salina está a avançar o que pode estar a ser causado pela redução do caudal de água do rio.

**Palavras-chaves:** Bacia hidrográfica; acções antropogénicas; serviços ecossistémicos, intrusão salina.

## **ABSTRACT**

Activities carried out in a river basin, as well as land use, influence the quantity and quality of water, as well as the health of ecosystems and the availability of their services. Currently, the preservation of ecosystems and their services has been the focus of numerous researches, due to the concern with the environment.

The Incomati river estuary is an example of an ecosystem which provides services that sustain local communities as well as the marine ecosystem. The upstream activities and exploitation of ecosystem services affect the availability and quality of water and therefore the functioning of the downstream ecosystem. However, studies on the preservation of the Incomati river estuary ecosystem and its services; that analyze both the quality and quantity of water available within the Incomati river basin are limited.

In this context, this study assesses how the conservation of the Incomati river basin influences the availability of ecosystem services in the river estuary. The work was developed through a literature review as well as field research, where the physical-chemical parameters (pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, temperature and nutrients) that influence the water quality in the estuary were evaluated. Also, a survey of the ecosystem services that exist in the basin only in the estuary was made and how these are affected by the quality and quantity of water through interviews with local communities and by physical observation.

The results of this work show that the quality and quantity of fresh water in the estuary of the Incomati river is more affected during the dry season compared to the rainy season, in such a way that the availability of ecosystem services at the study site, especially the provision service (human food) is significantly affected. From the study, it was concluded that saline intrusion phenomenon assessed through successive measurements of electrical conductivity is what most affects the availability of ecosystem services. The saline intrusion has made local communities in the Hobjana and Muntanhana neighborhoods to abandon their agricultural fields near the Incomati river, due to the fact that they have become less or totally unproductive. Unfortunately, it was found through interviews with local communities that saline intrusion is advancing, which may be caused by the reduction in the river's water flow.

**Key-words:** hydrographic basin; anthropogenic actions; ecosystem services; saline intrusion.

**ÍNDICE**

DECLARAÇÃO DE HONRA .....	ii
DEDICATÓRIO.....	iii
AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABELAS .....	xi
ABREVIATURAS, ACRÔNIMOS E UNIDADES .....	xii
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Contexto geral .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Justificativa .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Objectivos.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.1 Objectivo geral .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.2 Objectivos específicos.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 Metodologia.....</b>	<b>5</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Bacias hidrográficas .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Ecossistemas e serviços ecossistémicos .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Fluxos ambientais.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Mudança climáticas.....</b>	<b>13</b>
<b>2.5 Intrusão salina (IS).....</b>	<b>13</b>
<b>2.6 Parâmetros físico-químicos da qualidade da água .....</b>	<b>14</b>
<b>2.6.1 Temperatura (T).....</b>	<b>15</b>
<b>2.6.2 Precipitação (P).....</b>	<b>15</b>
<b>2.6.3 Caudal ecológico (Ce).....</b>	<b>17</b>
<b>2.6.4 Conductividade eléctrica (CE) e Salinidade (S).....</b>	<b>17</b>
<b>2.6.5 Potencial hidrogénico (pH) .....</b>	<b>18</b>
<b>2.6.6 Oxigénio dissolvido (OD) .....</b>	<b>18</b>
<b>2.6.7 Nitratos (N) .....</b>	<b>19</b>
<b>2.6.8 Fosfatos (P).....</b>	<b>19</b>
<b>3. CASO DE ESTUDO: ESTUÁRIO DO RIO INCOMÁTI .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Conceito geral.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Caracterização geral da bacia .....</b>	<b>20</b>

3.2.1 Hidrografia da bacia do rio Incomáti .....	22
3.2.2 Aspectos físico-geográficos da bacia.....	22
3.2.3 Clima da bacia do rio Incomáti em Moçambique .....	23
3.2.4 População na bacia do rio Incomáti em Moçambique.....	24
3.2.5 Uso e cobertura do solo na bacia no território nacional de Moçambique .....	24
3.2.6 Estruturas hidráulicas existentes na bacia do rio Incomáti em Moçambique ....	25
3.3 Local de estudo: Estuário do Rio Incomáti.....	26
3.4 Materiais e procedimentos metodológicos.....	28
3.4.1 Materiais.....	28
3.4.2 Procedimentos metodológicos.....	28
3.4.3 Cronograma de execução .....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
4.1 Características geológicas e vegetativas no local de estudo.....	33
4.2 Parâmetros físico-químicos da qualidade da água no local de estudo .....	34
4.3 Serviços ecossistémicos no local de estudo.....	39
4.4 A disponibilidade dos serviços ecossistémicos no local de estudo.....	41
4.5 Característicos que contribuem na disponibilidade dos serviços ecossistémicos no local de estudo .....	48
4.6 Preservação dos serviços ecossistémicos olhando a qualidade e a quantidade da água no estuário do rio Incomáti .....	51
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....	54
5.1 Conclusão.....	54
5.2 Recomendações.....	55
6. BIBLIOGRAFIA.....	57
7. ANEXOS.....	A1-1
ANEXO 1. Tabela de valores de condutividade elétrica (CE) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época húmida em unidade de micro-Siemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) .....	A1-1
ANEXO 2. Tabela de valores de potencial hidrogénico (pH) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época húmida.....	A1-1
ANEXO 3. Tabela de valores de oxigénio dissolvido (OD) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época húmida em unidade de miligrama por litro (mg/l) .....	A3-1

ANEXO 4. Tabela de valores de temperatura (T) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época húmida em unidade de grau Celcius (° C).....	A4-1
ANEXO 5. Tabela de valores de nitratos (N) dos pontos terrestres (PT), das amostras recolhidos durante a época húmida que foram avaliados no laboratório de DEQ na Faculdade de Engenharia, UEM, em unidade de miligrama por litro (mg/l).....	A5-1
ANEXO 6. Tabela de valores de fosfatos (P) dos pontos terrestres (PT), das amostras recolhidas durante a época húmida que foram avaliados no laboratório de DEQ na Faculdade de Engenharia, UEM em unidade de miligrama por litro (mg/l).....	A6-1
ANEXO 7. Tabela de valores de condutividade elétrica (CE) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época seca em unidade de micro-Siemens por centímetro (µS/cm) .....	A7-1
ANEXO 8. Tabela de valores de potencial hidrogénico (pH) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo durante a época seca.....	A8-1
ANEXO 9. Tabela de valores de oxigénio dissolvido (OD) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época seca em unidade de miligrama por litro (mg/l) .....	A9-1
ANEXO 10. Tabela de valores de temperatura (T) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época seca em unidade de grau Celcius (° C) .....	A10-1
ANEXO 11. Tabela de valores de condutividade elétrica (CE) dos pontos ao longo do rio (PR) avaliados no campo de estudo durante a época húmida em unidade de mili-Siemens por centímetro (mS/cm) .....	A11-1
ANEXO 12. Tabela de valores de temperatura (T) dos pontos ao longo do rio (PR) avaliados no campo de estudo na época húmida em unidade de grau Celcius (° C) .....	A12-1
ANEXO 13. Tabela de valores de salinidade (S) dos pontos ao longo do rio (PR) avaliados no campo de estudo na época húmida em unidade de miligrama por litro (mg/l) .....	A13-1
ANEXO 14. Tabela de valores de condutividade elétrica (CE) dos pontos ao longo do rio (PR) avaliados no campo de estudo durante a época seca em unidade de mili-Siemens por centímetro (mS/cm) .....	A14-1
ANEXO 15. Tabela de valores de temperatura (T) dos pontos ao longo do rio (PR) avaliados no campo de estudo na época seca em unidade de grau Celcius (° C) ..	A15-1
ANEXO 16. Guia de entrevistas .....	A16-1
ANEXO 17. Serviços ecossistémicos de acordo com MEA, 2005.....	A17-1

ANEXO 18. Mapa geral do local de estudo incluindo todos 29 pontos e tabela de serviços ecossistémicos durante a época húmida.....	A18-1
ANEXO 19. Mapa geral do local de estudo incluindo todos 29 pontos e tabela de serviços ecossistémicos durante a época seca .....	A19-1
ANEXO 20. Mapa geral de ecossistema e serviços ecossistémicos do local de estudo com 27 pontos no distrito de Marracuene durante a época húmida .....	A20-1
ANEXO 21. Mapa geral de ecossistema e serviços ecossistémicos do local de estudo com 27 pontos no distrito de Marracuene durante a época seca .....	A21-1
ANEXO 22. Fotos captado durante as entrevistas com as comunidades na época húmida .....	A22-1
ANEXO 23. Fotos captado durante as entrevistas com as comunidades locais durante a época seca .....	A23-1
ANEXO 24. Fotos captado durante o monitoramento dos parâmetros da qualidade de água nos pontos terrestres e ao longo do rio na época húmida .....	A24-1
ANEXO 25. Fotos captado durante o monitoramento dos parâmetros da qualidade de água nos pontos terrestres e ao longo do rio na época seca .....	A25-1

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Divisão geral de bacia hidrográfica desde ao nascente até a foz do rio.....	2
Figura 2: Ilustração de bacia hidrográfica.....	7
Figura 3: Barragem construída numa bacia hidrográfica .....	12
Figura 4: O comportamento ambíguo de áreas marginais dos cursos de água .....	16
Figura 5: Mapa de bacia e sub-bacias do rio Incomáti (Fonte: Adaptada pela autora, 2022) .....	21
Figura 6: Mapa geográfico do local de estudo (Fonte: Adaptada pela autora, 2022) ....	26
Figura 7: A ilustração da diferença entre um estuário e delta.....	27
Figura 8: O mapa geral do local de estudo indicando a distribuição dos pontos terrestre de amostragem na zona 01 a 05 (Fonte: Adaptada pela autora, 2022).....	29
Figura 9: Os mapas de conductividade eléctrica nas épocas húmida e seca no local de estudo (Fonte: Adaptada pela autora, 2022) .....	37
Figura 10: Os mapas de conductividade eléctrica e tipos de culturas agrícolas nas épocas húmida e seca (Fonte: Adaptada pela autora, 2022).....	46

Figura 11: Os mapas de condutividade eléctrica e tipos de peixe nas épocas húmida e seca no local de estudo (Fonte: Adaptada pela autora, 2022) .....47

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Cronograma de execução.....32

Tabela 2: Valores médias dos parâmetros físico-químicos nos pontos terrestres nas épocas húmida e seca do ano hidrológico 2020-2021.....35

Tabela 3: Valores médias de condutividade eléctrica e a temperatura ao longo do rio nas épocas húmida e seca do ano hidrológico 2020-2021.....36

Tabela 4: Os serviços ecossistémicos significativos no local de estudo.....40

Tabela 5: A disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 01 durante as duas épocas (época húmida e seca) do ano hidrológico 2020-2021 .....41

Tabela 6: A disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 02 durante as duas épocas (época húmida e seca) do ano hidrológico do ano 2020-2021.....42

Tabela 7: A disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 03 durante a época húmida do ano hidrológico 2020-2021.....42

Tabela 8: A disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 03 durante a época seca do ano hidrológico 2020-2021 .....43

Tabela 9: A disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 04 durante a época húmida do ano hidrológico 2020-2021.....43

Tabela 10: A disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 04 durante a época seca do ano hidrológico 2020-2021 .....44

Tabela 11: A disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 05 durante as duas épocas (época húmida e seca) do ano hidrológico 2020-2021 .....44

Tabela 12: A disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 06 durante as duas épocas (época húmida e seca) do ano hidrológico 2020-2021 .....45

## **ABREVIATURAS, ACRÔNIMOS E UNIDADES**

ABR – Abril

ARA-SUL – Administração Regional das Águas do Sul

AGO - Agosto

BH – Bacia hidrográfica

Ce – Caudal ecológica

CE – Condutividade elétrica

DEQ – Departamento de Engenharia Química

DEZ – Dezembro

d/m/a – Data/mês/ano

FEV - Fevereiro

GIS – *Geographic Information System*

GPS – *Global Positioning System*

h:m:s – hora:minutos:segundos

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

IRD – *Institut de Recherche pour le Développement*

IRRI – *International Rice Research Institute*

IS – Intrusão Salina

JAN - Janeiro

JUL – Julho

JUN - Junho

Lat – *Latitude*

Long – *Longitude*

MAR – Março

MEA – *Millennium Ecosystem Assessment*

MGTRS – *Multi-Granulation Tolerance Rough Set*

N – Nitratos

NOV – Novembro

OD – Oxigénio dissolvido

ODS – Objectivos de Desenvolvimento Sustentável

OUT – Outubro

P – Fosfatos

PAR – Parâmetro

pH – Potencial hidrogénico

PR – Ponto de monitoramento ao longo do rio

PT – Ponto de monitoramento terrestre

SE – Serviço ecossistémico

SEs – Serviços ecossistémicos

SET - Setembro

SIG – Sistema de Informação Geográfica

T - Temperatura

UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*

UEM – Universidade Eduardo Mondlane

USAID – *United States Agency for International Development*

UTM – *Universal Transverse Mercator*

° C – Grau Celcius (unidade de temperatura)

km – quilómetros

mg/l – miligrama por litro

µS/cm – Microsiemens por centímetros

% - Por cento (Unidade de percentagem)

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto geral

A água é fonte da vida na terra. Ela é um recurso peculiar, não somente pela sua ampla gama de usos, mas também pela sua qualidade de atuar como indicador ambiental de manipulação da terra pelo homem. Devido à sua importância, o conhecimento da distribuição, circulação e uso é fundamental, bem como a sua conservação. (Schiavetti & Camargo, 2002)

A maior parte da água utilizada para consumo humano e em diversas outras actividades é proveniente das fontes de água fresca, tais como rios e aquíferos, ambos relacionados à dinâmica das bacias hidrográficas. A qualidade dessas fontes está relacionada com a geologia, o tipo de solo, o clima, o tipo e quantidade de cobertura vegetal, assim como o grau e modalidade das actividades humanas, ou seja, acções antropogénicas dentro da bacia hidrográfica. Com o desenvolvimento das acções antropogénicas, a qualidade dos recursos hídricos está a ser afectada, e como existe interacção entre os vários cursos de água (desde a montante dos rios aos oceanos), a probabilidade de uma alteração prejudicar uma grande área é eminente. Porém, deve se ter particular atenção com as alterações associadas as acções antropogénicas sobre os recursos hídricos porque o homem é o principal agente modificador do equilíbrio dinâmico das bacias hidrográficas. (Souza & Fernandes, 2000) (Danelon & Rodrigues, 2013)

Contudo, os cursos de água que drenam numa determinada região, apresentam características físico-químicas próprias, que refletem o tipo de actividades ocorrendo no solo ao longo dos mesmos cursos de água. Isso mostra que, a água relaciona-se com toda a vida existente (a existência dos seres vivos na terra se deve graças à presença da água em seu estado líquido na biosfera) através da sua interacção com os demais elementos que compõem a sua bacia hidrográfica. (Tonello, 2005)

Portanto, o termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Este compartimento é drenado superficialmente por um curso de água principal e seus afluentes como é mostrado na figura 1. Todavia, as bacias hidrográficas constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pelas acções antropogénicas que podem acarretar riscos ao equilíbrio e à manutenção da qualidade e quantidade da água, uma vez que estas variáveis são relacionadas com o uso e ocupação do solo. (Souza & Fernandes, 2000)

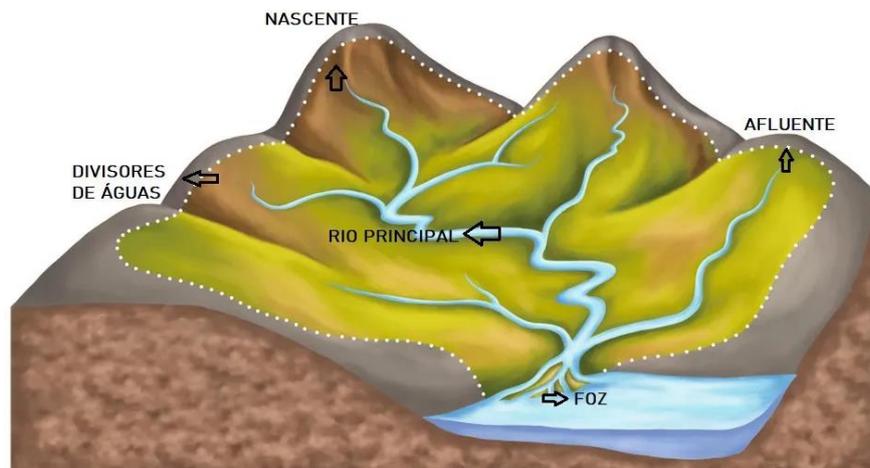


Figura 1: Divisão geral de bacia hidrográfica desde ao nascente até a foz do rio  
(Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/bacia-hidrografica.htm>.)

A bacia hidrográfica deve ser considerada como uma unidade quando se deseja a preservação dos recursos hídricos e os ecossistemas, já que as actividades desenvolvidas no seu interior têm influência sobre a quantidade e qualidade da água, bem como os serviços ecossistémicos. Todavia, o uso e a ocupação do solo da bacia hidrográfica organizado e sustentável são os meios mais eficientes de controlo dos recursos hídricos que a integram. (Tonello, 2005)

Entretanto, as bacias hidrográficas possuem funções ecológicas, ambientais, sociais e estéticas, proporcionando benefícios para os seus habitantes. Porém, a nível global, a saúde dos ecossistemas nas bacias hidrográficas encontra-se fortemente ameaçada pelo crescimento populacional, pressões económicas e mudanças climáticas causadas pelas actividades humanas, ou seja, acções antropogénicas. (Guiomar, et al., 2011)

Acções antropogénicas (como desmatamento; mineração; construção de rodovias e ferrovias; introdução de espécies exógenas; construção de barragens e reservatórios; remoção excessiva de espécies e despejo de materiais residuais) influencia significativamente o ecossistema, ambos, no ambiente aquático e terrestre. Elas podem causar impactos directos aos ecossistemas aquáticos das bacias hidrográficas, com maior intensidade do que os terrestres, afetando os fluxos de matérias e energia.

O acelerado crescimento populacional está associado ao aumento da demanda por água e sobre-exploração de recursos naturais e têm resultado na degradação de ecossistemas aquáticos, muitas vezes de forma irreversível. Neste âmbito, há necessidade de conservar essas bacias hidrográficas, pois as funções dos ecossistemas e seus serviços (serviços ecossistémicos) são particularmente importantes porque a sua recuperação e

mitigação de impactos é primordial para a manutenção e sustentabilidade de todo o planeta.

Os serviços ecossistémicos são os processos naturais que garantem a sobrevivência de espécies no planeta e que provem bens e serviços que satisfazem as necessidades humanas. Eles são os benefícios que o ser humano obtém dos ecossistemas (natural ou modificado), que afectam directamente ou indirectamente o bem-estar humano. Esses serviços podem ser classificados de várias maneiras, dependendo dos objectivos do observador, mas em todas as classificações existentes, quatro grupos de serviços são distinguidos: serviços de provisão ou abastecimento, serviços de regulação, serviços culturais e serviços de suporte ou operacionais. (Brooker, et al., 2016)

Nas áreas desenvolvidas do mundo, muitos dos bens e serviços originários dos ecossistemas das bacias hidrográficas foram perdidos ou diminuídos e degradado devido ao uso insustentável, ou seja, o uso excessivo da água e alterações nos regimes de fluxo relacionadas às acções antropogénicas. Os impactos de maior ocorrência estão associados aos problemas de erosão dos solos, sedimentação de canais navegais dos rios, enchentes, perda de qualidade da água e do pescado e aumento do risco de extinção de elementos da fauna e flora, biodiversidade. (Schiavetti & Camargo, 2002)

Diante do exposto, este trabalho teve como objectivo a avaliar como a conservação da bacia hidrográfica do rio Incomáti influencia a disponibilidade dos serviços ecossistémicos no estuário do rio, localizado em território nacional de Moçambique. Ele foi desenvolvido por meio de uma revisão de literaturas e um trabalho de campo onde foram avaliados seis parâmetros físico-químicos da qualidade de água nomeadamente condutividade eléctrica, oxigénio dissolvido, temperatura, potencial hidrogénico, nitratos e fosfatos. Também foi feito um levantamento dos serviços ecossistémicos existentes no local de estudo por meio de entrevistas e observação física efectuados nas comunidades locais.

O local de estudo foi dividido em seis zonas, de zona 01 a 06 para facilitar as visitas do campo no monitoramento dos parâmetros físico-químicos avaliados e levantamento dos serviços ecossistémicos. Do estudo, concluiu-se que o local de estudo é afectado com o fenómeno de intrusão salina, que fez com que as comunidades da zona 03 e 05 nomeadamente bairro de Hobjana e Muntanhana respectivamente, abandonassem os seus campos agrícolas de arroz nas bermas do rio Incomáti devido ao fato de que ficaram menos ou totalmente não produtivos. E ainda mais, a intrusão salina avança o que pode ser influenciado por falta de quantidade suficiente de água fresca a jusante da bacia

causado pela redução do caudal de água do rio, que podia ajudar a regularizar a salinidade de água no local de estudo.

Portanto, a degradação e perda dos serviços ecossistémicos no local de estudo resultaram em elevar custos económicos em termos de medidas corretivas e reparação de danos, arcado pelas comunidades locais pobres, que dependem dos serviços da natureza directamente para a sua subsistência. Dentro deste contexto, como uma forma de conservar a bacia hidrográfica e garantir a disponibilidade dos serviços ecossistémicos, o estabelecimento de medidas de controle, assim como a gestão dos ecossistemas e recursos naturais da bacia hidrográfica do rio Incomáti, através de um modelo de gestão integrado e eficiente para responder as questões ambientais, torna-se uma tarefa de extrema importância porque a decisão sobre o uso e consumo dos bens comuns como a água e a biodiversidade, não pode ser tomada unilateralmente, por afectar outros usuários.

## **1.2 Justificativa**

Com o desenvolvimento económico e industrial, acompanhado pelo crescimento populacional e melhoria da qualidade de vida das populações, surge a preocupação em relação ao défice de água, e que a demanda de água exceda a capacidade de abastecimento num futuro próximo. Para além disso, a função ambiental dos recursos hídricos, particularmente dos rios, tem se tornado um factor importante, pois atualmente, 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.

As pesquisas relacionadas à qualidade das águas na região sul do país (Moçambique) se potencializa pela enorme quantidade de importantes rios (o Limpopo, Incomáti e Umbeluzi) que drenam essas áreas, que têm seus recursos hídricos utilizados para os mais variados fins, entre os quais muitos estão directamente envolvidos ao uso da população humana.

A escolha do tema se justifica em função do actual cenário de crescimento da população em que as necessidades de água estão a aumentar e que as actuais taxas de consumo da água per capita não podem ser sustentadas na maior parte das bacias no Sul de Moçambique, incluindo o Limpopo, Incomáti e Umbeluzi. Além disso, a intrusão salina que resultou na redução dos níveis da água doce, compromete as actividades agrícolas cuja a irrigação é bastante desenvolvida. No estuário, é necessário um caudal mínimo de  $5\text{m}^3/\text{s}$  só para controlar a intrusão salina. Na parte a jusante da bacia do rio Incomáti há perda de terra e serviços ecossistémicos devido à intrusão salina, como resultado das

reduzidas descargas dos fluxos de água a montante causado pela construção das barragens.

Portanto, a intrusão salina causa a degradação dos ecossistemas em que diminui a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos. A escolha da bacia hidrográfica do rio Incomáti se justifica pela ausência de estudos relacionados ao tema publicados da região e suas águas abastecem a população ao redor e possibilitam seus usos múltiplos, apresentando importância e necessidade quanto ao seu estudo, pois não existem dados que possam subsidiar ações de manejo sustentável. Em particular, as comunidades locais a jusante dessa bacia hidrográfica, enfrentam problemas de degradação e perda de acesso aos recursos terrestres, aquáticos e marinhos e, aos serviços ecossistêmicos. Todavia, conhecimentos sobre os serviços ecossistêmicos nas bacias hidrográficas são necessários para o entendimento dos processos ecológicos que permitam a continuidade desses serviços, garantido a sua disponibilidade, além de fornecer subsídios para adoção de práticas de uso racional e sustentável dos recursos hídricos no país. No entanto, a qualidade das suas águas requer melhor monitoramento.

### **1.3 Objectivos**

#### **1.3.1 Objectivo geral**

O objectivo do presente trabalho é avaliar como a conservação da bacia hidrográfica do rio Incomáti influencia a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos no estuário do rio.

#### **1.3.2 Objectivos específicos**

Por forma a responder o objectivo geral, foram definidos os seguintes objectivos específicos:

- Caracterizar as condições ecológicas no estuário do rio Incomáti, visando uma abordagem integrada dos parâmetros físico-químicos e suas consequências;
- Caracterizar os serviços ecossistêmicos disponíveis no estuário do rio Incomáti;
- Comparar a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos nas duas épocas, época húmida e época seca; e
- Identificar as variáveis, ou seja, características que mais contribuem para a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos no local de estudo.

### **1.4 Metodologia**

O presente trabalho foi desenvolvendo empregando uma abordagem combinada dos métodos qualitativos e quantitativos de pesquisa. Durante a realização do trabalho foi feita pesquisa bibliográfica e trabalho do campo de acordo com a seguinte sequência:

- Consulta bibliográfica sobre o tema em estudo com o objectivo de construção de um referencial teórico sobre bacias hidrográficas e sobre legislações que envolvem os recursos hídricos. Isso foi possível pelo uso da internet procurando literaturas relacionadas ao tema, ou seja, levantamento de artigos, livros, teses, dissertações e monografias referentes ao tema proposto e por fim, a seleção da informação pertinente; Levantamento de dados e informações sobre o local de estudo, que estivessem cartografados e/ou georreferenciados, ou ainda que permitissem estes procedimentos;
- Coleção de informação por meio de entrevistas usando um guia de entrevista anexado (Anexo 16) com as comunidades locais junto com os líderes deles, observação física e marcação dos pontos de monitoramento no local de estudo;
- Monitoramento no campo de estudo no qual foram avaliados alguns parâmetros que auxiliam, primeiramente a caracterização da área de estudo através de observação e a definição de diretrizes para o levantamento destes parâmetros;
- Análise dos dados qualitativos e quantitativos levantados do local de estudo; e
- Elaboração do relatório final, no qual foi apoiado em ferramentas tecnológicas, utilizando-se do SIG, a partir do *software Arc-GIS* como ferramenta de tratamento computacional de dados e informações geográficas e técnicas de geoprocessamento na análise espacial.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Bacias hidrográficas

Bacia hidrográfica como apresentado na figura 2 pode ser definido como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando os riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano. (Teodoro, et al., 2007)

A bacia hidrográfica é denominada de bacia de captação quando atua como colectora das águas pluviais, ou bacia de drenagem quando atua como uma área que está sendo drenada pelos cursos de água. (Souza & Fernandes, 2000)



Figura 2: Ilustração de bacia hidrográfica

(Fonte: <https://image.slidesharecdn.com/cpm-geo-baciashidrogrficas00-161105121348/95/cpm-geo-bacias-hidrogrficas-00-3-638.jpg?cb=1478348049> )

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é uma função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo,

etc.) e do tipo de cobertura vegetal existente. Assim, as características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração e quantidades de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, os escoamentos superficiais e sub-superficiais. Além disso, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica também é afectado por acções antropogénicas, uma vez que, ao intervir no meio natural, o homem acaba interferindo nos processos do ciclo hidrológico. (Tonello, 2005)

Por constituírem ecossistemas com o predomínio de uma única saída, as bacias hidrográficas possibilitam a realização de uma serie de experimentos. As bacias hidrográficas também constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela actividades antropogénica 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. (Souza & Fernandes, 2000)

## **2.2 Ecossistemas e serviços ecossistémicos**

Embora seu conceito seja antigo, o interesse pelos ecossistemas como foco na pesquisa é relativamente recente, tendo ganhado importância considerável devido à crescente preocupação sobre as interconexões entre o estado dos ecossistemas, o bem-estar das pessoas e os impactos negativos que mudanças drásticas nos fluxos de serviços essenciais prestados pelos ecossistemas podem ter sobre o bem-estar das sociedades. (Andrade & Romeiro, 2009)

Ecossistema é um conjunto formado pelas interações entre componentes bióticos, como os organismos vivos (plantas, animais e micróbios) e os componentes abióticos (elementos químicos e físicos, como o ar, a água, o solo e minerais), nos quais o homem é parte integral. Portanto, qualquer ambiente onde há interação entre o meio físico (natureza solar, luminosidade, temperatura, pressão, água, umidade do ar, salinidade, e entre outros) e os seres vivos se constituem um ecossistema, seja ele terrestre, aquático ou marinho, grande ou pequeno. (Ramos & Azevedo, 2010)

Os ecossistemas saudáveis atendem simultaneamente vários aspectos do bem-estar humano, especialmente entre as comunidades pobres que vivem perto da interface terra-água (Forslund, et al., 2009). Estes, ecossistemas fornecem serviços ecossistémicos na forma de recursos, ou seja, bens (como água, alimentos, combustível e madeira) e serviços (como a purificação de ar e da água; a desintoxicação e decomposição de resíduos; regulação do clima; a regeneração da fertilidade do solo; e a polinização das

cultivas). Portanto, o bem-estar humano depende desses serviços ecossistêmicos múltiplos e frequentemente inter-relacionados. (Sukhdev, et al., 2010)

Serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm do ecossistema. Eles referem-se aos benefícios tangíveis que as pessoas obtêm dos ecossistemas, incluindo o uso humano de produtos de florestas, pântanos e oceanos (madeiras, plantas medicinais, produtos alimentares, e entre outros) e as funções desempenhadas pelos ecossistemas que são usadas e valorizadas pelas sociedades humanas, como a provisão de água limpa, polinização de culturas e regulação de clima e condições atmosféricas habitáveis (sequestro de carbono).

Os serviços ecossistêmicos são fornecidas gratuitamente pelos ecossistemas. Os materiais fornecidos gratuitamente pelos ecossistemas são importantes para a subsistência local e para a fabricação de produtos que as pessoas de outras comunidades gostam de comprar.

O (MEA, 2005) categorizou os serviços ecossistêmicos em quatro grupos: serviços de provisão ou abastecimento, serviços de regulação, serviços culturais e serviços de suporte/apoio que contribuem para o bem-estar humano, todas sustentadas pela biodiversidade. Os serviços de provisão, regulação e cultural afectam directamente as pessoas enquanto que os serviços de suporte são necessários para manter os outros serviços.

Os serviços de provisão são os produtos obtidos directamente dos ecossistemas, como alimentos, água, combustível lenhoso e remédios naturais; os serviços de regulação são os benefícios obtidos a partir da regulação dos serviços ecossistêmicos como regulação hídrica, purificação da água, controle de erosão e sedimentação, mitigação de danos naturais, polinização e controle biológico; os serviços culturais são os benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas e são incluídos nesta categoria, as actividades recreativas e ecoturismo; e os serviços de suporte são aquelas serviços necessárias para a produção de todos os outros serviços ecossistêmicos e incluem, a formação de solo, ciclagem de nutrientes e fornecimento de habitat. (MEA, 2005)

Ecossistemas de água doce (rios e pântanos) e fluxos associados, em particular em comparação com ecossistemas de água salgada, fornecem uma ampla gama de serviços: água fresca; proteínas (peixes, camarões e caranguejos); terras férteis para agricultura de recessão e pastagem; populações de animais selvagens para colheita; cultivo de vegetais e frutas; fibra ou matéria-prima orgânica; plantas medicinais, matéria-prima inorgânica, mitigação de cheias e enchentes; e controle de doenças.

