



**UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**LICENCIATURA EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**Trabalho de Licenciatura**

**Tema:**

**Avaliação da qualidade da água do Rio Infulene**

**Autora:**

Rapulua, Sífia Janete

**Supervisor:**

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

**Co-supervisor:**

Lic. Michaque Dosse, Eng<sup>o</sup>

Maputo, Outubro de 2022



**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**LICENCIATURA EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**Trabalho de Licenciatura**

**Tema:**

**Avaliação da qualidade da água do Rio Infulene**

Autora:

Rapulua, Sífia Janete

Supervisor:

Prof. Doutor Clemêncio Nhantumbo, Eng

Maputo, Outubro de 2022



**Faculdade de Engenharia**

Departamento de Engenharia Química

**Termo De Entrega Do Relatório Do Trabalho De Licenciatura**

Declaro \_\_\_\_\_ que \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ estudante

Entregou no dia \_\_\_\_/\_\_\_\_/20\_\_\_\_ as \_\_\_\_ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: \_\_\_\_\_ intitulado

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Maputo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

A Chefe da Secretaria

## **Declaração de honra**

Declaro por minha honra que o conteúdo deste trabalho com o **Tema Avaliação da Qualidade da Água do Rio Infulene** foi por mim elaborado, a partir de trabalhos de campo, pesquisas bibliográficas e análises laboratoriais e que nunca foi apresentado por nenhum outro autor.

Maputo, Outubro de 2022

---

Sífia Janete Rapúlua

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho aos meus pais, quero poder, através da conclusão do curso, honrar a eles pois são dignos, não só como progenitores, mas também pela força e dedicação durante a minha trajetória.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, por ter me guardado e me guiado para que eu pudesse chegar neste dia com saúde para concluir o curso. Agradeço aos meus pais por me incentivar, motivar e assegurar que eu não desistisse nunca de estudar. Agradeço também aos meus irmãos que sempre tiraram as melhores palavras, dizendo que eu era a sua inspiração, aumentando assim a minha dedicação no que fazia. Sou muito grata a minha família, filha, sogros, e particularmente o meu esposo por serem fonte de inspiração e pelo amor que tem me dado para enfrentar todas as dificuldades.

Agradeço aos meus colegas de turma, particularmente ao grupo Multifuncional, pelo apoio e por serem fonte de inspiração. Quero aproveitar para destacar o apoio do Eng. Jones Amin Xerife Tendaunga pelo suporte, dentro e fora, da academia, pelas revisões e opiniões durante a redação do relatório final.

Agradeço aos meus co-supervisores Eng. Dominic Joaquim e Eng. Michaque Dosse, e ao colega Hélio Nhantumbo pelo apoio na elaboração dos mapas temáticos. Agradeço de forma particular ao meu co-supervisor Eng. Michaque pela ajuda prestada na colheita, tratamento e análise das amostras, pelas correções e toda pressão durante a realização do trabalho e redação do relatório final. E, sem me esquecer, quero agradecer também ao Sr./Dr. Macie, pela ajuda na organização e revisão do relatório final.

Agradeço a Jéssica Langa, Eng. Virginia Gongole, Eng. Piedade Alexandre, Dra. Nídia Cangi Vaz, Eng. Dominic Joaquim, Prof. Clemêncio Nhantumbo, Prof. Dinis Juízo, motoristas, por toda paciência que tiveram no trabalho de campo e não terem abandonado independentemente do sol, da fome e do cansaço. Agradeço também a Jéssica Langa, a Iara Menete e as técnicas de laboratório pelo acompanhamento durante a realização de análises laboratoriais.

Agradeço ao meu Supervisor, Prof. Clemêncio pela dedicação, ajuda, suporte e presença em cada etapa deste trabalho. Desde a localização dos pontos amostrais, análises laboratoriais, sempre procurou saber como vão as experiências, até a elaboração do relatório final.

## Resumo

A Bacia do Rio Infulene se expande por bairros das cidades de Maputo e Matola e distrito de Marracuene, que são caracterizados por assentamentos informais com alta densidade populacional. Além da actividade agropecuária, dentro desta bacia, existem algumas indústrias que são potenciais fontes de poluição para o rio e que podem comprometer a qualidade da água, tornando-se assim necessária a sua avaliação, sendo que, para tal fim, identificou-se as fontes de poluição, determinou-se as características físico-químicas e microbiológicas da água e classificou-se, através dos índices de poluição, a mesma. Duas campanhas foram realizadas, em diferentes épocas (húmida e seca), para recolha de amostras em 15 pontos selecionados para determinação e análise de parâmetros de qualidade da água, onde o pH, a temperatura, o OD e a CE foram medidos no campo, com o auxílio de um multiparâmetros, e a DBO, a DQO, os fosfatos, os nitratos, os coliformes totais e E. Coli foram determinados no laboratório, originando dados que, com os quais, calculou-se o IPA, determinando o nível de poluição da água. Ao avaliar os IPA, classificou-se a água do Rio Infulene como não poluída à ligeiramente poluída em áreas onde é praticada a agricultura, e moderada à drasticamente poluída em áreas onde há descarga de efluentes das ETAR e Indústrias. A água residual da Indústria Cervejeira foi classificada como drasticamente poluída, e, foi também, designada como a maior fonte de poluição deste rio.

Palavras-chaves: Rio Infulene, poluição, parâmetros de qualidade

# ÍNDICE

<b>DECLARAÇÃO DE HONRA</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATÓRIA</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>III</b>
<b>RESUMO</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS	2
1.2. METODOLOGIA	3
1.3. JUSTIFICATIVA	4
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>5</b>
2.1. ÁGUA NA NATUREZA	5
2.2. FONTES DE POLUIÇÃO DA ÁGUA	6
2.3. PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA	8
2.4. ÍNDICE DE POLUIÇÃO DA ÁGUA	14
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO</b>	<b>18</b>
3.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E DIMENSÕES	18
3.2. CLIMA	19
3.3. RELEVO E SOLO	20
3.4. REGIME	20
<b>4. PARTE EXPERIMENTAL</b>	<b>21</b>
4.1. LEVANTAMENTO DOS PONTOS AMOSTRAIS	21
4.2. AMOSTRAGEM	23
4.3. PARÂMETROS DE CAMPO	23
4.4. PARÂMETROS DE LABORATÓRIO	24
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>25</b>
5.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	25
5.2. PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	32

5.3.	ÍNDICE DE POLUIÇÃO DA ÁGUA -----	33
5.4.	POSSÍVEIS PONTOS DE POLUIÇÃO NA BACIA DO RIO INFULENE -----	37
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO -----</b>	<b>42</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----</b>	<b>44</b>

## **Lista de abreviaturas**

IC indústria cervejeira

DBO demanda bioquímica de oxigênio

DDT dicloro-difenil-tricloroetano

DQO demanda química de oxigênio

ETAR estação de tratamento de águas residuais

MPN número mais provável

OD oxigênio dissolvido

pH potencial hidrogeniônico

UFC unidade de formação de colônias

## Lista de figuras

<i>Figura 1 - Ciclo da água (FISRWG, 1998).</i>	6
<i>Figura 2 - Classificação do nível de poluição da água de acordo com o IPA para diferentes autores.</i>	17
<i>Figura 3 - Mapa de localização geográfica da área de estudo. Fonte: Autora</i>	19
<i>Figura 4 - Mapa de pontos de amostragem ao longo do Rio Infulene.</i>	23
<i>Figura 5 - Multiparametro usado para as análises de campo. Fonte: Autora</i>	24
<i>Figura 6: Resultados de OD, Temperatura, pH e Conductividade. Fonte: Autora</i>	28
<i>Figura 7: Mapa com a distribuição espacial proporcional dos resultados de DBO ao longo do Rio Infulene. Fonte: Autora</i>	29
<i>Figura 8: Resultado do teor de fósforo ao longo do rio Infulene. Fonte: Autora</i>	31
<i>Figura 9: Resultado do teor de nitratos ao longo do rio Infulene. Fonte: Autora</i>	32
<i>Figura 10: Mapa de distribuição espacial proporcional dos resultados de E. Coli e Coliformes Totais ao longo do Rio Infulene. Fonte: Autora</i>	33
<i>Figura 11: Gráfico de resultados de IPA ao longo do Rio Infulene segundo Sulthounuddin et al 2018. Fonte: Autora</i>	34
<i>Figura 12:- Gráfico de resultados de IPA ao longo do Rio Infulene segundo Brankov et al 2012. Fonte: Autora</i>	35
<i>Figura 13: Gráfico de resultados de IPA ao longo do Rio Infulene segundo Hmaidí et al 2020. Fonte: Autora</i>	36
<i>Figura 14: indústria cervejeira dentro da Bacia do Rio Infulene. Fonte: Google Maps</i>	37
<i>Figura 15: Indústria vinícola localizada dentro da bacia do Rio Infulene. Fonte: Google Maps</i>	38
<i>Figura 16: Indústria de papel e cartão localizado dentro da bacia do Rio Infulene. Fonte: Google Maps</i>	39
<i>Figura 17: Estação de tratamento de água do Infulene e da Vila Olímpica de Zimpeto, localizadas dentro da Bacia do Rio Infulene. Fonte: Google Maps</i>	40
<i>Figura 18:- Mapa de uso e ocupação do solo ao longo da bacia do rio Infulene. Fonte: Autora.</i>	41

## Lista de tabelas

<i>Tabela 1 - Peso Relativo (Rp) dos parâmetros de qualidade de água e respectiva influência (Brankov et al 2012).</i> .....	15
<i>Tabela 2 - Cordenadas dos pontos de amostragem ao longo do Rio Infulene. Fonte: Google Maps</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## Glossário

- Eutrofização é o enriquecimento das águas com os nutrientes necessários ao crescimento da vida vegetal aquática.
- Microflora flora constituída por uma vegetação microscópica.
- Anaeróbia microorganismos que podem viver em ambientes sem a presença de oxigênio.
- Aeróbia microorganismos que requerem a presença de oxigênio para seu desenvolvimento e sobrevivência.
- Biota conjunto de todos seres vivos de um determinado ambiente ou de um determinado período.
- Autotrófico organismo capaz de produzir seu próprio alimento
- Gradiente taxa de uma grandeza física, ao longo de uma dimensão espacial e numa direcção
- Organoclorados aqueles que possuem pelo menos um átomo de cloro ligado a uma cadeia carbônica.
- Biodegradáveis são resíduos de decomposição natural, que ocorre por meio de bactérias e de fungos.
- Moluscos bivalves são animais filtradores que se alimentam de algas microscópicas e material em suspensão que existem na água onde são cultivados.
- Fitoplâncton é um termo usado para definir um conjunto de microorganismos microscópicos fotossintetizantes que flutuam na coluna de água.
- Cyanophytas são organismos fotossintetizantes (autotróficos) que se assemelham muito as algas unicelulares, entretanto, por não possuírem um núcleo delimitado por membrana, também são muito semelhantes as bactérias.
- Microcystis aeruginosa e uma espécie de cianobactéria de água doce que pode formar florações de algas tóxicas e nocivas.
- Anabaena spiroides e uma cianobactéria potencialmente tóxica, com maior probabilidade de aparecer nos períodos de verão e outono, tornando as águas do local um risco a recreação e ao abastecimento público.
- Alóctone que não tem origem natural do local em que se encontra

- Rochas ígneas são resultado da solidificação do magma – por isso, as vezes chamadas de rochas magmáticas
- Limnológicas e a especialidade que se ocupa em estudar os corpos de água continentais ou interiores.
- Piridina e uma substancia orgânica com algumas características semelhantes ao benzeno.

## 1. Introdução

A água é um recurso indispensável para a vida dos seres vivos. Todavia, em termos globais, a água, é muitas vezes, um recurso limitado, devido a problemas de acesso e qualidade. O crescimento populacional associado ao desenvolvimento urbano e massificação da produção industrial tem vindo a causar impactos para o meio ambiente, particularmente sobre os recursos hídricos. A poluição dos recursos hídricos tem vindo a agravar o problema da disponibilidade da água devido a problemas de qualidade que está normalmente associada à descarga de efluentes domésticos e industriais não tratados (Atieri, 2016; Liyanage & Yamada, 2017).

Dentre vários casos de poluição de recursos hídricos, destaca-se o caso do rio Matanza Riachuelo, na cidade de Buenos Aires, que sustenta mais de 20% da população da Argentina, incluindo a indústria (ALBERGHINA & R, 1991). No século XIX a água residual industrial e doméstica era descarregada para o rio Matanza sem tratamento o que afecta significativamente o ecossistema e a qualidade de vida da população que habita as margens do rio (Cousido, 2010). O outro caso a considerar é o rio Alto Marañón, localizado na região Amazônica, em Peru, que sustenta a vida de mais de 150.000 habitantes. Esta população desenvolve varias actividades que tem influência directa na disponibilidade da água, tais como, a agricultura, pecuária, indústria extrativa, descarga de água residual doméstica sem tratamento e operação de aterros não controlados (Torres, Gurbillon, Castillo, Barrios, & Corroto, 2018) .

Moçambique, tal como outros países do terceiro mundo apresenta desenvolvimento urbano caracterizado por assentamentos informais e uma indústria que não respeita os regulamentos de protecção ambiental. Os assentamentos informais são caracterizados por mau ordenamento territorial, problemas de saneamento do meio e acesso à água. A mineração, artesanal e industrial, praticada por nacionais ou estrangeiros está a afectar significativamente a qualidade da água dos rios Chua e Revue em Manica e Moatize. Os problemas de saneamento bem como a actividade industrial poluem os recursos hídricos e colocando em risco a vida da população (Junior, 2018).

O rio Infulene, localizado na Cidade de Maputo beneficia cerca de 2904 camponeses, cuja produção agrícola representa 40% do consumo do país (INAGE, Portal do Governo,

2020). É caracterizado por apresentar assentamentos informais, agricultura urbana, Indústrias Cervejeira, Papel e Cartão e Vinícula e, também, as ETAR do Zimpeto e do Infulene. As actividades e indústrias antes mencionadas contaminam o rio através do descarte de nutrientes (nitratos e fosfatos) e matéria orgânica, sendo que esta última causa a propagação de microorganismos (coliformes totais e E.Coli) que, por sua vez, consomem o oxigênio dissolvido, facto este que influencia em parâmetros como DBO e DQO. Apesar da eminente contaminação do rio, estudos relativos à sua qualidade são limitados, neste âmbito, o presente visa avaliar o impacto das actividades desenvolvidas na qualidade da água da Bacia do Rio Infulene.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objectivo Geral**

O presente trabalho tem como objectivo geral:

- Avaliar a qualidade da água do Rio Infulene

### **1.1.2. Objectivos específicos**

- Identificar e mapear as fontes de poluição no Rio Infulene;
- Determinar as características físico-químicos e microbiológicas da água do Rio Infulene;
- Avaliar a poluição da água do Rio Infulene com base em índices.

## **1.2. Metodologia**

O trabalho foi realizado obedecendo a seguinte metodologia:

### **i) Revisão Bibliográfica**

A revisão da literatura foi feita com base em diversos recursos, tais como, livros, artigos científicos, jornais, revistas científicas que falam sobre o impacto de uso e terra na qualidade da água superficial. Neste actividade também foi feita pesquisa de dados cartográficos para a elaboração de mapas temáticos.

### **ii) Trabalho de Campo**

O trabalho de campo incluiu visitas de reconhecimento e colheita de amostras, onde foram identificados pontos com potencial de contaminação da água do rio Infulene, baseando-se no critério de presença de empresas, campos de cultivo, ETAR's e valas de drenagem. Usando os critérios citados foram selecionados ao longo do rio, 15 pontos de amostragem para colheita de amostra e a posterior análise de alguns parâmetros de campo.

### **iii) Trabalho Laboratorial**

O trabalho laboratorial foi realizado com a finalidade de determinar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, sendo que os parâmetros determinados foram: nitratos, fosfatos, DBO, DQO, coliformes totais, E. colli, temperatura, pH e Condutividade.

### **iv) Tratamento dos Resultados**

O tratamento de resultados foi feito afim de responder os objectivos do pré-definidos, para tal foi feita na seguinte sequência: tratamento estatístico dos dados, discussão e interpretação dos resultados, Conclusões e recomendações

### **1.3. Justificativa**

A água limpa e fresca é essencial para todas formas de vida. A água é considerada limpa e fresca quando reúne condições necessária para que assim seja usado à fins de consumo humano, como água potável, ou então quando possui capacidade para o sustento da comunidade biota. Porém com o desenvolvimento social, cultural, tecnológico e político em contínuo progresso ocorre um aumento na degradação do meio ambiente. Uma das formas devastadoras é a poluição das águas, que se desenrola pela falta de cuidado, atenção e conscientização das entidades responsáveis e da sociedade que mesmo após deparar-se com fenômeno provenientes da poluição não se sensibiliza a ter cuidados no que se refere a águas.

A urbanização da bacia tem um impacto negativo, os escoamentos em zonas urbanas têm má qualidade, afectado como é pela poluição de origem domestica ou industrial, obrigando a dispendiosos sistemas de tratamento para evitar ou reduzir a degradação da qualidade do meio aquático receptor. Assim podemos concluir que a bacia tem problemas de saneamento, a título de exemplo encontramos no Zimpeto a deposição de águas de esgotos sem nenhum tipo de tratamento.

Nessas condições, é notável que o rio sofre potenciais descargas que alteram as suas propriedades naturais, fazendo com que esta seja mais uma fonte de descarga de efluentes e não fonte de água natural. Assim sendo, viu-se a necessidade de fazer um estudo do estado atual do rio para analisar as consequência presentes e futuras que tal atitude trará ao rio e discutir possíveis soluções para que o rio não se torne mais uma vala de drenagem ou uma via de transporte dos rejeitos industriais, domésticos e outros.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Água na Natureza

A água é um recurso fundamental para a vida na terra. Estima-se que a água doce disponível seja de apenas 2,53% do total de água do planeta e que desse valor, 68,70% correspondem às geleiras e coberturas de neve, e, portanto, não se pode aproveitar, 31,01% são as águas subterrâneas e 0,29% correspondem às águas doces superficiais. Os restantes 97,47% são formados pela água do mar e gelos marítimos (Pereira, 1999).

Todos os corpos de água doce estão interligados, da atmosfera para o mar, através do ciclo hidrológico. Entende-se por ciclo hidrológico o movimento da água entre os continentes, oceanos e a atmosfera. Na atmosfera, o vapor da água em forma de nuvens pode ser transformado em chuva, neve ou granizo, dependendo das condições do clima. Essa transformação provoca o que se chama de precipitação. Segundo (Rafael, 2019) as etapas do ciclo hidrológico são: evaporação, acúmulo e precipitação.

A **evaporação** consiste na conversão da água dos mares, lagos, rios oceanos, subterrâneos, entre outros reservatórios, para o estado gasoso, com consequente elevação até a atmosfera.

Esse líquido que eleva-se até à atmosfera no estado de vapor d'água. Ela irá resfriar-se, para só então formar as nuvens, que são as pequenas gotas de água acumuladas devido a determinadas condições de temperatura e pressão.

Esse vapor de água que eleva-se na forma gasosa também é o resultado da **evaporação ou transpiração** da água proveniente dos seres vivos, que da mesma forma se evola, para juntar-se às demais gotículas em forma de nuvens que poderão ser densas, tão densas, que acabam tendo que voltar para a terra na forma de chuva.

A **precipitação** pode ser na forma de neve, granizo ou chuva. Depois do **acumulo** a água poderá encontrar temperaturas abaixo de 0°C, resultando da sua cristalização, com consequente precipitação na forma de neve ou granizo ou simplesmente condensa-se (passa de vapor a líquido), devido ao acúmulo insuportável desse vapor.

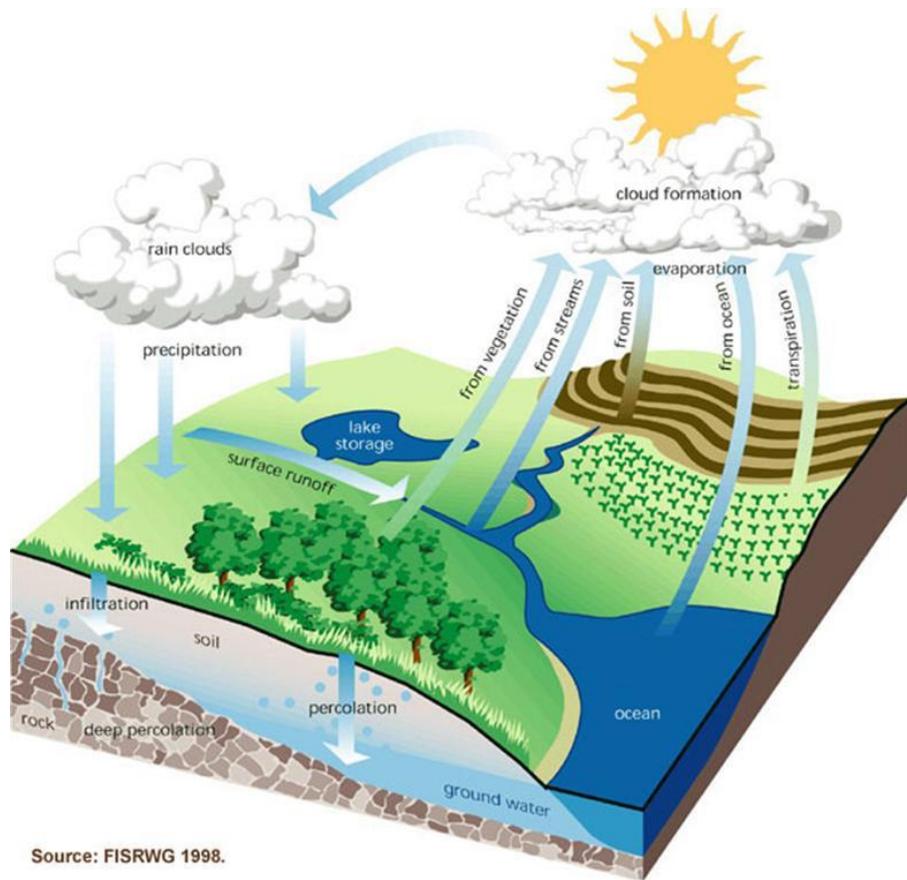


Figura 1 - Ciclo da água (FISRWG, 1998).

## 2.2. Fontes de Poluição da Água

O desenvolvimento mundial vem carregando consigo impactos negativos sobre os recursos que a natureza oferece, dentre muitos, os recursos hídricos tem sido impactados, sendo essa não só usada de forma irracional como também, nalguns momentos, é usada como corredor de descargas de substancias. Estas substancias provem do lançamento de esgoto residencial ou industrial, não tratados, em cursos de água (rios, lagos ou mares) ou ainda pela contaminação por fertilizantes agrícolas. (Moura, Fernandes, & Silva, 2010).

As principais fontes de poluição são as águas residuais resultantes da indústria, das atividades domésticas e da agricultura. Segundo (Perreira, 2004), estas influenciam na qualidade da água da seguinte forma:

### **2.2.1. Poluição resultantes da indústria**

A água residual industrial apresenta uma grande variação tanto na sua composição como na sua vazão, refletindo seus processos de produção sobre os locais de descarga.

- Águas sanitárias: efluentes de casa de banho e cozinhas;
- Águas de refrigeração: água utilizada em sistemas de resfriamento;
- Águas de processos: líquido residual do processo de produção, incluindo limpeza/lavagem.

As características das águas sanitárias são as mesmas dos esgotos domésticos. Já as águas de resfriamento possuem dois impactos importantes que devem ser destacados. O principal é a poluição térmica, pois para os seres vivos, os efeitos da temperatura dizem respeito à aceleração do metabolismo, ou seja, das atividades químicas que ocorrem nas células. A aceleração do metabolismo provoca aumento da necessidade de oxigênio e, por conseguinte, na aceleração do ritmo respiratório. Por outro lado, tais necessidades respiratórias ficam comprometidas, porque a hemoglobina tem pouca afinidade com o oxigênio aquecido. Combinada e reforçada com outras formas de poluição ela pode empobrecer o ambiente de forma imprevisível. Às águas de processo têm características próprias do produto que está sendo manufaturado.

### **2.2.2. Actividades Domésticas**

As águas que compõe o esgoto doméstico, compreendem as águas utilizadas para higiene pessoal, cocção (acção de cozer alimentos) e lavagem de alimentos e utensílios, além da água usada em vasos sanitários. Os esgotos domésticos são constituídos, primeiramente por matéria orgânica biodegradável, microrganismos (bactérias, vírus, etc.), nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais.

### **2.2.3. Poluição resultantes da agricultura**

O desenvolvimento da agricultura também tem contribuído para a poluição do solo e da água, sendo a principal causa o uso de defensivos agrícolas usados no controle de pragas. Existem praguicidas extremamente tóxicos, mas instáveis, isto é, eles podem causar danos imediatos, mas não causam poluição a longo prazo. Um dos problemas

associado ao uso dos praguicidas é o acúmulo ao longo da cadeia alimentar, isto é, as praguicidas acumulam-se no solo, os animais se alimentam da vegetação prosseguindo o ciclo de contaminação, com as chuvas, os produtos químicos usados na composição dos praguicidas infiltram no solo contaminando os lençóis freáticos e acabam escoando para os rios continuando a contaminação. Além do acúmulo na cadeia alimentar o uso abusivo de fertilizantes sintéticos e agrotóxicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas) poluem o solo e as águas dos rios, onde intoxicam e matam diversos seres vivos dos ecossistemas.

### **2.3. Parâmetros da qualidade da água**

A água é um recurso natural com características peculiares e diferentes atribuições, como o consumo directo, matéria-prima e constituinte do ecossistema. Essas múltiplas funções dão à água um valor econômico, exigindo assim, normatização e fiscalização do seu uso e qualidade (ANA, 2021).

Pelo facto da água possuir a capacidade de absorver diversas substâncias químicas e gases, existe a necessidade de uma constante avaliação da sua qualidade, pois com o crescente depósito de rejeitos industriais, domésticos e agrícolas é importante que haja controlo dos parâmetros de qualidade da água. A água possui diversos componentes ou impurezas que podem ser divididos em características físico-químicas e biológicas (CETESB, 2018).

#### **2.3.1. Características físico-químicas**

Os estudos de parâmetros físico-químicos da água são de grande importância para o conhecimento do ambiente e identificação dos padrões de variação das condições ambientais, tanto dentro dos rios e reservatórios como em seu entorno, e têm implicações nas características limnológicas como um todo (ANA, 2021). A seguir são descritas as principais variáveis físico-químicas da água.

- **Temperatura**

A temperatura é um dos parâmetros que apresenta maior importância na caracterização da água visto que influencia na velocidade das reações químicas, na solubilidade dos gases, na taxa de crescimento dos microrganismos, entre outras (Dias A. C., 2016).

No que diz respeito à contaminação das águas verifica-se que com o aumento da temperatura diminui a solubilidade de gases dissolvidos, fazendo com que nos meses mais quentes de verão os níveis de oxigênio dissolvido nas águas poluídas sejam mínimos podendo mesmo levar ao esgotamento total do oxigênio e com isso a decomposição anaeróbia dos compostos orgânicos sulfatados, produzindo gás sulfídrico (Dias A. C., 2016). Isto, considerando que os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo (CETESB, 2018).