Os serviços de provisão são os mais claramente reconhecíveis de todos os tipos de serviços, porque fornecem produtos directos que as pessoas podem usar; podem ser referidos como os bens dos ecossistemas. Os serviços de regulação, por outro lado, são mais facilmente negligenciados, mas são igualmente vitais: os processos de purificação natural em áreas húmidas e ecossistemas fluviais contribuem para a manutenção da água limpa, ou seja, água fresca; a evaporação e infiltração de água fazem parte dos padrões naturais de precipitação e descarga. Os serviços culturais, incluindo locais de beleza científica valorizados para recreação ou locais para cerimônias tradicionais também são importantes, embora sejam menos tangíveis em comparação com os serviços de provisão. (Forsslund, et al., 2009)

Os serviços ecossistémicos têm valores económicos reais hoje em dia e especialmente importância na mitigação de problemas futuros e perdas económicas relacionadas aos problemas ambientais globais, como as mudanças climáticas. Os serviços mantidos pelos ecossistemas têm valores económicos reais que estão vinculados aos produtos, ou seja, os bens fornecidos pelos ecossistemas, embora que somente poucos desses serviços têm preços explícitos ou são comercializados em um mercado aberto. Os que são mais prováveis de serem precificados no mercado são aqueles de consumo, serviços de provisão que apresentam valores de uso directo, como cultivo agrícolas e pecuária, pesca ou água, que são consumidos directamente pelas pessoas. Os valores de uso de não consumo, como a ecoturismo e recreação, que podem incluir a importância cultural ou espiritual de uma paisagem ou de uma espécie, frequentemente tem tido influência na tomada de decisão, mas esses benefícios raramente são contabilizados em termos monetários. Outros benefícios dos serviços, especialmente serviços de regulação, como a purificação da água, regulação do clima (exemplo sequestro de carbono) e polinização, apenas recentemente passaram a ter um valor económico. (Sukhdev, et al., 2010)

Segundo (MEA, 2005), o uso humano de todos os serviços ecossistémicos está crescendo rapidamente. Aproximadamente 60% dos serviços ecossistémicos avaliados estão sendo degradados ou usados de forma insustentável. Metade dos serviços de provisão (6 de 11 serviços) e quase 70% (9 de 13 serviços) dos serviços de regulação e culturais estão sendo degradados. Globalmente, o uso de vários serviços de provisão é insustentável, embora a sustentabilidade do uso deles seja diferente em diferentes locais.

Ainda, de acordo com (MEA, 2005), o abastecimento de água doce (água fresca) é um dos serviços ecossistémicos degradado nos últimos 50 anos porque o seu uso está agora

além dos níveis que podem ser sustentados mesmo nas demandas atuais, muito menos nas futuras. De 5 a 25% do uso global de água doce excede os acessíveis de longo prazo e agora é atendido por meio de transferências de água de engenharia, ou seja, o descoberto de suprimentos de águas subterrâneas. Cerca de 15 a 35% das retiradas de água para irrigação excedem as taxas de abastecimento e, portanto, são insustentáveis.

As modificações dos ecossistemas afectam a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos, como quais habitats ou biodiversidade presentes em um determinado local. Uma mudança em um ecossistema afecta a biodiversidade, ou seja, as espécies no sistema e conseqüentemente afecta os serviços ecossistêmicos. Em geral, os habitats de água doce, ou seja, os ecossistemas aquáticos tendem a ter a maior proporção de espécies ameaçadas, porque eles (ecossistemas aquáticos) foram modificados pela criação de barragens e pela retirada de água para uso humano. Esta construção de barragens e outras estruturas ao longo dos rios tem afectado de forma moderada ou forte os fluxos ambientais em 60% dos grandes sistemas fluviais do mundo (MEA, 2005).

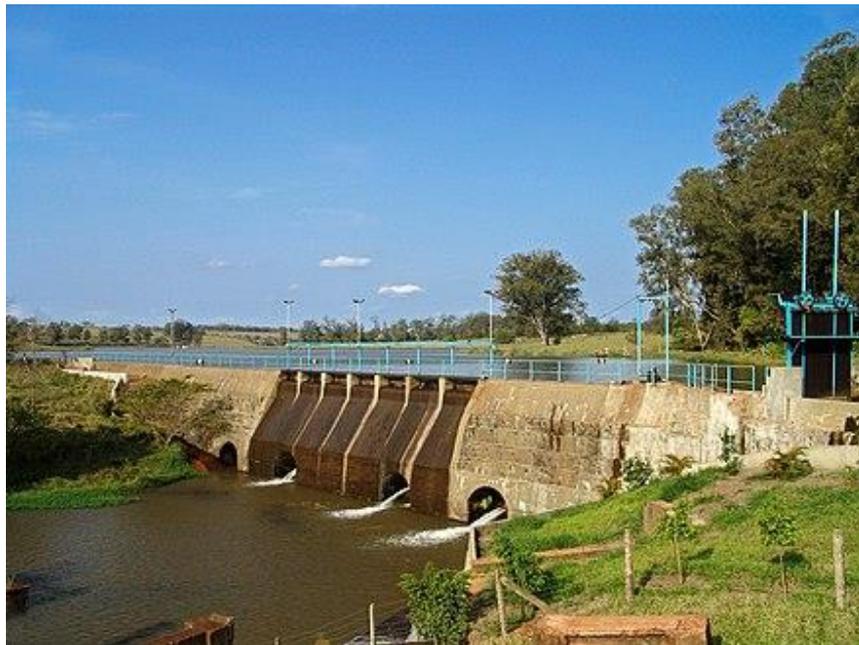
Portanto, para preservar e continuar a beneficiar dos ecossistemas e seus serviços, deve-se assegurar que um regime de fluxos ambientais seja mantido nos rios e pântanos. Porém, a manutenção desses fluxos ambientais também requer uma boa compreensão de como os ecossistemas funcionam e fornecem serviços, e como eles podem ser afectados por diversas pressões. (Forslund, et al., 2009)

### **2.3 Fluxos ambientais**

Os fluxos ambientais da água descrevem a quantidade, qualidade e tempos dos fluxos de água necessários para sustentar os ecossistemas estuarinos e de água doce e os meios de subsistência e bem-estar humanos que dependem deles. Eles apoiam uma gama particular de serviços de provisão, como água fresca e limpa, plantas, materiais de construção e alimentos. Os produtos derivados das águas interiores mais importantes para alimentação humana são os peixes e os outros produtos de pesca. Os fluxos ambientais também apoiam os serviços ecossistêmicos de regulação, como controle de erosão, controle de poluição, controle de inundações e controle de pragas. Além disso, os rios têm valores estéticos, religiosos, históricos e arqueológicos fundamentais para o patrimônio de uma nação. (Forslund, et al., 2009)

Para rios e sistemas de áreas húmidas (pântanos), o regime de fluxos ambientais é determinante mais importante da função do ecossistema e dos bens e serviços fornecidos por essas funções. A construção de barragens (figura 3) e remoção de água

para uso humano reduziu o fluxo de vários rios importantes incluindo o Nilo, o Amarelo e o Colorado, a ponto de nem sempre escoar para o mar. O mesmo aconteceu também em rio Incomáti. À medida que os fluxos de água diminuíram, também diminuíram os fluxos de sedimentos, que são fontes de nutrientes importantes para a manutenção dos estuários. Em todo o mundo, embora as actividades humanas tenha aumentado os fluxos de sedimentos nos rios em cerca de 20%, os reservatórios e desvios de água impedem que cerca de 30% dos sedimentos atinjam os oceanos, resultando em uma redução líquida de entrega de sedimentos aos estuários de cerca de 10%. (MEA, 2005)



*Figura 3: Barragem construída numa bacia hidrográfica*

(Fonte: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/77/Usina\\_Rio\\_Novo\\_REFON.JPG/440px-Usina\\_Rio\\_Novo\\_REFON.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/77/Usina_Rio_Novo_REFON.JPG/440px-Usina_Rio_Novo_REFON.JPG))

Entretanto, o fluxo ambiental alvo não é necessariamente o fluxo natural do rio, mas sim um fluxo negociado, definido por objectivos (decidir o que você deseja alcançar e definir fluxos para alcançá-lo) ou por cenários (negociação entre diferentes usuários). (Forslund, et al., 2009)

Todavia, os apelos para a manutenção de fluxos ambientais estão implícitos em acordos internacionais que vão desde a Agenda 21 da Cúpula da Terra do Rio de 1992 até a Convenção de Ramsar, e requisitos específicos para manter o fluxo ambiental estão começando a aparecer nas leis nacionais de água. No entanto, com tão poucos países desenvolvendo políticas de fluxos ambientais, continua sendo importante considerar mecanismos e sistemas globais através dos quais os países se comprometerão a abordar a saúde de seus sistemas de água doce e especificamente

os fluxos ambientais. A Convenção das Nações Unidas sobre a Lei de Usos Não-navegacionais de Cursos de Água Internacionais é de particular interesse quando se trata de fluxos ambientais porque é a única convenção global que trata dos rios para outros fins que não a navegação, e se aplica a sistemas transfronteiriços de água doce. (Forslund, et al., 2009)

## **2.4 Mudança climáticas**

Segundo o (MEA, 2005), observadas mudanças recentes no clima, especialmente temperaturas regionais mais quentes, já tiveram impactos significativos sobre a biodiversidade e os ecossistemas, incluindo mudanças na distribuição de espécies, tamanho da população, tempo de reprodução ou eventos de migração e aumento na frequência de surtos de pragas e doenças. Até o final deste século, as mudanças climáticas e seus impactos podem ser os principais impulsionadores diretos da perda de biodiversidade e das mudanças nos serviços ecossistêmicos em todo o mundo.

Os cenários desenvolvidos pelo IPCC projectam um aumento na temperatura média global da superfície de 2,0 a 6,4° Celsius acima dos níveis pré-industriais até 2100, aumento da incidência de inundações e secas e um aumento no nível do mar de 8 a 88 centímetros adicionais entre 1990 e 2100.

Os danos à biodiversidade aumentarão em todo o mundo com o aumento das taxas de mudança no clima. Em contraste, alguns serviços ecossistêmicos em algumas regiões podem ser inicialmente aprimorados por mudança projetadas no clima (como aumento na temperatura ou precipitação) e, portanto, essas regiões podem experimentar benefícios líquidos em níveis baixos de mudança climática. Conforme a mudança climática se torna mais severa, no entanto, os impactos prejudiciais sobre os serviços ecossistêmicos superam os benefícios na maioria das regiões do mundo. O balanço das evidências científicas sugeria que haveria um impacto líquido prejudicial significativo sobre os serviços ecossistêmicos em todo o mundo se a temperatura média global da superfície aumentasse mais de 2° Celsius acima dos níveis pré-industrial. (MEA, 2005)

## **2.5 Intrusão salina (IS)**

Refere-se como a penetração, ou seja, invasão da água do mar (água salgada) para zona de água doce, pode ser no aquífero, um rio e/ou canal do rio. A invasão da água salgada para o interior ao longo de rios e canais, combinada com a subsidência e drenagem de terras agrícolas, contribui para melhorar o processo de salinização, o fenômeno que provoca a degradação dos cursos de água doce tornando suas águas impróprias para diversos usos, incluindo o consumo humano. A contaminação de corpos

de água doce pela IS é um problema global, afectando a qualidade da água, a saúde da vegetação e as condições do solo a longo das linhas costeiras. A deterioração destes recursos hídricos ameaça a sustentabilidade do abastecimento de água das comunidades costeiras e o seu desenvolvimento económico. Dependendo do local, a invasão da água salgada no interior dos rios e canais varia sazonalmente. (Felisa, et al., 2013)

Embora que, os métodos de investigação da ocorrência de IS ainda não são muito discutidos, actualmente pesquisas extremas estão sendo realizadas em todo o mundo para entender os seus mecanismos e desenvolver estratégias para controlar o processo. Por exemplo, soluções tecnológicas caras; como dessalinização, barreiras ou poços de injeção foram implementados para lidar com a redução da disponibilidade de água doce. (Felisa, et al., 2013)

## **2.6 Parâmetros físico-químicos da qualidade da água**

A qualidade da água é uma medida da condição da água em relação aos requisitos de uma ou mais espécies bióticas e/ou a qualquer necessidade ou propósito humano. Por causa de crescimento populacional e negligência do ser humano a qualidade da água está sendo deteriorada dia a dia. As características físicas, químicas e biológicas da água são alteradas de tal forma que não são úteis para o fim a que destinam. A consideração da qualidade da água é importante na avaliação de habitats de rios e zonas húmidas porque uma série de factores físicos e químicos interagindo podem influenciar os níveis de produtividade primária e, assim, influenciar a estrutura trófica e a biomassa total em toda a cadeia alimentar aquática. (Tiwari, 2015)

A qualidade da água difere dependendo do uso proposto da água. A água imprópria para um uso pode ser bastante satisfatória para outro uso e a água pode ser considerada aceitável para um uso particular se água de melhor qualidade não estiver disponível. Os requisitos de qualidade da água devem ser acordados com os padrões de qualidade da água, que são estabelecidos pelo órgão governamental e representam os requisitos da legislação. (Omer, 2019)

A boa qualidade da água pode ser avaliada por meio do estudo de suas características físicas e químicas. É muito essencial e importante testar a água antes de ser usado par consumo, uso doméstico, agrícola ou industrial. A qualidade da água deve ser testada com diferentes parâmetros físico-químicos. A seleção dos parâmetros para testar a

qualidade da água depende exclusivamente de para que finalidade vamos usar essa água e até que ponto precisamos da sua qualidade e pureza. (Tiwari, 2015)

Os parâmetros físico-químicos que são frequentemente necessários na monitoria da qualidade de água, especificamente em uma bacia hidrográfica incluem temperatura (T), precipitação (P), potencial hidrogénica (pH), salinidade (S) e/ou condutividade eléctrica (CE), oxigénio dissolvido (OD), caudal ecológico (Ce), presença de nutrientes (nitratos  $\text{NO}_4^{3-}$  e fosfatos  $\text{PO}_4^{3-}$ ), e entre outros.

### **2.6.1 Temperatura (T)**

A temperatura é um parâmetro físico da água que se refere a quão frio ou quente é o fluxo. Ela é uma de suas propriedades mais básicas, e muitos outros parâmetros dependem dela para precisão, e exerce uma grande influência na actividade biológica e no crescimento, tendo efeito na química da água, pode influenciar as medições da quantidade de água e governa os tipos de organismos que vivem em corpos de água. A temperatura governa os tipos de organismos que podem viver num curso de água. Peixes, insetos, zooplâncton, fitoplâncton e outras espécies aquáticas têm uma faixa de temperatura preferida. À medida que as temperaturas ficam muito acima ou abaixo dessa faixa preferida, número de indivíduos da espécie diminui até que finalmente não há mais nenhum. (Omer, 2019)

Água quente contém menos oxigénio dissolvido do que a água fria e pode não conter oxigénio dissolvido suficiente para a sobrevivência de diferentes espécies de vida aquática. Alguns compostos também são mais tóxicos para a vida aquática em temperaturas mais altas. Portanto, no monitoramento da qualidade da água e na pesquisa científica de campo, a temperatura é medida em grau Celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### **2.6.2 Precipitação (P)**

A precipitação, na forma de chuva, neve ou granizo, é o principal mecanismo natural de restabelecimento dos recursos hídricos da superfície terrestre. Do ponto de vista hidrológica, na região tropical, as precipitações em forma de chuva são as de maior interesse. Na ótica agrícola, as precipitações são de grande importância econômica, pois delas dependem a produção das culturas não irrigadas, o dimensionamento dos sistemas de drenagem, de barragens, pontes e outras estruturas hidráulicas, o planeamento da conservação dos solos e manejo da irrigação, etc. Também, têm sua importância social, pois delas dependem muitos pequenos agricultores para a sua sobrevivência no campo.

A precipitação que cai sobre a bacia hidrográfica atinge as vertentes e infiltra-se no solo até que o mesmo atinja sua saturação, gerando, assim, o escoamento superficial das vertentes para os cursos de água (rede de drenagem) que transporta a água até o seu exutório ou seção de saída. Devido à falta de planejamento do uso e ocupação do solo urbano e rural, observa-se, comumente, uma série de problemas relacionados à ocupação desses solos que directa ou indirectamente causam problemas à gestão de bacias hidrográficas. No mundo moderno, observa-se que um dos problemas mais graves está relacionado com a ocupação de áreas marginais dos cursos de água sujeitas às inundações. Na figura 4 abaixo, observa-se um comportamento ambíguo dessas áreas marginais dos cursos de água, primeiro como áreas de vertente, quando os níveis de águas se apresentam baixos, ou seja, leito menor, depois como áreas de transporte e escoamento, quando o nível dos mesmos apresenta o leito maior, ou seja, cheias. (Schiavetti & Camargo, 2002)

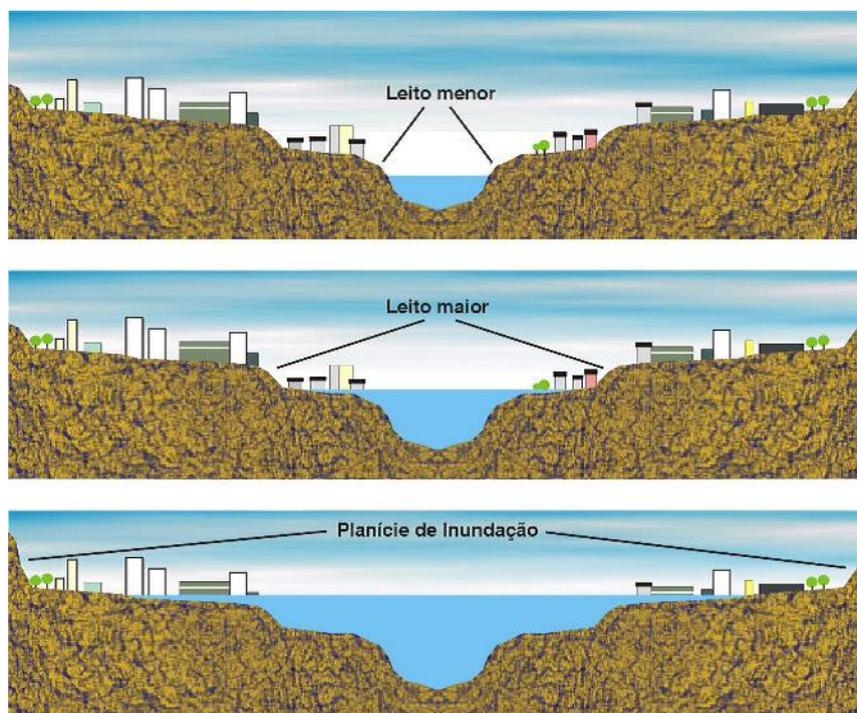


Figura 4: O comportamento ambíguo de áreas marginais dos cursos de água

(Fonte: [A Engenharia nos Ensina...: Alagamento, Enchente ou Inundação?](#))

Portanto, os cursos de água têm seu leito classificado em três partes: **leito menor**, **leitor maior** e **planície de inundação**, conforme ilustrado na figura. Assim, podemos entender que enchente é algo natural aos cursos de água, após a ocorrência de intensas chuvas que provocam enormes vazões, porém, quando ocorre inundação, é sinal que a ocupação humana falhou, no ato de ocupar o solo nas áreas de vazante dos cursos de água.

### **2.6.3 Caudal ecológico (Ce)**

Caudal ecológico é o regime hídrico de um rio e zona húmida para manter os ecossistemas e os seus benefícios. O regime de caudais ecológicos refere-se uma combinação de valores de caudal ao longo do ano, que deverá ter em consideração o regime hidrológico natural da linha de água, as necessidades do ecossistema aquático, em particular das espécies ao longo do seu ciclo de vida e a qualidade da água no troço a jusante da bacia. Os regimes de caudais ecológicos têm por objectivo satisfazer as necessidades dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos e constituem regimes de caudais mínimos a manter no curso de água, que permitam assegurar a conservação e a manutenção dos ecossistemas aquáticos naturais, protecção das espécies com interesse desportivo ou comercial, assim como a conservação e manutenção dos ecossistemas ripícolas. (ATKINS-ISA, 2014)

O regime natural do fluxo de água é um dos factores ambientais mais determinantes, condicionando a composição, estrutura, funções e a dinâmica dos ecossistemas fluviais, os quais, por sua vez, condicionam a riqueza e a diversidade das espécies. De modo a mitigar os impactos negativos, é necessário definir a jusante um regime de caudais ecológicos. (ATKINS-ISA, 2014)

### **2.6.4 Conductividade eléctrica (CE) e Salinidade (S)**

Sais e outras substâncias afectam a qualidade da água usada para irrigação ou consumo. Eles também têm influência crítica na biota aquática, e todo tipo de organismo tem uma faixa de salinidade típica que pode tolerar. Os sais que se dissolvem na água se quebram em iões carregados positivamente e negativamente. A presença de iões dentro da água, geralmente devido à água salgada e em parte à lixiviação é indicado por conductividade eléctrica (Tiwari, 2015). A conductividade eléctrica da água é a capacidade da água de transportar ou conduzir uma corrente eléctrica e os iões (sais dissolvidos) são os condutores. Como a corrente eléctrica é transportada por iões em soluções, a conductividade eléctrica aumenta à medida que a concentração de iões aumenta. (Omer, 2019)

A salinidade é uma medida da quantidade de sais na água. Como os iões dissolvidos aumentam a salinidade e a conductividade eléctrica, as duas medidas estão relacionadas. As medições de conductividade eléctrica (CE), juntamente com a temperatura (T), permitem que os valores de salinidade (S) sejam calculados por meio de algoritmos. A intrusão salina pode mover para a montante e isso pode ser indicado por valores altas de conductividade eléctrica. (Tiwari, 2015)

Portanto, a condutividade eléctrica é um dos principais parâmetros utilizados para determinar a adequação da água para irrigação e combate a incêndios, e no monitoramento da qualidade da água e na pesquisa científica de campo, a condutividade eléctrica é medida em mil Siemens por centímetro (mS/cm) ou micro-Siemens por centímetro ( $\mu$ S/cm) e a salinidade em miligrama por litro (mg/l). (Omer, 2019)

### **2.6.5 Potencial hidrogénico (pH)**

Segundo (Omer, 2019), este é um dos parâmetros mais importantes da qualidade da água, definido como o logaritmo negativo da concentração de iões de hidrogénio. Ele é um número adimensional, no qual varia de 0 a 14, que indica a força de uma solução ácida ou básica, com 7 sendo neutro. O pH inferior a 7 indica acidez, enquanto que um pH superior a 7 indica uma solução de base. A maioria dos animais e plantas aquáticos se adaptou à vida na água com um pH específico e pode sofrer até mesmo uma pequena mudança. Água com pH muito baixo ou alto é fatal. Um pH abaixo de 4 ou acima de 10 matará a maioria dos peixes, e muito poucos animais pode suportar água com pH abaixo de 3 ou acima de 11.

Existem dois métodos disponíveis para a determinação do pH: método eletrométrico e colorimétrico (Omer, 2019). Portanto, alterações no valor de pH devem ser analisadas com atenção, pois, também podem refletir negativamente na vida aquática, podendo vir a ocasionar a mortandade de peixes. O nível de pH também tem grande importância para o tratamento de esgotos, uma vez que apresentando níveis básicos podem ocasionar interferência nos agentes biológicos utilizados nessa prática de tratamento. (Danelon & Rodrigues, 2013)

### **2.6.6 Oxigénio dissolvido (OD)**

Este é um importante parâmetro para avaliação da poluição de água. Ele é oxigénio molecular gasoso na forma de  $O_2$  originando da atmosfera ou como subproduto da fotossíntese, considerado um dos parâmetros mais importantes da qualidade da água em córregos, rios e lagos. Ele é um indicador básico da saúde do ecossistema. Quanto maior for a concentração de oxigénio dissolvido, melhor é a qualidade da água. A quantidade real de oxigénio dissolvido varia dependendo da pressão, temperatura e salinidade da água. Portanto, o oxigénio é ligeiramente solúvel em água e muito sensível à temperatura. Por exemplo, a concentração de saturação a 20° C é de cerca de 9mg/l e a 0° C é de 14,6 mg/l. (Omer, 2019)

Este parâmetro tem sua importância otimizada quando se preconiza a vida aquática, uma vez que em níveis insatisfatórios pode afectar negativamente a biodiversidade. Portanto, no monitoramento da qualidade da água e na pesquisa científica de campo, oxigénio dissolvido é expresso em muitas unidades diferentes, mas mais frequentemente em miligrama por litro (mg/l) ou percentagem de saturação (OD%), mas a unidade mg/l é simples, pois são os miligramas de oxigénio gasoso dissolvidos em um litro de água. Existem três métodos principais usados para medir as concentrações de oxigénio dissolvido: o método colorimétrico, rápido e barato; o método de titulação de Winkler, método tradicional; e o método eletrométrico. (Danelon & Rodrigues, 2013)

### **2.6.7 Nitratos (N)**

O crescimento de macrófitas e fitoplâncton é estimulado principalmente por nutrientes como nitratos. Uma alta concentração de nitratos nas águas superficiais pode estimular o rápido crescimento de algas que degradam a qualidade da água. Os métodos principais usados na medição de nitratos nas amostras aquosas são colorimétricos, potenciométrico: eléctrodo seletivo de iões, e espectrofotométrico.

Muitos corpos de água doce estão atualmente sofrendo influxos de nitrogénio e fosforo de fonte externas. A concentração crescente de fósforo disponível permite que as plantas assimilem mais nitrogénio antes que o fósforo se esgote. Assim, se fósforo suficiente estiver disponível, a alta concentração de nitratos levará à produção de fitoplâncton (algas) e macrófitas (plantas aquáticas). Isto é principalmente devido ao uso de fertilizantes. (Tiwari, 2015)

Os nitratos podem entrar na água subterrânea a partir de fertilizantes químicos usados nas áreas agrícolas. A concentração excessiva de nitrato (mais de 10mg/l) na água potável causa uma ameaça imediata e grave à saúde dos bebês. Os iões de nitrato reagem com hemoglobina do sangue, reduzindo assim a capacidade do sangue de reter oxigénio, o que leva à doença chamada bebê azul ou metemoglobinemia. (Omer, 2019)

### **2.6.8 Fosfatos (P)**

Os iões de sulfato ocorrem na água natural e nas águas residuais. A alta concentração de sulfato na água natural é geralmente causada pela lixiviação de depósitos naturais de sulfato de sódio ou sulfato de magnésio. Se alta concentração for consumida na água potável, pode haver gostos desagradáveis ou efeitos laxantes indesejados, não há perigo significativo para a saúde pública. (Omer, 2019)

### **3. CASO DE ESTUDO: ESTUÁRIO DO RIO INCOMÁTI**

#### **3.1 Conceito geral**

Moçambique situa-se no sudeste do continente africano e partilha nove bacias hidrográficas transfronteiriças, das quais em oito localiza-se mais a jusante do país. Mais de 50% dos recursos hídricos existentes no país entram através dessas bacias hidrográficas. (ARA-SUL, 2008)

Na região Sul de Moçambique, todos os principais rios (tais como Maputo, Umbelúzi, Incomáti, Limpopo e Save) tem a sua origem em países vizinhos e escoam em Moçambique. Uma abstração significativa desses rios em países à montante, juntamente com alto fluxo de variabilidade, reduz a disponibilidade na região Sul. A gestão dessas bacias e reservatórios a montante tem impactos diretos aos ecossistemas das bacias em Moçambique.

#### **3.2 Caracterização geral da bacia**

A bacia do rio Incomáti é uma bacia de rio internacional localizadas na região da África Austral no canto sudeste de África compartilhada por três estados (nações): República da África do Sul, Reino da Suazilândia (Essuatíni desde Abril de 2018) e a República de Moçambique como indicado no mapa da figura 5. Ela abrange uma área total da bacia de aproximadamente 50.000 km<sup>2</sup>, dos quais somente 32% situa-se em território Moçambicano. Na Suazilândia a área é de 6% e na República da África do Sul é de 62%. Os principais afluentes são Komati, Crocodilo e Sábie. (ARA-SUL, 2008)

O rio nasce na África do Sul no planalto do Transval, a cota de cerca de 1030m, em Breyten, entre Carolina e Ermalo, seguindo uma orientação leste, atravessa a Suazilândia encontrado pouco depois a cordilheira dos Libombos que obriga a orientar-se no sentido norte até encontrar finalmente a garganta (Koomartport) em África do Sul, na qual faz fronteira com Ressano Garcia em Moçambique, recebe o seu afluente Crocodilo, e penetra em Moçambique (Machute, 2019). Em Moçambique, o rio desagua por um estuário no Oceano Índico no distrito de Marracuene, depois de percorrer 280km no território Moçambicano. Portanto, o Komati entra em Moçambique, a jusante da afluência dos rios Komati e Crocodilo em Ressano Garcia, passando a chamar-se Incomáti. (ARA-SUL, 2008)

Segundo (Souza & Fernandes, 2000), a subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem como a bacia do rio Incomáti em seus componentes, sub-bacias, permite a pontuar os problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação

de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental instalados e o grau de comprometimento da produção sustentada existente. Portanto, a figura 6 indica a bacia e sub-bacias do rio Incomáti.

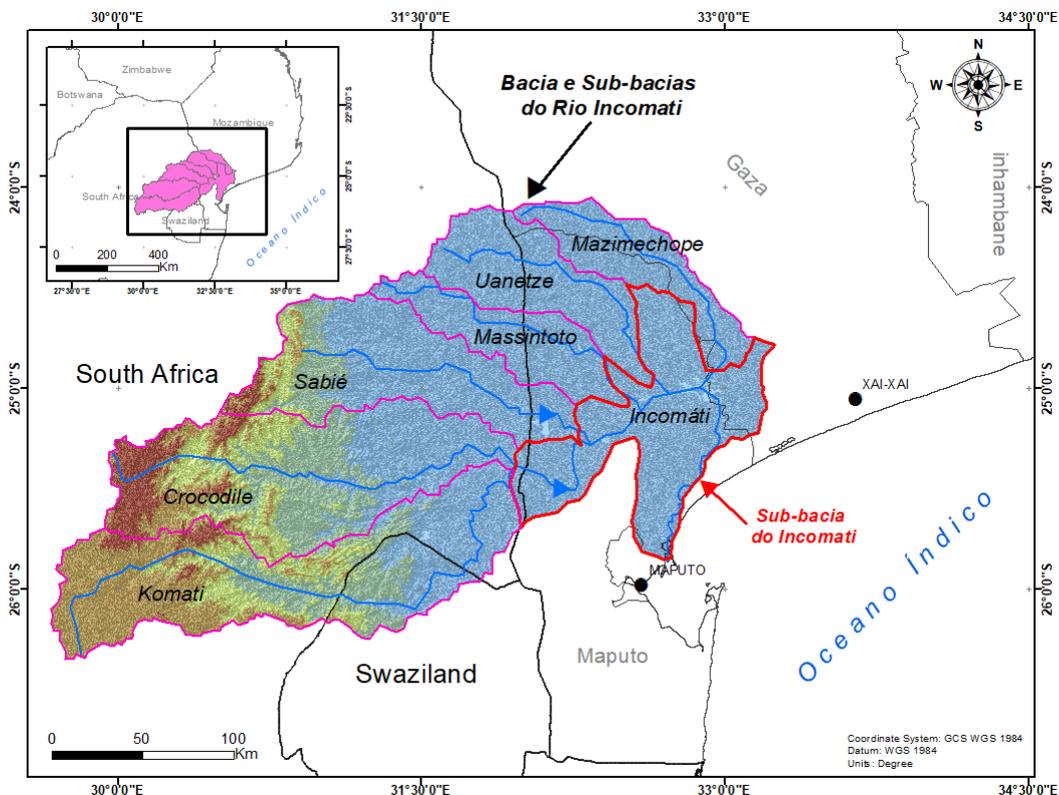


Figura 5: Mapa de bacia e sub-bacias do rio Incomáti (Fonte: Adaptada pela autora, 2022)

A bacia do rio Incomáti é de grande importância estratégica para a África do Sul, pois suporta uma grande quantidade de actividades económicas do país. Na Suazilândia, a água é desviada para o rio Umbeluzi para irrigar machambas de cana-de-açúcar. Um aspecto incomum desta bacia é que a África do Sul é um ribeirão a montante e a jusante em relação à Suazilândia, então as barragens construídas no país aumentam a produção para subsequente lançamento a jusante e são, portanto, uma vantagem para a África do Sul. (Turton, et al., 2004)

Portanto, a bacia hidrográfica do rio Incomáti em Moçambique situa-se entre os paralelos 24°30' S e 26°30' S, bem como, os meridianos de 29°30' E e 33°30' E. Os limites dessa bacia são a bacia hidrográfica do rio Limpopo a Norte e a do rio Umbeluzi a Sul, a Este faz limite com o Oceano Índico e a Oeste é partilhada pela África do Sul e Suazilândia onde faz o seu limite. Ela situa-se numa área classificada como semiárida e a contribuição de Moçambique para o escoamento do rio é aproximadamente de 4%.