- **Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido, por meio da medição da presença de íons hidrogênio ( $H^+$ ) (Nogueira, Costa, & Pereira, 2015).

O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos (Nogueira, Costa, & Pereira, 2015).

- **Condutividade elétrica**

Condutividade elétrica é a capacidade que uma solução aquosa tem de conduzir corrente elétrica. Essa capacidade é influenciada pela presença de íons, concentração total, mobilidade, valência, concentrações relativas e medida da temperatura (Parron, Muniz, & Pereira, 2011).

A condutividade é usada para determinar o grau de mineralização da água, indicação rápida da variação das concentrações de minerais dissolvidos e obtenção dos sólidos totais dissolvidos através da multiplicação do valor da condutividade à um coeficiente padronizado que varia de 0.55-0.75, dependendo do corpo de água (Chapman, 1996) ou apenas por multiplicando por 0.640 para soluções com condutividade abaixo de 5000 mg/l, de acordo com a (Equação 1, descrita por Lima et al. (2017):

$$STD [mg \cdot L^{-1}] = 0.64 \times CE [\mu S \cdot cm^{-1}]$$

(Equação  
1)

Onde: STD é a concentração de sólidos totais dissolvidos e CE é a condutividade eléctrica.

A condutividade também representa uma medida indirecta de concentração de poluentes, pois quanto mais sólidos dissolvidos na água, maior é a conductividade. Níveis de conductividade superiores à 100  $\mu S/cm$  indicam que o ambiente está impactado, pois altos valores de conductividade indica característica corrosivas da água (Araújo, 2018).

- **Demanda bioquímica de oxigênio**

A Demanda Bioquímica do Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica para uma forma inorgânica estável. É um parâmetro utilizado para identificar a presença de matéria orgânica na água e é expresso em mg.L- (ANA, 2021). A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo e numa temperatura de incubação específica (CETESB, 2018).

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo de água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água (CETESB, 2018) .

- **Demanda química de oxigênio**

A demanda química do oxigênio (DQO) é uma medida indirecta da matéria orgânica presente na amostra, isto porque, é medida através da oxidação da matéria orgânica na

água por meio de um agente químico, oxidante forte, como o dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) em meio ácido ( $H_2SO_4$ ) (CETESB, 2018).

A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos. Sabe-se que o poder de oxidação do dicromato de potássio é maior do que o resultante da ação de microrganismos, exceto raríssimos casos como hidrocarbonetos aromáticos e piridina. Desta forma, os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de DBO. Como na DBO mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais biodegradável será o efluente (CETESB, 2018).

A DQO tem demonstrado ser um parâmetro bastante eficiente no controle de sistemas de tratamentos anaeróbios de esgotos sanitários e de efluentes industriais (CETESB, 2018).

- **Oxigênio dissolvido**

O oxigênio dissolvido (OD) refere-se ao oxigênio molecular ( $O_2$ ) dissolvido na água. É o elemento principal no metabolismo dos microrganismos aeróbios que habitam a água natural ou os reatores para tratamento biológico de esgotos e é dado em mg/L. Na água natural, o oxigênio é indispensável também para seres vivos, especialmente os peixes, onde a maioria das espécies não resiste a concentrações de oxigênio dissolvido na água inferiores a 4,0 mg/L (Piveli P. D., 2010).

A concentração de OD nos cursos de água depende da temperatura, da pressão atmosférica, da salinidade, das atividades biológicas, de características hidráulicas (existência de corredeiras ou cachoeiras) e, de forma indireta, de interferências antrópicas, como o lançamento de efluentes nos cursos de água (Pinto, 2007).

- **Fosfatos**

A importância do fósforo nos sistemas biológicos é notória, assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, por ser exigido também em grandes

quantidades pelas células e devido à sua participação em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos (CETESB, 2018).

O fósforo encontra-se na água, na forma orgânica e inorgânica, sob três formas: fosfatos orgânicos, ortofosfatos e polifosfatos. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, os ortofosfatos são representados pelos radicais que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas e tem também os polifosfatos que sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (CETESB, 2018). O fosfato presente na água tem origem em fontes naturais e antropogênicos. Por ser nutriente limitante para processos biológicos, o excesso de fosforo conduz a processos de eutrofização das águas naturais (Mldaglia, Palombo, & Morreno, 2017).

- **Nitratos**

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquático. Isto se deve principalmente ao fato deste elemento participar da formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. A sua presença em baixas concentrações pode se tornar um fator limitante para a produção primária em ecossistemas aquáticos pois, o nitrogênio, é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas depois do carbono (Fugita, 2018; Esteves, 1998)

As principais fontes naturais de nitrogênio são: chuva, o material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular no ambiente aquático. E este está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, sendo as principais o nitrato ( $NO^3^-$ ), nitrito ( $NO^2^-$ ), amônia ( $NH_3$ ), íon amônio ( $NH^4^+$ ) entre outros. Dentre todas estas formas o nitrato, juntamente com o íon amônio, assume grande importância nos ecossistemas aquáticos, por serem as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (Esteves, 1998).

O íon nitrato é a forma comum de nitrogênio encontrado na água. Pode ser bioquimicamente reduzido em íon nitrito, geralmente pelo processo da desnitrificação em meio anaeróbio. Fontes naturais de nitrato nas águas superficiais incluem rochas ígneas, drenagem terrestre e planta e animais escombros. Determinação de nitratos e nitritos

nas águas superficiais, dá indicação de níveis de nutrientes e de poluição orgânica também. O nitrogênio está associado ao despejo de esgotos domésticos, industriais e de fertilizantes (Chapman, 1996).

As altas concentrações dos nitratos, acima de 10 ml/L, são tóxicos, causando a doença chamada metahemoglobinemia infantil que, é letal para crianças (o nitrato reduz-se a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul) (Cousido, 2010; Fugita, 2018).

### **2.3.2. Características microbiológicas**

A caracterização biológica da água é realizada a partir da identificação dos microrganismos existentes no meio, tendo em vista a sua predominância em determinados ambientes, a sua atuação nos processos de depuração de cargas poluidoras e a sua associação às doenças de veiculação hídrica (CETESB, 2018). O risco mais comum à saúde humana está associado à água decorre da presença de microrganismos causadores de doenças. Muitos desses microrganismos são originários da água poluída com excrementos humanos. Fezes humanas podem conter uma variedade de intestino patógenos que causam doenças que vão desde gastroenterite leve até o grave, e possivelmente fatal, disenteria, cólera e tifoide. Dependendo da prevalência de certas outras doenças em uma comunidade, outros vírus e parasitas também podem estar presentes. As águas doces também contêm microrganismos indígenas, incluindo bactérias, fungos, protozoários (organismos unicelulares) e algas (microrganismos com fotossintéticos pigmentos), alguns dos quais são conhecidos por produzir toxinas e transmitir, ou causar, doenças (Chapman, 1996).

#### **❖ Coliformes totais**

Os coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos e capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  em 24 a 48. Estes são predominantemente compostos por bactérias pertencentes aos gêneros *Escherichia*, *Enterobacter*,

*Citrobacter e Klebsiella. Porém, os gêneros Enterobacter, Citrobacter e Klebsiella podem ser encontrados tanto nas fezes quanto no meio ambiente (em águas ricas em nutrientes, solos e materiais em decomposição). Assim, a presença de coliformes totais na água não indica, necessariamente, a contaminação fecal ou ocorrência de agentes patogênicos (Gobbo, 2014).*

#### ❖ **Escherichia coli**

Principal bactéria do subgrupo dos coliformes termotolerantes, sendo de origem exclusivamente fecal. Fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  em 24 horas, produzindo a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidrolisa a uréia e apresenta atividade das enzimas  $\beta$ -galactosidase e  $\beta$ -glucuronidase. E. coli está presente em número elevado nas fezes humanas e de animais de sangue quente e é raramente detectada na ausência de poluição fecal. É considerada o indicador mais adequado de contaminação fecal em águas doces (CETESB, 2018).

### **2.4. Índice de Poluição da Água**

O índice de poluição da água (IPA) é um parâmetro que estima o grau de poluição da água, considerando tanto concentração de substâncias orgânicas, como as inorgânicas. O IPA representa a soma da razão entre o valor dos parâmetros medidos ou observados e o valor padrão regularizado (Brankov, Milijasevic, & Milanovic, 2012).

O índice de poluição da água é usado para identificar o grau de degradação da qualidade da água em programas de controlo de poluição, sendo um método que ajuda na administração da poluição nos sistemas aquáticos e não fornece informação combinada dos parâmetros individuais de qualidade da água na qualidade global de água para o consumo humano (Hmaid, Talhaoui, Manssouri, Jaddi, & Ousmana, 2020).

#### **2.4.1. Métodos de determinação de IPA**

Segundo o método o Decreto nº 115/2003 do Ministério do Ambiente de Indonésia, descrito por (Sulthonuddin, Hartono, & Utomo, 2018), o índice de poluição da água pode ser determinado pela equação:

$$IPA_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}} \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

- $IPA_j$  índice de poluição da água para um propósito (j) específico de qualidade de água;
- $L_{ij}$  é o valor padrão de qualidade para cada parâmetro (i) do propósito (j) específico de qualidade da água;
- $C_i$  é o parâmetro medido de qualidade da água;
- $(C_i/L_{ij})_M$  é  $C_i/L_{ij}$  máximo;
- $(C_i/L_{ij})_R$  é  $C_i/L_{ij}$  médio.

O método descrito por **Hmaidí et al 2010** para cálculo de IPA começa com a determinação do peso relativo ( $R_p$ ), que é um valor numérico entre 1 e 5, designado para cada parâmetro, refletindo o seu grau de influência na qualidade da água, tendo em consideração o seu impacto na saúde humana e preservação da vida aquática. Portanto, a **Error! Reference source not found.** apresenta o  $R_p$  para cada parâmetro, e o IPA é dado pela (Equação 3).

$$IPA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{S_i} R_{p_i} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde: IPA é o índice de poluição da água,  $C_i$  é a concentração de cada parâmetro (i),  $S_i$  é parâmetro (i) padrão de água potável,  $R_p$  é o peso relativo do parâmetro (i) e n é o número total dos parâmetros em análise.

Tabela 1 - Peso Relativo ( $R_p$ ) dos parâmetros de qualidade de água e respectiva influência (Brankov et al 2012).

$R_p$	Parâmetros	Influência
1	Temperatura	Mínima
3	DO e condutividade	Ligeira
4	$NH_4^+$ , $SO_4^{2-}$ , $PO_4^{3+}$ e Ph	Moderada

O cálculo do índice de poluição da água (IPA) para este método é dado pela (Equação 4):

$$IPA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_i^*} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

- $C_i$  é concentração média do parâmetro  $i$  medido;
- $C_i^*$  é a concentração padrão do parâmetro  $i$ ;
- $n$  é o número de parâmetro.

De acordo com diferentes métodos de cálculo de IPA, em geral o grau de poluição da água pode ser classificado como:

**Pura:** A água pura não possui nenhuma substância em sua composição, além de hidrogênio e oxigênio isso porque esse tipo de água não possui os sais minerais que são necessários aos seres vivos com  $IPA < 0.5$  (Viven, 2022).

**Não poluída:** A água não poluída pode ser definida como a água própria para consumo, ou seja, livre de substâncias e organismos que possam trazer doenças, além de não possuir cor, gosto, ou cheiro ( $IPA < 1$ ).

**Poluída, ligeira, moderada, forte e drasticamente poluída:** A água poluída é aquela que contém substâncias que modificam suas características e a torna imprópria para o consumo. Dessa maneira, apresenta alterações físicas e químicas, como cheiro, turbidez, cor, sabor ou sua composição. Normalmente, a alteração física é consequência da contaminação química, geralmente devido à presença de elementos estranhos ou tóxicos ( $1 < IPA < 12$ ). (Verde, 2014)

Na Figura 2 - Classificação do nível de poluição da água de acordo com o IPA para diferentes autores.

está ilustrada a classificação do grau de poluição da água dos rios de acordo com diferentes autores.