Isto significa que Moçambique é altamente dependente da água exógena que atravessa a fronteira com a África do Sul. O rio Incomáti também é de grande importância para a Suazilândia. (Turton, et al., 2004) (ARA-SUL, 2008)

Para as características meteorológicas da bacia do rio Incomáti no território nacional de Moçambique optou-se por três zonas e três cenários. As zonas selecionadas são o alto, o médio e baixo Incomáti, sendo o alto Incomáti é a área entre a fronteira com a África do Sul até Magude; o médio Incomáti, a área compreendida entre as sessões de Magude e Palmeira; e o baixo Incomáti, a área a jusante de Palmeira até a foz do rio. (ARA-SUL, 2008)

Entretanto, o rio Incomáti é um recurso hídrico transfronteiriço que partilham em uma teia complexa alta e fortemente ligada de interdependências ambientais, económicas, política e segurança. Isto é por causa de qualquer manipulação do rio Incomáti e seus cursos de água por qualquer estado (país) ribeirinho inevitavelmente tem impactos económicos, ambientais e de segurança em outros países ribeirinhos. Tais interdependências induzidas hidrologicamente contam crescendo com o tempo assim que a procura e competição pelos rios partilhados também cresce, forçando os estados (nações) ribeirinhos a interagir um com outro indefinidamente. Isto torna os estados vulneráveis às inevitáveis recessões e progressos das relações internacionais e política doméstica num sistema internacional interdependente. (Machute, 2019)

### 3.2.1 Hidrografia da bacia do rio Incomáti

Os principais afluentes são Komati, Crocodilo e Sabié. O Komati entra em Moçambique à jusante da confluência dos rios Komati e Crocodilo em Ressano Garcia, passando a chamar-se Incomáti. O comprimento do rio em Moçambique é de 280km, cerca de 40% do comprimento total do rio. (ARA-SUL, 2008)

### 3.2.2 Aspectos físico-geográficos da bacia

Os aspectos físico-geográficos, ou seja, aspectos físicos e geográficos, em geral são aqueles que explica os processos que moldam a superfície da terra, os animais e plantas que a habitam, bem como, os padrões espaciais que exibem como a geologia e geomorfologia, topografia e tipos de solos. Portanto, a seguir são os aspectos físico-geográficos da bacia do rio Incomáti:

- **Geologia e geomorfologia:** Segundo a ARA-SUL (2008), na bacia do rio Incomáti encontram-se formações pertencendo a vários sistemas, nomeadamente o Transvaal, complexo arcaico, Karroo, na Suazilândia, sendo a maior parte da bacia em território Sul-Africano constituída por granitos e gneiss. Em Moçambique encontram-se junto à fronteira e em todo o seu comprimento uma faixa de riólitos e basaltos. Entre o Sábie e o Uanetzi aparecem formações de cretáceo.

Entretanto, na bacia existem ocorrências de vários minerais, mas apenas o carvão, o amianto e o ouro são extraídos.

- **Topografia:** A parte moçambicana do rio Incomáti não possui um relevo assinalável, as altitudes maiores não ultrapassam os 2800m e localizam-se na zona fronteiriça com a África do Sul e as altitudes mínimas variam de 0 a 50m localizadas na região Sul (imediações de Magude) ao longo da faixa costeira quase a foz. Esta característica do relevo do baixo Incomáti faz com que a região seja vulnerável à intrusão salina e cheias, uma vez que uma vasta área se encontra abaixo do nível médio do mar. (Jambane, 2018)
- **Solos:** A disponibilidade de informações sobre os solos de uma bacia hidrográfica é muito importante para o planeamento e identificação de sensibilidade à erosão, contaminação das águas subterrâneas e avaliação do potencial de retenção de água e velocidade de escoamento desta. Porém, o nível de detalhamento dos estudos sobre a relação entre os diferentes tipos de solo e o comportamento hídrico, qualidade da água e áreas de risco depende da escala e do nível de detalhe do levantamento que se deseja realizar.

Os solos predominantes na bacia do rio Incomáti em Moçambique derivam dos sedimentos do Karro, Terciário e Quaternário. Na região oriental de vale, próximo da foz do rio, os solos são arenosos e tem maior capacidade de retenção da água que varia da média a muito boa, atraindo mais as populações que praticam a agricultura e pastagem de gado. Contrariamente à nascente, os solos apresentam-se argilosos, alterando-se gradualmente para arenoargilosos na faixa central. Estes solos na sua maioria são pouco permeáveis dificultando a infiltração da água dando uma maior vulnerabilidade de ocorrência de cheias pela fraca retenção. Estas características acentuam a vulnerabilidade da região do vale de Incomáti, as cheias e a intrusão salina, associadas ao facto de que uma grande parte da planície se encontra abaixo do nível médio das águas do mar. (Jambane, 2018)

### 3.2.3 Clima da bacia do rio Incomáti em Moçambique

O clima da região da bacia do rio Incomáti em Moçambique varia de tropical húmido de savana, na Costa, passando para seco de estepe, nas regiões mais a oeste e centrais. Portanto, a zona de Magude, e na área ocidental do país passa a ser do tipo seco de estepe com estação seca no inverno. (ARA-SUL, 2008)

A temperatura média anual varia entre 22,4° C a 23,9° C e a precipitação média anual varia entre 1073mm em Calanga (P307), na Costa, a 509mm em Mapulanguene (P 600), perto da fronteira com África do Sul. A precipitação média anual, na área moçambicana da bacia, é de cerca de 650mm (ARA-SUL, 2008). As temperaturas máximas e mínimas das médias mensais registam-se nos meses mais quentes (Dezembro e Janeiro) e frios (Junho e Julho) do ano variando entre 18° C e 24° C. (Jambane, 2018)

As cheias na bacia do rio Incomáti, são originadas essencialmente pelo factor distribuição temporal e espacial da precipitação, concentrada num único período, e com maior intensidade. A bacia está situada entre as isoietas de 700mm e 1800mm. A distribuição anual da precipitação é caracterizada pelo facto de praticamente toda a chuva se concentrar durante os meses de verão, Outubro à Abril, culminado muitas vezes em cheias. Durante os meses de Junho à Agosto geralmente regista-se fraca precipitação. (Jambane, 2018)

De um modo geral, a pluviosidade encontra-se repartida de forma irregular ao longo do ano, com 85% da precipitação a ocorrer em média entre os meses de Outubro e Março sendo fraca nos períodos restantes.

### **3.2.4 População na bacia hidrográfica do rio Incomáti em Moçambique**

A área que utiliza recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Incomáti em Moçambique, comporta uma população de aproximadamente 180.504 habitantes. A população encontra-se concentrada ao longo das margens do rio Incomáti e uma parte significativa da população concentra-se ao redor da albufeira de Corumana. O maior aglomerado verifica-se na região Centro, Este e Sul do baixo Incomáti. Dentre vários factores, a aproximação aos recursos hídricos e as características do solo são os que melhor explicam a distribuição da população na bacia do Rio Incomáti. (Jambane, 2018)

### **3.2.5 Uso e cobertura do solo na bacia no território nacional de Moçambique**

As características de geração de escoamento em uma bacia hidrográfica são fortemente influenciadas pelo uso e ocupação do solo, uma vez que grande parte dos processos de transformação de escoamento depende do tipo de cobertura existente. As informações do uso e cobertura do solo são elementos básicos para o planeamento de uma bacia hidrográfica, pois retratam as actividades económicas desenvolvidas e que podem significar pressões e impactos sobre os elementos naturais.

Considerando que a bacia hidrográfica é a unidade de planeamento, é fundamental e essencial pensar sobre sua gestão a partir de suas características naturais. Portanto, deve-se considerar que o comportamento de uma bacia hidrográfica ao longo do tempo ocorre por dois factores, sendo eles, de ordem natural, responsáveis pela predisposição do meio à degradação ambiental, assim como, factores antropogénicos, onde as actividades humanas interferem de forma directa ou indirecta no funcionamento da bacia hidrográfica. (Vilaça, et al., 2009)

O local de estudo predomina a vegetação do tipo savana ocupando mais da metade da área em estudo, quando se aproxima ao litoral predomina a floresta sempre verde,

registando-se também a ocorrência com uma percentagem reduzida de áreas construídas. As condições climáticas disponíveis na região fazem com que o desenvolvimento de vegetação seja reduzido. Ao longo da bacia hidrográfica do rio Incomáti, em território nacional de Moçambique, é praticada a agricultura se sequeiro e pastagem nas áreas de savana. (Jambane, 2018)

Solos da parte a jusante da bacia são principalmente aptos para arroz, particularmente perto da foz e noutras zonas como os terraços mais elevados de origem marinha. Existem algumas colinas arenosas, boas para o cultivo de vegetais e bananas. Na parte central, as deposições fluviais são boas para trigo, milho, cana de açúcar e vegetais. Mais a montante, existem terraços elevados com solos argiloarenosos, que são indicados para citrinos e mandiocas entre outras culturas. (ARA-SUL, 2008)

### **3.2.6 Estruturas hidráulicas existentes na bacia do rio Incomáti em Moçambique**

Na bacia hidrográfica do rio Incomáti existem quatro estruturas hidráulicas no território moçambicano, nomeadamente barragem de Corumana, açude de Chauali, represa de Macaene e represa de Mapulanguene. O açude de Chauali é uma barragem de terra cujo objectivo é aumentar a capacidade natural de armazenamento do lago Chuali até 200Mm<sup>3</sup>; localiza-se no rio Massimachopes, no distrito de Manhiça. As represas de Macaene no rio Massitonto e de Mapulanguene no rio Uanetse, ambas estão localizado no distrito de Magude, cujo objectivo é armazenamento de água para fins agropecuários nas zonas da sua localização. (ARA-SUL, 2008)

Das quatro estruturas hidráulicas mencionadas, a barragem de Corumana construída sob o rio Sábie no distrito da Moamba, é de grande importância. Ela foi construída na década de oitenta com o objectivo essencial a regularização dos caudais do rio Sábie, a garantir água para as regiões médio e baixo Incomáti, quer para a utilização na rega dos terrenos a jusante da barragem, no vale do Sábie, quer para o reforço dos caudais de estiagem para rega dos terrenos a jusante e ainda para redução da pontas de cheia no Sábie. (Jambane, 2018)

No entanto, a qualidade da água nessas estruturas hidráulicas requer melhor monitoramento, porquanto, há períodos que se apresentam alto teor de salinidade do que o normal. As represas encontram-se assoreadas devido à concepção de deficiência das recargas de fundo, recentemente não operacionais. (ARA-SUL, 2008)

### 3.3 Local de estudo (Estuário do Rio Incomáti)

Sendo que a bacia hidrográfica do rio Incomáti é uma bacia internacional que pertence três países (África do Sul, Suazilândia e Moçambique), o local de estudo escolhido para o presente trabalho foi só na parte a jusante da bacia, no estuário do rio Incomáti (como apresentado na figura 6) localizado em Moçambique, que sofre muitos problemas por causas das mudanças no regime de fluxos de água feito a montante.

O estuário do rio Incomáti está localizado na província de Maputo, no distrito de Marracuene e Manhiça, sendo que em distrito de Marracuene é onde acontece a mistura das águas do mar (Oceano Índico) e do rio Incomáti devido aos efeitos das marés e no distrito de Manhiça uma parte (Maragra) sente o efeito das águas do mar enquanto o outro ponto (Incoluane localizado na Xinavane) serve como a barreira entre a água do mar e a água do rio. O local de estudo especialmente na parte de distrito de Marracuene sofre a intrusão salina nas épocas secas no qual afecta muito as actividades cotidianas das comunidades locais que dependem muito dos serviços ecossistémicos dessa bacia hidrográfica.

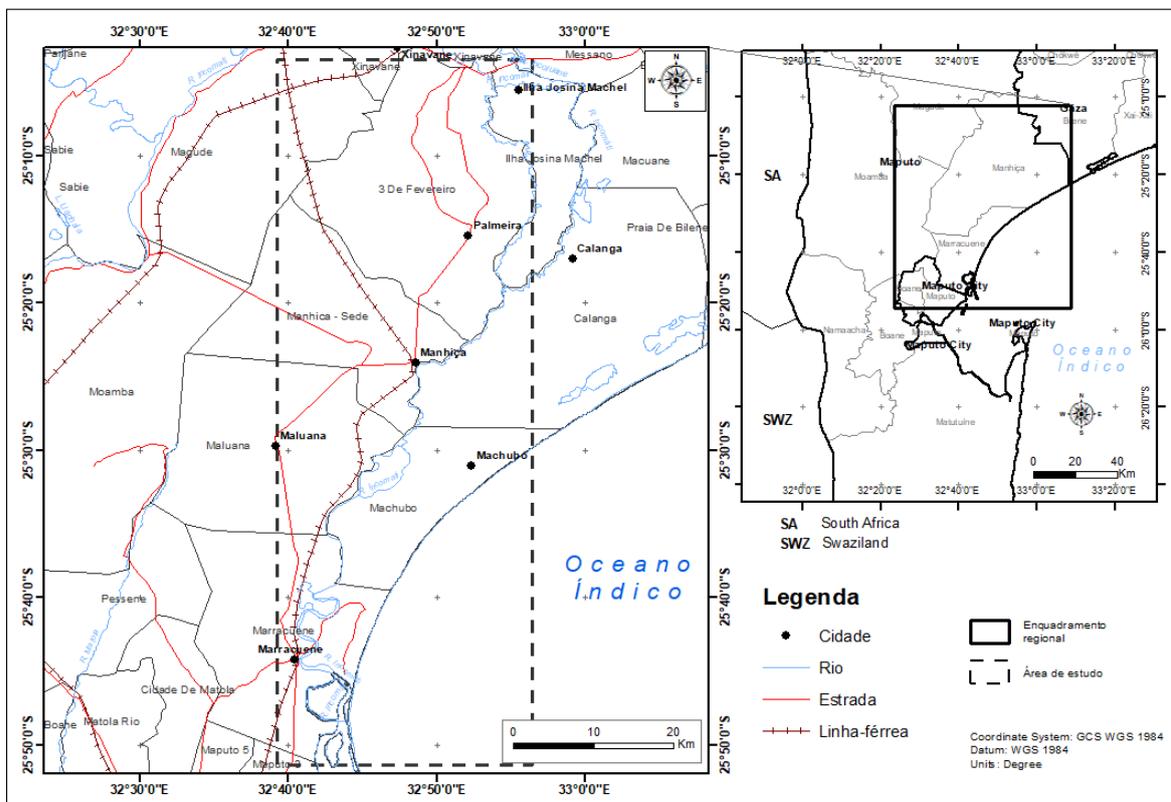


Figura 6: Mapa geográfico do local de estudo (Fonte: Adaptada pela autora, 2022)

O local de estudo é considerado como um estuário e não delta pois tem um ponto único e bem identificado de desagua ao mar. Isso pode ser explicado da maneira a seguinte,

apesar de apresentar uma ilha (a Xefina pequena), no qual cria uma bifurcação em dois, ele depois volta-se a unir antes de desaguar a sua água para o mar.

O estuário é, portanto, a parte final do rio, caracterizada pela abertura larga sem acúmulo de sedimentos. Logo, no estuário há apenas um canal de escoamento da água a entrar o mar. Mas no caso do delta de um rio, ao contrário do estuário, há um grande acúmulo de sedimentos em sua foz; logo, há presença de vários canais de escoamento da água. Portanto, é comum nos deltas de rios, formarem espécies de ilhas com acúmulo dos sedimentos. A figura 7 a seguir ilustra a diferença entre um estuário e um delta.

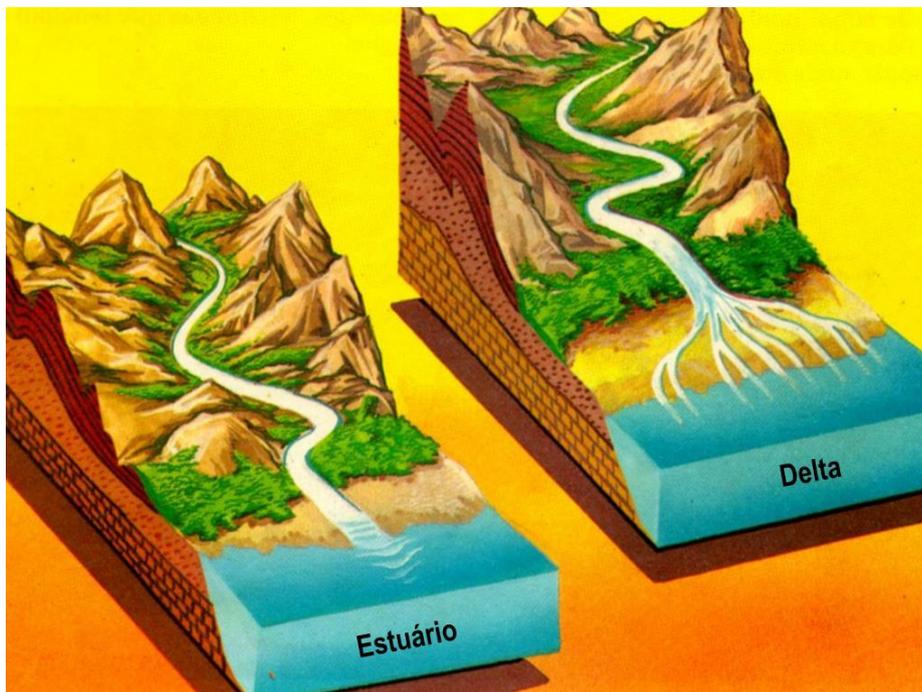


Figura 7: A ilustração da diferença entre um estuário e delta

(Fonte: <https://www.google.com/hidrogeografia-e-hidrologia/slideshare.net>)

Os ambientes estuarinos são ecossistemas de transição entre o continente (parte terrestre) e o oceano, sendo áreas de encontro dos rios com o mar. Eles são os únicos sistemas aquáticos onde ocorre a interação dinâmica entre as águas doces, águas marinhas e sistemas terrestres. Por essa razão, os estuários estão entre os ecossistemas mais produtivos do mundo e também entre os mais vulneráveis. No entanto, a sua abundante e diversificada comunidade e capacidade de renovação periódica das suas águas, faz destes ecossistemas ser locais onde ocorrem intensas transformações da matéria orgânica, representando um importante elo de ligação entre os ecossistemas aquático, terrestre e marinho. (Halo, 2004)

### 3.4 Materiais e procedimentos metodológicos

Neste subcapítulo são apresentados os materiais e métodos que foram utilizados na realização do tema em estudo, garantindo assim os dados recolhidos durante as pesquisas bibliográficas e do campo apresentem resultados precisos para a tomada de decisão e consulta académica.

#### 3.4.1 Materiais

O conjunto de materiais que foram usados para a realização do tema em estudo são:

- Medidor digital multi-parâmetros para medir os parâmetros físico-químicos (temperatura, condutividade eléctrica, pH, e oxigénio dissolvido) da qualidade de água no campo de estudo;
- O espectrofotómetro junto com reagentes necessários para medir a quantidade dos nutrientes (nitratos e fosfatos) nas amostras de água no laboratório de DEQ na faculdade de engenharia na UEM;
- Garrafas de água mineral de 500 mililitros, 1 litro e 1,5 litros rotulados, usados na recolha das amostras para ser analisados no laboratório;
- Caderno e caneta para apontar os dados dos parâmetros físico-químicos avaliados, bem como, a informação das entrevistas e observação física no campo de estudo;
- Telefone para a captura de imagens e gravações necessários como as localizações geográficas no local de estudo; e
- Computador resistente com o programa *MS-Excel* usado na produção das tabelas dos serviços ecossistémicos, o *ARC-GIS* usado na produção dos mapas e *MS-Word* para compilação do relatório final do tema em estudo.

#### 3.4.2 Procedimentos metodológicos

Para avaliação da qualidade de água, 29 pontos terrestres nos distritos de Marracuene e Manhiça foram seleccionados aleatoriamente e 12 pontos ao longo do rio (a partir da foz/boca do rio com uma separação de 3km de um ponto a outro), levando em consideração somente 27 pontos terrestres no distrito de Marracuene onde apresentam maiores riscos. Os dados dos 2 pontos terrestres levantado no distrito de Manhiça onde o risco é menos significativo comparado com os do distrito de Marracuene servia para o efeito da compreensão até que ponto a água do local pode apresentar uma boa qualidade nas duas épocas do ano hidrológico. O local de estudo foi dividido em seis zonas a facilitar as visitas do campo nas campanhas terrestres no monitoramento dos parâmetros físico-químicos e levantamento dos serviços ecossistémicos,

nomeadamente zona 01, zona 02, zona 03, zona 04, zona 05 e zona 06, no qual as primeiras cinco zonas (zona 01 a 05) como indicado na figura 8 pertencem o distrito de Marracuene e a última (zona 06) é no distrito de Manhiça. Todavia, não foi possível incluir os pontos de amostragem da Zona 06 em todos mapas apresentado no presente relatório (exceto nos dois mapas gerais do local em estudo anexados, Anexo K e Anexo I) por causa da escala na produção dos mapas que afeitava a distribuição dos pontos de amostragem e fazer com que os detalhes importantes não ser apresentados duma forma compreensível.

A zona 01 pertence o bairro Eduardo Mondlane; a zona 02 pertence o bairro Samora Machel; zona 03 pertence o bairro de Hobjana; zona 04 pertence dois bairros: Macaneta 1 e Macaneta 2 (Mbuva e Matsinane); zona 05 pertence o bairro de Gazene e Muntanhana e a zona 06 abrange a Maragra e Incoluane no distrito da Manhiça.

Durante a campanha terrestre da época seca, de Outubro de 2021, no levantamento de dados dos parâmetros físico-químicos, algumas coordenadas dos pontos na zona 03 e zona 04 foram ajustadas por falta de água nos pontos usados na campanha terrestre da época húmida. Portanto, o mapa da figura 8 foi feito usando os pontos geográficos da época seca devido ao fato que a distribuição deles é mais clara comparando com os da época húmida.

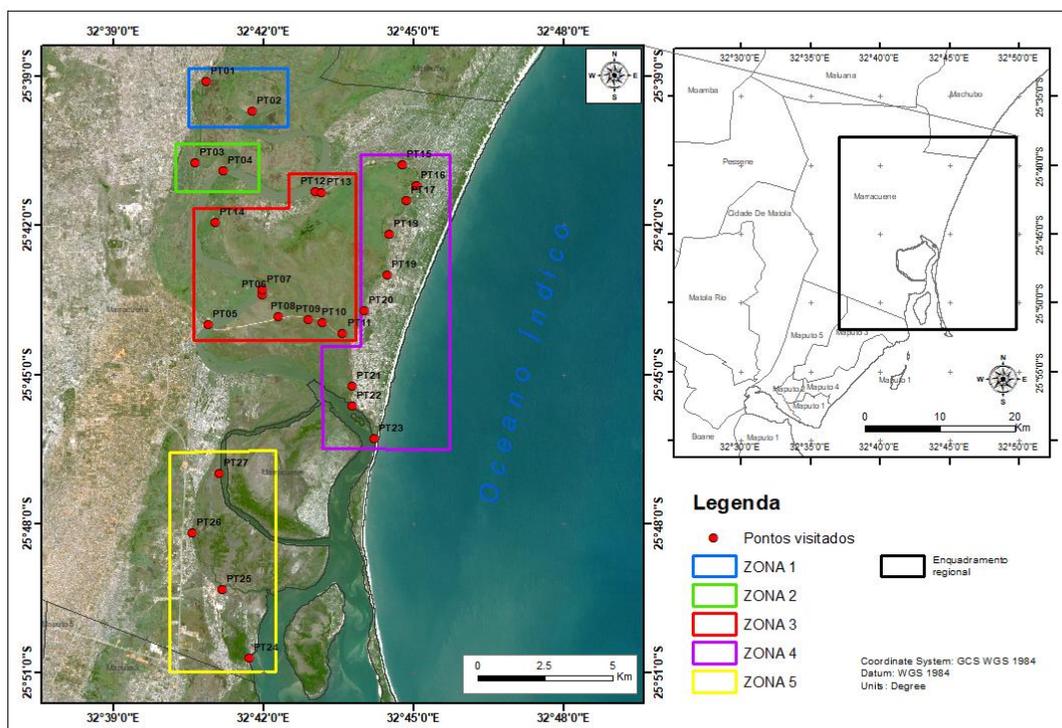


Figura 8: O mapa geral do local de estudo indicando a distribuição dos pontos terrestres de amostragem na zona 01 a 05 (Fonte: Adaptada pela autora, 2022)

Portanto, as zonas escolhidas, ou seja, as comunidades locais em local de estudo estão situadas em lagoas estuarinos e costeiras. São comunidades pobres com dependência relatada ou evidente de bens e serviços dos ecossistemas terrestre, aquático e marinho. Os meios de subsistência são altamente dependentes dos recursos naturais e dependem da agricultura sazonal, pesca e comércio no centro urbano e da costa. Os níveis de pobreza nessas zonas são altos e a maioria da população vive abaixo da linha da pobreza.

Para cumprir os objectivos da pesquisa estabelecidos, era planeado monitorar e avaliar seis parâmetros da qualidade de água: condutividade eléctrica, temperatura, pH, oxigénio dissolvido, e nutrientes (nitratos e fosfatos) quanto a época chuvosa tanto a época seca, mas foram monitorados e avaliados com sucesso quatro parâmetros nomeadamente: a condutividade eléctrica, temperatura, pH, e oxigénio dissolvido. Não foi possível avaliar com sucesso os nutrientes (nitratos e fosfatos) por causa da falta de matérias necessários, ou seja, reagentes no laboratório, porém foi possível avaliá-los somente na época chuvosa nos primeiros 27 pontos terrestres. O monitoramento dos parâmetros físico-químicos e levantamento dos serviços ecossistêmicos no local de estudo foram realizados no período de Março de 2021 a Outubro do mesmo ano, para conseguir dados de duas épocas, época húmida e época seca do ano hidrológico 2020-2021. As coletas das amostras foram realizadas em garrafas de água plástica de meio litro, 1 litro e 1,5 litro; todas as coletas foram realizadas no período de dia, em horário variando de 5H às 14H. As análises dos quatro parâmetros (condutividade eléctrica, temperatura, pH, e oxigénio dissolvido) foram realizadas no campo de estudo e os nutrientes (nitratos e fosfatos) no Laboratório de DEQ na faculdade de Engenharia na UEM. Dos pontos escolhidos foram feitas três medições em cada parâmetro físico-químico monitorado com intenção de usar a média dos valores obtidos.

Considerando que a qualidade e a quantidade das águas variam em função de diversos factores, tais como o uso e ocupação do solo da bacia, verificou-se a importância da análise e levantamento dos serviços ecossistêmicos em cada ponto terrestre por meio de entrevistas com as comunidades locais e por observação física no local de estudo na identificação de pontos mais críticos.

### **3.4.3 Cronograma de execução**

Descreva o tempo que se pretende utilizar para a execução de cada etapa da pesquisa. Sugere-se a utilização de cronograma por semestres ou meses. O cronograma do presente trabalho foi feito mensalmente e a elaboração do trabalho foi feita em quatros

etapas. A primeira etapa foi uma pesquisa bibliográfica com vista a recolher informação provisória sobre o tema de estudo.

A segunda etapa foi a coleção de informação e marcação dos pontos de monitoramento no local de estudo e daí foi feita um termo de atributo para ser entregue ao departamento.

Esta etapa foi feita em dois mês. A informação do local de estudo contém:

- Uso e ocupação do solo,
- Os interesseiros,
- Disponibilidade de recursos naturais (o que a bacia contém? E quais são os serviços ecossistémicos disponíveis?), e
- Seleção dos pontos de monitoramento no campo de estudo e parâmetros importante para ser avaliado.

A terceira etapa foi o monitoramento da qualidade de água, que foi feito nos pontos escolhidos no campo de estudo para que os parâmetros importantes sejam avaliados. Os parâmetros físico-químicos necessários quais foram avaliados são a temperatura (T), a conductividade eléctrica (CE), o potencial hidrogénico (pH), o oxigénio dissolvido (OD), e nutrientes (nitratos e fosfatos).

Contudo, o monitoramento, no local de estudo, para a qualidade de água da bacia foi realizado por meio dos instrumentos necessário para cada parâmetro *in-situ* (no local de estudo) e *ex-situ* (análise laboratorial). As medições dos parâmetros da qualidade de água foram realizadas uma vez por cada campanha de visita do campo nos pontos escolhidos. O horário e pontos de monitoramento foram definido com o estudante junto com os supervisores. Dos 29 pontos escolhidos aleatoriamente, foram feitas três medições a obter a média dos valores de cada parâmetro em cada ponto monitorado. Esta etapa era para ser feito em duas campanhas terrestres e duas ao longo do rio a levantar dados dos parâmetros físico-químicos da qualidade de água e serviços ecossistémicos, quanto a época húmida em Marco e Abril de 2021 tanto a época seca em Agosto e Setembro do mesmo ano. Entretanto, foi acrescentada a quinta campanha terrestre no início do mês Outubro de 2021, a levantar de novo dados dos parâmetros físico-químicos da época seca para que facilitem a produção dos mapas de conductividade eléctrica com menos erros possíveis. Isso foi feito após a produção dos mapas, nos quais apresentaram erros significativos.

Em cada época foi feito a organização e análise intensiva dos dados dos parâmetros físico-químicos e dos serviços ecossistémicos levantados no campo de estudo, incluindo a produção das tabelas dos serviços ecossistémicos usando *MS-Excel* e produção dos

mapas usando o *ARC-GIS*. E no final, a quarta etapa foi a compilação do relatório final do presente estudo. Portanto, a pesquisa bibliográfica foi feita ao longo do trabalho até quando o relatório final foi compilado. A tabela 1 apresenta o cronograma de execução do presente trabalho numa forma resumida.