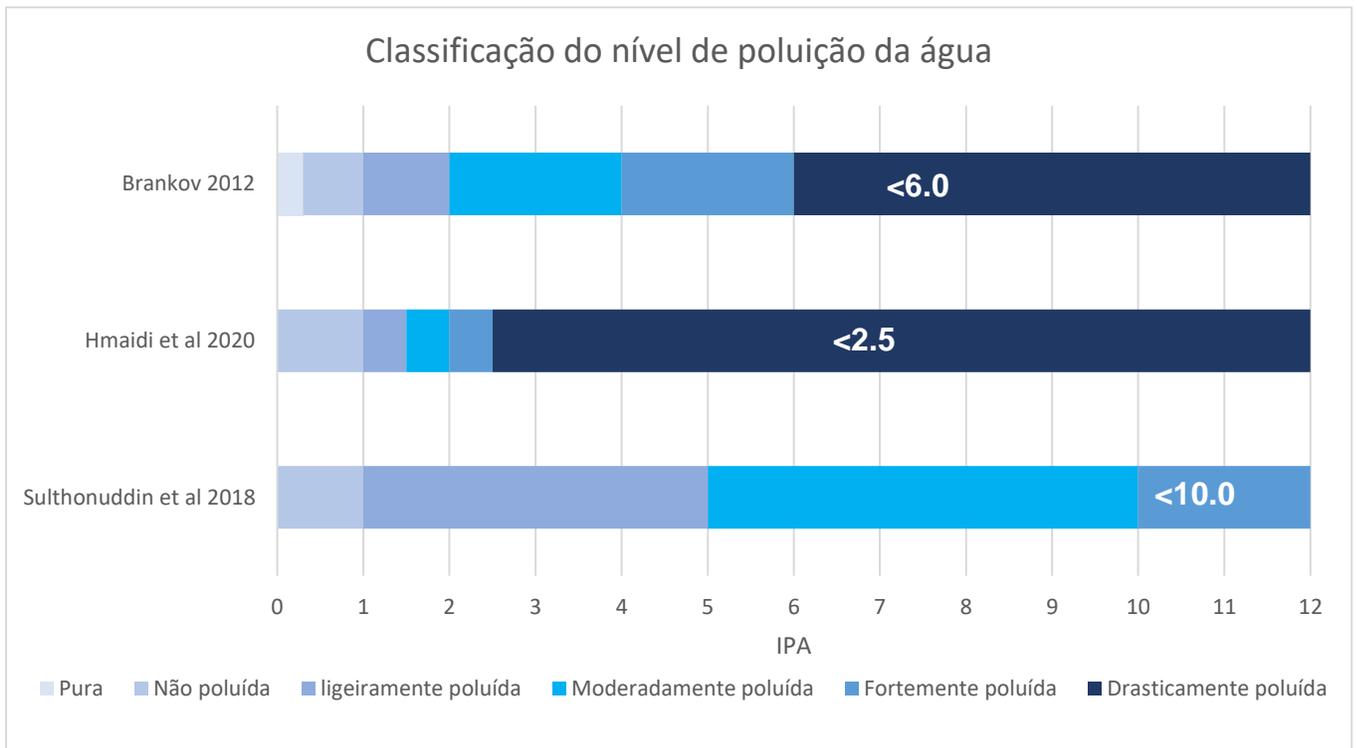


Figura 2 - Classificação do nível de poluição da água de acordo com o IPA para diferentes autores.

### **3. Caracterização da área em estudo**

#### **3.1. Localização geográfica e dimensões**

O Rio Infulene é um pequeno rio que resulta da ramificação do Rio Incomáti localizado na zona sul do país, entre a Cidade e Província de Maputo, com uma área de cerca de 130 km<sup>2</sup> e extensão de aproximadamente 24 km entre as coordenadas 25°43'57.90" e 25°58'3.49" latitude Sul, 32°35'7.69" e 32°35'13.46" longitude (Muhate & Moraes, 2016). Pela localização e condições climáticas do país, o rio segue o sentido de norte a sul desaguardo no Canal de Moçambique (a secção do Oceano Índico situado entre o continente e a Ilha de Madagáscar) no estuário do Espírito Santo.

A bacia do Rio Infulene abrange cerca de 185 quilômetros quadrados, dos quais cerca de 422 hectares de terra estão cobertos por vegetação e o restante pertence a áreas urbanas e actividades industriais diversas (INAGE, Portal do Governo de Mocambique, 2020; Hilário, 2020). E ainda é uma fonte natural de água corrente, com um caudal quase permanente que beneficia cerca de 2.904 camponeses organizados em 15 associações, onde ocupam cerca de 422 hectares de terra, cuja produção agrícola representa 40% do consumo humano da cidade de Maputo e recebe descarga de cerca de 3 industrias, nomeadamente, indústria cervejeira, indústria de papel e cartão e indústria vinícola, duas estacoes de tratamento de água da vila Olímpica, de Zimpeto, e de Infulene e das águas pluviais provenientes de vários bairros ao redor da bacia (INAGE, Portal do Governo de Mocambique, 2020).

# Localização da Área de estudo

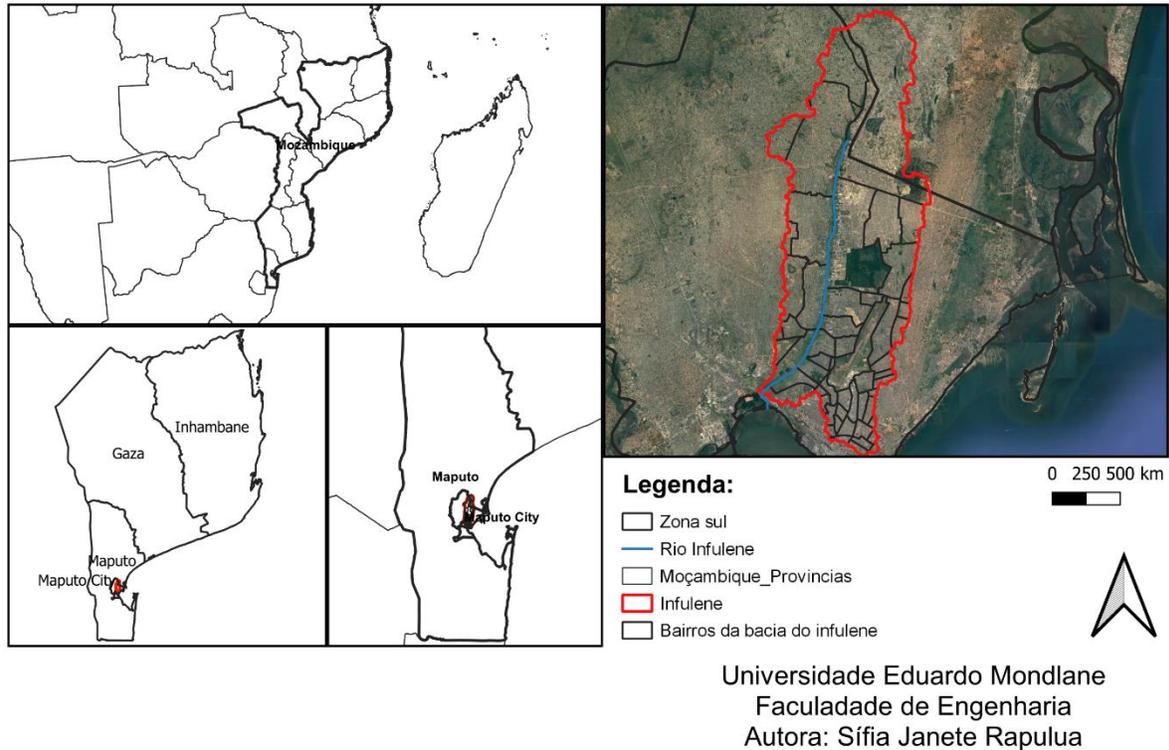


Figura 3 - Mapa de localização geográfica da área de estudo. Fonte: Autora

## 3.2. Clima

A maior parte do território moçambicano localiza-se na zona intertropical, o que lhe confere um clima do tipo tropical com quatro variações: tropical húmido, tropical seco, tropical semi-árido e clima modificado pela altitude. O clima tropical húmido é o predominante, caracterizado por duas estações, nomeadamente a fresca e seca que se estende de abril a setembro e, a quente e húmida entre outubro e março. As chuvas são mais intensas no período Dezembro-Fevereiro. Este é influenciado pelo regime de monções do Índico e pela corrente quente do canal de Moçambique. As temperaturas médias em Maputo variam entre os 20-27°C e a média anual é de 23°C. A temperatura média no Sul do país ronda os 23°C, sendo relativamente uniforme (MICOA, 2007).

Segundo Moz Climate analysis, a província de Maputo é uma das que apresenta um maior período de seca, caracteriza-se por uma estação de fraca pluviosidade, com tendências negativas, e irregular relativamente longa. A precipitação média varia de valores inferiores a 300 mm à valores superiores de 1500 mm. Sendo a precipitação média da cidade de Maputo de 770 mm e a precipitação máxima 1450 mm.

### **3.3. Relevo e solo**

A bacia do rio Infulene está entre a cidade de Maputo e Matola, uma região caracterizada morfologicamente por arriba costeira, encosta, vale e planícies litorais. No sul do País predominam solos arenosos de baixa fertilidade e baixo poder de retenção de água sendo interrompidos de quando em vez por solos arenosos brancos pluviais e marinhos. Ao longo dos vales dos rios encontram-se solos pluviais de alta fertilidade. Ao longo da fronteira sul e associando-se à cadeia dos Libombos existem solos delgados e pouco profundos, pouco aptos para agricultura (Hilário, 2020).

O aproveitamento da zona baixa para a atividade agrícola se realiza em ambas as margens do rio, numa extensão longitudinal que raramente ultrapassa 500 metros do rio. Mais em cima deste limite do rio e da zona baixa se situa a zona alta do Vale do Infulene, onde os solos são arenosos com pouca capacidade de retenção da água. Por isso, essas zonas são usadas para o plantio das culturas de sequeiro (principalmente o milho, mandioca, amendoim e feijão nhemba). Fora da área de inundação predominam solos argilosos. A erosão na bacia, apesar do tipo de solo, é pouco significativa, dado que a energia para o arrasto das partículas é muito reduzida, uma vez que o declive é menor (Hilário, 2020).

### **3.4. Regime**

No que diz respeito à regime, o rio Infulene tem um regime permanente, como o das chuvas que o alimentam. Portanto, essa característica periódica é influenciada pelo clima de Moçambique que é tropical húmido com duas estações nítidas: chuvas e de seca, mas em geral de uma vazão de 0,2 à 7 m<sup>3</sup>/s (Muhate & Moraes, 2016). Assim, as oscilações do caudal do rio ao longo do ano são condicionadas, por factores climáticos, registando caudais máximos na época chuvosa e os mínimos na época seca.

## 4. Parte experimental

### 4.1. Levantamento dos pontos amostrais

O levantamento dos pontos amostrais, foi feito tendo em conta os potenciais fontes poluidoras. Uma vez que o objetivo da análise foi avaliar a contribuição de determinados tipos de efluentes na qualidade do corpo receptor, que é o rio, a coleta foi realizada em pelo menos 3 pontos:

- Montante: ponto controle, localizado antes do lançamento, de forma que este ponto não seja influenciado pela zona de difusão;
- Zona de mistura: confluência do efluente com o corpo receptor;
- Jusante: logo após o lançamento da fonte poluidora.

Paralelamente, foram feitas coletas de pontos controle da origem, ou seja, a coleta do próprio efluente que está sendo lançado para que seja possível a caracterização e a discussão e para uma melhor caracterização da qualidade da água, as amostras foram coletadas e analisadas em duas principais épocas, seca e fria, respectivamente.

A localização e especificação dos pontos amostrais está patente na Tabela 2.

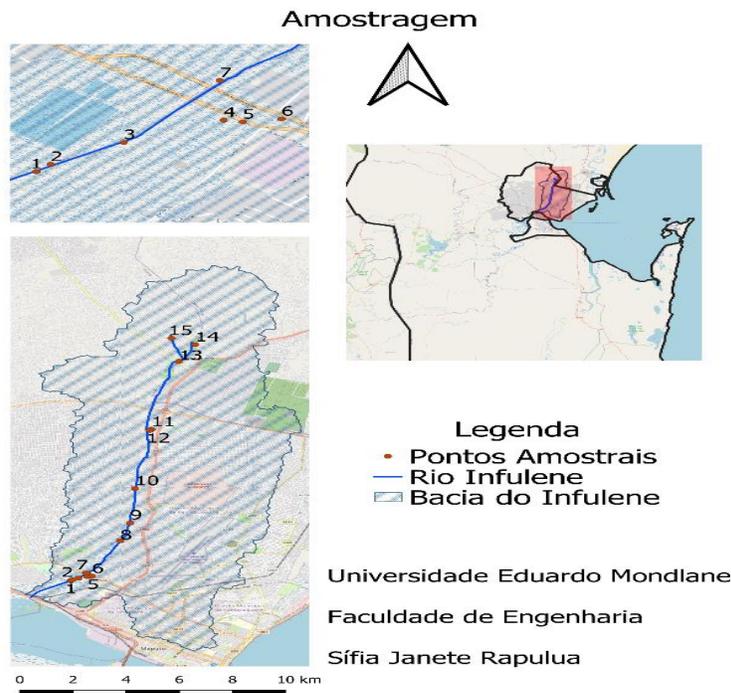
Tabela 2 - Cordenadas dos pontos de amostragem ao longo do Rio Infulene. Fonte: Google Maps

Ponto	Latitude	Longitude	Descrição	Designações
1	-25.924	32.537	Após a ponte 2M	APOS A industria cervejeira
2	-25.923	32.537	ETAR da 2M	ETAR (industria cervejeira)
3	-25.922	32.539	Mistura da água da 2M com águas pluviais (drenagem) e águas do Rio Infulene	MISTURA: industria cervejeira+FLUVIAIS+RIO
4	-25.921	32.543	Mistura da água da 2M com águas pluviais	industria cervejeira + pluviais

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Descrição</b>	<b>Designações</b>
<b>5</b>	-25.921	32.543	Águas residuais da 2M	RESIDUOS DA industria cervejeira
<b>6</b>	-25.921	32.544	Águas pluviais	DESCARGAS FLUVIAIS
<b>7</b>	-25.919	32.542	Ponte ao longo da estrada da 2M	ENTRADA industria cervejeira
<b>8</b>	-25.899	32.555	Corta-mato T3/ atrás do Terra Mar	ZONA T3
<b>9</b>	-25.887	32.559	Ponte da Zona Verde/ FAPACAR	ZONA BENFICA
<b>10</b>	-25.866	32.561	Próximo ao China Mall ou próximo ao Hospital Psiquiátrico	PROX. A CHINA MALL
<b>11</b>	-25.829	32.567	ETAR do Zimpeto Vila Olímpica	ETAR (ZIMPETO)
<b>12</b>	-25.829	32.566	Mistura da água do ETAR com o rio	MISTURA: ETAR + RIO
<b>13</b>	-25.786	32.577	Ponte próximo à Vila de Intaka	NASCENTE (INTAKA)
<b>14</b>	-25.776	32.583	Próximo a nascente (1)	NASCENTE (ZONA 1)
<b>15</b>	-25.772	32.574	Próximo a nascente (2)	NASCENTE (ZONA 2)

## 4.2. Amostragem

A amostragem foi feita em duas campanhas para tantos pontos. A primeira campanha foi na época húmida que foi realizada no dia 20 de fevereiro do ano de 2022 e a segunda foi na época seca, após dias de chuva, e realizou-se entre os dias 6 à 8 de Julho de 2022.



*Figura 4 - Mapa de pontos de amostragem ao longo do Rio Infulene.*

## 4.3. Parâmetros de campo

No local da coleta foram realizadas as leituras dos valores de pH, temperatura, condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD) das amostras, com uma sonda multiparamétrica da Hach HQ40d.



Figura 5 - Multiparametro usado para as análises de campo. Fonte: Autora

Os pontos foram georreferenciados com o auxílio do GPS por um aparelho de telemóvel a partir do Google Maps.

#### **4.4. Parâmetros de laboratório**

As amostras coletadas no campo foram incubadas numa caixa térmica a temperatura de (-4°C) recomendado segundo (Bairr, Eaton, & Rice, 2017) nessas condições transportados até o laboratório de hidráulica sanitária da Faculdade de Engenharia para determinação dos outros parâmetros. E no laboratório realizou-se as restantes das análises, nomeadamente: DQO, DBO, coliformes totais e fecais, nitratos e fosfatos. Os procedimentos experimentais de todas as análises estão detalhados nos anexos.

## 5. Resultados e Discussão

### 5.1. Parâmetros físico-químicos

#### Temperatura, pH, condutividade eléctrica e oxigênio dissolvido

Em relação à **temperatura**, os resultados encontrados variam de 19 à 34.9°C. A temperatura também pode ser considerada estável pois na primeira campanha a previsão do dia de recolha de amostras, foi de uma máxima de 30 e mínima de 24° C e na segunda campanha, foi de máxima de 30 e mínima de 16° C.

Sendo assim, é possível notar que a temperatura da água não ultrapassa a temperatura ambiente, excepto nos pontos ETAR do Zimpeto e mistura da água do rio e do ETAR do Zimpeto. É possível notar que a água da ETAR vem com altas temperaturas e contamina a água do rio, que vinha desde a nascente com temperaturas relativamente equilibrada, elevando assim a temperatura da água do rio neste ponto.

Segundo o decreto 18/2004 de 2 de junho, é permitido que as águas residuais de indústrias cervejeiras sejam lançadas a uma temperatura de 3°C acima da temperatura ambiente. Sendo assim, as águas residuais da indústria cervejeira são lançadas respeitando estes limites dados, pelo decreto, para este parâmetro.

O **pH** foi o parâmetro com menos variação em cada campanha. Este parâmetro em águas superficiais é considerado estável se estiver no intervalo de 6 - 8 e nota-se que em todo o rio não passa de 7, variando de 7,03 à 7,34 na 1ª campanha (época húmida) e 7,0 a 7,13 na 2ª campanha ( época seca).

Quanto a **condutividade** é possível notar que ela aumenta ao longo do rio, desta nascente até a zona depois da indústria cervejeira, sendo o ponto crítico a condutividade dos resíduos da indústria cervejeira, que foi cerca de 2560 µS/cm, correspondente à 4062,50 mg/L de sólidos totais dissolvidos, aplicada a (Equação 1.

De acordo com legislação do País, decreto nº 18/2004 de 02 de junho não estão padronizados os limites deste parâmetro para indústrias cervejeiras. Nota-se também que a conductividade de muitos pontos de amostragem reduziu depois da chuva, isto deve-se pela diluição dos sais e ausência de sólidos no solo, ao longo da bacia, em alguns pontos, mas por outro lado, alguns pontos a conductividade aumentou depois da chuva, nomeadamente o ponto de mistura com a água de ETAR e depois da ETAR da Vila Olímpica de Zimpeto, sendo está a zona do vale do rio, então está previsto uma acumulação de sólidos arrastados ao longo da zona urbana pela chuva. E ainda pode-se notar que não há variação significativa de CE antes e depois da ETAR, pois tratamento apenas reduz a concentração de sólidos suspensos e faz a estabilização anaeróbica (Muhate & Moraes, 2016).

A conductividade, também pode ser usada para avaliar o nível de salinidade na água isto porque os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-se num eletrodo capaz de conduzir corrente elétrica, isto é, quanto maior a conductividade, maior é a quantidade de sal dissolvido na água, ou seja, mais salgada é a água.

Em geral, de acordo com os resultados do **oxigênio dissolvido** ao longo do rio, pode-se dizer que há uma escassez do oxigênio no rio Infulene, excepto:

- Zona da nascente 2
- Depois da ETAR da Vila Olímpica do Zimpeto;
- Ponto de descargas pluviais;
- Ponto de mistura entre águas das descargas pluviais e águas residuais da indústria cervejeira;
- Ponto de mistura entre resíduos da indústria cervejeira, águas pluviais e o rio, e ainda;
- Zona depois da indústria cervejeira.

É possível notar o enriquecimento de oxigênio, a partir do ponto de mistura das águas pluviais, indústria cervejeira e do rio. Aqui a concentração de oxigênio parte de uma média de 0.68 mg/L, na entrada da indústria cervejeira, à 3.12 mg/L, no ponto de mistura. Este enriquecimento, deve-se à água proveniente da vala de drenagem de águas pluviais

e uso doméstico. Neste ponto foi possível achar concentrações de 9.13 mg/L, este acréscimo deve-se ao tratamento de escadas hidráulicas feito à essa água. Este tratamento consiste em reoxigenação da água, aumentando assim os níveis de oxigênio dissolvido e pode ser uma opção para a remoção de componentes orgânicos (Tomaz, 2011).

O mesmo é possível notar do ponto da ETAR do Infulene e após a indústria cervejeira onde temos 2.57 e 5.47mg/L respectivamente. Isso acontece pela existência de uma escada hidráulica nesse ponto o que enriquece a concentração de oxigênio. Mais a diante, nos pontos da ETAR do Zimpeto e união das águas do rio e ETAR do Zimpeto onde temos 5.34 e 4.68 respectivamente, nesse ponto há uma inclinação acentuada, que faz com que com o fluxo da queda da água haja um “reabastecimento” do oxigênio pelo processo de aeração (Fiorucci & Filho, 2005). Por isso mesmo com o grande nível de poluição desta água, proveniente da vila olímpica, ela é rica em oxigênio e enriquece desta forma o rio que é pobre.

Nos demais pontos ao longo do rio é notável a baixa concentração de oxigênio desde a nascente, isso deve-se pelo baixo caudal do rio. Porém no ponto de águas residuais da indústria cervejeira, com concentração de 0.23 mg/L, temos o efluente bruto da fábrica que possui níveis baixíssimos, influenciando às águas Pluviais provenientes da drenagem. Esse impacto é notável no ponto de mistura das águas Residuais da indústria cervejeira e pluviais em que temos 6.91 mg/L dos 8.83 mg/L medidos na água proveniente da vala.

A *segunda campanha* foi realizada na época seca, porém, depois de um período de chuvas, isso influenciou nos resultados de oxigênio dissolvido obtidos. Segundo (Maciel, 2017) afluxo de água nas bacias hidrográficas sofre influência da precipitação, isto é, quanto maior for a intensidade e a duração da precipitação, o volume da vazão também se torna maior.

Foi dito anteriormente em alguns pontos que a influência dos altos valores do oxigênio foi a agitação/ fluxo da água. Nesta campanha, foram verificados valores elevados de OD, começando pelo ponto de águas residuais da indústria cervejeira, que foi o ponto com menor concentração na primeira campanha, notou-se que este teve uma média de

4.25 mg/L, sendo que na primeira teve 0.23 mg/L. e nos demais pontos do rio em que na primeira campanha teve valores baixos, na segunda campanha, as concentrações foram maiores. Assim é possível notar que a precipitação tem influência positiva sobre a vazão e oxigênio dissolvido.

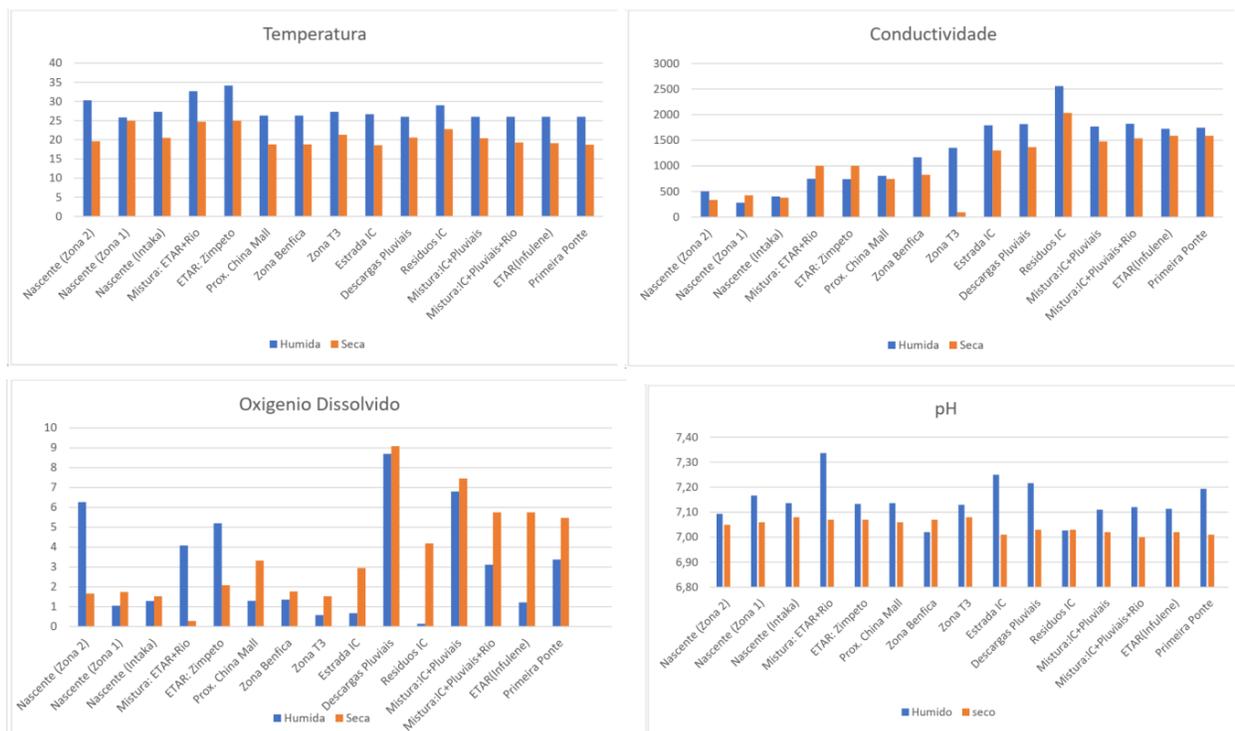


Figura 6: Resultados de OD, Temperatura, pH e Conductividade. Fonte: Autora

Salientar que as concentrações obtidas nesta campanha, não tiveram somente influência da precipitação, mas também da temperatura. Segundo (Fiorucci & Filho, 2005) quanto menor for a temperatura, maior será a solubilidade do oxigênio na água. Assim nota-se que nesta campanha tivemos a influência tanto da temperatura assim como da precipitação.

A temperatura da água interverem na medição de condutividade, na cinética das reações biogeoquímica e ainda no teor de oxigênio dissolvido, segundo Araújo (2018).

Quanto maior a temperatura, maior é a condutividade elétrica (do Carmo, 2014), isto pode ser confirmado pelas condutividades obtidas na primeira e na segunda campanha,

onde temos, na primeira campanha, conductividades relativamente mais elevadas que na segunda campanha.