Tabela 1: Cronograma de execução

ANO	2020		2021						2022		
	SET a OUT	NOV a DEC	JAN a FEV	MAR a ABR	MAIO a JUL	AUG a SET	OUT	NOV a DEC	JAN	FEV a JUL	SET
Revisão bibliográfica											
Termo de atributo											
Pre-visita no local de estudo											
Primeira campanha terrestre (amostras e SE)											
Primeira campanha ao longo do rio (amostras)											
Primeira análise intensiva de dados											
Segunda campanha terrestre (amostra e SE)											
Segunda campanha ao longo do rio (amostras)											
Segunda análise extensiva de dados											
Terceira campanha terrestre (amostras)											
Terceira análise intensiva de dados											
Compilação de relatório final e as correções											
Defesa											

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o Guerra (2006), as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta de comportamento das condições naturais e das actividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que mudanças significativas em qualquer parte da bacia, podem gerar alterações e impactos a jusante, bem como, nos fluxos energéticos de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvida), e dentre outras consequências. Acrescenta-se, que os planos de gestão de bacias hidrográficas devem contemplar a utilização múltipla dos recursos da água levando em conta a qualidade do ambiente e da vida da população.

Desta forma, uma bacia hidrográfica torna-se uma unidade importante para o estudo da dinâmica em relação à ocupação e uso da sua área, para reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos e processos que atuam no seu limite e caracterizar os impactos ambientais.

Para melhor caracterização e conhecimento duma bacia hidrográfica, vários parâmetros físico-químicos foram desenvolvidos, alguns deles aplicáveis à bacia como o todo, enquanto que outros relativos apenas algumas características do sistema. O importante é reconhecer que nenhum desses parâmetros deve ser estendido como capaz de simplificar a complexa dinâmica da bacia hidrográfica, a qual inclusive tem magnitude temporal, mas auxiliando a direcionando sua avaliação preliminar para tomadas de decisão e direcionamento para avaliações ambientais. (Vilaça, et al., 2009)

Contudo, o comportamento hidrológico duma bacia hidrográfica é uma função de suas características morfológicas, ou seja, área, topografia, geologia, solo, cobertura vegetal, e entre outros. Todos os elementos de forma e todos os processos são estreitamente interdependentes, de tal maneira que qualquer mudança natural ou antropogénica que venha a ocorrer num determinado ponto da bacia, produz automaticamente um ajustamento do sistema canais-vertentes, tanto para montante quanto para jusante do ponto onde a mudança ocorreu. A fim de entender as inter-relações existentes entre esses factores de forma e os processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica, torna-se necessário expressar suas características, muitas das vezes geológicas, vegetativas e de biodiversidade em termos qualitativos, bem como, os parâmetros físico-químicos da qualidade de água em termos quantitativos. (Vilaça, et al., 2009)

### 4.1 Características geológicas, vegetativas e de biodiversidade no local de estudo

As características importantes que foram consideradas para avaliar a condição da parte a jusante (estuário) da bacia hidrográfica do rio Incomáti são características geológicas

(como tipos de rochas, solos e sedimentos fluviais) e as características vegetativas e de biodiversidade. Estas foram observadas fisicamente no local de estudo e por meio de entrevistas com as comunidades locais. Portanto, a seguir é a descrição dessas características numa forma resumida:

- **Tipo de rochas:** são rochas sedimentares – arenitos de grão fino a grosseiro (em parte ferruginosos); conglomerados polimáticos (clastos de natureza variada); siltitos e argilitos.
- **Tipos de solos:** o tipo de solo característico no local de estudo, é do tipo negro rico em matéria orgânica (devido a humidade presente e alto índice de vegetação), também são ricos em nutrientes, por sinal provenientes do rio local a quando de eventos de inundação (planícies de inundações); em parte o solo tende a ser rico em alguns minerais, em particular o ferro (inerente a formação rochosa da ponte vermelha).
- **Tipos de sedimentos fluviais:** sistema fluvial é meandrante; a carga fluvial é transportada no fundo do canal, nesse caso são sedimentos na escala sedimentar das areias finas (0,0625 – 0,125 mm) em locais onde o caudal é menos turbulento, enquanto que em locais onde o caudal é mais turbulento os sedimentos de canal variam de areia grosseira (0,5 – 1mm) a cascalhos (16 – 32mm).
- **Características vegetativas e de biodiversidade:** O local de estudo é coberto por vegetação arbórea e arbustiva tipo mangal; vegetação rasteira e juncos, ou seja, caniço. Quanto a biodiversidade, no local de estudo existem vertebrados como diversos tipos de peixe de água doce e de água salgada; invertebrados como caranguejo; camarão; aves nacionais e migratórias, assim como, mamíferos do tipo javali, raposas, hipopótamos e animais domésticos.

#### 4.2 Parâmetros físico-químicos da qualidade da água no local de estudo

A tabela 2 apresenta os valores médios dos parâmetros físico-químicos da qualidade de água nos pontos de amostragem terrestre nas duas épocas. Esses parâmetros físico-químicos avaliados são temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH e nutrientes (nitratos e fosfatos). Portanto, os valores reais desses parâmetros físico-químicos obtidos no campo e no laboratório junto com suas médias calculados para as duas épocas, bem como, as coordenadas geográficas dos pontos de amostragem gravado no campo de estudo usando a aplicação 'MGTRS UTM GPS', as datas e as horas do levantamento estão em Anexo 1 a 10 do presente trabalho. Portanto, como já tinha dito antes, não foi possível medir valores dos nutrientes quanto os dois últimos

pontos de amostragem terrestre (ponto 28 e 29) na época húmida, tanto para todos pontos de amostragem terrestre na época seca por falta de reagentes no laboratório.

*Tabela 2: Valores médias dos parâmetros físico-químicos nos pontos terrestres nas épocas húmida e seca do ano hidrológico 2020-2021*

ÉPOCA PAR PT	ÉPOCA HÚMIDA						ÉPOCA SECA			
	T (° C)	CE (µS/cm)	pH	OD (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)	T (° C)	CE (µS/cm)	pH	OD (mg/l)
PT01	27.3	464	7.44	7.36	2.6	0.38	21.4	1363	7.32	5.51
PT02	27.6	951	7.03	6.95	1.4	0.43	20.4	1226	7.29	8.31
PT03	27.7	817	7.05	7.08	1.6	0.26	24.6	3720	7.33	8.53
PT04	27.2	491	6.82	7.21	2.2	0.48	22.9	945	7.32	7.63
PT05	27.4	586	7.11	7.31	2.8	0.54	21.3	19857	7.31	8.87
PT06	28.0	577	7.19	6.53	4.3	0.36	22.0	16857	7.21	8.73
PT07	27.9	561	7.19	7.56	5.3	0.39	22.1	14580	7.35	8.67
PT08	30.1	7147	7.33	6.91	3.9	0.41	22.4	27300	6.89	8.33
PT09	26.4	7267	7.57	13.47	9.8	0.79	23.9	43967	7.35	5.93
PT10	26.0	5027	7.56	8.18	11.2	0.87	23.2	22053	6.96	7.16
PT11	32.0	5255	8.13	15.91	6.7	0.62	24.7	22967	7.00	9.23
PT12	28.0	657	7.44	6.26	2.1	0.50	22.5	2310	8.55	8.74
PT13	25.0	1790	7.38	1.07	2.2	1.73	22.4	988	8.12	7.72
PT14	28.9	938	7.43	5.90	2.8	0.48	22.7	1840	7.28	7.53
PT15	29.9	321	6.95	4.20	17.2	0.61	26.8	587	7.21	10.19
PT16	32.8	500	6.98	6.62	4.5	0.47	28.3	530	7.35	10.79
PT17	29.7	513	7.16	10.67	9.3	0.57	25.1	523	7.07	10.69
PT18	30.5	613	6.97	5.80	6.2	0.47	20.9	633	7.18	9.83
PT19	30.8	549	6.82	5.15	4.6	0.60	16.8	504	7.21	8.83
PT20	29.3	784	7.10	4.22	3.6	0.44	18.6	790	7.04	8.49
PT21	27.0	1235	7.24	6.73	8.9	0.70	23.4	23800	6.82	7.25
PT22	27.2	1171	7.49	8.18	2.2	0.51	24.1	38233	6.66	7.88
PT23	27.1	2653	7.43	8.14	18.1	1.72	24.4	39900	6.97	8.21
PT24	24.8	19917	7.64	8.65	2.9	0.26	21.8	52733	6.88	8.60
PT25	25.2	10647	7.53	8.27	5.7	0.43	22.4	46933	7.02	8.27
PT26	24.5	10983	7.41	5.65	3.1	0.64	22.6	41367	6.85	6.81
PT27	27.3	1419	7.81	9.07	6.7	0.80	23.2	36267	7.07	8.41
PT28	26.0	560	6.70	4.60	-	-	22.8	831	7.32	7.95
PT29	26.0	580	7.0	7.60	-	-	21.0	631	7.29	8.07

No entanto, para uma apresentação melhor dos mapas de linha de contornos produzidas neste trabalho, também foram levantados dados de condutividade eléctrica ao longo do rio Incomáti. Os dados foram levantados a considerar os dias com nível alto da maré, ou seja, as marés vivas nas duas épocas do ano hidrológico 2020-2021. Portanto, a tabela 3 apresenta a média dos valores de condutividade eléctrica avaliado ao longo do rio junto com as temperaturas de água e as coordenadas geográficas correspondentes para as duas épocas do ano hidrológico 2020-2021. Os valores reais dos pontos ao longo do rio estão em Anexo 11 a 15, junto com as data e horas do levantamento.

*Tabela 3: Valores médias de condutividade eléctrica e a temperatura ao longo do rio nas épocas húmida e seca do ano hidrológico 2020-2021*

PONTO NO RIO (PR)	COORDENADA		EPOCA HUMIDA		EPOCA SECA	
	LONG	LAT	CE (µS/cm)	T (° C)	CE (µS/cm)	T (° C)
PRO2'	32.704301	-25.8428732	38470	19.4	49370	19.3
PR01'	32.708110	-25.8720696	40470	19.5	50330	19.4
PR01	32.731160	-25.8666800	40900	19.1	51530	19.1
PR02	32.729560	-25.8393583	41700	19.5	48430	19.0
PR03	32.726450	-25.8128458	38830	19.5	46200	19.8
PR04	32.726750	-25.7874910	36300	19.3	37970	20.1
PR05	32.724750	-25.7608161	28170	20.0	29570	19.9
PR06	32.703350	-25.7473881	17930	20.1	22830	20.3
PR07	32.678610	-25.7399129	10940	20.6	15340	20.4
PR08	32.696670	-25.7244582	6450	20.2	8960	21.1
PR09	32.67968	-25.7107635	2420	19.8	3810	21.0
PR10	32.686050	-25.6822412	1010	21.0	1210	20.5

Entretanto, foi feito somente mapas do parâmetro condutividade eléctrica das épocas chuvosa e seca como representado na figura 9, porque o parâmetro apresenta mudanças drásticas nas duas épocas do ano, e também usando o parâmetro é possível numa forma compreensível apresentar o comportamento do aumento da condutividade eléctrica (que apresenta o aumento da salinidade) dum ponto a outro no rio causado pela a invasão de água do mar e as mudanças na disponibilidade dos serviços ecossistémicos, especialmente o serviço de provisão, alimentação humana (apresentado por produtos agrícolas e disponibilidade de peixe), no qual mais apresenta impactos significativos comparando com os outros serviços ecossistémicos existentes no local de estudo.

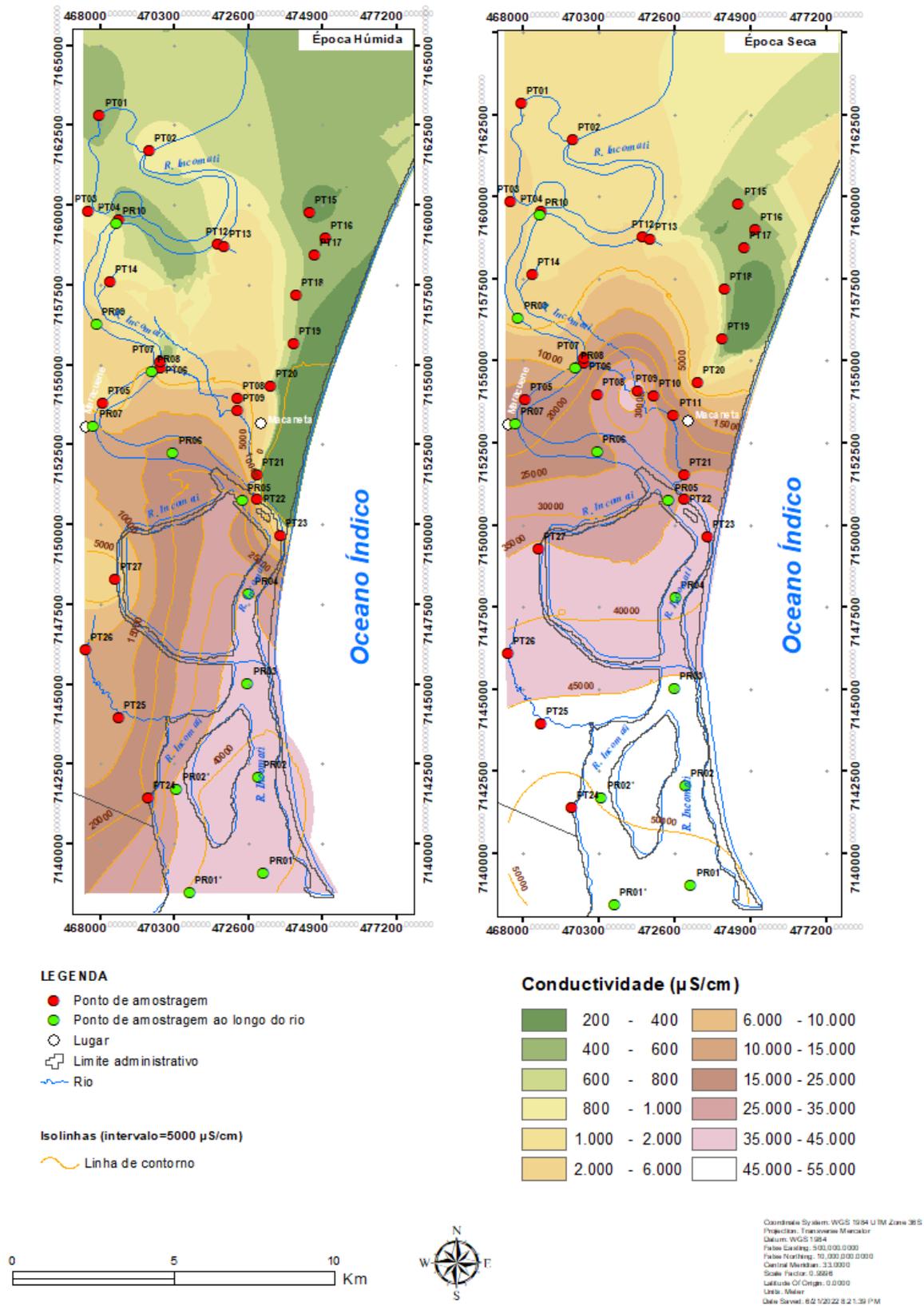


Figura 9: Os mapas de condutividade eléctrica nas épocas húmida e seca no local de estudo (Fonte: Adaptada pela autora, 2022)

Em Moçambique não existe um regulamento específico que diz respeito os padrões dos parâmetros de qualidade de água nas bacias hidrográficas, então foi difícil comparar os valores dos parâmetros físico-químicos encontrado usando um regulamento nacional, mas usando alguns artigos que falam sobre os níveis aceitáveis dos parâmetros no ambiente, regulamentos e acordos internacionais foi possível descrever sobre a situação actual do local de estudo. Conforme supracitado o presente trabalho aferiu os níveis dos parâmetros condutividade eléctrica, potencial hidrogénico (pH), oxigênio dissolvido, temperatura e nutrientes (nitratos e fosfatos) na água da bacia do rio Incomáti, que se configura como um corpo de água aquática.

A temperatura foi razoável pelo facto de que no local de estudo não existe actividades que pode aumentar as temperaturas como por exemplo actividades industriais que possam aumentar os valores dos mesmos. Quanto a condutividade eléctrica, devido a intrusão salina, a maioria das zonas apresenta valores elevados, no qual são razões de que a maioria das machambas do local produzir menos do que antes. Portanto o local de estudo apresenta maiores valores de condutividade eléctrica na época seca comparando com a época chuvosa devido ao facto de que durante a época chuvosa nos montantes abrem as comportas das barragens, a situação que traz muita água fresca para a jusante, então isso ajuda a lavar de volta a água salgada para o mar.

Segundo o Addy, et al. (2004), a variação do pH, que serve como indicação do grau de acidez da água dos rios devem estar entre 6,5 e 9. Portanto, podemos notar que as águas nos pontos de monitoramento dentro do local de estudo encontram-se dentro de padrões aceitáveis pela normatização ambiental, quando se trata de variação do pH, porque foi possível verificar que o nível de pH para água na época húmida varia de 6,7 a 8,55 enquanto na época seca varia de 6,66 a 8,55.

De acordo com USEPA (1986), para corpos de água doce, os níveis de oxigênio dissolvido devem encontra-se acima de 6,5mg/l de oxigênio e em baixo de 8mg/l; pois, os níveis muito altos ou muito baixos podem prejudicar a vida aquática e afectar a qualidade da água. A partir das análises realizadas, encontra-se que os valores de oxigênio dissolvido levantados no local de estudo para a época húmida variam de 4,20 a 15,91 mg/l de oxigênio enquanto que na época seca eles variam de 5,93 a 10,79mg/l de oxigênio. Para os pontos com valores muito elevado de oxigênio dissolvido pode ser explicado por presença de microalga no local e nos valores baixo presenciado nos alguns pontos pode ser explicado por presença de matéria orgânica, no qual esta acontecer o efeito de decomposição. Concentrações acima do nível referido podem ser prejudiciais

à vida aquática. Peixes em águas com excesso de gases dissolvidos podem sofrer de 'doença da bolha de gás'; no entanto, esta é uma ocorrência muito rara. As bolhas bloqueiam o fluxo de sangue através dos vasos sanguíneos causando morte.

Contudo, o baixo teor de oxigénio dissolvido na água doce resulta principalmente do crescimento excessivo de bactéria ou/e de algas causado pelo fósforo e nitrogénio presentes nos nutrientes (fosfatos e nitratos) usados nas machambas. À medida que as algas morrem se decompõem, o processo consome oxigénio dissolvido na água. Isso pode resultar em quantidade insuficiente de oxigénio dissolvido disponível para peixes e outras formas de vida aquática. A morte e a decomposição de plantas submersas também contribuem para o baixo teor de oxigénio dissolvido. O processo de decomposição é chamado de Demanda Bioquímica de Oxigénio Carbonáceo. Portanto, a água salgada tem menos concentração de oxigénio dissolvido porque ela apresenta maior concentração dos sais dissolvidos. (MPCA, 2009) (USEPA, 1986)

Quanto os nitratos e fosfatos total, o nível de nitratos aceitável é de 10mg/l (Segundo 'Nitrate/Nitrite Fact Sheet' @[www.wqa.org](http://www.wqa.org)). Para que conseguimos controlar a eutrofização, o nível recomendado de fosfatos são 0,05mg/l de todos fosfatos nos canais e 0,1mg/l de todos fosfatos em água nos rios principais (Litke, 1999). Portanto, a partir das análises feitos, foi encontrado que os valores de nitratos variam de 1,6 a 18,1 mg/l e os de fosfatos varia de 0,26 a 1,73mg/l; isso é acima dos valores acetáveis de acordo com o documento citado acima. Esses valores acima do normal foram causados pelo o uso de fertilizantes nos campos agrícolas, ou seja, nas machambas.

### **4.3 Serviços ecossistémicos no local de estudo**

Existem muitos serviços ecossistémicos no qual o ser humano pode beneficiar dos ecossistemas. De acordo com MEA (2005), na caixa 2.1 apresentado no Anexo 17, são apresentados 4 grupos dos serviços ecossistémicos (nomeadamente serviços de provisão, regulação, cultural e suporte) e 32 subgrupos deles. Os do grupo de serviço de provisão são (1) alimentação, (2) fibra e matérias de construção, (3) combustível, (4) recursos genéticos, (5) bioquímicos, (6) medicamentos naturais e farmacêuticas, (7) recursos ornamentais e (8) água fresca. Os do grupo de serviço de regulação são (9) regulação de qualidade do ar, (10) regulação do clima, (11) regulação da água, (12) regulação ou controle de erosão, (13) purificação da água, (14) regulação de doenças, (15) regulação de pragas, (16) polinização, (17) fertilidade do solo e (18) regulação de riscos naturais como a inundação. Os do grupo de serviços culturais são (19) diversidade cultural, (20) sistemas de conhecimento, (21) valores educacionais, (22) inspiração, (23)

valores estéticos, (24) relações sociais, (25) senso do lugar ou local, (26) valores do património cultural e (27) recreação e ecoturismo. Os serviços do grupo de suporte são (28) formação do solo, (29) fotossíntese, (30) ciclagem de nutrientes, (31) ciclagem de água, bem como, (32) a produção primária e/ou função de berçário. Portanto, eles são apresentados mais em detalhes em língua inglesa no Anexo 17 do presente trabalho.

A água doce dos rios também é uma fonte de energia. Como a água é necessária para a existência de outras formas de vida, no entanto, ela também pode ser considerada um serviço de suporte. Alguns serviços de regulação como a regulação ou controle de erosão, podem ser categorizados como um serviço de suporte e de regulação dependendo da escala de tempo e do imediatismo de seu impacto nas pessoas. Isso também é aplicado para o serviço de suporte, formação do solo onde é que pode ser considerado como um serviço de regulação quando fala de fertilidade do solo como um serviço, da qual muitos dos serviços de provisão dependem nele. (MEA, 2005)

Como foi explicado no primeiro parágrafo desse subcapítulo, existem muitos serviços ecossistêmicos global, mas os que estão apresentados na tabela 4 a seguir foram mais significativos durante o levantamento dos dados no local de estudo. Portanto a biodiversidade não pertence nenhum dos quatro grupos dos ecossistêmicos, embora que foi apresentado na tabela 4; isso porque, a biodiversidade é a produção central dos serviços ecossistêmicos dentro dos ecossistemas tanto para os ecossistemas aquáticos, terrestres e marinhos. Ela (biodiversidade) desempenha papéis essenciais nos ecossistemas, de modo que as perdas locais e globais dele pode ameaçar a estabilidade dos serviços ecossistêmicos dos quais os humanos dependem neles.

*Tabela 4: Os serviços ecossistêmicos significativos no local de estudo*

	<b>GRUPO</b>	<b>SUB-GRUPO</b>
<b>SERVIÇOS ECOSSISTÉMICOS</b>	Provisão	Água fresca
		Alimentação humana (culturas agrícolas)
		Alimentação humana (peixe)
		Materiais de construção
		Combustível lenhoso
	Cultural	Recreação e ecoturismo
	Regulação	Proteção contra inundação
		Controle de erosão
		Fertilidade do solo
	Suporte	Função de berçário
<b>Biodiversidade</b>		

#### 4.4 A disponibilidade dos serviços ecossistêmicos no local de estudo

Como uma forma simples de apresentar a informação sobre os serviços ecossistêmicos levantado no local de estudo foi preparado tabelas que mostra a sua distribuição geral em cada zona atribuído no local de estudo usando *MS- Excel*. A disponibilidade deles é apresentada em três cores, verde que significa o serviço é disponível, amarelo escuro com o significado que o serviço é menos disponível do que antes e o cor vermelho a mostrar que o serviço esta em extinção, já não é disponível ou nunca existiu no local.

Portanto, a tabela 5 a 11 serve para apresentar a informação da disponibilidade dos serviços ecossistêmicos de todas zonas do local de estudo nas duas épocas (época húmida e época seca) do ano hidrológico 2020-2021.

A zona 01 é bairro Eduardo Mondlane, um bairro que depende da água do rio. Contudo, uma parte da comunidade especialmente as mulheres praticam actividades agrícolas enquanto que a maioria dos homens são pescadores, a pescar na zona, na Macaneta e no distrito de Manhica. Portanto, a tabela 5 apresenta a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos na zona 01 do local de estudo nas duas épocas (época húmida e época seca) do ano hidrológico 2020-2021.

*Tabela 5: A disponibilidade dos serviços ecossistêmicos na zona 01 durante as duas épocas (época húmida e seca) do ano hidrológico 2020-2021*

ZONA		ZONA 01				
NOME DO LOCAL		EDUARDO MONDLANE				
ÉPOCA		ÉPOCA HÚMIDA		ÉPOCA SECA		
PONTO		PT01	PT02	PT01	PT02	
LATITUDE		-25.6515718	-25.6614885	-25.6515718	-25.6614885	
LONGITUDE		32.6808865	32.6961856	32.6808865	32.6961856	
SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS	Provisão	água fresca	turo	turo	furos	furos
		água (cultivo agrícola)	rio, chuva (hortaliça)	rio, chuva (hortaliça, mandioca, batata doce)	hortaliça	hortaliça
		alimentação humana (peixe)	peixe doce (tilapia, gato, branco)	peixe doce (tilapia, gato, branco)	epoca fria e mudança de água	epoca fria e mudança de água
		materiais de construção	caniço	caniço	caniço	caniço
		combustível lenhoso	muita lenha mas usam carvão vegetal	muita lenha mas usam carvão vegetal	muita lenha	muita lenha
	Cultural	recreação e ecoturismo	zona de nadar		zona de nadar	
		proteção contra inundação				
	Regulação	controle de erosão	vegetação	vegetação	vegetação	vegetação
		fertilidade do solo	solos férteis	solos férteis	férteis	férteis
	Suporte	função de berçário				
Biodiversidade		invertebrates.peixe	peixe, invertbrates	invertebrados	invertbrados	

A zona 02 é bairro do Samora Machel, um bairro em que a parte de cima que está um pouco longe do rio depende da água de nascente presente na duna perto das machambas anualmente enquanto que a zona baixa depende mais da água do rio. Nessa zona a comunidade cultiva produtos agrícolas mais do que pescar. Portanto, a tabela 6 apresenta a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos na zona 02 do local de estudo nas duas épocas (época húmida e época seca) do ano hidrológico 2020-2021.

Tabela 6: A disponibilidade dos serviços ecossistêmicos na zona 02 durante as duas épocas (época húmida e seca) do ano hidrológico do ano 2020-2021

ZONA		ZONA02				
NOME DO LOCAL		SAMORA MACHEL				
ÉPOCA		ÉPOCA HÚMIDA		ÉPOCA SECA		
PONTO		PT03	PT04	PT03	PT04	
LATITUDE		-25.6788125	-25.6814007	-25.6788125	-25.6814007	
LONGITUDE		32.6772498	32.6866237	32.6772498	32.6866237	
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	Provisão	água fresca	furo	furo	furos	furos
		água (cultivo agrícola)	rio, chuva e nascente (hortaliça, feijão)	rio, chuva (mandioca, batata doce)	rio e nascente (hortaliça, feijão)	mandioca, batata doce
		alimentação humana (peixe)	peixe doce (tilapia, gato, branco)	peixe doce (tilapia, gato, branco)	epoca fria e mudança de água	epoca fria e mudança de água
		materiais de construção	caniço	caniço	caniço	caniço
		combustível lenhoso	muita lenha mas usam carvão vegetal	muita lenha mas usam carvão vegetal	muita lenha	muita lenha
	Cultural	recreação e ecoturismo		paisagem bonita		paisagem bonita
		proteção contra inundação				
	Regulação	controle de erosão		erosão a maior escala		erosão a maior escala
		fertilidade do solo	solos férteis	solos férteis	férteis	férteis
	Suporte	função de berçário				
Biodiversidade		aves, peixe, invertebrates	aves, peixe, invertebrates	aves, invertebrados	aves, invertebrados	

A zona 03 apresenta a ponte da vila de Marracuene para Macaneta e o bairro de Hobjana. O bairro de Hobjana está a depender totalmente dos recursos, ou seja, serviços ecossistêmicos do rio Incomáti embora que uma parte prática actividades agrícolas dependido da água de chuva. Ela é uma zona isolada por falta de infraestruturas adequadas comparado com outras zonas como via de acesso e meios de transporte adequada, escola e hospital. Portanto, a tabela 7 apresenta a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos na zona 03 do local de estudo na época húmida do ano hidrológico 2020-2021.

Tabela 7: A disponibilidade dos serviços ecossistêmicos na zona 03 durante a época húmida do ano hidrológico 2020-2021

ZONA		ZONA 03										
NOME		HOBJANA										
PONTO		PT05	PT06	PT07	PT08	PT09	PT10	PT11	PT12	PT13	PT14	
LATITUDE		-25.733272	-25.7231603	-25.7216327	-25.731891	-25.7353922	-25.7353922	-25.7353886	-25.6883415	-25.6889306	-25.698835	
LONGITUDE		32.6816038	32.6995204	32.6995204	32.7234918	32.7234918	32.7234918	32.7234874	32.717293	32.7193818	32.6838129	
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	Provisão	água fresca							furos	furos	furos	
		água (cultivo agrícola)								ananas	arroz, mandioca, batata doce	
		alimentação humana (peixe)	tilapia, gato, cam	doce (tilapia, gato), camarão, caranguejo	doce (tilapia, gato), camarão, caranguejo	caranguejo	caranguejo	caranguejo	caranguejo	caranguejo	peixe doce	peixe doce (tilapia), camarão
		materiais de construção	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço
		combustível lenhoso	lenha								muita lenha	muita lenha
	Cultural	recreação e ecoturismo			paisagem	aves	muitos aves		muitos aves	paisagem		
		proteção contra inundação	árvores e vegetação							árvores		
	Regulação	controle de erosão	árvores							árvores	árvores	vegetação
		fertilidade do solo									solos férteis	solos férteis
	Suporte	função de berçário	peixe, invertebrates	peixe (tilapia, gato), camarão, invertebrates	peixe, camarão							peixe
		peixe, invertebrates	peixe, invertebrates	peixe, invertebrates	invertebrates	aves	invertebrates	aves	peixe		peixe, invertebrates	
Biodiversidade												

Entretanto, durante a época seca na zona 03, a salinidade de água do rio é de alto teor e as vezes quando o rio enche muito a sua água invade as machambas, o fenómeno que causa as machambas ficar menos produtivos ou totalmente improdutivos. Também, a água do rio invade as machambas por meio das valas feitas pela comunidade local com apoio do governo. Este fenómeno acontece porque as comportas dessas valas estão estragadas por falta de manutenção. Entretanto, a comunidade local muita das vezes esforça a bloquear a água do rio para não entrar nas valas usando meios tradicionais como sacos cheios de área. Portanto, a tabela 8 apresenta a disponibilidade dos serviços

ecossistêmicos na zona 03 do local de estudo durante a época seca do ano hidrológico 2020-2021.

Tabela 8: A disponibilidade dos serviços ecossistêmicos na zona 03 durante a época seca do ano hidrológico 2020-2021

ZONA		ZONA 03										
NOME		HOBJANA										
PONTO		PT05	PT06	PT07	PT08	PT09	PT10	PT11	PT12	PT13	PT14	
LATITUDE		-25.733272	-25.7231603	-25.7216327	-25.731868	-25.730965	-25.732224	-25.737651	-25.6883415	-25.6889306	-25.688635	
LONGITUDE		32.6816038	32.6995204	32.6995204	32.703522	32.715763	32.720413	32.726191	32.717293	32.7193818	32.6838129	
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	Provisão	água fresca	furos	furos	furos					furos	furos	
		água (cultivo agrícola)									ananas	mandioca, batata doce
		alimentação humana (peixe)			mistura de peixe (tilapia, gato maghumba, pedra, garoupa), camarão, caranguejo					peixe (tilapia), camarão, caranguejo		peixe (tilapia), camarão, caranguejo
		materiais de construção	caniço	caniço			caniço	caniço	caniço			caniço
	Cultural	combustível lenhoso	lenha							muita lenha	muita lenha	muita lenha
		recreação e ecoturismo			paisagem	aves	multos aves		multos aves	paisagem		
	Regulação	proteção contra inundação	árvores e vegetação							árvores		
		controle de erosão	árvores							árvores	árvores	vegetação
		fertilidade do solo	menos férteis	menos férteis	menos férteis						menos férteis	férteis
	Suporte	função de berçário	peixe, invertebrados		peixe							
		Biodiversidade	peixe, invertebrados	invertebrados	peixe, invertebrados	invertebrados	aves	invertebrados	aves	peixe		peixe, invertebrados

A zona 04 abrangem dois bairros nomeadamente Macaneta 1 e Macaneta 2. O bairro de Macaneta 2, é dividido em duas partes: Matsinane e Mbuva. As comunidades locais desse bairro dependem da água de chuva e das dunas na produção dos cultivos agrícolas nas machambas anualmente, e na época chuvosa costuma ter peixe de água doce por causa de água fresca inundado na zona baixa do bairro. Mas no bairro de Macaneta 1 prática mais pesca no rio Incomáti e no mar do que a agricultura, devido ao facto de que o bairro está localizado perto do mar, portanto, a sua água apresenta alto teor de salinidade nas duas épocas do ano. Portanto, a tabela 9 apresenta a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos na zona 04 durante a época húmida do ano hidrológico 2020-2021.

Tabela 9: A disponibilidade dos serviços ecossistêmicos na zona 04 durante a época húmida do ano hidrológico 2020-2021

ZONA		ZONA 04										
NOME		MATSINANE	MATSINANE	MATSINANE	MBUVA	MBUVA	MBUVA	MACANETA	MACANETA	MACANETA		
PONTO		PT15	PT16	PT17	PT18	PT19	PT20	PT21	PT22	PT23		
LATITUDE		-25.6794201	-25.6886087	-25.6914009	-25.7027739	-25.7168194	-25.7286236	-25.753797	-25.7604637	32.736506		
LONGITUDE		32.7461074	32.7509909	32.747586	32.7418041	32.7411217	32.7335817	32.7295135	32.7296463	-25.771071		
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	Provisão	água fresca	furos	furos								
		água (cultivo agrícola)	chuva (arroz na zona baixa)	água salobra	água salobra	água salobra						
		alimentação humana (peixe)	peixe doce (tilapia)	peixe (mistura)	peixe (mistura)	peixe (mistura)						
		materiais de construção	caniço	caniço	caniço	caniço						
	Cultural	combustível lenhoso	árvores na duna									
		recreação e ecoturismo								paisagem bonita	paisagem bonita	paisagem bonita
	Regulação	proteção contra inundação	árvores, vegetação	mangais a crescer	presença das árvores	erosão a maior escala						
		controle de erosão	árvores, vegetação									
		fertilidade do solo	solos férteis									
	Suporte	função de berçário										
		Biodiversidade	peixe doce (tilapia)									

Todavia, durante a época seca, uma parte da zona 04 nomeadamente Macaneta 2 (Matsinane e Mbuva) não é afectado pela salinidade porque ela está muito distante do rio. Nessa época a comunidade local da Macaneta 2 aproveita a água fresca das dunas para irrigar suas machambas. Essa água é disponível nas machambas através das valas

feitas pela comunidade local. Portanto, a tabela 10 apresenta a disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 04 durante a época seca do ano hidrológico 2020-2021.

Tabela 10: A disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 04 durante a época seca do ano hidrológico 2020-2021

ZONA		ZONA 04									
NOME		MATSINANE	MATSINANE	MATSINANE	MBUVA	MBUVA	MBUVA	MACANETA	MACANETA	MACANETA	
PONTO		PT15	PT16	PT17	PT18	PT19	PT20	PT21	PT22	PT23	
LATITUDE		-25.6794201	-25.6868087	-25.6914009	-25.7027739	-25.7166194	-25.7286236	-25.753797	-25.7604637	32.736506	
LONGITUDE		32.7461074	32.7509909	32.747596	32.7418041	32.7411217	32.7335817	32.7295135	32.7296463	-25.771071	
SERVIÇOS ECOSISTÉMICOS	Provisão	água fresca	furos, duna	furos, duna							
		água (cultivo agrícola)	hortaliça	hortaliça	hortaliça	hortaliça	hortaliça	hortaliça	água salobra	água salobra	água salobra
		alimentação humana (peixe)							mistura de peixe (tilapia, peixe banana, sardinha, garopa)	mistura de peixe (tilapia, peixe banana, sardinha, garopa)	mistura de peixe (tilapia, peixe banana, sardinha, garopa)
	Cultural	materiais de construção	caniço	caniço	caniço						
		combustível lenhoso	árvores na duna								
	Regulação	recreação e ecoturismo							paisagem bonita	paisagem bonita	paisagem bonita
		proteção contra inundação							árvores	árvores	árvores
	Suporte	controle de erosão	árvores, vegetação	mangais a crescer	presença das árvores	erosão a maior escala					
		fertilidade do solo	fértiles	fértiles	fértiles	fértiles	fértiles	fértiles			
	Biodiversidade	função de berçário									
									peixe	peixe	peixe

A zona 05 pertence o bairro de Gazene e Muntanhana. A zona está perto da boca do rio Incomáti e nessa zona há muitos mangais e por causa da salinidade a comunidade vive a depender em pesca. No bairro da Muntanhana, antigamente fazia agricultura, mas actualmente devido ao facto de que o solo da zona apresenta alto teor de salinidade, as machambas estão abandonadas por não ser produtivos. Portanto, a tabela 11 apresenta a disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 05 nas duas épocas (época húmida e época seca) do ano hidrológico 2020-2021.

Tabela 11: A disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 05 durante as duas épocas (época húmida e seca) do ano hidrológico 2020-2021

ZONA		ZONA 05								
EPOCA		EPOCA HÚMIDA				EPOCA SECA				
NOME DO LOCAL		GAZENE	MUNTANHANA	MUNTANHANA	MUNTANHANA	GAZENE	MUNTANHANA	MUNTANHANA	MUNTANHANA	
PONTO		PT24	PT25	PT26	PT27	PT24	PT25	PT26	PT27	
LATITUDE		-25.8452602	-25.8223303	-25.8030645	-25.7832952	-25.8452602	-25.8223303	-25.8030645	-25.7742688	
LONGITUDE		32.6952223	32.6862281	32.6762168	32.685279	32.6952223	32.6862281	32.6762168	32.685515	
SERVIÇOS ECOSISTÉMICOS	Provisão	água fresca	furos	furos	furos	furos	furos	furos	furos	
		água (cultivo agrícola)	água salgada	água salgada	água salgada	água salobra	água salgada	água salgada	água salgada	água salgada
		alimentação humana (peixe)	peixe salgado (corovina, magumba, pescadinho, peixe pedra, sardinha, peixe garoupa), camarão, caranguejo	mistura de peixe (tilapia, peixe gato, sardinha, magumba), camarão	mistura de peixe (tilapia, peixe gato, sardinha, magumba), camarão	mistura de peixe (tilapia, peixe gato, peixe branco, sardinha, magumba), camarão	peixe de água salgada (corovina, magumba, pescadinho, peixe pedra, peixe garoupa, sardinha), camarão, caranguejo	mistura de peixe (tilapia, peixe gato, peixe branco, sardinha, sapateiro, magumba, peixe garoupa, xicoswana, linguada), camarão, caranguejo	mistura de peixe (tilapia, peixe gato, peixe branco, sardinha, sapateiro, magumba, peixe garoupa, xicoswana, linguada), camarão, caranguejo	mistura de peixe (tilapia, peixe gato, peixe branco, sardinha, sapateiro, magumba, peixe garoupa, xicoswana, linguada), camarão, caranguejo
	Cultural	materiais de construção		caniço	caniço	caniço			caniço	caniço
		combustível lenhoso								
	Regulação	recreação e ecoturismo	paisagem bonita				paisagem bonita			
		proteção contra inundação	mangal	mangal seco	mangal	mangal	mangal	mangal seco a recuperar	mangal	mangal
	Suporte	controle de erosão								
		fertilidade do solo								
	Biodiversidade	função de berçário	peixe, camarão, caranguejo				peixe, camarão, caranguejo			
			peixe, camarão, caranguejo	peixe (mistura), camarão, caranguejo	peixe (mistura), camarão, caranguejo	peixe (mistura), camarão, caranguejo	peixe salgado, camarão, caranguejo	peixe (mistura), camarão, caranguejo	peixe (mistura), camarão, caranguejo	peixe (mistura), camarão, caranguejo

A zona 06 é de Maragra e Incoluane, que é mais distante das zonas de riscos com o objectivo da validação dos resultados da qualidade de água das zonas afectadas com o fenómeno da intrusão salina. Na Maragra sente-se somente o efeito da maré sem o efeito da intrusão salina enquanto no Incoluane (o ponto 29 situado na parte a montante do local de estudo), a qualidade de água é muito boa sem o efeito da maré e a intrusão salina durante as duas épocas do ano hidrológico. Portanto, a tabela 12 apresenta a disponibilidade dos serviços ecossistémicos na zona 06 nas duas épocas (época húmida e época seca) do ano hidrológico 2020-2021.

Tabela 12: A disponibilidade dos serviços ecossistêmicos na zona 06 durante as duas épocas (época húmida e seca) do ano hidrológico 2020-2021

ZONA		ZONA 06		ZONA 06	
ÉPOCA		ÉPOCA HÚMIDA		ÉPOCA SECA	
NOME DO LOCAL		MARAGRA	INCOLUANE	MARAGRA	INCOLUANE
PONTO		PT28	PT29	PT28	PT29
LATITUDE		-25.472567	-25.068289	-25.472567	-25.068289
LONGITUDE		32.809769	32.920975	32.809769	32.920975
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	Provisão	água fresca	furos	furos	furos
		água (cultivo agrícola)	milho, hortaliça	milho, hortaliça	milho, hortaliça
		alimentação humana (peixe)	peixe de água doce (tilapia, peixe gato)	peixe de água doce (tilapia, peixe gato)	peixe de água doce (tilapia, peixe gato)
		materiais de construção	caniço	caniço	caniço
		combustível lenhoso			
	Cultural	recreação e ecoturismo		paisagem bonita	paisagem
		proteção contra inundação		pedras	pedras
	Regulação	controle de erosão	vegetação	pedras	vegetação
		fertilidade do solo	solos férteis	solos férteis	solos férteis
	Suporte	função de berçário	peixe	peixe doce	peixe
		Biodiversidade	peixe	peixe	peixe

Para os serviços ecossistêmicos considerados no presente estudo, o subgrupo de alimentação humana (cultivos agrícolas e peixe) no grupo de serviços de provisão, apresentou mudanças drásticas nas maiorias das zonas nas duas épocas do ano hidrológico 2020-2021. Os cultivos agrícolas, ou seja, as culturas agrícolas são afectados pela qualidade e a disponibilidade da água, enquanto que, a disponibilidade de variedades de peixe é mais afectado pela qualidade da água. Durante a época húmida a salinidade de água do rio é razoável comparando com a época seca. Entretanto, embora que as comunidades das zonas 03 e 05 abandonaram as suas machambas por causa de alto teor de salinidade da água do rio, que muitas das vezes invadia as machambas quando o rio enche, o ano hidrológico 2020-2021 foi um bom ano porque choveu muito, e assim a salinidade da água foi regularizado. Mesmo assim, a maioria das pessoas da comunidade local não cultivaram nessas machambas nas bermas do rio por falta de preparação. Entretanto, por causa de chuvas intensas desde a montante até a jusante, o rio encheu muito até o ponto que transbordou para as machambas e causar destruição dos cultivos agrícolas no local de estudo. As pessoas das comunidades locais tiveram que abandonar as machambas até quando a água inundada secar para recultivar. Portanto, a figura 10 apresenta os mapas de conductividade eléctrica a apresentar a distribuição do serviço ecossistêmico de provisão, alimentação humana do tipo cultivos, ou seja, culturas agrícolas na época húmida e época seca do ano hidrológico 2020-2021.

Também, houve muitos tipos de peixe no local na época húmida por disponibilidade de água fresca ao longo do rio, mas na época seca diminuiu muito até as pessoas do local tiveram que avançar a montante a procura de peixe, embora que não toda comunidade conseguiu por falta de infraestruturas adequados como barcos com capacidade maior. Na zona perto da boca do rio, tanto para época húmida como seca há disponibilidade de muito

peixe, porém, as vezes diminui por causa da mudança de temperatura, ao sair das temperaturas quentes ou normais para as frias.

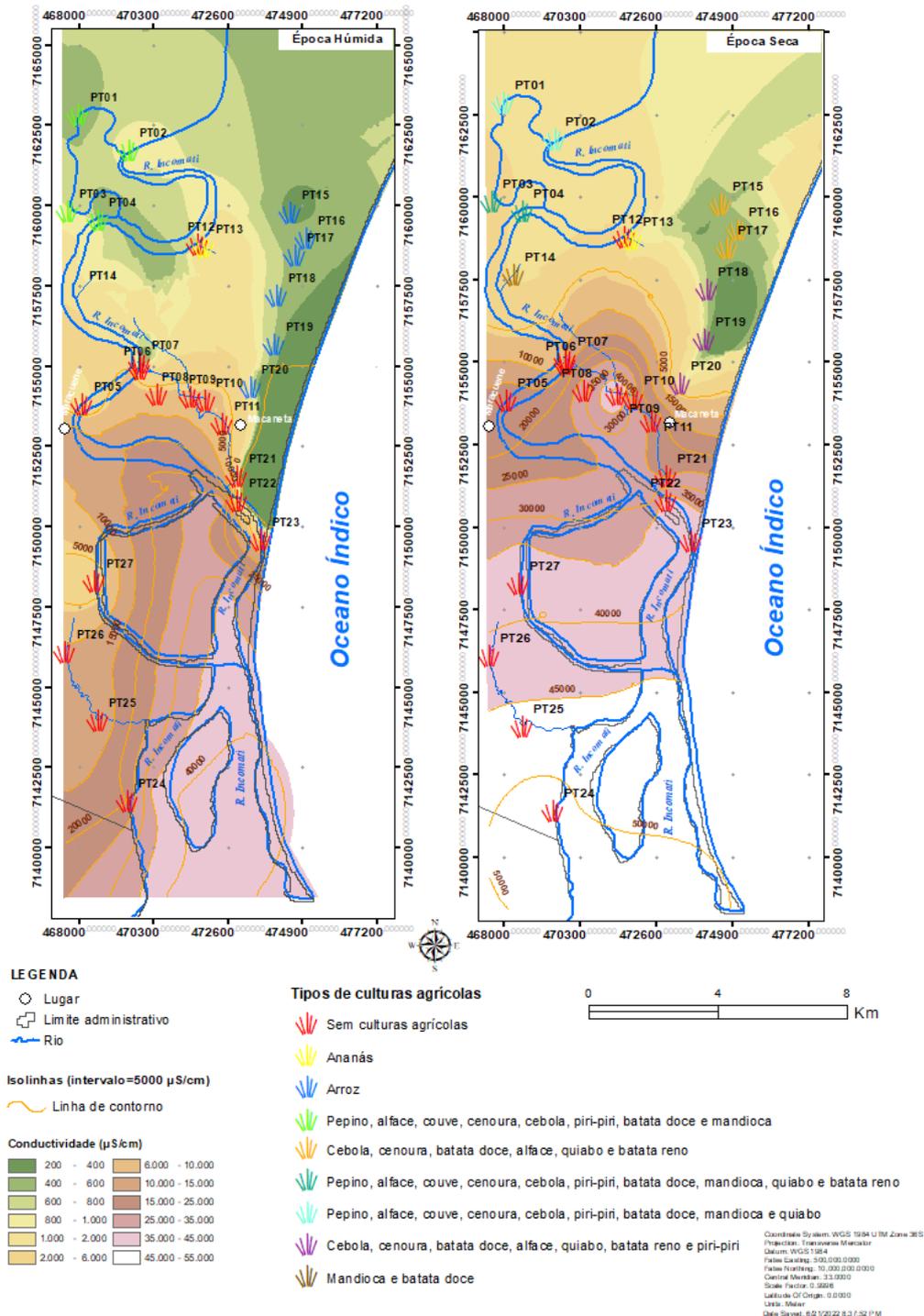


Figura 10: Os mapas de condutividade eléctrica e tipos de cultivos agrícolas nas épocas húmida e seca (Fonte: Adaptada pela autora, 2022)

Contudo, o serviço ecossistémico de provisão, alimentação humana do tipo peixe no local de estudo, também, apresentou mudanças drásticas da época húmida para a época

seca. Portanto, os mapas de conductividade eléctrica e tipos de peixe apresentados na figura 11 mostra como a distribuição das variedades de peixe é afectado nas duas épocas (época húmida e época seca) do ano hidrológico 2020-2021.

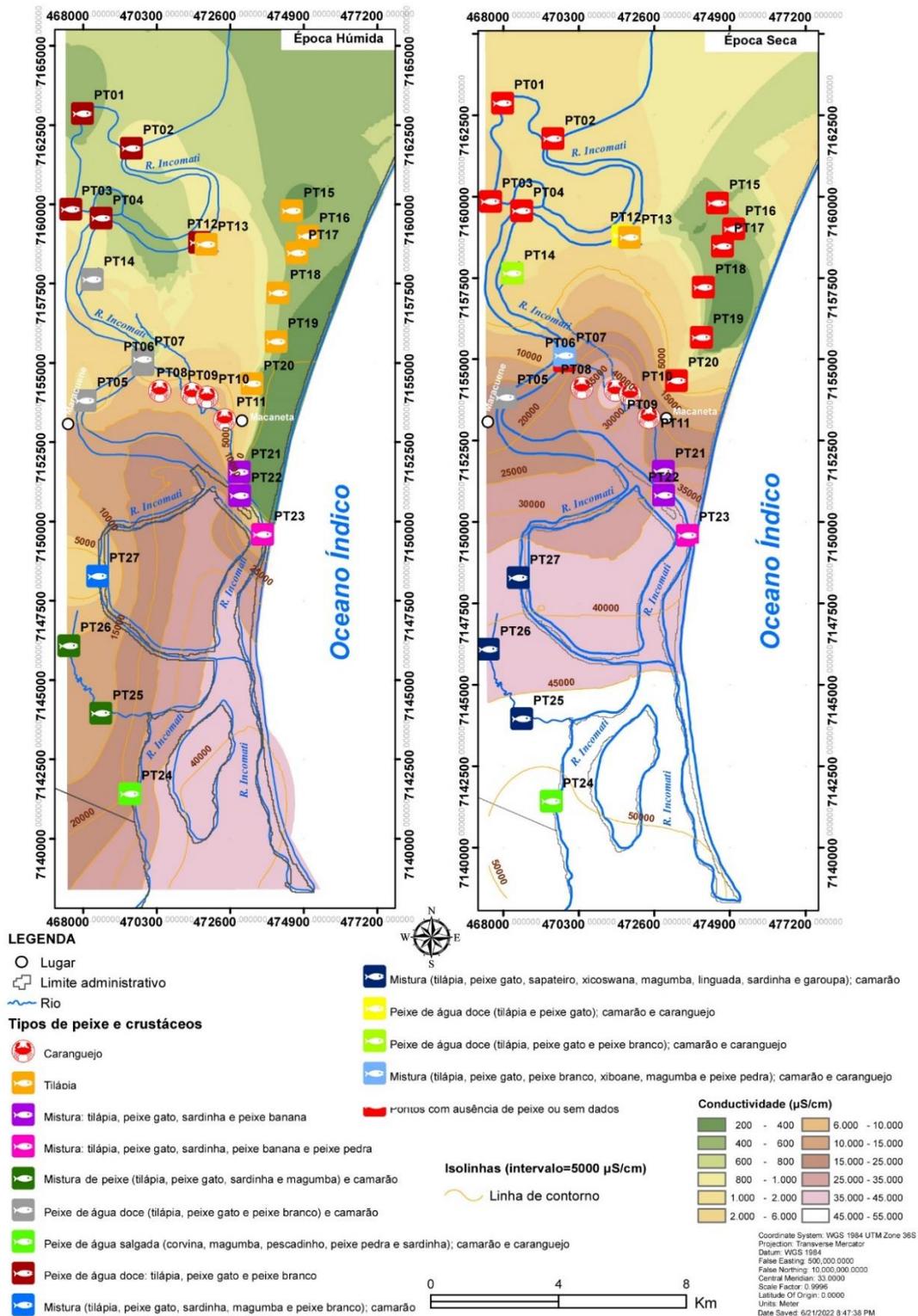


Figura 11: Os mapas de conductividade eléctrica e tipos de peixe nas épocas húmida e seca no local de estudo (Fonte: Adaptada pela autora, 2022)

#### **4.5 Características que contribuem na disponibilidade dos serviços ecossistémicos no local de estudo**

A maioria das mudanças nos ecossistemas foram o resultado directo ou indirecto de mudanças feitas para atender às demandas crescentes por alimentos, água, madeira, fibra e combustível (lenha e energia hidroelétrica). A maioria dos serviços ecossistémicos estão sendo degradada ou usada de forma insustentável. (MEA, 2005)

Acções para aumentar um serviço ecossistémico frequentemente causam a degradação de outros serviços. Por exemplo, porque as acções para aumentar a produção de alimentos normalmente envolvem o aumento do uso de água e fertilizantes ou expansão da área de terra cultivada, essas mesmas acções muitas vezes degradam outros serviços ecossistémicos, incluindo a redução da disponibilidade de água para outros usos, degradando a qualidade da água, reduzindo biodiversidade e diminuição da cobertura florestal, que por sua vez pode levar à perda de produtos florestais e à liberação de gases de efeito estufa que acelera as mudanças climáticas. (MEA, 2005)

Portanto, a construção de barragens e reservatórios de água a montante por causa da expansão das machambas dos produtos agrícolas comerciais como cana de açúcar, reduziu a quantidade natural da água fresca que flui para a jusante; isso por sua vez contribuiu na degradação da qualidade de água no estuário do rio Incomáti, porque não há água fresca suficiente a lavar de volta a água salgada para o mar, então, outros serviços ecossistémicos com a disponibilidade de peixe de água doce é afectado e também a quantidade de água doce para alimentar as machambas a jusante é diminuído, no qual faz com que as machambas ficar menos produtivos nas bermas do rio, especialmente na zona 03 no bairro de Hobjana e na zona 05 no bairro de Muntanhana apresentado por pontos terrestres 06 a 14 e 25 a 27 respectivamente.

Segundo Mahmuduzzaman, et al. (2014), a salinidade afecta principalmente a terra e a água doce nas áreas costeiras. Com as consequências das alterações climáticas, estende-se gradualmente para as águas interiores e para o solo. Este cenário de intrusão gradual de salinidade na área costeira de Bangladesh é muito ameaçador para o sistema de produção primária, biodiversidade costeira e saúde humana. A quantidade total de terras afectadas pela salinidade foi de 83,3 milhões de hectares em 1973, que foi aumentada para 102 milhões de hectares em 2000 e a quantidade aumentou para 105,6 milhões de hectares em 2009 e continua a aumentar. Diz o autor que, nos últimos 35 anos, a salinidade aumentou cerca de 26% neste país e a intrusão salina está espalhando também para às áreas não costeiras.

O Mahmuduzzaman, et al. (2014), argumenta que, foi observado que todas as terras cultiváveis costeiras não estão sendo utilizadas para a produção agrícola, principalmente devido à salinidade do solo (ele limita o crescimento das culturas e afecta a produção geral das culturas, além de tornar o solo inadequado para muitas culturas potenciais) e recentemente, o estudo de sementes do IRRI, financiado pela USAID, identificou-se 12 distritos de Bangladesh como área afectada pela salinidade por meio de mapeamento GIS. Portanto, no local de estudo (no distrito de Murrachene), as alterações climáticas (chuvas intensas e aumento de temperatura) são também consideradas como tendo desempenhado um papel na degradação das explorações agrícolas e da pesca. Os campos agrícolas nas bermas do rio foram abandonados cada vez mais desde a década de 1990. Isso pode ser testemunhado no bairro Eduardo Mondlane, Samora Machel e Hobjana desde 2015, mas com grande proporção no bairro de Muntanhana desde a década de 1990 já não conseguiram cultivar arroz por causa de aumento da salinidade da água, porém, a comunidade cultivava outros cultivos como banana até o ano 2018, desde já até então nesse bairro não cresce nada nas machambas nas bermas do rio.

Entretanto, o autor Mahmuduzzaman, et al. (2014), continua a destacar que, as causas da intrusão salina na faixa costeira de Bangladesh analisadas são: localização geográfica crítica do país, condição de baixo fluxo do rio por construção de uma barragem no país vizinho a montante, elevação do nível do mar, ciclones e tempestades, efeito da água de retorno, e falta de precipitação. Portanto, no local de estudo em causa, os residentes atribuem parcialmente o declínio de seus meios de subsistência aos impactos das operações das barragens a montante na África do Sul, que exageram as altas e baixas do nível do rio durante secas e inundações. Durante as épocas secas, o sal marinho avança mais acima do rio Incomáti, afectando a agricultura nas bermas do rio (especial nas machambas de arroz) devido à intrusão da água salgada reconhecida por autoridades locais por matar canaviais que regulam os impactos das enchentes/cheias. Nas cheias, o rio Incomáti rompeu as suas margens e fluiu sobre o topo das machambas nas bermas do rio, visivelmente erodindo os cultivos agrícolas nos bairros de Eduardo Mondlane, Samora Machel e Hobjana, bem como, cortando as vias de acesso do bairro de Hobjana, o efeito que se tornou o meio de transporte muito difícil. As comunidades nos bairros mencionados perderam uma grande parte dos cultivos agrícolas por causa da quantidade maior da água que invadiu as suas machambas.

O comércio e a pesca por parte dos homens foram gravemente afectados, uma vez que as decisões de pesca no local de estudo se relacionam em parte com as alturas sazonais

do rio, salinidade e localizações flutuantes dos bancos de areia na foz, ou seja, boca do rio Incomáti. Entretanto, as inundações do rio Incomáti trouxeram impactos negativos sobre os cultivos agrícolas nas machambas nas bermas do rio, além de quaisquer benefícios vinculados a entrada de água doce favorável para os juvenis de peixes, no qual apresenta o serviço de suporte: função de berçário (um dos serviços ecossistémicos disponível no local de estudo). Isso porque durante as visitas do campo na época chuvosa observou-se muitos camarões e peixe de água doce (tilápia e peixe gato) juvenis no canal do rio Incomáti apresentado por ponto 07 da zona 03, do bairro de Hobjana. Portanto, além de negativos impactos das inundações como perda de cultivos agrícolas, há impactos positivos que favorece a função berçário do peixe no local para que haja crescimento de peixe, o efeito que aumentará a sua disponibilidade.

Para evitar a fome, as pessoas das comunidades locais estão viajando para áreas agrícolas e pesqueiras mais distantes do que antes, sujeitos a danos à infraestrutura e pequenas distâncias de barcos. Onde o rio Incomáti encontra o mar acima de Maputo em Moçambique, os pescadores referem-se ao aumento do nível da água do mar percebido através das suas próprias observações de longo prazo dos níveis da água do mar contra os marcos do canal dos navios, o que está a causar erosão nas margens do rio. A erosão na margem do rio pode ser observada muito no ponto 23 da zona 04 do bairro de Macaneta 1, referenciado por Anexo 23 (A23-3 [h]) onde há perda de mangal e outros tipos de biodiversidade terrestre e no ponto 04 da zona 02 do bairro Samora Machel referenciado por Anexo 25 (A25-1[C]) onde há muita perda da terra nos campos agrícolas nas bermas do rio Incomáti.

Mesmo assim, o aumento do nível do mar é geralmente mencionado como um estresse auxiliar migrações a montante de hipopótamos, reverenciado à montante devido a intrusão salina avançando a cada ano em função do clima, ou seja, a mudança climática (mudanças nos padrões de chuva e temperatura), bem como, a construção de barragens e retirada de água, afectando o escopo para o turismo de vida selvagem na área, assim como, as cerimônias tradicionais de hipopótamo nas comunidades locais.

Segundo o Mahmuduzzaman, et al. (2014), a magnitude da intrusão salina depende de um equilíbrio sensível entre o fluxo da água doce e a água do mar. A construção da barragem de Farakka no país vizinho (a montante) diminuiu o fluxo de água para o sistema fluvial interno de Bangladesh. O fluxo de água no rio Ganges em Bangladesh caiu um mínimo de 150m<sup>3</sup>/s na ponte Hardinge em 1995 de 2.000m<sup>3</sup>/s, que era fluxo mínimo médio do rio Ganges durante o período pós Farraka. Ele argumentou que a

descarga durante a época chuvosa (Julho a Outubro) aumentou exacerbou a condição de inundação e durante a estação seca (Novembro a Maio) a descarga diminuiu significativamente, agravar consideravelmente a intrusão salina na costa interior. Portanto, de acordo com Jambane (2018), a mudança no fluxo de rio Incomáti devido às operações de barragens distantes relacionadas à África do Sul, em vez de necessidades locais de água foi acordado a ser  $0,6\text{m}^3/\text{s}$  em barragem de Corumana,  $2,6\text{m}^3/\text{s}$  na Ressano Garcia e  $3\text{m}^3/\text{s}$  no distrito de Marracuene onde é localizado o estuário do rio Incomáti. Contudo, em 2001, foi recomendado o fluxo ambiental de  $5\text{m}^3/\text{s}$  no estuário do rio Incomáti para que ela ajuda no controlo da intrusão salina no rio, mas, devido a monitoria feita no local de estudo no ano hidrológico 2020-2021, os resultados da qualidade da água no estuário pode explicar que o fluxo ambiental recomendado não esta sendo cumprido ou já não serve as necessidades actuais do local.

A pesca e as actividades agrícola são também afectados directamente por mudanças climáticas como pelas mudanças no fluxo de rio devido às operações de barragens distantes relacionadas à África do Sul, em vez de necessidades locais de água. A mudança climática interrompe a disponibilidade e a qualidade dos serviços ecossistémicos especialmente a alimentação humana. O aumento projectados nas temperaturas, mudança nos padrões de precipitação, mudança em eventos climáticos extremos e reduções na disponibilidade de água podem resultar na redução da produtividade agrícola. Isso foi testemunhada no bairro de Eduardo Mondlane onde é que os cultivos agrícolas secaram nas machambas antes do seu tempo de estar pronto. Portanto, a escala normal usada com as comunidades locais nas actividades agrícolas e o equilíbrio entre a pesca fluvial e marítima no distrito de Marracuene parece ter rompido, um efeito das mudanças climáticas e construção de barragens a montante.

#### **4.6 Preservação dos serviços ecossistémicos olhando a qualidade e a quantidade da água no estuário do rio Incomáti**

Os seres humanos estão fundamentalmente em uma extensão significativa de forma irreversível, mudando a diversidade da vida na terra e a maioria dessas mudanças representam uma perda de biodiversidade que por sua vez traz sobre a degradação dos ecossistemas e seus serviços.