### **Demanda bioquímica do oxigênio (DBO) e demanda química do oxigênio (DQO)**

Segundo (Poersch, et al., 2019), **DBO** é uma medida indirecta da carga orgânica dos sistemas e utiliza o oxigênio dissolvido como meio para estimar o material orgânico degradado por microorganismos vivos, como parte de seus processos metabólicos. E também a **DBO** sofre influência directa não só da matéria orgânica, mas também de microorganismos aeróbicos e da temperatura, isso porque a temperatura é uma característica que tem influência nos processos metabólicos dos microorganismos e da matéria orgânica. Os resultados da **DBO** obtido em ambas campanhas é ilustrada na **Error! Reference source not found.**

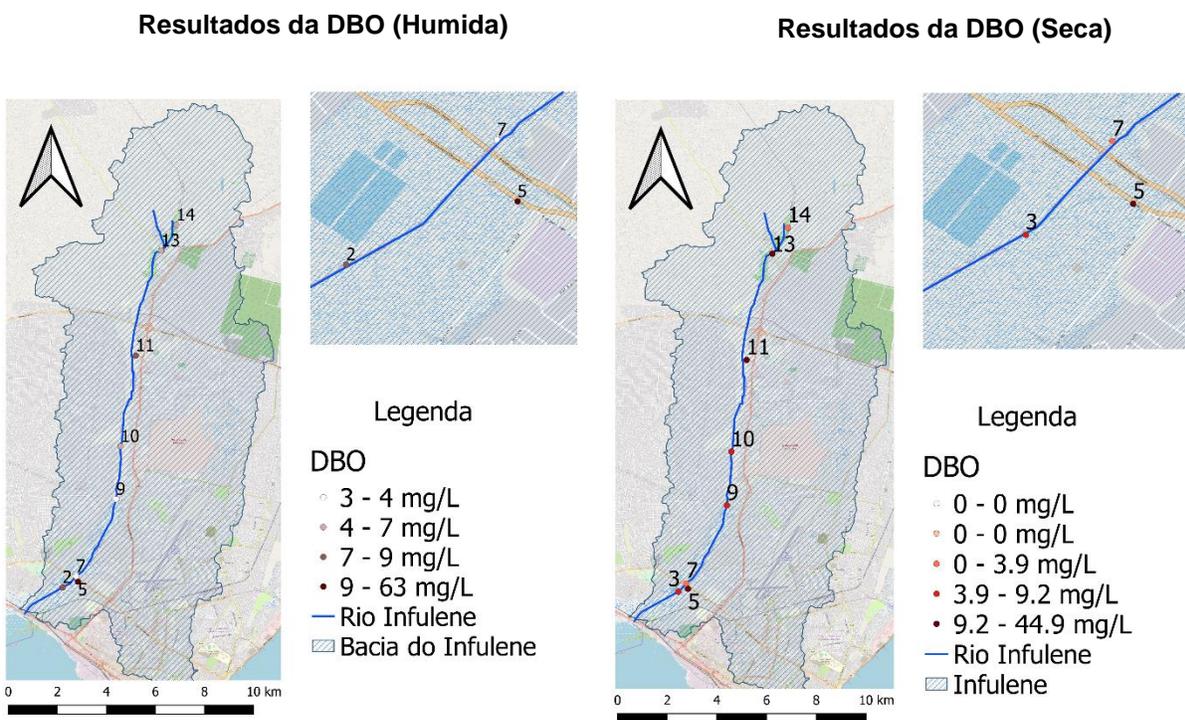


Figura 7: Mapa com a distribuição espacial proporcional dos resultados de DBO ao longo do Rio Infulene. Fonte: Autora

É possível notar a influência directa desses parâmetros olhando para a temperatura, os coliformes e a DBO do ponto das águas residuais da indústria cervejeira que são 29°C,

96000 CFU/mL e 63.18 mg/L respectivamente. A DBO deste ponto é extremamente elevada pois segundo (Fiorucci & Filho, 2005) águas com DBO maior que 10mg/L estão seriamente poluídas. Este ponto apresenta grandíssima influência sobre o rio uma vez que ao longo do rio todo não temos valores semelhantes de nenhum dos parâmetros que influenciam a DBO.

E ressaltar que ao longo do rio não se obteve valores satisfatórios de DBO, isso significa que, o rio todo está com níveis não desejados de matéria orgânica, pois segundo (Fiorucci & Filho, 2005) a média para água superficial não poluída nos EUA é cerca de 0.7 mg/L. O que significa que desde a nascente do rio até a foz há poluição por matéria orgânica. O ponto da ETAR do Zimpeto, que apresenta o segundo valor mais alto de DBO. Também é possível notar que a presença de microrganismos e elevada temperatura influencia diretamente neste parâmetro.

Este parâmetro também pode ser relacionado com o OD pois é possível notar que no ponto onde o valor de OD é mais reduzido o DBO é consequentemente mais elevado.

Segundo o decreto 18/2004 de 2 de junho, para indústria cervejeira é permitido que os efluentes tenham até 30 mg/L de DBO e 80 mg/L de DQO, porém, pode se notar claramente que os resíduos da indústria cervejeira estão acima desses limites, de acordo com os resultados obtidos e apresentados na.

Segundo (Fiorucci & Filho, 2005) níveis elevados de **DQO** ocorrem devido à efluentes de origem industrial carregados de matéria orgânica e tóxica. É possível notar na **Error! Reference source not found.** que o ponto de águas residuais da indústria cervejeira apresenta em média um valor de 785 mg/L, mas notamos que este ponto apresenta um número elevado de coliformes que é de 96000 UFC/mL e foi dito que este parâmetro é influenciado pela matéria orgânica presente e por poluentes tóxicos. Assim sendo podemos descartar a presença de poluentes tóxicos pois segundo (Fiorucci & Filho, 2005) as substâncias tóxicas levam à morte os microorganismos. Então neste ponto pode ser considerado a como grande fonte de contaminação orgânica ao rio.

## Fosfato e nitratos

Segundo (Whitehead, Butterfield, & and Dr Wade, 2008), as concentrações de **fosfatos** baixam nos meses de inverno e aumentam nos meses de verão quando o caudal é baixo e assim há pouca diluição das descargas industriais, domesticas e agrícolas. Assim é possível notar que em todos os pontos essa afirmação se verifica e para além do facto desta campanha ter sido feita depois de alguns dias chuvosos.

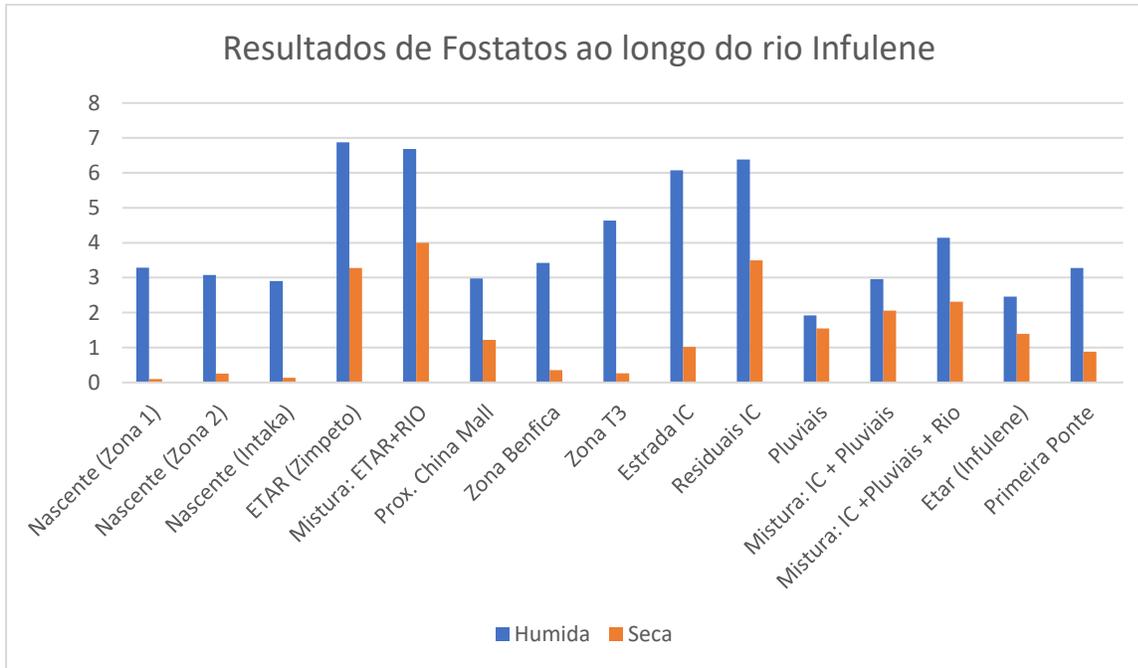


Figura 8:Resultado do teor de fosfato ao longo do rio Infulene. Fonte: Autora

Segundo (Whitehead, Butterfield, & and Dr Wade, 2008),as concentrações de **nitratos** são maiores nos meses frios do que nos meses quentes isto porque estas são influenciadas pela temperatura e o tempo de residência. Altas temperaturas e baixo caudal, gera grandes perdas de nitratos pelo processo de desnitrificação. Gerando assim baixas concentrações de nitratos no rio no verão em relação ao inverno. Porem as concentrações de nitratos encontrados, na primeira campanha, foram altas em relação as concentrações da segunda campanha. O que explica este acontecimento é a ocorrência da precipitação dias antes da segunda campanha, isso provavelmente diluiu a concentração já existente na água e com o arraste da superfície do solo, não houve aumento dos nutrientes, concluindo desta forma que a pratica da agricultura não afecta

negativamente o meio aquático. Os nitratos que estavam presentes na água e fez com que as concentrações baixassem. Podemos notar esse fator diluição no ponto de águas residuais da indústria cervejeira no qual tivemos no verão e no inverno 23.5 e 2.8, respectivamente. Houve aqui e nos outros pontos um decréscimo da concentração de nitratos.

É possível notar que a maior fonte de nitratos para o rio não é a prática da agricultura, mas sim a água residual da fábrica indústria cervejeira e as águas pluviais e domésticas sendo possível notar que desde a nascente até o ponto da entrada da indústria cervejeira têm-se concentrações baixas e a partir do ponto de águas residuais da indústria cervejeira e pluviais temos um aumento brusco da concentração de nitratos na água do

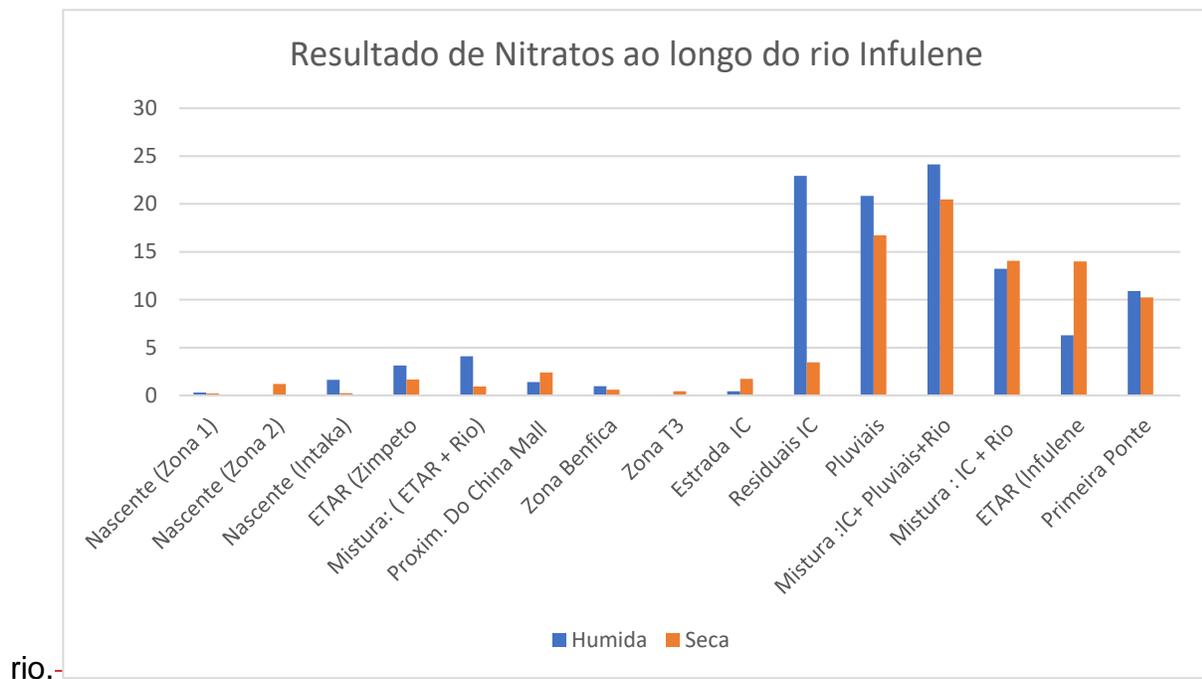


Figura 9:Resultado do teor de nitratos ao longo do rio Infulene. Fonte: Autora

## 5.2. Parâmetros microbiológicos

O ponto de descarga da fábrica indústria cervejeira foi o pico em todas as análises e neste parâmetro não foi diferente. É notável nos gráficos a seguir, que foi o pico tanto para coliformes fecais assim como para os E. Colli, atingindo valores extremamente altos e é notável mais uma vez que a água pluvial proveniente da drenagem reduz o impacto do rejeito já indústria cervejeira no ponto de misturada de águas pluviais e residuais da

indústria cervejeira onde vemos o número de coliformes torais e E. Colli reduzidos sendo estes reduzidos de 96000 para 800 e de 35000 para 100 UFC/mL, respectivamente.

Nalguns pontos como a nascente e os pontos da zona do Benfica, zona da T3 e entrada da indústria cervejeira temos zero coliformes fecais e temos reduzidos coliformes totais. Sendo o ponto da entrada da indústria cervejeira com menor número de coliformes totais ao longo de todo o rio.

Temos o ponto ETAR do Zimpeto, água residual proveniente da Vila Olímpica, com altos números de coliformes, sendo este comparado ao ponto próximo ao China Mall e muito próximo à uma zona residencial.