Uma variedade de estratégias pode ser usada para alcançar práticas de preservação de serviços ecossistémicos e entregar múltiplos benefícios e resultados. Isso inclui o uso de abordagens baseadas no mercado, estratégias de investimento público-privado e arranjos coletivos que promovem a acção cooperativa de acordo com os resultados em

escala de paisagem. A seguir são algumas sugestões de estratégias de como é que podemos preservar os serviços ecossistémicos no estuário do rio Incomáti, assim como, na sua bacia hidrográfica em geral:

- Aumentar a conscientização e a compreensão das pessoas sobre a importância dos serviços ecossistémicos para o bem-estar humano, introduzindo programas de educação e medidas de incentivos para fornecer habilidades ou treinamento às pessoas sobre como restaurar os ecossistemas e manter a produção de serviços ecossistémicos. Isso também aumentará a compreensão das pessoas nos processos ecológicos que produzem os serviços ecossistémicos e como preservá-los;
- Introdução dos métodos para avaliar e medir os serviços ecossistémicos, a explorar os valores dos serviços ecossistémicos em termos económicos e outros, para as pessoas em relação a decisões e desafios e também investigar novos mecanismos e arranjos institucionais para reconhecer e fazer melhor uso desses valores;
- O suporte total do governo na gestão dos ecossistemas e seus serviços. O envolvimento do governo muitas vezes é necessário não apenas para habilitar os mercados através do estabelecimento de unidades de comércio, direitos de propriedade e mecanismos de quantificação, mas também para estabelecer requisitos de monitoramento e padrões mínimos de gestão dos ecossistemas e serviços ecossistémicos. Entretanto, o governo pode se basear em estratégias tradicionais tentando influenciar o comportamento por meio da mudança ou criação de mercados para serviços ecossistémicos e uma ampla gama de ferramentas. As ferramentas podem incluir qualquer combinação de incentivos financeiros como doações diretas, sinais de preços e mecanismos de negociação; medidas não financeiras como serviços de extensão do governo; e estruturas regulatórias como restrições a actividades prejudiciais aos ecossistemas, que incluem impostos e taxas;
- Introdução de ferramentas políticas que se concentram na melhoria da conservação de biodiversidade. Todas as ferramentas políticas que se concentram em melhorar a conservação da biodiversidade têm o potencial de produzir vários resultados positivos dos serviços ecossistémicos, mesmo que não sejam medidos explicitamente. Por exemplo as abordagens baseadas no

mercado são projetadas para impulsionar investimentos em uma ampla gama de serviços ecossistêmicos;

- Restauração e conservação da vegetação presente nas bermas do rio como o mangal e outros tipos porque eles desempenham o papel muito importante no controle da erosão e inundação;
- Apoiar o monitoramento e limpeza das valas presentes nas machambas das comunidades locais e concertação das comportas nas valas para que haja um meio de prevenir a água salgada invadir as machambas durante a época seca; e
- Criação dos mecanismos de identificação dos principais cenários para o futuro.

Embora o papel dos mercados na avaliação dos serviços ecossistêmicos esteja aumentando, o papel tradicional dos governos na conservação da biodiversidade por uma série de razões não comerciais e de bem público continua sendo fundamental para garantir o fluxo dos serviços ecossistêmicos (Department of the Environment, 2009). Por exemplo, o governo local do distrito de Marracuene pode encorajar os proprietários de terrenos e todas as comunidades em geral por meio de programas de educação e medidas de incentivo, a proteger a vegetação remanescente e restaurar a vegetação degradada. Isso provavelmente trará proteção contra a perda de fertilidade do solo, erosão e qualidade da água prejudicada.

O papel do sector privado em alcançar a sustentabilidade ecológica e social também é importante. Estratégias que tratam de falhas de informação podem ser uma forma eficaz de mudar o comportamento de consumo e permitir que os produtores recuperem o investimento em métodos de produção ecologicamente sustentáveis (Department of the Environment, 2009). Exemplos de tais estratégias incluem códigos de prática sectoriais que são apoiados por alguma forma de monitoramento de conformidade, desenvolvimento de padrões voluntários ou estatutários de dever de cuidado de recursos, bem como arranjos contratuais, a garantir áreas necessárias para proteção de biodiversidade e/ou serviço de provisão de água.

Entretanto, dentro dos acordos e políticas introduzidos, não podemos esquecer os acordos sobre os fluxos ambientais suficientes para restaurar e sustentar os ecossistemas aquáticos e lhes proteger contra fenómenos desagradáveis como a intrusão salina. Isso porque, além de disponibilidade dos serviços ecossistêmicos nos seus ecossistemas, a sua proteção e restauração também aumentam a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos nos ecossistemas terrestres e marinhos.

## 5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusão

A análise da qualidade da água e como interfere a disponibilidade dos serviços ecossistémicos presentes no estuário do rio Incomáti demonstrou-se de grande valia uma vez que este recurso hídrico junto com os afluentes e as valas construídos pelas comunidades locais, são utilizados intensamente nas actividades agrícolas e de pesca desenvolvidas no local.

Os seguintes parâmetros de qualidade da água, o potencial hidrogénico [época húmida: pH (6,70 – 8,13) e época seca: pH (6,66 – 8,55)] e a temperatura [época húmida: T (24,5 – 32,8 °C) e época seca: T (16,8 – 28,3 °C)] estiveram dentro dos valores recomendados para os rios de acordo com os documentos que foram usados como referência no presente trabalho. Entretanto, os outros parâmetros que foram avaliados como a condutividade eléctrica [época húmida (321- 19.917  $\mu$ S/cm) e época seca (523 – 52.733  $\mu$ S/cm)]; o oxigénio dissolvido (época húmida (4,20 – 15,91 mg/l) e época seca (5,93 – 10,79 mg/l de oxigénio)]; assim como, a concentração de nitratos (1,6 – 18,1 mg/l); e de fosfatos (0,26 – 1,73 mg/l) estiveram ligeiramente fora dos valores recomendados.

Portanto, a qualidade da água afecta a disponibilidade dos serviços ecossistémicos no estuário do rio Incomáti. Contudo, a intrusão salina representada pelo parâmetro condutividade eléctrica influencia a disponibilidade de serviços ecossistémicos do primeiro grupo, serviços de provisão, especialmente a alimentação humana (os cultivos agrícolas e a disponibilidade de peixe) e com menor intensidade os outros serviços.

Uma diferença significativa dos serviços de provisão (alimentação humana) e serviço do suporte (função berçário) é observado entre as épocas húmidas e secas, e esta diferença é explicada pelo parâmetro condutividade eléctrica da maneira vimos nos mapas das figuras 10 e 11 do presente trabalho, a apresentar a disponibilidade de alimentação humana (distribuição das culturas agrícolas e tipos de peixe) no local de estudo nas duas épocas do ano hidrológico 2020-2021. Isso é por causa da falta de água fresca suficiente a regularizar a salinidade da água do mar que causa a intrusão salina no local. A falta de água fresca suficiente pode a ser causada pelas barragens construídas nos países a montante a reservar água para cultivo agrícola comercial, e efeitos das mudanças climáticas, uma crise global.

A entrevista feita nas comunidades e a observação física conclui-se que, há mudança drástica ao longo prazo na disponibilidade dos serviços de provisão como a água fresca e alimentação humana (os cultivos agrícolas e a disponibilidade de peixe). Quanto os

cultivos agrícolas, em particularmente o cultivo de arroz na zona 03 no bairro de Hobjana e zona 05 no bairro de Muntanhana, os entrevistados acreditam que a redução da disponibilidade desse serviço é devida a redução, ou seja, a indisponibilidade de serviço de provisão, água fresca.

Fica evidente que em qualquer época, os problemas gerados a partir da actividades antropogénicas como a construção das barragens acontecendo nos países a montante da bacia do rio Incomáti, inconsequentes possuem uma profunda relação com a dimensão ambiental especialmente na parte a jusante da bacia (estuário) do rio Incomáti, e suas soluções dependem do uso racional e sustentável dos recursos naturais dentro dessa bacia hidrográfica, buscando conservá-los. Enfatizando-se este escopo, a gestão da bacia hidrográfica do rio Incomáti está directamente relacionado ao planeamento e uso racional dos recursos naturais contêm no ecossistema dele, integrando os processos e actividades humanas no cotidiano.

No entanto, em diversos países especialmente países em meio de desenvolvimento como Moçambique, grande parte da renda de famílias pobre vem dos serviços ecossistémicos como produtos agrícolas, produtos florestais, pesca e entre outros. Além disso, essas famílias possuem poucos meios de lidar com perdas críticas de outros serviços, como purificação da água para consumo ou a protecção contar riscos naturais como cheias e secas. Portanto, isso conclui-se que a gestão sustentável dos ecossistemas e seus serviços dentro da bacia do rio Incomáti é um elemento chave para se alcançar as metas de redução da pobreza (conforme refletido nos ODS), nas comunidades locais ao redor no qual o bem-estar delas depende neles.

Portanto, salienta-se ainda que, as variações na disponibilidade dos serviços ecossistémicos entre as duas épocas em análise devem ser vistas com cautela porque reflectem mudanças nos seus fluxos físicos gerados. Contudo, é preciso lembrar que a dinâmica das funções ecossistémicas não é linear e sua compreensão requer um nível profundo de conhecimento ecológico, que nem sempre é acessível aos pesquisadores devido à ausência de informações. Isso é porque informações tão específicas com relação à provisão de serviços ecossistémicos ainda são extremamente escassas ou mesmo inexistentes e representam um importante desafio para pesquisas envolvendo essa temática.

## **5.2 Recomendações**

As informações disponíveis para avaliar as consequências das mudanças nos serviços ecossistémicos para o bem-estar humano e o planeta em geral são relativamente

limitadas porque muitos serviços ecossistémicos ainda não foram monitorados e também é difícil estimar a influência das mudanças nos serviços ecossistémicos em relação aos outros serviços sociais, culturais e factores económicos que também afectam o bem-estar das pessoas e de todo o planeta. Portanto, recomenda-se ainda outros estudos profundos a avaliar as mudanças nos serviços ecossistémicos.

A falha em calcular os valores económicas totais dos serviços dos ecossistemas tem sido uma grande influência para a sua perda e degradação. Portanto, recomenda-se estudo de valoração económica dos serviços ecossistémicos no local de estudo para elucidar os custos de oportunidades envolvidos. Isso porque, um exercício de valoração bem conduzido e um contexto de informações sobre os serviços ecossistémicos bem documentada cumpre o papel de informar aos agentes a magnitude da dependência das actividades económicas com relação aos serviços ecossistémicos, explicitando as interfaces existentes entre as decisões económicas, a provisão de serviços e o bem-estar humano.

Entretanto, a relação de dependência do homem com os serviços ecossistémicos e especialmente seu papel como subsistência para muitas famílias pobres precisa ser mais integrado nas políticas. Isso se aplica tanto para o direccionamento de intervenções no desenvolvimento quanto para a avaliação dos impactos das políticas que afectam o meio ambiente. Portanto, recomenda-se um estudo sobre a importância das políticas integrada na conservação da bacia hidrográfica do rio Incomáti.

Também, é preciso um estudo sobre as quantidades necessários dos fluxos ambientais (regime de caudais ecológicos) na bacia do rio Incomáti especialmente no estuário do rio, de modo que a ajudar na melhoria dos acordos existentes para que eles servem as necessidades actuais.

Finalmente, apesar da relevância da análise empreendida, é justo que façam algumas avaliação e observações sobre a qualidade microbiológica, ou seja, os parâmetros biológicos da água do rio Incomáti especial na zona 03 do bairro de Hobjana e zona 04 do bairro de Matsinane onde apresentaram alto teor do parâmetro oxigénio dissolvido com o aumento da temperatura fora dos valores recomendados, bem como, a análise completo dos nutrientes (nitratos e fosfatos), incluindo os silicatos e amónia e como eles afectam a disponibilidade dos serviços ecossistémicos no estuário do rio Incomáti e se for possível dentro de toda bacia hidrográfica do rio Incomáti.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. A Engenharia nos Ensina...: Alagamento, E. o. I., 02 de Abril de 2022. s.l.: s.n.
2. Addy, K., Green, L. & Herron, E., 2004. *pH AND ALKALINITY*, Rhode Island: URIWW.
3. Adrade, D. C. & Romeiro, A. R., 2009. *SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E SUA IMPORTÂNCIA PARA O SISTEMA ECONÔMICO E O BEM-ESTAR HUMANO*, s.l.: s.n.
4. Alvarenga, L. A. et al., 2012. *ESTUDO DA QUALIDADE E QUANTIDADE DA ÁGUA EM MICROBACIA, AFLUENTE DO RIO PARAÍBA DO SUL- São Paulo, após ações de preservação ambiental*, São Paulo: A&A.
5. Américo-Pinheiro, J. H. P., Mirante, M. H. P. & Benini, S. M., 2016. *GESTÃO E QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS*. 1 ed. Tupã, São Paulo: TUPÃ/SP ANAP.
6. ANDRADE, D. C., ROMEIRO, A. R., FASIABEN, M. d. C. R. & GARCIA, J. R., 2012. Dinâmica do uso do solo e valoração de serviços ecossistêmicos: notas de orientação para políticas ambientais. Em: UFPR, ed. *DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE*. Brasil: s.n., pp. 53-71.
7. ARA-SUL, 2008. Maputo: s.n.
8. ATKINS-ISA, I. S. d. A. p. a. A., 2014. *DETERMINAÇÃO DE UM REGIME DE CAUDAIS ECOLÓGICOS A JUSANTE DO EMPREENDIMENTO DO ALVITO*, Lisboa: Hinc Patriam Sustinet.
9. Brooker, R., Hester, A. & Pakeman, R., 2016. *ECOSYSTEM SERVICES*, Craigiebucker, Aberdeen: The James Hutton Institute.
10. Bunce, M., Brown, K. & Rosendo, S., 2010. *ENVIRONMENTAL SCIENCE & POLICY: Policy misfits, climate change and cross-scale vulnerability in coastal Africa: how development projects undermine resilience*, Norwich, UK: Elsevier Ltd..
11. Bunce, M., Rosendo, S. & Brown, K., 2009. *PERCEPTIONS OF CLIMATE CHANGE, MULTIPLE STRESSORS AND LIVELIHOODS ON MARGINAL AFRICAN COASTS*, Norwich, UK: Springer Science + Business Media B.V.
12. Callisto, M., Macedo, D. R., Parreira de Castro, D. M. & Alves, C. B. M., 2019. *BASES CONSEITUAIS PARA CONSERVAÇÃO E MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS*. Belo Horizonte: CEMIG.
13. Danelon, J. R. B. & Rodrigues, S. C., 2013. *ESTUDO SOBRE A QUALIDADE HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO TERRA BRANCA, UBERLÂNDIA (MG)*, Uberlândia, Brasil: ISSN 0103-8427.

14. Department of the Environment, W. H. a. t. A. A., 2009. *ECOSYSTEM SERVICES: Key Concepts and Applications*, Canberra, Australia: Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts.
15. Farias, M. S. S. d., Neto, J. D. & Lima, V. A. d., 2011. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo: parâmetros físicos-químicos. Em: *GEPROS, Gestão da Produção, Operações e Sistemas - Ano 6*. 1 ed. Brasil: UFCG-PB, pp. 161-170.
16. Felisa, G., Ciriello, V. & Federico, V. D., 2013. SALTWATER INTRUSION IN COASTAL AQUIFERS: A Primary Case Study along the Adriatic Coast Investigated within a Probabilistic Framework. *WATER 2013*, 19 November, pp. 1830 - 1847.
17. Forslund, A. et al., 2009. *SECURING WATER FOR ECOSYSTEMS AND HUMAN WELL-BEING: The Importance of Environmental Flows*, Stockholm: SIWI.
18. Guerra, A. J. T., 2006. *GEOMOLOGIA E MEIO AMBIENTE*, Betrand, Brasil: Rio de Janeiro.
19. Guiomar, N., de Oliveira, N. G., Fernandes, J. P. A. & Teiga, P., 2011. *GESTÃO DE SERVIÇOS DOS ECOSISTEMAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS*. EPAL, S.A ed. S.A Portugal: Rolo e Filhos II, SA.
20. Halo, I. F. M., 2004. *CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA DO FLUXO DE NUTRIENTES, EM RELAÇÃO AOS PROCESSOS OCEANOGRÁFICOS NO ESTUÁRIO DO RIO INCOMÁTI, DURANTE A ESTAÇÃO SECA*, Maputo: s.n.  
<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/bacia-hidrografia.htm>, 06 de Abril de 2022. s.l.: s.n.
21. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/77/Usina\\_Rio\\_Novo-REFON.JPG/440px-Usina\\_Rio\\_Novo\\_REFON.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/77/Usina_Rio_Novo-REFON.JPG/440px-Usina_Rio_Novo_REFON.JPG), 15 de Abril de 2022. s.l.: s.n.
22. <https://www.google.com/hidrogeografia-e-hidrologia/slideshare.net>, 22 de Março de 2022. s.l.: s.n.
23. <https://image.slidesharedn.com/cpm-geo-baciashidrograficas00-1-g-b-h-0-3-6>, 02 de Abril de 2022. s.l.: s.n.
24. Jambane, E. V., 2018. *METODOLOGIA DE DETERMINAÇÃO DAS DEMANDAS HÍDRICAS NA BACIA DO RIO INCOMÁTI NOS ANOS ACTUAIS E PROJEÇÕES FUTURAS*, Maputo: s.n.
25. Litke, D. W., 1999. *NATIONAL WATER-QUALITY ASSESSMENT PROGRAM: Review of Phosphorus Control Measures in the United States and Their Effects on Water Quality*, Denver, Colorado: U.S GEOLOGICAL SURVEY.

26. Machute, H. N. G., 2019. *A COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DIANTE DOS RECURSOS HÍDRICOS TRANSFRONTEIRIÇOS: O rio Incomáti como espaço de observação*, Maputo: s.n.
27. Mahmuduzzaman, M., Ahmed, Z. U., Nuruzzaman, A. K. M. & Ahmed, F. R. S., 2014. *CAUSES OF SALINITY INNTRUSION IN COASTAL BELT OF BANGLADESH*, Dhaka, Bangladesh: e-ISSN: 2163-260X.
28. MEA, 2005. *ECOSYSTEM AND HUMAN WELL-BEING: SYNTHESIS*, Washington, DC.: Island Press.
29. MPCA, M. P. C. A., 2009. *LOW DISSOLVED OXYGEN IN WATER: Causes, Impact on Aquatic Life - An Overview*, St. Paul: 520 Lafayette Rd. N..
30. Omer, N. H., 2019. *WATER QUALITY PARAMETERS*, Khartoum, Sudan: IntechOpen.
31. Ramos, M. d. G. O. & Azevedo, M. R. d. Q. A., 2010. *DEFINIÇÃO DE ECOSSISTEMAS: Ecossistemas Brasileiros*, Campina Grande, Brasil: Natal: EdUEPD.
32. Schiavetti, A. & Camargo, A., 2002. *CONCEITO DE BACIA HIDROGRÁFICAS: TEORIAS E APLICAÇÕES*, Ilhéus, Bahia: Editus.
33. Schiavetti, A. & Camargo, A. F., 2002. *CONCEITOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS (TEORIAS E APLICAÇÕES)*. Editora da UESC ed. Universidade Estadual de Santa Cruz: CRB5/1122.
34. Silva, S. M. D. A., 2018. *ANÁLISE FÍSICA, QUÍMICA E BIOLÓGICA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DOIS DE ABRIL, NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ/RO*, Fundação Universidade Federal de Rondônia: PORTO VELHO-RO.
35. Souza, E. R. d. & Fernandes, M. R., 2000. *SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS: Unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das actividades rurais*, Belo Horizonte: Informe Agropecuário.
36. Sukhdev, P. et al., 2010. *A ECONOMIA DOS ECOSSISTEMAS E DA BIODIVERSIDADE: Integrando a Economia da Natureza, Uma sintese da abordagem, conclusões e recomendações do TEEB*, s.l.: s.n.
37. Teodoro, V. L. I., Teixeira, D., Costa, D. J. L. & Fuller, B. B., 2007. *O CONCEITO DE BACIA HIDROGRÁFICA E A IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA PARA O ENTENDIMENTO DA DINÂMICA AMBIENTAL LOCAL*, Uniara: n.20.

38. Terry, A., 2007. *THE KOMATI DOWNSTREAM DEVELOPMENT PROJECT: ACHIEVEMENTS AND CHALLENGES*, United Kingdom: Bristol BS16 1QY.
39. Terry, A. K., 2019. *THE IMPACT OF THE 2015-16 EL NINO DROUGHT ON IRRIGATED HOME, GARDENS OF KOMATI DOWNSTREAM DEVELOPMENT PROJECT, SWAZILAND*, Bristol, UK: Routledge.
40. Tiwari, D. S., 2015. *WATER QUALITY PARAMETERS : A Review*, Bhopal, India: e-ISSN: 2349-6185.
41. Tonello, K. C., 2005. *ANÁLISE HIDROAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DA CACHOEIRA DA POMBAS, GUANHÃES, MG.*, Viçosa: UFV.
42. Turton, A., 2008. *A SOUTH AFRICAN PERSPECTIVE ON A POSSIBLE BENEFIT-SHARING APPROACH FOR TRANSBOUNDARY WATERS IN THE SADC REGION*, Pretoria, South Africa: s.n.
43. Turton, A. R., Meissner, R., Mampane, P. M. & Seremo, O., 2004. *A HYDROPOLITICAL HISTORY OF SOUTH AFRICA'S INTERNATIONAL RIVER BASINS*, Pretoria: ISBN 1 77005 042 6.
44. UNFCCC, U. N. F. C. o. C. C., 2011. *CLIMATE CHANGE SCIENCE- the status of climate change today*, Durban, South Africa: gef.
45. USEPA, U. S. E. P. A., 1986. *AMBIENT: Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen*, Washington DC: EPA 440/5-86-003.
46. Vilaça, M. F. et al., 2009. *BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO: O ESTUDO DE CASO DO RIBEIRÃO CONQUISTA NO MUNICÍPIO DE ITAGUARA - MG.*, Viçosa: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.

## 7. ANEXOS

### ANEXO 1. Tabela de valores de condutividade eléctrica (CE) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época húmida em unidade de micro-Siemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

PT	COORDENADA		DATA (d/m/a)	TEMPO (h:m:s)	CE (1) ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	CE (2) ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	CE (3) ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
	LONG	LAT						
PT01	32.6808865	-25.6515718	06/04/2021	14:18:12	456	470	467	464
PT02	32.6961856	-25.6614885	06/04/2021	15:21:27	936	960	958	951
PT03	32.6772498	-25.6788125	08/04/2021	15:37:48	945	816	689	817
PT04	32.6866237	-25.6814007	08/04/2021	16:25:18	488	491	493	491
PT05	32.6816038	-25.7231603	13/04/2021	08:15:02	586	587	586	586
PT06	32.6995204	-25.7231603	13/04/2021	09:03:51	575	580	575	577
PT07	32.6995204	-25.7216327	13/04/2021	09:18:30	560	561	561	561
PT08	32.7234918	-25.7318910	15/04/2021	15:20:32	7270	7030	7140	7147
PT09	32.7234918	-25.7353922	15/04/2021	08:26:25	6810	8000	6990	7267
PT10	32.7234918	-25.7353922	15/04/2021	08:26:25	5040	5000	5040	5027
PT11	32.7234874	-25.7353886	13/04/2021	10:26:06	5003	5021	5740	5255
PT12	32.7172930	-25.6883415	13/04/2021	11:45:11	641	667	662	657
PT13	32.7193818	-25.6889306	13/04/2021	12:00:25	1773	1797	1800	1790
PT14	32.6838129	-25.6988350	13/04/2021	13:07:04	859	931	1024	938
PT15	32.7461074	-25.6794201	13/04/2021	14:06:35	300	332	331	321
PT16	32.7509909	-25.6866087	15/04/2021	12:43:06	495	494	512	500
PT17	32.7475860	-25.6914009	15/04/2021	13:06:21	501	542	495	513
PT18	32.7418041	-25.7027739	15/04/2021	13:31:33	612	605	621	613
PT19	32.7411217	-25.7166194	15/04/2021	13:47:48	551	564	531	549
PT20	32.7335817	-25.7286236	15/04/2021	14:08:06	697	816	840	784
PT21	32.7295135	-25.7537970	15/04/2021	08:56:31	1229	1236	1239	1235
PT22	32.7296463	-25.7604637	15/04/2021	09:05:20	1176	1154	1184	1.171
PT23	32.7365060	-25.7710710	15/04/2021	09:34:01	2720	2630	2610	2653
PT24	32.6952223	-25.8452602	20/04/2021	10:08:00	21170	18970	19610	19917
PT25	32.6862281	-25.8223303	20/04/2021	11:44:24	10640	10630	10670	10.647
PT26	32.6762168	-25.8030645	20/04/2021	12:41:06	10980	10980	10990	10.983
PT27	32.6852790	-25.7832952	20/04/2021	14:30:00	1439	1334	1483	1.419
PT28	32.8097500	-25.4725670	27/04/2021	12:18:00	560	560	560	560
PT29	32.9209750	-25.0682890	27/04/2021	14:50:00	580	580	580	580

## ANEXO 2. Tabela de valores de potencial hidrogénico (pH) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época húmida

PT	COORDENADA		DATA (d/m/a)	TEMPO (h:m:s)	pH (1)	pH (2)	pH (3)	pH
	LONG	LAT						
PT01	32.6808865	-25.6515718	06/04/2021	14:18:12	7.85	7.31	7.16	7.44
PT02	32.6961856	-25.6614885	06/04/2021	15:21:27	7.54	6.75	6.80	7.03
PT03	32.6772498	-25.6788125	08/04/2021	15:37:48	7.13	7.05	6.96	7.05
PT04	32.6866237	-25.6814007	08/04/2021	16:25:18	6.96	6.76	6.73	6.82
PT05	32.6816038	-25.7231603	13/04/2021	08:15:02	7.18	7.10	7.05	7.11
PT06	32.6995204	-25.7231603	13/04/2021	09:03:51	7.82	6.96	6.96	7.19
PT07	32.6995204	-25.7216327	13/04/2021	09:18:30	7.22	7.21	7.13	7.19
PT08	32.7234918	-25.7318910	15/04/2021	15:20:32	7.39	7.32	7.27	7.33
PT09	32.7234918	-25.7353922	15/04/2021	08:26:25	7.44	7.53	7.73	7.57
PT10	32.7234918	-25.7353922	15/04/2021	08:26:25	7.61	7.54	7.52	7.56
PT11	32.7234874	-25.7353886	13/04/2021	10:26:06	8.10	8.16	8.14	8.13
PT12	32.7172930	-25.6883415	13/04/2021	11:45:11	7.45	7.39	7.49	7.44
PT13	32.7193818	-25.6889306	13/04/2021	12:00:25	7.57	7.36	7.22	7.38
PT14	32.6838129	-25.6988350	13/04/2021	13:07:04	7.55	7.44	7.29	7.43
PT15	32.7461074	-25.6794201	13/04/2021	14:06:35	7.27	6.92	6.67	6.95
PT16	32.7509909	-25.6866087	15/04/2021	12:43:06	6.88	7.24	6.81	6.98
PT17	32.7475860	-25.6914009	15/04/2021	13:06:21	7.85	6.88	6.75	7.16
PT18	32.7418041	-25.7027739	15/04/2021	13:31:33	7.19	6.98	7.76	6.97
PT19	32.7411217	-25.7166194	15/04/2021	13:47:48	6.86	6.83	6.76	6.82
PT20	32.7335817	-25.7286236	15/04/2021	14:08:06	6.84	6.77	7.70	7.10
PT21	32.7295135	-25.7537970	15/04/2021	08:56:31	7.28	7.21	7.24	7.24
PT22	32.7296463	-25.7604637	15/04/2021	09:05:20	7.41	7.55	7.51	7.49
PT23	32.7365060	-25.7710710	15/04/2021	09:34:01	7.48	7.39	7.43	7.43
PT24	32.6952223	-25.8452602	20/04/2021	10:08:00	7.58	7.80	7.54	7.64
PT25	32.6862281	-25.8223303	20/04/2021	11:44:24	7.71	7.51	7.51	7.58
PT26	32.6762168	-25.8030645	20/04/2021	12:41:06	7.49	7.43	7.30	7.41
PT27	32.6852790	-25.7832952	20/04/2021	14:30:00	8.15	7.66	7.63	7.81
PT28	32.8097500	-25.4725670	27/04/2021	12:18:00	6.70	6.70	6.70	6.70
PT29	32.9209705	-25.0682890	27/04/2021	14:50:00	7.00	7.00	7.00	7.00

**ANEXO 3. Tabela de valores de oxigénio dissolvido (OD) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época húmida em unidade de miligramma por litro (mg/l)**

PT	COORDENADA		DATA (d/m/a)	TEMPO (h:m:s)	OD (1) (mg/l)	OD (2) (mg/l)	OD (3) (mg/l)	OD (mg/l)
	LONG	LAT						
PT01	32.6808865	-25.6515718	06/04/2021	14:18:12	7.39	7.34	7.34	7.36
PT02	32.6961856	-25.6614885	06/04/2021	15:21:27	6.95	6.95	6.95	6.95
PT03	32.6772498	-25.6788125	08/04/2021	15:37:48	7.26	7.09	6.89	7.08
PT04	32.6866237	-25.6814007	08/04/2021	16:25:18	7.21	7.23	7.22	7.21
PT05	32.6816038	-25.7231603	13/04/2021	08:15:02	7.34	7.33	7.27	7.31
PT06	32.6995204	-25.7231603	13/04/2021	09:03:51	6.71	6.38	6.49	6.53
PT07	32.6995204	-25.7216327	13/04/2021	09:18:30	7.56	7.56	7.56	7.56
PT08	32.7234918	-25.7318910	15/04/2021	15:20:32	6.00	7.30	7.44	6.91
PT09	32.7234918	-25.7353922	15/04/2021	08:26:25	12.54	14.67	13.21	13.47
PT10	32.7234918	-25.7353922	15/04/2021	08:26:25	8.54	7.96	8.05	8.18
PT11	32.7234874	-25.7353886	13/04/2021	10:26:06	19.60	15.56	12.56	15.91
PT12	32.7172930	-25.6883415	13/04/2021	11:45:11	6.27	6.29	6.22	6.26
PT13	32.7193818	-25.6889306	13/04/2021	12:00:25	1.09	1.00	1.12	1.07
PT14	32.6838129	-25.6988350	13/04/2021	13:07:04	5.82	5.87	6.01	5.90
PT15	32.7461074	-25.6794201	13/04/2021	14:06:35	5.11	3.78	3.70	4.20
PT16	32.7509909	-25.6866087	15/04/2021	12:43:06	7.20	6.87	5.79	6.62
PT17	32.7475860	-25.6914009	15/04/2021	13:06:21	10.39	10.81	10.81	10.67
PT18	32.7418041	-25.7027739	15/04/2021	13:31:33	5.41	6.48	5.51	5.80
PT19	32.7411217	-25.7166194	15/04/2021	13:47:48	5.06	5.73	4.65	5.15
PT20	32.7335817	-25.7286236	15/04/2021	14:08:06	4.43	5.90	2.33	4.22
PT21	32.7295135	-25.7537970	15/04/2021	08:56:31	6.71	6.79	6.70	6.73
PT22	32.7296463	-25.7604637	15/04/2021	09:05:20	8.31	8.11	8.12	8.18
PT23	32.7365060	-25.7710710	15/04/2021	09:34:01	7.51	8.47	8.43	8.14
PT24	32.6952223	-25.8452602	20/04/2021	10:08:00	9.18	8.23	8.54	8.65
PT25	32.6862281	-25.8223303	20/04/2021	11:44:24	8.37	8.17	8.27	8.27
PT26	32.6762168	-25.8030645	20/04/2021	12:41:06	5.47	5.58	5.59	5.55
PT27	32.6852790	-25.7832952	20/04/2021	14:30:00	8.81	9.14	9.26	9.07
PT28	32.8097500	-25.4725670	27/04/2021	12:18:00	4.60	4.60	4.60	4.60
PT29	32.9209750	-25.0682890	27/04/2021	14:50:00	7.50	7.50	7.50	7.50

**ANEXO 4. Tabela de valores de temperatura (T) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época húmida em unidade de grau Celcius (° C)**

PT	COORDENADA		DATA (d/m/a)	TEMPO (h:m:s)	T (1) (° C)	T (2) (° C)	T (3) (° C)	T (° C)
	LONG	LAT						
PT01	32.6808865	-25.6515718	06/04/2021	14:18:12	28.3	27.0	26,7	27.3
PT02	32.6961856	-25.6614885	06/04/2021	15:21:27	28.8	27.4	26.6	27.6
PT03	32.6772498	-25.6788125	08/04/2021	15:37:48	28.5	27.5	27.2	27.7
PT04	32.6866237	-25.6814007	08/04/2021	16:25:18	27.5	27.1	27.1	27.2
PT05	32.6816038	-25.7231603	13/04/2021	08:15:02	27.5	27.4	27.4	27.4
PT06	32.6995204	-25.7231603	13/04/2021	09:03:51	28.0	28.0	28.0	28.0
PT07	32.6995204	-25.7216327	13/04/2021	09:18:30	28.0	28.0	27.8	27.9
PT08	32.7234918	-25.7318910	15/04/2021	15:20:32	30.0	30.0	30.4	30.1
PT09	32.7234918	-25.7353922	15/04/2021	08:26:25	26.7	26.0	26.5	26.4
PT10	32.7234918	-25.7353922	15/04/2021	08:26:25	26.0	26.0	26.1	26.0
PT11	32.7234874	-25.7353886	13/04/2021	10:26:06	32.0	32.0	32.0	32.0
PT12	32.7172930	-25.6883415	13/04/2021	11:45:11	28.0	28.0	28.0	28.0
PT13	32.7193818	-25.6889306	13/04/2021	12:00:25	25.0	25.0	25.0	25.0
PT14	32.6838129	-25.6988350	13/04/2021	13:07:04	29.1	28.9	28.6	28.9
PT15	32.7461074	-25.6794201	13/04/2021	14:06:35	31.0	30.0	28.7	29.9
PT16	32.7509909	-25.6866087	15/04/2021	12:43:06	32.5	33.0	33.0	32.8
PT17	32.7475860	-25.6914009	15/04/2021	13:06:21	30.0	30.0	29.2	29.7
PT18	32.7418041	-25.7027739	15/04/2021	13:31:33	31.6	30.0	30.0	30.5
PT19	32.7411217	-25.7166194	15/04/2021	13:47:48	31.2	30.7	30.5	30.8
PT20	32.7335817	-25.7286236	15/04/2021	14:08:06	28.5	29.0	30.5	29.3
PT21	32.7295135	-25.7537970	15/04/2021	08:56:31	27.0	27.0	27.0	27.0
PT22	32.7296463	-25.7604637	15/04/2021	09:05:20	27.0	27.3	27.4	27.2
PT23	32.7365060	-25.7710710	15/04/2021	09:34:01	27.5	27.0	26.7	27.1
PT24	32.6952223	-25.8452602	20/04/2021	10:08:00	25.4	24.7	24.3	24.8
PT25	32.6862281	-25.8223303	20/04/2021	11:44:24	25.0	25.4	25.3	25.2
PT26	32.6762168	-25.8030645	20/04/2021	12:41:06	24.5	24.6	24.5	24.5
PT27	32.6852790	-25.7832952	20/04/2021	14:30:00	28.0	227.4	26,6	27.3
PT28	32.8097500	-25.4725670	27/04/2021	12:18:00	25.0	25.0	25.0	25.0
PT29	32.9209750	-25.0682890	27/04/2021	14:50:00	26.0	26.0	26.0	26.0

**ANEXO 5. Tabela de valores de nitratos (N) dos pontos terrestres (PT), das amostras recolhidos durante a época húmida que foram avaliados no laboratório de DEQ na Faculdade de Engenharia, UEM, em unidade de miligrama por litro (mg/l)**

PT	COORDENADA		DATA (d/m/a)	TEMPO (h:m:s)	N (1) (mg/l)	N (2) (mg/l)	N (3) (mg/l)	N (mg/l)
	LONG	LAT						
PT01	32.6808865	-25.6515718	06/04/2021	14:18:12	2.3	2.9	2.6	2.6
PT02	32.6961856	-25.6614885	06/04/2021	15:21:27	1.2	1.5	1.6	1.4
PT03	32.6772498	-25.6788125	08/04/2021	15:37:48	1.5	1.9	1.5	1.6
PT04	32.6866237	-25.6814007	08/04/2021	16:25:18	3.7	1.4	1.4	2.2
PT05	32.6816038	-25.7231603	13/04/2021	08:15:02	3.1	2.9	2.4	2.8
PT06	32.6995204	-25.7231603	13/04/2021	09:03:51	3.9	4.3	4.8	4.3
PT07	32.6995204	-25.7216327	13/04/2021	09:18:30	5.1	4.7	6.1	5.3
PT08	32.7234918	-25.7318910	15/04/2021	15:20:32	4.1	3.6	4.1	3.9
PT09	32.7234918	-25.7353922	15/04/2021	08:26:25	8.5	9.1	11.8	9.8
PT10	32.7234918	-25.7353922	15/04/2021	08:26:25	12.6	9.6	11.4	11.2
PT11	32.7234874	-25.7353886	13/04/2021	10:26:06	6.5	6.5	7.1	6.7
PT12	32.7172930	-25.6883415	13/04/2021	11:45:11	2.8	1.8	1.8	2.1
PT13	32.7193818	-25.6889306	13/04/2021	12:00:25	2.1	2.3	2.1	2.2
PT14	32.6838129	-25.6988350	13/04/2021	13:07:04	3.0	2.8	2.7	2.8
PT15	32.7461074	-25.6794201	13/04/2021	14:06:35	13.0	21.4	17.3	17.2
PT16	32.7509909	-25.6866087	15/04/2021	12:43:06	4.6	3.5	5.4	4.5
PT17	32.7475860	-25.6914009	15/04/2021	13:06:21	9.0	9.9	8.9	9.3
PT18	32.7418041	-25.7027739	15/04/2021	13:31:33	6.4	6.1	6.2	6.2
PT19	32.7411217	-25.7166194	15/04/2021	13:47:48	4.0	4.9	5,0	4.6
PT20	32.7335817	-25.7286236	15/04/2021	14:08:06	4.0	3.5	3.4	3.6
PT21	32.7295135	-25.7537970	15/04/2021	08:56:31	9.4	8.0	9.2	8.9
PT22	32.7296463	-25.7604637	15/04/2021	09:05:20	2.6	1.5	2.4	2.2
PT23	32.7365060	-25.7710710	15/04/2021	09:34:01	11.3	17.9	25.2	18.1
PT24	32.6952223	-25.8452602	20/04/2021	10:08:00	2.4	3.8	2.6	2.9
PT25	32.6862281	-25.8223303	20/04/2021	11:44:24	6.9	5.0	5.2	5.7
PT26	32.6762168	-25.8030645	20/04/2021	12:41:06	2.9	3.5	2.9	3.1
PT27	32.6852790	-25.7832952	20/04/2021	14:30:00	5.6	6.8	7.7	6.7
PT28	32.8097500	-25.4725670	27/04/2021	12:18:00	-	-	-	-
PT29	32.9209750	-25.0682890	27/04/2021	14:50:00	-	-	-	-

**ANEXO 6. Tabela de valores de fosfatos (P) dos pontos terrestres (PT), das amostras recolhidas durante a época húmida que foram avaliados no laboratório de DEQ na Faculdade de Engenharia, UEM em unidade de miligrama por litro (mg/l)**

PT	COORDENADA		DATA (d/m/a)	TEMPO (h:m:s)	P (1) (mg/l)	P (2) (mg/l)	P (3) (mg/l)	P (mg/l)
	LONG	LAT						
PT01	32.6808865	-25.6515718	06/04/2021	14:18:12	0.39	0.38	0.38	0.38
PT02	32.6961856	-25.6614885	06/04/2021	15:21:27	0.45	0.43	0.40	0.43
PT03	32.6772498	-25.6788125	08/04/2021	15:37:48	0.30	0.27	0.22	0.26
PT04	32.6866237	-25.6814007	08/04/2021	16:25:18	0.90	0.25	0.28	0.48
PT05	32.6816038	-25.7231603	13/04/2021	08:15:02	0.60	0.75	0.28	0.54
PT06	32.6995204	-25.7231603	13/04/2021	09:03:51	0.31	0.30	0.47	0.36
PT07	32.6995204	-25.7216327	13/04/2021	09:18:30	0.32	0.56	0.30	0.39
PT08	32.7234918	-25.7318910	15/04/2021	15:20:32	0.37	0.46	0.39	0.41
PT09	32.7234918	-25.7353922	15/04/2021	08:26:25	0.80	0.72	0.86	0.79
PT10	32.7234918	-25.7353922	15/04/2021	08:26:25	0.79	0.96	0.85	0.87
PT11	32.7234874	-25.7353886	13/04/2021	10:26:06	0.76	0.55	0.56	0.62
PT12	32.7172930	-25.6883415	13/04/2021	11:45:11	0.45	0.58	0.46	0.50
PT13	32.7193818	-25.6889306	13/04/2021	12:00:25	1.95	2.21	1.02	1.73
PT14	32.6838129	-25.6988350	13/04/2021	13:07:04	0.39	0.53	0.51	0.48
PT15	32.7461074	-25.6794201	13/04/2021	14:06:35	0.57	0.54	0.73	0.61
PT16	32.7509909	-25.6866087	15/04/2021	12:43:06	0.36	0.62	0.43	0.47
PT17	32.7475860	-25.6914009	15/04/2021	13:06:21	0.72	0.44	0.55	0.57
PT18	32.7418041	-25.7027739	15/04/2021	13:31:33	0.45	0.55	0.40	0.47
PT19	32.7411217	-25.7166194	15/04/2021	13:47:48	0.55	0.71	0.54	0.60
PT20	32.7335817	-25.7286236	15/04/2021	14:08:06	0.38	0.39	0.54	0.44
PT21	32.7295135	-25.7537970	15/04/2021	08:56:31	0.60	0.52	0.98	0.70
PT22	32.7296463	-25.7604637	15/04/2021	09:05:20	0.36	0.66	0.51	0.51
PT23	32.7365060	-25.7710710	15/04/2021	09:34:01	1.52	1.41	2.22	1.72
PT24	32.6952223	-25.8452602	20/04/2021	10:08:00	0.27	0.29	0.21	0.26
PT25	32.6862281	-25.8223303	20/04/2021	11:44:24	0.51	0.35	0.43	0.43
PT26	32.6762168	-25.8030645	20/04/2021	12:41:06	0.53	0.79	0.61	0.64
PT27	32.6852790	-25.7832952	20/04/2021	14:30:00	0.73	0.61	1.06	0.80
PT28	32.8097500	-25.4725670	27/04/2021	12:18:00	-	-	-	-
PT29	32.9209750	-25.0682890	27/04/2021	14:50:00	-	-	-	-

**ANEXO 7. Tabela de valores de condutividade eléctrica (CE) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época seca em unidade de micro-Siemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )**

PT	COORDENADA		T (d/m/a)	Tempo (h:m:s)	CE (1) ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	CE (2) ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	CE (3) ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
	LONG	LAT						
PT01	32.6808865	-25.6515718	20/10/2021	07:13:00	1365	1360	1363	1363
PT02	32.6961856	-25.6614885	20/10/2021	07:01:00	1212	1207	1258	1226
PT03	32.6772498	-25.6788125	20/10/2021	08:30:00	3720	3750	3690	3720
PT04	32.6866237	-25.6814007	20/10/2021	07:51:00	911	991	932	945
PT05	32.6816038	-25.7332720	21/10/2021	06:13:00	19500	19770	20300	19857
PT06	32.6995204	-25.7231603	21/10/2021	07:10:00	16760	17130	16720	16870
PT07	32.6995204	-25.7216327	21/10/2021	06:55:00	13410	15130	15200	14580
PT08	32.7035220	-25.7318680	22/10/2021	07:46:00	27200	27300	27400	27300
PT09	32.7157630	-25.7309650	22/10/2021	08:05:00	43900	44200	43800	43967
PT10	32.7204130	-25.7322240	22/10/2021	08:14:00	22200	22200	21760	22053
PT11	32.7261910	-25.7376510	22/10/2021	08:26:00	23000	23000	23100	22967
PT12	32.7172930	-25.6883415	21/10/2021	08:52:00	2320	2300	2310	2310
PT13	32.7193818	-25.6889306	21/10/2021	08:35:00	990	998	977	988
PT14	32.6838129	-25.6988350	21/10/2021	09:00:00	1800	1850	1870	1840
PT15	32.7461074	-25.6794201	21/10/2021	09:31:00	590	600	570	587
PT16	32.7509909	-25.6866087	21/10/2021	09:43:00	530	541	520	530
PT17	32.7475860	-25.6914009	21/10/2021	10:12:00	520	531	517	523
PT18	32.7418041	-25.7027739	21/10/2021	10:36:00	623	621	615	633
PT19	32.7411217	-25.7166194	21/10/2021	10:52:00	480	520	512	504
PT20	32.7335817	-25.7286236	21/10/2021	11:10:00	785	894	791	790
PT21	32.7295135	-25.7537970	22/10/2021	08:40:00	23700	23800	23900	23800
PT22	32.7296463	-25.7604637	22/10/2021	08:49:00	38300	38200	38200	38233
PT23	32.7365060	-25.7710710	22/10/2021	09:11:00	39700	40200	39800	39900
PT24	32.6952223	-25.8452602	22/10/2021	06:38:00	52800	53000	52400	52733
PT25	32.6862281	-25.8223303	22/10/2021	07:10:00	46800	46900	47100	46933
PT26	32.6762168	-25.8030645	22/10/2021	07:52:00	41400	41400	41300	41367
PT27	32.6855150	-25.7742680	22/10/2021	08:50:00	36300	36200	36300	36267
PT28	32.8097500	-25.4725670	19/10/2021	09:55:00	840	834	820	831
PT29	32.9209750	-25.0682890	19/10/2021	10:26:00	635	633	626	631

## ANEXO 8. Tabela de valores de potencial hidrogénico (pH) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo durante a época seca

PT	COORDENADA		T (d/m/a)	Tempo (h:m:s)	pH (1)	pH (2)	pH (3)	pH
	LONG	LAT						
PT01	32.6808865	-25.6515718	20/10/2021	07:13:00	7.33	7.31	7.31	7.32
PT02	32.6961856	-25.6614885	20/10/2021	07:01:00	7.29	7.29	7.29	7.29
PT03	32.6772498	-25.6788125	20/10/2021	08:30:00	7.32	7.33	7.35	7.33
PT04	32.6866237	-25.6814007	20/10/2021	07:51:00	7.34	7.33	7.30	7.32
PT05	32.6816038	-25.7332720	21/10/2021	06:13:00	7.28	7.34	7.30	7.31
PT06	32.6995204	-25.7231603	21/10/2021	07:10:00	7.21	7.23	7.20	7.21
PT07	32.6995204	-25.7216327	21/10/2021	06:55:00	7.35	7.35	7.35	7.35
PT08	32.7035220	-25.7318680	22/10/2021	07:46:00	6.83	6.85	6.98	6.89
PT09	32.7157630	-25.7309650	22/10/2021	08:05:00	7.32	7.40	7.34	7.35
PT10	32.7204130	-25.7322240	22/10/2021	08:14:00	6.96	6.96	6.96	6.96
PT11	32.7261910	-25.7376510	22/10/2021	08:26:00	6.99	7.01	7.01	7.00
PT12	32.7172930	-25.6883415	21/10/2021	08:52:00	8.53	8.59	8.54	8.55
PT13	32.7193818	-25.6889306	21/10/2021	08:35:00	8.55	8.69	7.13	8.12
PT14	32.6838129	-25.6988350	21/10/2021	09:00:00	7.32	7.20	7.32	7.28
PT15	32.7461074	-25.6794201	21/10/2021	09:31:00	7.02	7.40	7.20	7.21
PT16	32.7509909	-25.6866087	21/10/2021	09:43:00	7.37	7.30	7.38	7.35
PT17	32.7475860	-25.6914009	21/10/2021	10:12:00	7.11	6.99	7.11	7.07
PT18	32.7418041	-25.7027739	21/10/2021	10:36:00	7.22	7.15	7.18	7.18
PT19	32.7411217	-25.7166194	21/10/2021	10:52:00	6.99	7.30	7.33	7.21
PT20	32.7335817	-25.7286236	21/10/2021	11:10:00	6.98	7.05	7.10	7.04
PT21	32.7295135	-25.7537970	22/10/2021	08:40:00	6.63	6.91	6.91	6.82
PT22	32.7296463	-25.7604637	22/10/2021	08:49:00	6.61	6.68	6.68	6.66
PT23	32.7365060	-25.7710710	22/10/2021	09:11:00	6.98	6.96	6.98	6.97
PT24	32.6952223	-25.8452602	22/10/2021	06:38:00	6.97	6.80	6.86	6.88
PT25	32.6862281	-25.8223303	22/10/2021	07:10:00	7.04	7.02	7.01	7.02
PT26	32.6762168	-25.8030645	22/10/2021	07:52:00	6.96	6.60	6.98	6.85
PT27	32.6855150	-25.7742680	22/10/2021	08:50:00	7.06	7.07	7.09	7.07
PT28	32.8097500	-25.4725670	19/10/2021	09:55:00	7.31	7.32	7.31	7.32
PT29	32.9209750	-25.0682890	19/10/2021	10:26:00	7.29	7.28	7.29	7.29

**ANEXO 9. Tabela de valores de oxigénio dissolvido (OD) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época seca em unidade de miligrama por litro (mg/l)**

PT	COORDENADA		T (d/m/a)	Tempo (h:m:s)	OD (1) (mg/l)	OD (2) (mg/l)	OD (3) (mg/l)	OD (mg/l)
	LONG	LAT						
PT01	32.6808865	-25.6515718	20/10/2021	07:13:00	5.46	5.47	5.59	5.51
PT02	32.6961856	-25.6614885	20/10/2021	07:01:00	8.36	8.23	8.35	8.31
PT03	32.6772498	-25.6788125	20/10/2021	08:30:00	8.44	8.64	8.50	8.53
PT04	32.6866237	-25.6814007	20/10/2021	07:51:00	7.76	7.35	7.77	7.63
PT05	32.6816038	-25.7332720	21/10/2021	06:13:00	8.92	8.78	8.92	8.87
PT06	32.6995204	-25.7231603	21/10/2021	07:10:00	8.97	8.89	8.34	8.73
PT07	32.6995204	-25.7216327	21/10/2021	06:55:00	8.34	8.77	8.91	8.67
PT08	32.7035220	-25.7318680	22/10/2021	07:46:00	8.34	8.29	8.37	8.33
PT09	32.7157630	-25.7309650	22/10/2021	08:05:00	6.05	5.65	6.08	5.93
PT10	32.7204130	-25.7322240	22/10/2021	08:14:00	9.56	9.30	9.36	9.41
PT11	32.7261910	-25.7376510	22/10/2021	08:26:00	9.05	9.29	9.34	9.23
PT12	32.7172930	-25.6883415	21/10/2021	08:52:00	8.72	8.75	8.75	8.74
PT13	32.7193818	-25.6889306	21/10/2021	08:35:00	7.97	7.27	7.93	7.72
PT14	32.6838129	-25.6988350	21/10/2021	09:00:00	7.52	7.59	7.48	7.53
PT15	32.7461074	-25.6794201	21/10/2021	09:31:00	10.80	9.60	10.18	10.19
PT16	32.7509909	-25.6866087	21/10/2021	09:43:00	10.71	10.85	10.80	10.79
PT17	32.7475860	-25.6914009	21/10/2021	10:12:00	10.92	10.18	10.96	10.69
PT18	32.7418041	-25.7027739	21/10/2021	10:36:00	9.60	10.16	9.72	9.83
PT19	32.7411217	-25.7166194	21/10/2021	10:52:00	8.76	8.85	8.88	8.83
PT20	32.7335817	-25.7286236	21/10/2021	11:10:00	8.40	8.74	8.32	8.49
PT21	32.7295135	-25.7537970	22/10/2021	08:40:00	7.22	7.30	7.24	7.25
PT22	32.7296463	-25.7604637	22/10/2021	08:49:00	7.91	7.86	7.88	7.88
PT23	32.7365060	-25.7710710	22/10/2021	09:11:00	8.28	8.13	8.23	8.21
PT24	32.6952223	-25.8452602	22/10/2021	06:38:00	8.61	8.62	8.57	8.60
PT25	32.6862281	-25.8223303	22/10/2021	07:10:00	8.07	8.14	8.61	8.27
PT26	32.6762168	-25.8030645	22/10/2021	07:52:00	6.81	6.81	6.80	6.81
PT27	32.6855150	-25.7742680	22/10/2021	08:50:00	8.43	8.42	8.39	8.41
PT28	32.8097500	-25.4725670	19/10/2021	09:55:00	8.08	7.93	7.83	7.95
PT29	32.9209750	-25.0682890	19/10/2021	10:26:00	8.11	8.26	7.84	8.07

**ANEXO 10. Tabela de valores de temperatura (T) dos pontos terrestres (PT) avaliados no campo de estudo na época seca em unidade de grau Celcius (° C)**

PT	COORDENADA		T (d/m/a)	Tempo (h:m:s)	T (1) (° C)	T (2) (° C)	T (3) (° C)	T (° C)
	LONG	LAT						
PT01	32.6808865	-25.6515718	20/10/2021	07:13:00	21.4	22.0	20.8	21.4
PT02	32.6961856	-25.6614885	20/10/2021	07:01:00	21.1	20.0	20.0	20.4
PT03	32.6772498	-25.6788125	20/10/2021	08:30:00	23.7	24.5	25.5	24.6
PT04	32.6866237	-25.6814007	20/10/2021	07:51:00	22.1	23.2	23.3	22.9
PT05	32.6816038	-25.7332720	21/10/2021	06:13:00	21.7	20.3	22.0	21.3
PT06	32.6995204	-25.7231603	21/10/2021	07:10:00	22.1	21.7	22.3	22.0
PT07	32.6995204	-25.7216327	21/10/2021	06:55:00	22.0	22.2	22.0	22.1
PT08	32.7035220	-25.7318680	22/10/2021	07:46:00	22.3	22.8	22.2	22.4
PT09	32.7157630	-25.7309650	22/10/2021	08:05:00	24.6	23.6	23.5	23.9
PT10	32.7204130	-25.7322240	22/10/2021	08:14:00	23.5	23.4	22.6	23.2
PT11	32.7261910	-25.7376510	22/10/2021	08:26:00	24.8	24.8	24.5	24.7
PT12	32.7172930	-25.6883415	21/10/2021	08:52:00	22.3	22.3	23.0	22.2
PT13	32.7193818	-25.6889306	21/10/2021	08:35:00	22.9	22.1	22.1	22.4
PT14	32.6838129	-25.6988350	21/10/2021	09:00:00	20.97	20.81	20.0	20.6
PT15	32.7461074	-25.6794201	21/10/2021	09:31:00	21.3	23.1	22.1	22.2
PT16	32.7509909	-25.6866087	21/10/2021	09:43:00	26.1	26.8	26.2	26.4
PT17	32.7475860	-25.6914009	21/10/2021	10:12:00	29.0	27.9	27.6	28.2
PT18	32.7418041	-25.7027739	21/10/2021	10:36:00	20.8	21.4	20.6	20.9
PT19	32.7411217	-25.7166194	21/10/2021	10:52:00	21.6	21.8	22.1	21.8
PT20	32.7335817	-25.7286236	21/10/2021	11:10:00	18.6	17.8	19.4	18.6
PT21	32.7295135	-25.7537970	22/10/2021	08:40:00	23.4	23.4	23.4	23.4
PT22	32.7296463	-25.7604637	22/10/2021	08:49:00	24.1	24.1	24.2	24.1
PT23	32.7365060	-25.7710710	22/10/2021	09:11:00	24.3	24.3	24.7	24.4
PT24	32.6952223	-25.8452602	22/10/2021	06:38:00	21.7	21.8	21.8	21.8
PT25	32.6862281	-25.8223303	22/10/2021	07:10:00	22.4	22.3	22.4	22.4
PT26	32.6762168	-25.8030645	22/10/2021	07:52:00	22.7	22.6	22.5	22.6
PT27	32.6855150	-25.7742680	22/10/2021	08:50:00	23.3	23.1	23.2	23.2
PT28	32.8097500	-25.4725670	19/10/2021	09:55:00	22.8	23.7	22.0	22.8
PT29	32.9209750	-25.0682890	19/10/2021	10:26:00	20.6	21.2	21.3	21.0

**ANEXO 11. Tabela de valores de condutividade eléctrica (CE) dos pontos ao longo do rio (PR) avaliados no campo de estudo durante a época húmida em unidade de mili-Siemens por centímetro (mS/cm)**

PR	COORDENADA		DATA d/m/a	HORA H:m	CE (1) (mS/cm)	CE (2) (mS/cm)	CE (3) (mS/cm)	CE (mS/cm)
	LONG	LAT						
PR02'	32.704301	-25.8428732	27/05/2021	04:23	38.90	38.80	37.70	38.47
PR01'	32.708110	-25.8720696	27/05/2021	05:10	40.70	40.40	40.30	40.47
PR01	32.731160	-25.8666800	27/05/2021	05:30	39.40	41.80	41.05	40.90
PR02	32.729560	-25.8393583	27/05/2021	06:50	41.60	41.80	41.70	41.70
PR03	32.726450	-25.8128458	27/05/2021	06:18	40.10	38.70	37.70	38.83
PR04	32.726750	-25.7874910	27/05/2021	07:07	38.00	35.30	35.60	36.30
PR05	32.724750	-25.7608161	27/05/2021	07:33	28.60	28.60	27.30	28.17
PR06	32.703350	-25.7473881	27/05/2021	07:58	18.51	18.51	16.77	17.93
PR07	32.678610	-25.7399129	27/05/2021	08:18	11.23	10.84	10.76	10.94
PR08	32.696670	-25.7244582	27/05/2021	08:42	6.76	6.47	6.12	6.45
PR09	32.679680	-25.7107635	27/05/2021	09:02	2.67	2.32	2.26	2.42
PR10	32.686050	-25.6822412	27/05/2021	09:23	1.013	1.005	1.006	1.01

**ANEXO 12. Tabela de valores de temperatura (T) dos pontos ao longo do rio (PR) avaliados no campo de estudo na época húmida em unidade de grau Celcius (° C)**

PR	COORDENADA		DATA d/m/a	HORA H:m	T (1) (° C)	T (2) (° C)	T (3) (° C)	T (° C)
	LONG	LAT						
PR02'	32.704301	-25.8428732	27/05/2021	04:23	19.2	20.0	19.0	19.4
PR01'	32.708110	-25.8720696	27/05/2021	05:10	19.6	19.7	19.5	19.5
PR01	32.731160	-25.8666800	27/05/2021	05:30	18.9	18.9	19.4	19.1
PR02	32.729560	-25.8393583	27/05/2021	06:50	19.6	19.6	19.2	19.5
PR03	32.726450	-25.8128458	27/05/2021	06:18	18.9	19.5	20.2	19.5
PR04	32.726750	-25.7874910	27/05/2021	07:07	19.1	18.8	20.0	19.3
PR05	32.724750	-25.7608161	27/05/2021	07:33	20.1	19.7	20.1	20.0
PR06	32.703350	-25.7473881	27/05/2021	07:58	20.5	19.9	19.9	20.1
PR07	32.678610	-25.7399129	27/05/2021	08:18	21.0	20.2	20.5	20.6
PR08	32.696670	-25.7244582	27/05/2021	08:42	20.2	20.6	19.9	20.2
PR09	32.679680	-25.7107635	27/05/2021	09:02	19.8	19.6	20.0	19.8
PR10	32.686050	-25.6822412	27/05/2021	09:23	21.8	21.0	21.1	21.0

**ANEXO 13. Tabela de valores de salinidade (S) dos pontos ao longo do rio (PR) avaliados no campo de estudo na época húmida em unidade de miligrama por litro (mg/l)**

PR	COORDENADA		DATA d/m/a	HORA H:m	S (1) (mg/l)	S (2) (mg/l)	S (3) (mg/l)	S (mg/l)
	LONG	LAT						
PR02'	32.704301	-25.8428732	27/05/2021	04:23	32.00	34.00	31.00	32.33
PR01'	32.708110	-25.8720696	27/05/2021	05:10	35.00	34.00	35.00	34.67
PR01	32.731160	-25.8666800	27/05/2021	05:30	35.00	36.00	35.00	35.33
PR02	32.729560	-25.8393583	27/05/2021	06:50	35.00	36.00	36.00	35.67
PR03	32.726450	-25.8128458	27/05/2021	06:18	33.00	33.00	31.00	32.33
PR04	32.726750	-25.7874910	27/05/2021	07:07	33.00	29.00	29.00	30.33
PR05	32.724750	-25.7608161	27/05/2021	07:33	24.00	23.00	21.00	22.67
PR06	32.703350	-25.7473881	27/05/2021	07:58	12.00	12.00	7.00	10.33
PR07	32.678610	-25.7399129	27/05/2021	08:18	6.00	6.00	7.00	6.33
PR08	32.696670	-25.7244582	27/05/2021	08:42	5.00	3.00	5.00	4.33
PR09	32.679680	-25.7107635	27/05/2021	09:02	1.00	1.00	1.00	1.00
PR10	32.686050	-25.6822412	27/05/2021	09:23	0	0	0	0

**ANEXO 14. Tabela de valores de condutividade eléctrica (CE) dos pontos ao longo do rio (PR) avaliados no campo de estudo durante a época seca em unidade de mili-Siemens por centímetro (mS/cm)**

PR	COORDENADA		DATA d/m/a	HORA H:m	CE (1) (mS/cm)	CE (2) (mS/cm)	CE (3) (mS/cm)	CE (mS/cm)
	LONG	LAT						
PR02'	32.704301	-25.8428732	22/09/2021	04:50	49.50	49.40	49.20	49.37
PR01'	32.708110	-25.8720696	22/09/2021	05:37	50.50	50.30	50.20	50.33
PR01	32.731160	-25.8666800	22/09/2021	06:30	51.60	51.40	51.60	51.53
PR02	32.729560	-25.8393583	22/09/2021	06:54	48.80	48.40	48.10	48.43
PR03	32.726450	-25.8128458	22/09/2021	07:16	47.40	46.20	45.00	46.20
PR04	32.726750	-25.7874910	22/09/2021	07:51	39.20	39.20	35.50	37.97
PR05	32.724750	-25.7608161	22/09/2021	08:17	30.50	30.20	28.00	29.57
PR06	32.703350	-25.7473881	22/09/2021	08:43	22.90	23.00	22.60	22.83
PR07	32.678610	-25.7399129	22/09/2021	09:10	14.85	16.33	14.85	15.34
PR08	32.696670	-25.7244582	22/09/2021	09:30	9.11	9.00	8.77	8.96
PR09	32.679680	-25.7107635	22/09/2021	09:58	3.87	3.94	3.62	3.81
PR10	32.686050	-25.6822412	22/09/2021	10:50	1.40	1.07	1.16	1.21

**ANEXO 15. Tabela de valores de temperatura (T) dos pontos ao longo do rio (PR) avaliados no campo de estudo na época seca em unidade de grau Celcius (° C)**

PR	COORDENADA		DATA d/m/a	HORA H:m	T (1) (° C)	T (2) (° C)	T (3) (° C)	T (° C)
	LONG	LAT						
PR02'	32.704301	-25.8428732	22/09/2021	04:50	19.3	19.6	19.1	19.3
PR01'	32.708110	-25.8720696	22/09/2021	05:37	19.5	19.5	19.1	19.4
PR01	32.731160	-25.8666800	22/09/2021	06:30	19.0	19.4	18.9	19.1
PR02	32.729560	-25.8393583	22/09/2021	06:54	19.0	18.8	19.3	19.0
PR03	32.726450	-25.8128458	22/09/2021	07:16	19.5	19.8	20.0	19.8
PR04	32.726750	-25.7874910	22/09/2021	07:51	20.0	20.1	20.1	20.1
PR05	32.724750	-25.7608161	22/09/2021	08:17	19.9	19.9	19.9	19.9
PR06	32.703350	-25.7473881	22/09/2021	08:43	20.5	20.0	20.4	20.3
PR07	32.678610	-25.7399129	22/09/2021	09:10	20.0	20.4	20.7	20.4
PR08	32.696670	-25.7244582	22/09/2021	09:30	21.0	21.0	21.2	21.1
PR09	32.679680	-25.7107635	22/09/2021	09:58	21.2	21.2	20.5	21.0
PR10	32.686050	-25.6822412	22/09/2021	10:50	20.3	20.3	20.7	20.5

## **ANEXO 16. Guia de entrevistas**

### **GUIA DE ENTREVISTA SEMI-DIRETIVA SOBRE SERVIÇOS ECOSSISTÉMICOS**

**Tema: Importância da Conservação das Bacias Hidrográficas na Preservação dos Serviços Ecosistêmicos**

**Local: Estuário da Bacia do Rio Incomáti**

#### **Perguntas gerais:**

- Você é nativo desta vila?