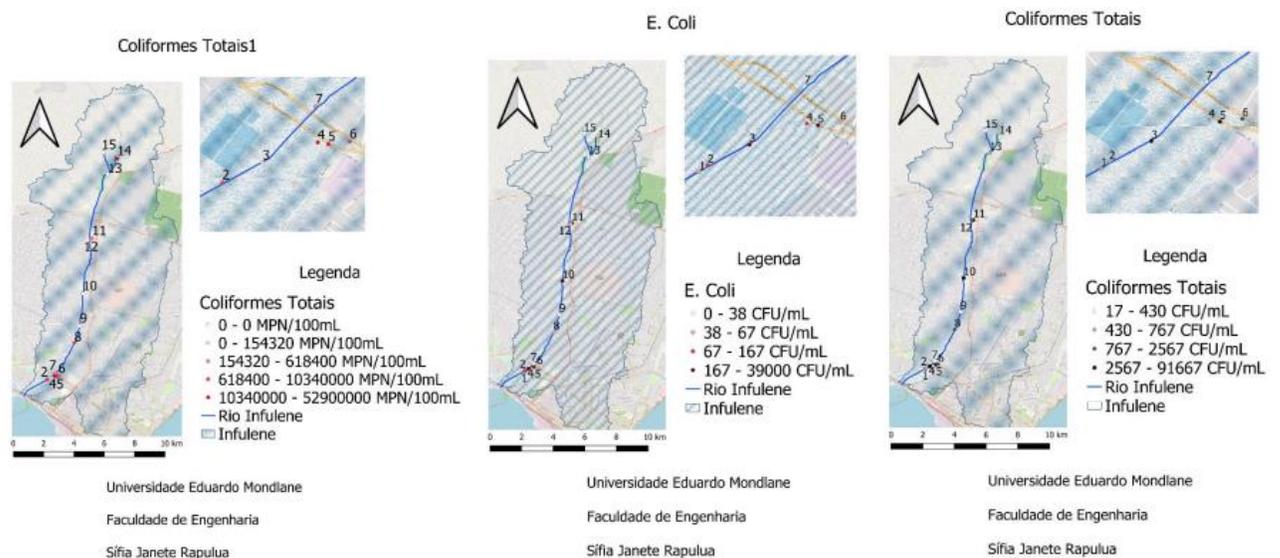


Figura 10: Mapa de distribuição espacial proporcionais dos resultados de E. Colli e Coliformes Totais ao longo do Rio Infulene. Fonte: Autora

### 5.3. Índice de Poluição da água

Usando os padrões internacionais de qualidade de parâmetros da água de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), oxigênio dissolvido (6.0 mg/L), pH (6.0 – 9.0), temperatura (25°C), DBO (4.0 mg/L) e DQO (10 mg/L), combinado com os padrões de Bangladesh descrito em Howladar, et al. (2020), em que a condutividade eléctrica máximo é 300  $\mu$ S/cm e concentração máxima de fosfato de 0.005 mg/L, foram

classificados os níveis de poluição de cada zona de amostragem em estudo, cujos resultados são apresentados abaixo.

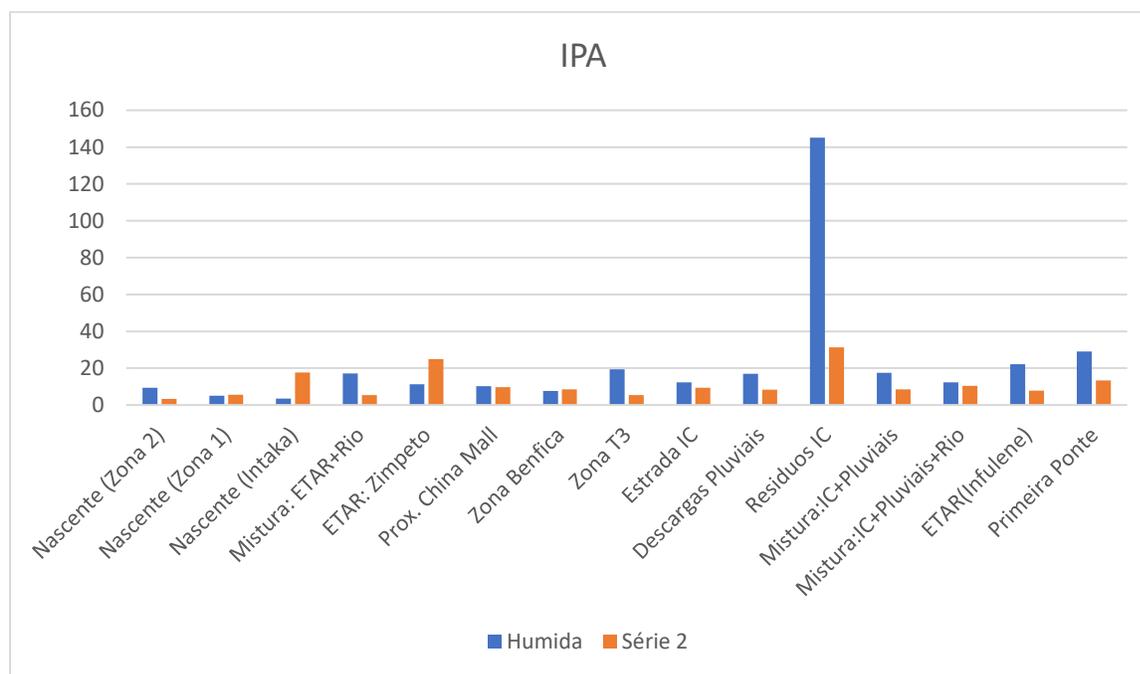


Figura 11:Gráfico de resultados de IPA ao longo do Rio Infulene segundo Sulthounuddin et al 2018. Fonte: Autora

As águas do Rio Infulene podem ser classificadas como moderadamente poluídas na zona 1 e 2 da nascente, mas fortemente poluídas nas restantes zonas analisadas de acordo com a classificação do método descrito em (Sulthonuddin et al. (2018), contudo há que evidenciar a zona de descargas dos resíduos líquidos da indústria cervejeira que atinge valores exorbitantes de IPA, cerca de 145, sendo essa zona de mais alto nível de poluição do rio Infulene, de acordo com os dados levantados na primeira campanha, época antes das chuvas.

Fazendo uma análise comparativa, nota-se que os níveis de poluição de quase todas as zonas do rio Infulene analisadas reduziram na segunda campanha, depois da época chuvosa, excepto, na zona 1 da nascente, ETAR do Zimpeto e na zona de Benfica, sendo classificado com ligeiramente poluída na zona 2 da Nascente, moderadamente poluída nas zonas: 1 da nascente, mistura na intercepção da ETAR e o rio, próximo ao China Mall, Benfica, T3, entrada da indústria cervejeira, Descargas pluviais, mistura de ETAR e indústria cervejeira e mistura de ETAR, indústria cervejeira e águas pluviais, indústria

cervejeira, águas pluviais e ETAR da indústria cervejeira, fortemente poluída nas zonas: Intaka (nascente), ETAR do Zimpeto, resíduos da indústria cervejeira. Podendo se considerar que a época de chuva regula os níveis de poluição significativamente.

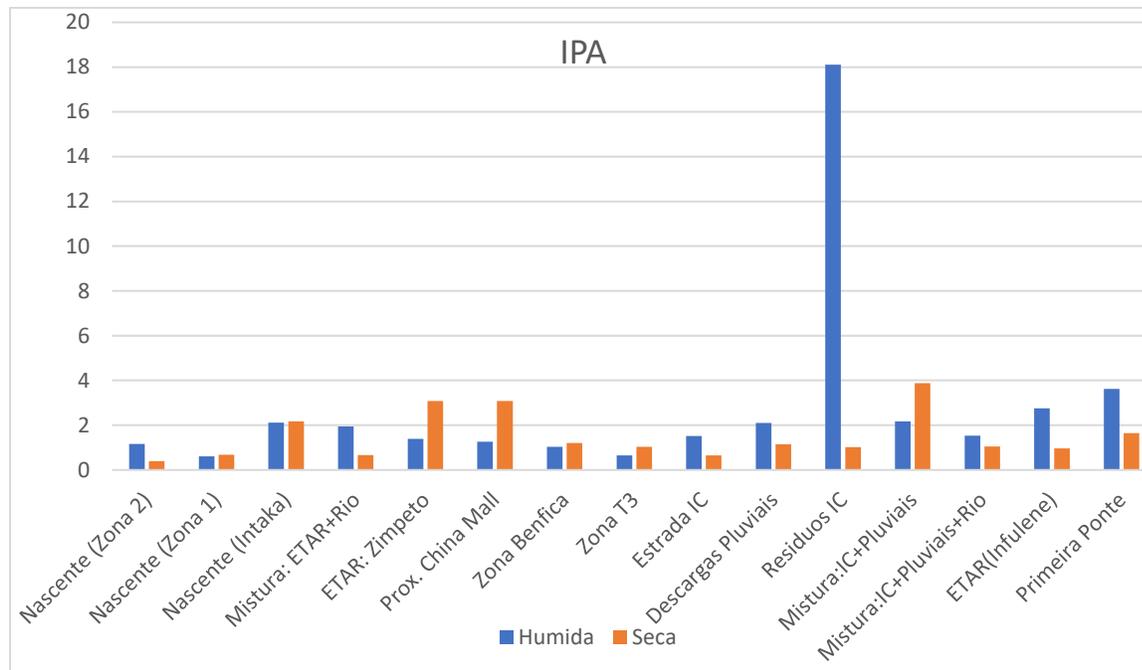


Figura 12:- Grafico de resultados de IPA ao longo do Rio Infulene segundo Brankov et al 2012. Fonte: Autora

Segundo o método e escala do nível de poluição descrito por Brankov et al. (2012), os pontos em estudos do rio Infulene pode ser classificado como não poluído na zona 1 da nascente (em todas épocas) e na zona do Benfica (na época seca), e depois da época chuvosa, na zona 2 da nascente, no ponto de mistura das águas efluente da ETAR da Vila Olímpica e do rio, T3, descargas pluviais, e na ETAR do Infulene, ligeiramente poluído na zona 2 da nascente, no ponto de mistura de ETAR da Vila Olímpica e rio. Nota-se também que a época seca contribui significativamente na regulamentação dos níveis de poluição, excluindo das seguintes zonas: ETAR da Vila Olimpica, zona de Benfica, zona da nascente do Intaka. O IPA dos efluentes da indústria cervejeira atingem graus exorbitantes, cerca de 18, sendo drasticamente poluída na húmida, que é significativamente reduzida à modernamente poluída depois da época seca.

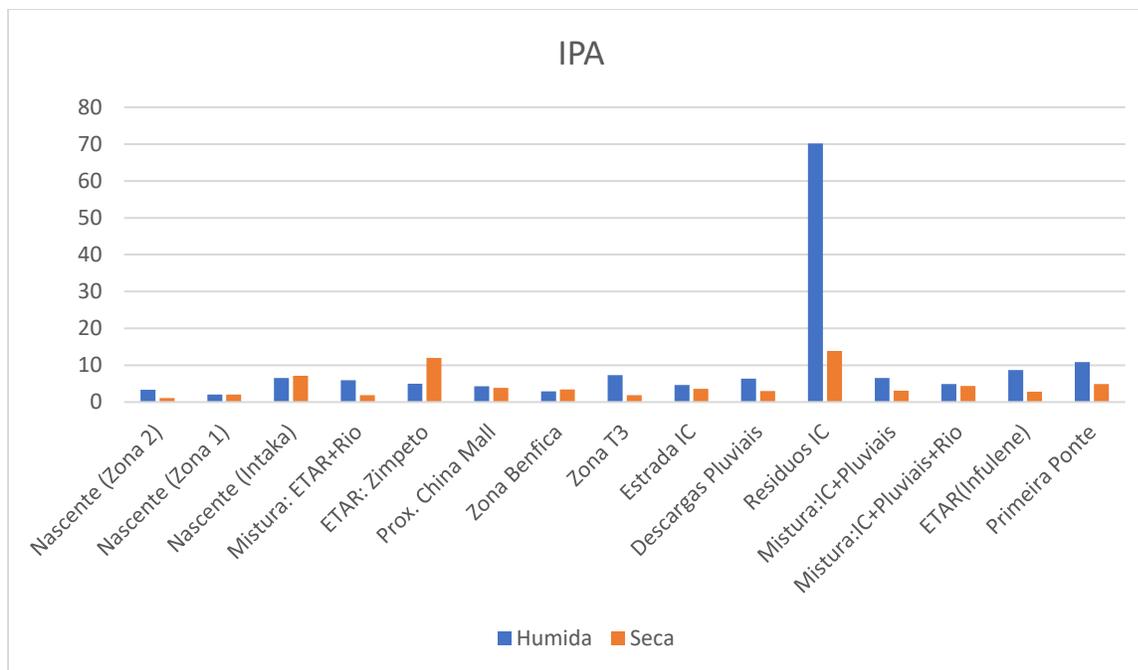


Figura 13:Gráfico de resultados de IPA ao longo do Rio Infulene segundo Hmadi et al 2020. Fonte: Autora

A técnica de IPA e os limites dados por (Hmadi, Talhaoui, Manssouri, Jaddi, & Ousmana, 2020) tem como finalidade o controle da composição dos parâmetros de qualidade da água para o consumo Humano, isto é, a água está poluída e não pode ser usada para o consumo nestas condições. Assim sendo, definitivamente, a água do rio influente não pode, em hipótese alguma, ser usada para o consumo humano pois segundo (Hmadi, Talhaoui, Manssouri, Jaddi, & Ousmana, 2020) esta se encontra extremamente fora dos padrões, excepto na nascente, onde no verão os parâmetros de qualidade da água apresentavam padrões mínimos para o consumo humano. Nesta técnica considera-se que a água está fortemente poluída com IPA entre 2-2.5 o que descarta toda a água do rio Infulene para o consumo humano, porem em alguns pontos é possível notar que a água está ligeiramente poluída e noutros como o 5 e 12 tem fortes influencias sobre o rio. Com esta técnica é possível notar que há pontos com água em condições para o consumo como o ponto 15, na análise feita no verão.

#### 5.4. Possíveis pontos de poluição na bacia do rio Infulene

Ao longo da bacia rio Infulene são realizadas diversas actividades, como agricultura, processos industriais, escoamento pluviais e escoamento de águas residuais tratadas, o que pode afectar a qualidade da água do rio. Entre as possíveis fontes poluidoras do rio Infulene estacam-se:

##### Indústria Cervejeira

A Indústria de produção de cervejas está localizada no bairro de jardim, dentro da bacia do Infulene, e foi inaugurada em 1950. indústria de cerveja é um potencial fonte de poluição, visto que tem frequêntes necessidades de operações de limpeza, seja de equipamentos, pisos ou garrafas, isto gera quantidades significativas de efluentes estes que são caracterizados pela presença de matéria orgânica que pode influenciar vários parâmetros da água como: DBO, OD, Nitratos e Fosfatos pela matéria prima que é o malte, o lúpulo e as leveduras (Santos & Ribeiro, 2005; CDM, n.d.)