#### **A. Serviços de provisão**

##### **1. Água fresca (água doce):**

De onde vem a água que bebe?

- Tem alguma fonte de água perto de você?
- Tem água suficiente para você? Existe diferenças no ano?
- Está preocupado(a) com a possível escassez de água no futuro? Como você está preparado para lidar com isso?
- Tem alguma área dependente de água em sua propriedade? Colheitas irrigadas ou Pastagens irrigadas?  
Se sim, onde esta? E com que frequência você irriga?
- Pelos últimos dez anos, existe alguma diferença na qualidade de água? Você experimenta abastecimento de água reduzida?
- Faz alguma coisa para melhorar a qualidade da água que você bebe?

##### **2. Alimentação humana:**

- Prática pesca? Onde?
- Tem machamba? Que tipo de colheita(cultivo) é cultivada aí? Onde?
- Você já ficou sem comida? Como você sobreviveu?
- Você pratica agricultura de criação de animais como vacas, galinhas ou cabras? Onde?

##### **3. Materiais de construção (exemplo: caniços):**

- Além de ser material de construção, existem uma outra utilidade de caniços? Onde se faz a coleta?
- Nos últimos dez anos, existe diferença na disponibilidade de caniços

- Existem outras plantas com utilidade na construção?
4. Combustível lenhoso (lenha):
    - Que tipo de combustível você usa para cozinhar?
    - Se for lenha, onde você coleta?
    - Nos últimos dez anos, existe diferença na disponibilidade de combustível lenhoso?
  5. Plantas medicinais:
    - Conhece algum tipo de planta medicinal que exista aqui na Macaneta?  
Se sim, existe alguma diferença na disponibilidade dessas plantas medicinais?  
Onde coleta?
  6. Fins decorativos (material para artesanato):
    - Existem alguns fins decorativos, ou seja, materiais para artesanato (por exemplo: vassouras de palha, cestos de palha, esteira, potes) cujo são produtos dessa vila?  
De onde que vem a matéria prima para produzir isso?

## **B. Serviços culturais**

1. Actividades recreativas e turismo:
  - As pessoas da vila conseguem praticar actividades recreativas como nadar no rio/ praia?
  - Você encontra turistas na sua vila? Sabe o que interessou a eles vir fazer visita na vila?
  - Conhece alguns gestores de lojas na Macaneta?
  - As turistas compram vossos produtos?
2. Benefícios espirituais:
  - Usam o rio e/ou a praia para alguns actividades tradicionais? Em que período fazem isso?
  - Existem alguns benefícios do rio que a vila ganha para a prática desses actividades tradicionais?
  - Será que existe outros locais que podem praticar essas actividades tradicionais alem do rio e a praia?

## **C. Serviços de suporte**

1. Fornecimento de habitat (para as aves migratórios, hipopótamos e crocodilos:

- Já ouviste a falar sobre presença de hipopótamos e crocodilos no rio Incomáti? Já presenciou o evento em que esses tipos de animal foram caçados?
  - Sabe se ainda existe hipopótamo e crocodilos no rio? Se não existe, tem ideia de qual será a causa de desaparecimento deles?
2. Função de berçário (reprodução dos peixes como camarão e caranguejos):
- Conhece os sítios onde acontece a reprodução do camarão e caranguejos?

**D. Biodiversidade:**

- Já ouviu a falar sobre as aves migratórias que existe aqui na Macaneta?

**E. Outras perguntas necessárias:**

Renda externa:

- Você tem filhos ou pais ou familiares que trabalham na cidade?  
Eles trazem produtos da cidade para vocês? Quais são?

**TABELA DE PREENCHIMENTO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÉMICOS MOSTRANDO O ESTADO DELES EM CADA BAIRRO**

A tabela a seguir (apresentado na página A16-4) será preenchida de acordo com a zona visitada sucessivamente. Portanto, de acordo com a natureza do tipo de forma de entrevista escolhido, ao entrevistar não limitará as comunidades responder somente baseado com a guia, mas também se eles/elas quiserem dar mais informações fora do que é apresentado nesse guia de entrevistas terá espaço para isso.

Dia/Data	Bairro/ Zona	Serviços ecossistêmicos	Existia	Existe	Observação	
	Eduardo Mondlane/ Samora Machel/ Hobjana/ Matsinane/ Mbuva/ Macaneta 1/ Gazene/ Muntanhana/ Maragra/ Incoluane	Provisão	Água potável			
			Alimentação humana e animal			
			Materiais de construção			
			Plantas medicinais			
			Combustível lenhoso			
			Fins decorativos			
			Cultural	Actividades recreativas e turismo		
		Benefícios espirituais				
		Suporte	Fornecimento de habitat			
			Função de berçário			
		Regulação	Controle de erosão			
			Controle de inundação			
			Fertilidade do solo			

## ANEXO 17. Serviços ecossistêmicos de acordo com MEA, 2005

### Box 2.1. ECOSYSTEM SERVICES

Ecosystem services are the benefits people obtain from ecosystems. These include provisioning, regulating, and cultural services that directly affect people and the supporting services needed to maintain other services (CF2). Many of the services listed here are highly interlinked. (Primary production, photosynthesis, nutrient cycling, and water cycling, for example, all involve different aspects of the same biological processes.)

#### Provisioning Services

These are the products obtained from ecosystems, including:

**Food.** This includes the vast range of food products derived from plants, animals, and microbes.

**Fiber.** Materials included here are wood, jute, cotton, hemp, silk, and wool.

**Fuel.** Wood, dung, and other biological materials serve as sources of energy.

**Genetic resources.** This includes the genes and genetic information used for animal and plant breeding and biotechnology.

**Biochemicals, natural medicines, and pharmaceuticals.** Many medicines, biocides, food additives such as alginates, and biological materials are derived from ecosystems.

**Ornamental resources.** Animal and plant products, such as skins, shells, and flowers, are used as ornaments, and whole plants are used for landscaping and ornaments.

**Fresh water.** People obtain fresh water from ecosystems and thus the supply of fresh water can be considered a provisioning service. Fresh water in rivers is also a source of energy. Because water is required for other life to exist, however, it could also be considered a supporting service.

#### Regulating Services

These are the benefits obtained from the regulation of ecosystem processes, including:

**Air quality regulation.** Ecosystems both contribute chemicals to and extract chemicals from the atmosphere, influencing many aspects of air quality.

**Climate regulation.** Ecosystems influence climate both locally and globally. At a local scale, for example, changes in land cover can affect both temperature and precipitation. At the global scale, ecosystems play an important role in

climate by either sequestering or emitting greenhouse gases.

**Water regulation.** The timing and magnitude of runoff, flooding, and aquifer recharge can be strongly influenced by changes in land cover, including, in particular, alterations that change the water storage potential of the system, such as the conversion of wetlands or the replacement of forests with croplands or croplands with urban areas.

**Erosion regulation.** Vegetative cover plays an important role in soil retention and the prevention of landslides.

**Water purification and waste treatment.** Ecosystems can be a source of impurities (for instance, in fresh water) but also can help filter out and decompose organic wastes introduced into inland waters and coastal and marine ecosystems and can assimilate and detoxify compounds through soil and subsoil processes.

**Disease regulation.** Changes in ecosystems can directly change the abundance of human pathogens, such as cholera, and can alter the abundance of disease vectors, such as mosquitoes.

**Pest regulation.** Ecosystem changes affect the prevalence of crop and livestock pests and diseases.

**Pollination.** Ecosystem changes affect the distribution, abundance, and effectiveness of pollinators.

**Natural hazard regulation.** The presence of coastal ecosystems such as mangroves and coral reefs can reduce the damage caused by hurricanes or large waves.

#### Cultural Services

These are the nonmaterial benefits people obtain from ecosystems through spiritual enrichment, cognitive development, reflection, recreation, and aesthetic experiences, including:

**Cultural diversity.** The diversity of ecosystems is one factor influencing the diversity of cultures.

**Spiritual and religious values.** Many religions attach spiritual and religious values to ecosystems or their components.

**Knowledge systems (traditional and formal).** Ecosystems influence the types of knowledge systems developed by different cultures.

**Educational values.** Ecosystems and their components and processes provide the basis for both formal and informal education in many societies.

**Inspiration.** Ecosystems provide a rich source

of inspiration for art, folklore, national symbols, architecture, and advertising.

**Aesthetic values.** Many people find beauty or aesthetic value in various aspects of ecosystems, as reflected in the support for parks, scenic drives, and the selection of housing locations.

**Social relations.** Ecosystems influence the types of social relations that are established in particular cultures. Fishing societies, for example, differ in many respects in their social relations from nomadic herding or agricultural societies.

**Sense of place.** Many people value the "sense of place" that is associated with recognized features of their environment, including aspects of the ecosystem.

**Cultural heritage values.** Many societies place high value on the maintenance of either historically important landscapes ("cultural landscapes") or culturally significant species.

**Recreation and ecotourism.** People often choose where to spend their leisure time based in part on the characteristics of the natural or cultivated landscapes in a particular area.

#### Supporting Services

Supporting services are those that are necessary for the production of all other ecosystem services. They differ from provisioning, regulating, and cultural services in that their impacts on people are often indirect or occur over a very long time, whereas changes in the other categories have relatively direct and short-term impacts on people. (Some services, like erosion regulation, can be categorized as both a supporting and a regulating service, depending on the time scale and immediacy of their impact on people.) These services include:

**Soil Formation.** Because many provisioning services depend on soil fertility, the rate of soil formation influences human well-being in many ways.

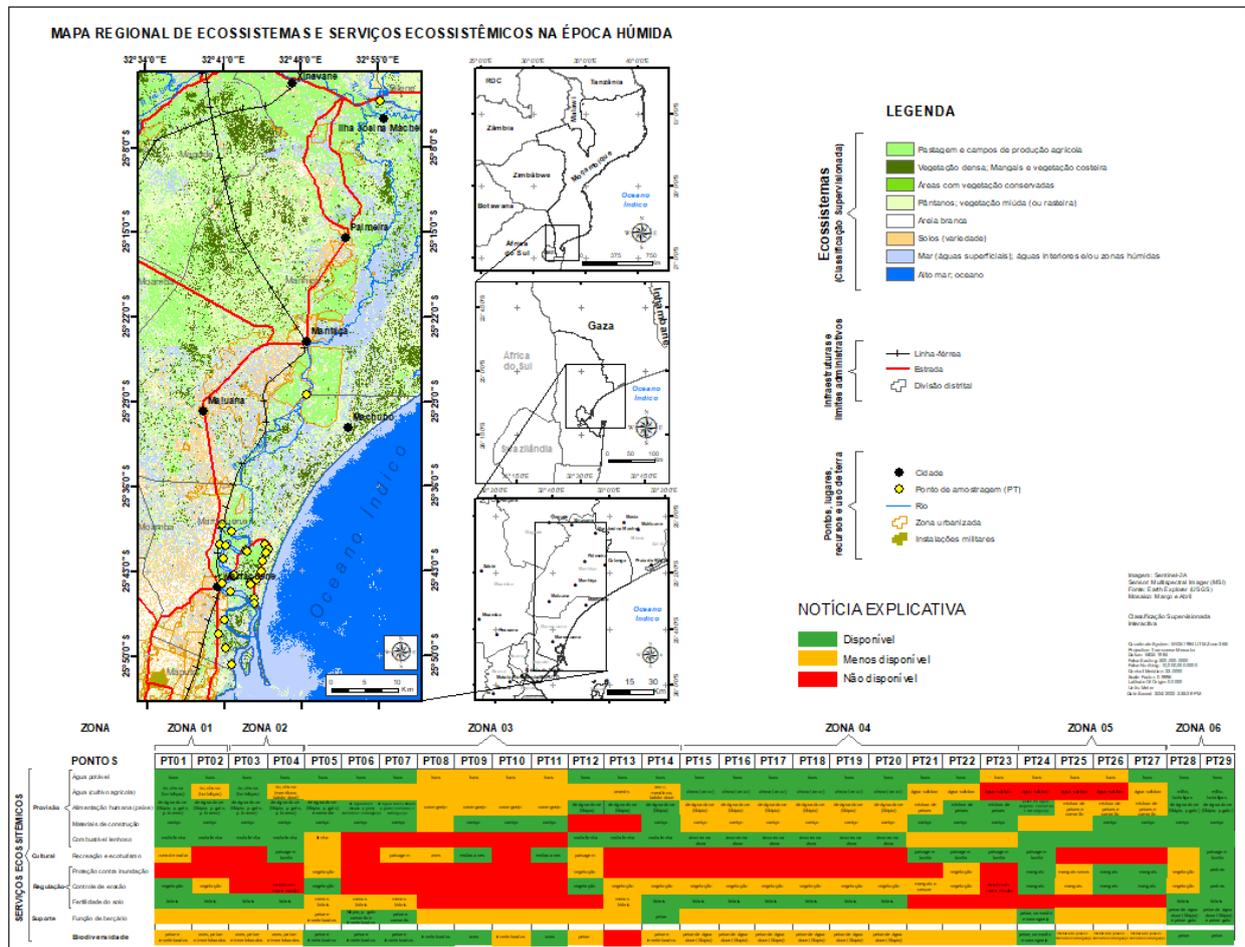
**Photosynthesis.** Photosynthesis produces oxygen necessary for most living organisms.

**Primary production.** The assimilation or accumulation of energy and nutrients by organisms.

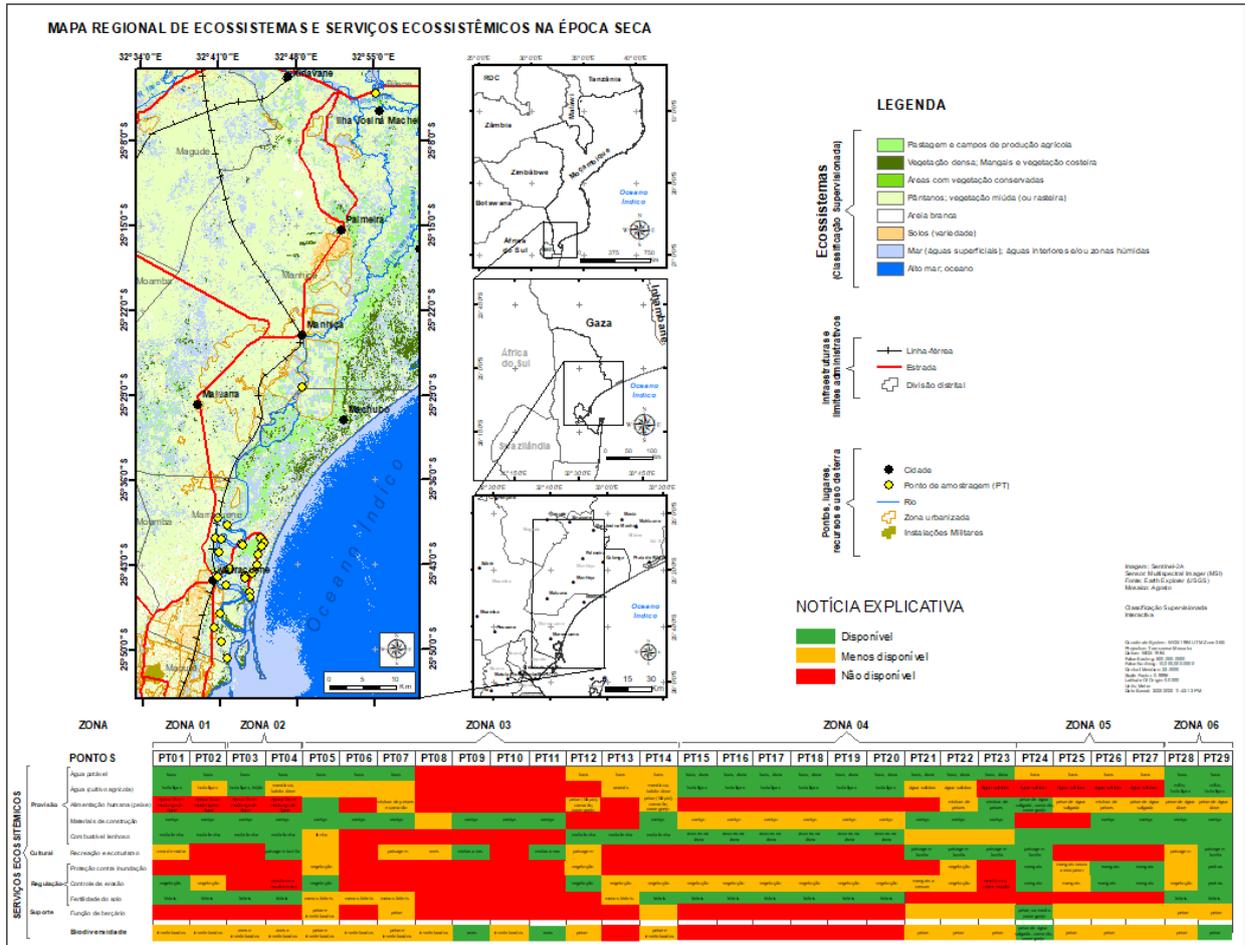
**Nutrient cycling.** Approximately 20 nutrients essential for life, including nitrogen and phosphorus, cycle through ecosystems and are maintained at different concentrations in different parts of ecosystems.

**Water cycling.** Water cycles through ecosystems and is essential for living organisms.

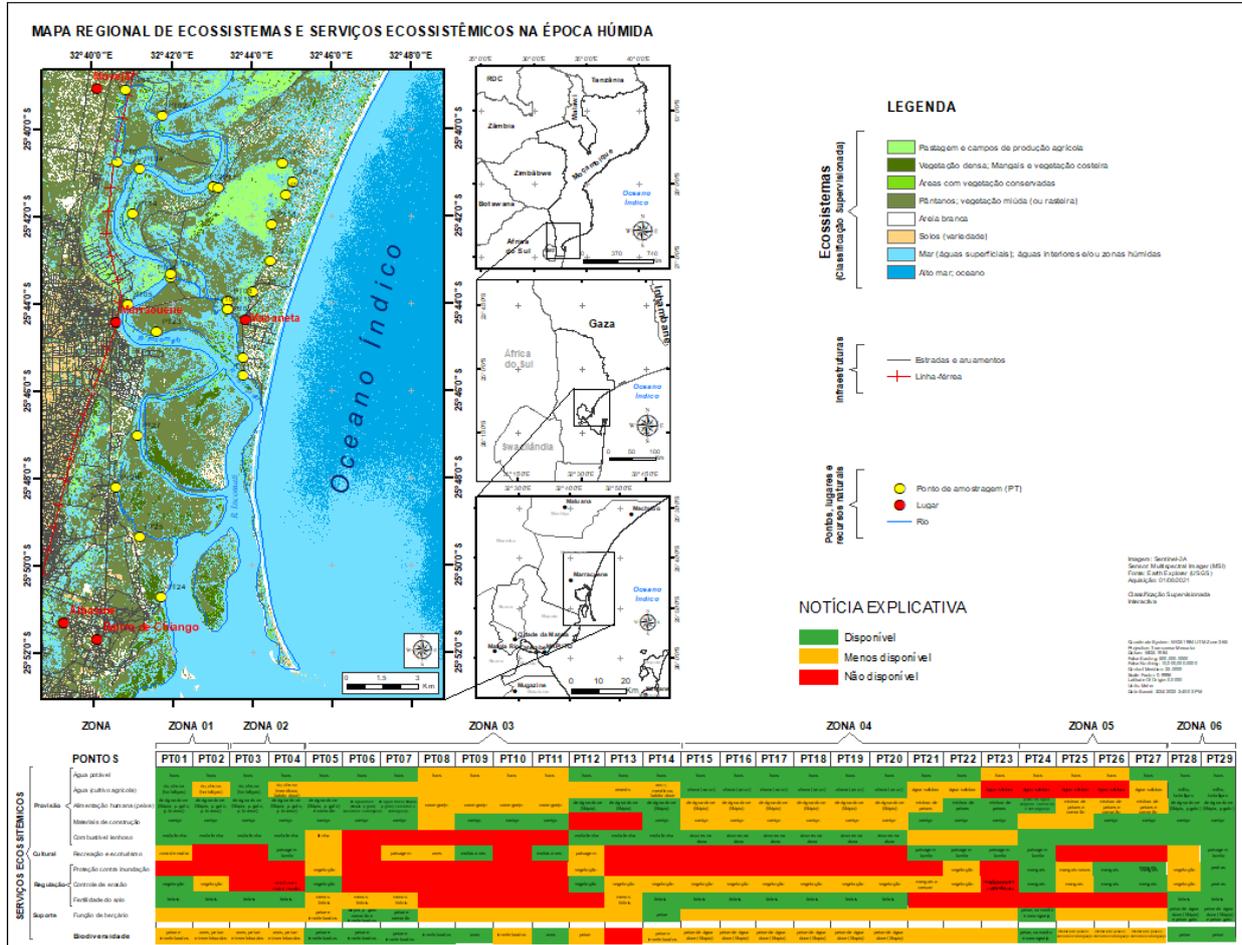
# ANEXO 18. Mapa geral do local de estudo incluindo todos 29 pontos e tabela de serviços ecossistémicos durante a época húmida



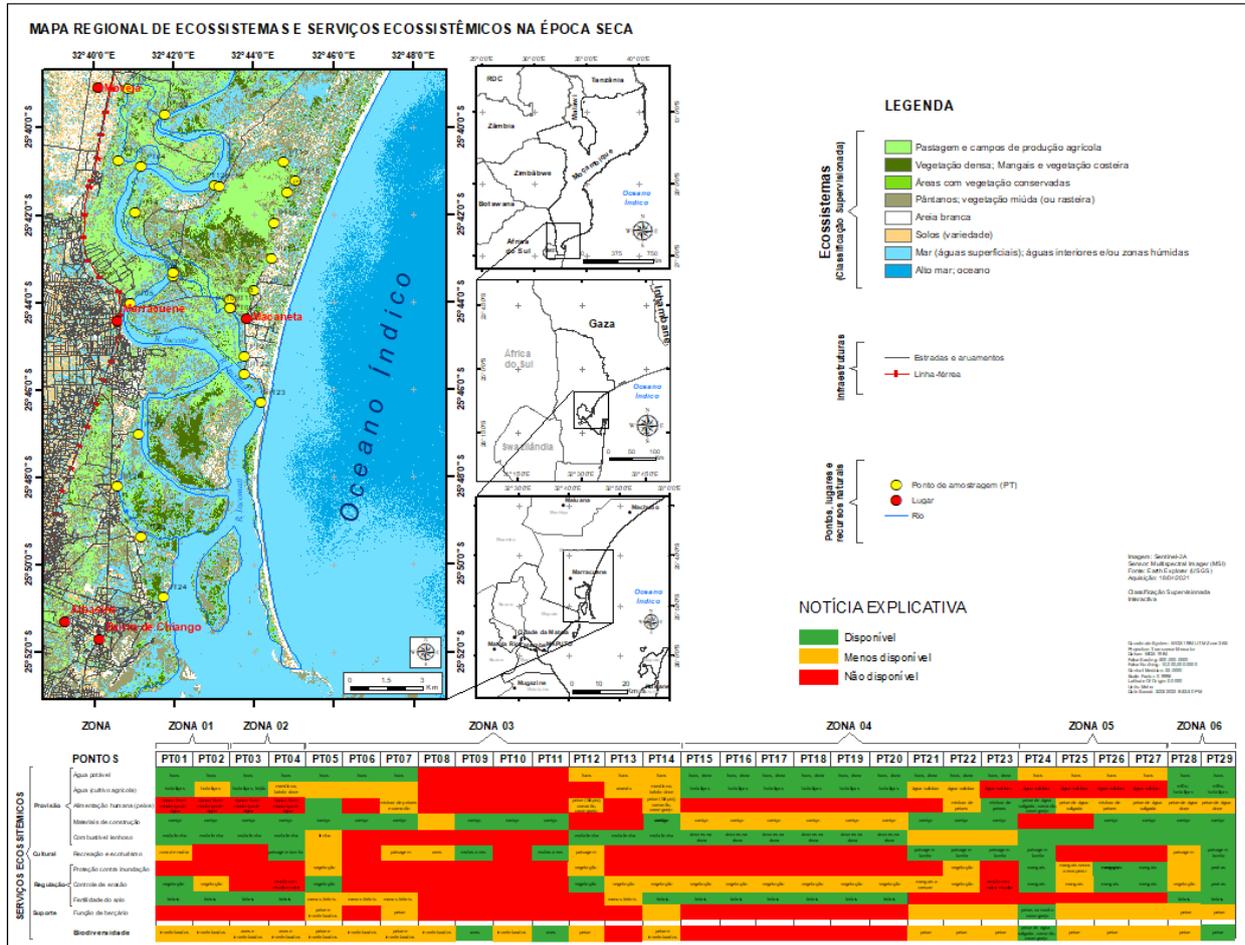
# ANEXO 19. Mapa geral do local de estudo incluindo todos 29 pontos e tabela de serviços ecossistémicos durante a época seca



# ANEXO 20. Mapa geral de ecossistema e serviços ecossistémicos do local de estudo com 27 pontos no distrito de Marracuene durante a época húmida



# ANEXO 21. Mapa geral de ecossistema e serviços ecossistémicos do local de estudo com 27 pontos no distrito de Marracuene durante a época seca



## ANEXO 22. Fotos captado durante as entrevistas com as comunidades na época húmida

A22-1 [a]) Peixe tilápia apanhado no ponto 14 de amostragem terrestre durante as entrevistas.



A22-1 [b]) Sardinha apanhado no ponto 27 nas entrevistas



A22-1 [c]) Materiais de construção (caniço) a ser vendido no ponto 05 de amostragem terrestre



A22-2 [d]) Arroz cultivado no bairro de Hobjana, perto do ponto 07 de amostragem terrestre



**A22-2 [d]**

A22-2 [e]) Peixe tilápia e peixe gato pescado com anzol numa vala feita com a comunidade local no bairro de Hobjana, perto do ponto 06 de amostragem terrestre.

A22-2 [f]) As entrevistas feitas com as comunidades locais no bairro de Samora Machel.



**A22-2 [e]**



**A22-2 [f]**

A22-3 [g] Uma variante de alface (verdura) observado na machamba do bairro de Samora Machel onde usa água do nascente presente na duna



A22-3 [h] Machamba de arroz na zona baixa (inundada com água de chuva) no na Matsinane localizado no bairro de Macaneta 2



## ANEXO 23. Fotos captado durante as entrevistas com as comunidades locais durante a época seca

A23-1 [a) A autora durante a entrevista com uma senhora do bairro de Samora Machel na machamba dela;

A23-1 [b) A verdura tipo couve na machamba da senhora entrevistada com a autora no a);

A23-1 [c) A autora a ajudar a comunidade local na colheita de arroz cultivada na zona baixa do bairro de Hobjana onde os cultivos dependem da água de chuva e valas construídas no local.



A23-1 [d) Entrevista a ser feita com o pescador local a pescar usando anzol na vala perto do ponto 06 de amostragem terrestre no bairro de Hobjana;



A23-2 [e]) A comunidade local a construir a casa usando caniço apanhado no local perto do ponto 05 de amostragem terrestre no local de estudo



A23-2 [f]) Mistura dos tipos de peixe pescado com a rede de pesca como mostrado na foto no ponto 06 (no bairro de Hobjana) da amostragem terrestre



A23-3 [g]) Mangal a recuperar na zona dos pescadores (ponto 26 de amostragem terrestre) no bairro de Muntanhana.



A23-3 [h]) O fenómeno de erosão a acontecer no ponto 23 da amostragem terrestre, na zona a berma do rio Incomáti no bairro de Macaneta 1, ao lado do restaurante: *Macaneta Beach Resort*



## ANEXO 24. Fotos captado durante o monitoramento dos parâmetros da qualidade de água nos pontos terrestres e ao longo do rio na época húmida

A24-1 [a) A monitoria dos parâmetros físico-químicos da qualidade de água ao longo do rio durante a maré alta.



A24-1 [b) A água salobra do canal do rio inundada a zona dos pontos 08, 09, 10 e 11 do bairro de Hobjana durante a maré alta na época chuvosa.



A24-2 [c] Água na zona do ponto 08 da zona do bairro de Hobjana (perto da estrada principal de Macaneta) a apresentar valores elevadas de oxigénio dissolvido enquanto que não há vegetação no local por causa de alto teor de salinidade.



A24-2 [d] O ponto 15 de amostragem terrestre na zona de Matsinane onde apresentou menor valor de oxigénio dissolvido;  
A24-2 [e] O peixe gato no ponto 07 de amostragem terrestre na zona do bairro de Hobjana.



## ANEXO 25. Fotos captado durante o monitoramento dos parâmetros da qualidade de água nos pontos terrestres e ao longo do rio na época seca

A25-1 [a]) A autora do presente trabalho a recolher amostra de água no meio do canal do ponto 03 de amostragem terrestre no bairro de Samora Machel;  
A25-1 [b]) A autora do presente trabalho junto com a equipe da FENG a recolher amostra no ponto 02 de amostragem terrestre no bairro de Eduardo Mondlane.



A25-1 [c]) Erosão a acontecer no ponto 04 de amostragem terrestre no bairro de Samora Machel



A25-2 [d]) O fluxo de água salgada a voltar para o mar depois de ser enchido o canal/braço do rio (Infulene) no ponto 21 de amostragem terrestre na zona de Macaneta 1.



A25-2 [e]) A monitoria dos parâmetros físico-químicos da qualidade de água no ponto 06 de amostragem terrestre no bairro de Hobjana.