Figura 14: indústria cervejeira dentro da Bacia do Rio Infulene. Fonte: Google Maps

- Indústria Vinícola

A indústria vinícola, pode ser considerada uma fonte de poluição, pois, na produção do vinho, o volume de água utilizado é bastante elevado, devido às sucessivas lavagens, de tanques de fermentação, barris e outros equipamentos e superfícies, após cada etapa do processo de fabrico, e aos processos como o esmagamento e prensagem dos cachos e outros processos de fabrico do vinho originando, conseqüentemente, uma produção de grande volume de efluentes vinícolas. Efluentes estes que são: vinho, água, mosto, açúcares, soda, detergentes, desinfetantes, ácidos orgânicos, álcoois, glicerol, etc. As águas residuais produzidas numa indústria vinícola representam um grande volume do total de resíduos produzidos no sector, são cerca de 75%, sendo o restante subprodutos e resíduos sólidos. Estes resíduos são constituídos essencialmente por sumo de uva, sólidos suspensos, resíduos de subprodutos, produtos usados para o tratamento do vinho, produtos de limpeza e agentes de higienização com elevadas cargas orgânicas e minerais na sua composição (Dias A. S., 2016; Pirra, 2005).



Figura 15: Indústria vinícola localizada dentro da bacia do Rio Infulene. Fonte: Google Maps

- Indústria de Papel e Cartão

Localizada proximo a margem do rio Infulene no bairro George Dimitrov, é uma fábrica especializada na produção de papel e cartão através de papel usado e

reciclado em diversos pontos da cidade de Maputo e Matola, e tem uma área operacional total de 1,42 ha dos quais 0,30 ha correspondem a área proposta para implantação da estação de tratamento de efluentes (ETE) (Massungue, 2019)

Entre os poluentes da indústria de papel estão a matéria orgânica e os compostos organoclorados que não são biodegradáveis e podem ser incorporados à cadeia alimentar e serem tóxicos aos organismos vivos quando ultrapassam determinadas concentrações. Na maioria dos casos, estes compostos químicos não são detectados nas análises químicas comuns da água, mas são acumulados pelos moluscos bivalves e detectados nos seus tecidos, ou seja, devem ser utilizados bioindicadores para detectá-los (Perreira, 2004) .



Figura 16: Indústria de papel e cartão localizada dentro da bacia do Rio Infulene. Fonte: Google Maps

- ETAR de Maputo – estação de tratamento de águas residuais

A ETAR da cidade de Maputo está localizada no Vale de Infulene na cidade de Maputo, Sul de Moçambique, entre as latitudes  $25^{\circ} 55'18''$  e entre as longitudes  $32^{\circ} 32'32''$  Este O acesso está situado aproximadamente a 15 metros da estrada para Machava (Av. Eduardo Mondlane) e a 25 metros do rio Infulene. A ETAR

recebe águas residuais domésticas e industriais, recolhidas e transportadas pelo sistema de saneamento da cidade de Maputo.

A ETAR da cidade de Maputo foi construída nos anos 80, originalmente projetada para servir somente 90.000 h.e (habitantes equivalentes) e com caudal máximo de 2.000 m<sup>3</sup> /h (555 L/s). Desde a sua construção, ela não recebeu a manutenção, até então, facto que levou ao seu mau estado de conservação e de funcionamento. A população da cidade de Maputo já atingiu cerca de um milhão de habitantes sendo que a ETAR foi construída para servir 90.000 h. e (Siteo & Pinto Mina, 2019)



Figura 17: Estacao de tratamento de agua do Infulene e da Vila Olimpica de Zimpeto, localizadas dentro da Bacia do Rio Infulene. Fonte: Google Maps

- Agricultura

Os principais poluentes da atividade agrícola são os defensivos agrícolas. Os defensivos químicos empregados no controle de pragas são pouco específicos, destruindo indiferentemente espécies nocivas e úteis.

Desta pratica temos também os fertilizantes que actuam como nutrientes para as algas. Porém, quando em excesso, promove o desenvolvimento de uma superpopulação de vegetais oportunistas e de microrganismos decompositores que consomem o oxigênio, acarretando a morte das espécies aeróbicas (Perreira, 2004).

O mapa de uso e ocupação do solo ao longo da bacia do rio Infulene, ilustrado na **Error! Reference source not found.**, identifica as possíveis fontes poluidoras.

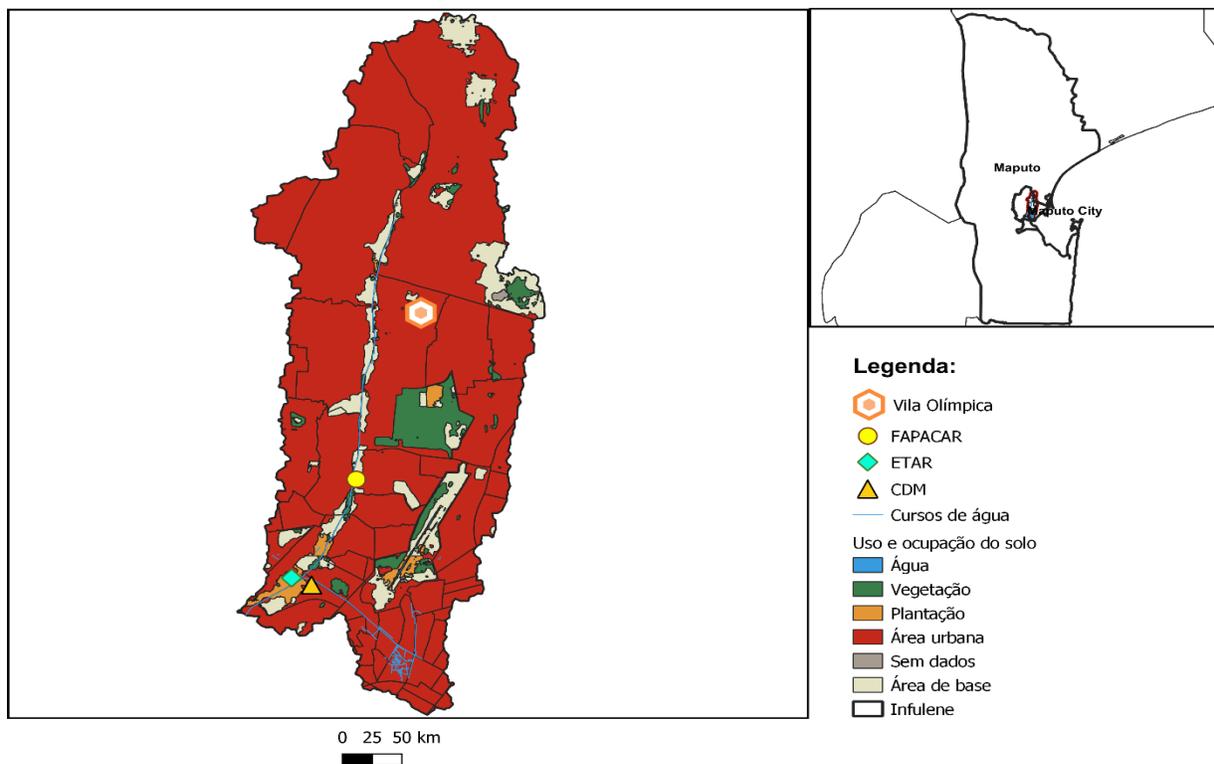


Figura 18:- Mapa de uso e ocupação do solo ao longo da bacia do rio Infulene. Fonte: Autora.

## 6. Conclusão

Foram identificadas fontes de poluição difusas e pontuais na Bacia do Rio Infulene. As fontes de poluição pontual são: indústria cervejeira, Estação de Tratamento de Água Residual do Zimpeto e do Infulene, uma fábrica de papel, uma fábrica de vinho e as fontes de poluição difusa são as áreas agrícolas e assentamentos informais.

Os valores pH, temperatura, nitratos e fosfatos não apresentaram variações significativas, enquanto que parâmetros como DBO, DQO, TC, E.Coli, condutividade e OD apresentam.

A demanda bioquímica e química de oxigênio apresenta valores elevados nos pontos de descarga da ETAR, do Infulene e Zimpeto, descarga da indústria cervejeira e noutros pontos próximos à zonas residenciais isto porque todas estas fontes de poluição são ricas em matéria orgânica na sua composição. A demanda química de oxigênio pode também indicar a presença de poluentes tóxicos, mas como há elevada concentração de coliformes nestes pontos, descartamos uma possível poluição tóxica pois os microrganismos não sobreviveriam.

A concentração de coliformes totais é elevada nos pontos de descarga de águas residuais da indústria cervejeira, das ETAR, de Zimpeto e Infulene e águas pluviais porque os coliformes sofrem influências da matéria orgânica na água pois estes sobrevivem através da decomposição da matéria orgânica com o consequente consumo de oxigênio da água.

A condutividade aumenta ao longo de todo o rio, e uma vez que ela tem influência da temperatura, ela foi maior nos meses mais quentes, o que permite concluir que a água fica mais salgada a medida que chega ao estuário ou ponto de descarga.

O oxigênio dissolvido está abaixo dos valores recomendados ao longo de todo o rio, com destaque no ponto de descarga de águas residuais da indústria cervejeira isso porque esta possui muita matéria orgânica na sua composição e elevadas concentrações de coliformes que compete com os seres aquáticos no consumo de oxigênio pois a decomposição da matéria orgânica implica o consumo de oxigênio

Segundo os índices de poluição calculados, a água do Rio Infulene é classificada como moderada a drasticamente poluída, excepto em alguns pontos da nascente em que temos a água classificada como não poluída, chegando está a ter padrões de qualidade para o consumo humano. Notou-se também através do cálculo do IPA, que na segunda campanha, feita depois de dias de chuva, os valores baixaram até quase a metade do obtido na primeira campanha, dias de verão, e isto nos remete a notar não só a influência negativa da temperatura na poluição da água, mas também a influência não negativa da pratica da agricultura.

## 7. Referências bibliográficas

- ALBERGHINA, J. S., & R, L. C. (1991). SOBRE ALGUNAS ALGAS DERIOSCONTAMINADOSDELA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (ARGENTINA). *Bol.Soc. Argent.Hot.27(1-2)*, 73-79.
- ANA. (25 de 01 de 2021). <https://capacitacao.ead.unesp.br/>. Obtido de Capacitacao Para Gestao Das Aguas: [https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2227/3/Unidade\\_3.pdf](https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2227/3/Unidade_3.pdf)
- Araújo, V. (2018). *Análise De Alguns Parâmetros de Qualidade da Água na Baía do Guajará em Belém-Pa e os Efeitos do Regime Pluviométrico e de*. Belém: Universidade Federal do Pará.
- Atieri, D. (30 de 11 de 2016). *Swarthmore College Enviromental Studies*. Obtido de Site da Swarthmore College Enviromental Studies : [www.swatthmore.edu](http://www.swatthmore.edu)
- Bhargava, D. S. (1983). Use of Water Quality Index for River Classification and Zoning of Ganga River. *Environmental Pollution*, 51-67.
- BioNeiva. (2020). Obtido em 11 de 10 de 2022, de <https://rioneiva.com/catalogo/canico/>
- Brankov, J., Milijasevic, D., & Milanovic, A. (2012). The assessment of the surface water quality using the water pollution index: a case study of the Timok River (The Banube River Basin), Serbia. *Archives of Enviromental Protection*, 38, 49-61.
- CDM. (s.d.). Obtido de industria cervejeira: [https://cdm.co.mz/?page\\_id=611](https://cdm.co.mz/?page_id=611)
- CETESB. (2018). *Fundamentos Do Controle De Poluicao Das Agua*. Sao Paulo.
- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments- A Guide to Use of Biota, Sedments and Water in Enviromental Monitoring*. London: Cambridge.
- Chibantão, G. V. (2012). *Controlo da Qualidade da Água do Rio Infulene para fins de Irrigação*. Maputo.

- Chibantão, G. V. (2012). *Controlo da Qualidade da Água do Rio Infulene para fins de Irrigação*. Maputo: Departamento de Química, UEM.
- Cousido, M. A. (2010). Contaminación de cuencas con residuos industriales: estudio del caso Matanza Riachuelo, Argentina. La Habana, Cuba: Revista CENIC. Ciencias Químicas.
- Dias, A. C. (2016). *Análise e identificação da origem de contaminação dos*. Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Dias, A. S. (2016). *Manual de Boas Práticas Ambientais para o Setor da Produção de Vinhos Fase: Produção de Vinho*. Porto: s.e.
- do Carmo, J. A. (2014). *Recarga Subteranea Direta e Sua Influencia Sobre a Temperatura e a Conductividade Eletrica em Microbacias do Rio Vacai-Mirim, RS*. Santa Maria.
- Esteves, F. D. (1998). *Fundamentos De Limnologia* (2ª Ed ed.). Rio de Janeiro: Interciencia.
- Fiorucci, A. R., & Filho, E. B. (2005). Importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos. *Quimica e Sociedade*.
- Fugita, S. R. (2018). *Fundamentos do Controle de Poluicao das Aguas*. Sao Paulo.
- Hilário, C. (2020). Hidrologia de Mocambique. *Mudancas Climaticas*.
- Hmadi, A., Talhaoui, A., Manssouri, I., Jaddi, H., & Ousmana, H. (2020). Contrintion of pollution index and GIS in the assessment of the physico-chemical quality of surface waters of Moulouya River (NE, Morocco). *La Houille Blanche*, 45-54. Obtido de <https://doi.org/10.1051/lhb/2020028>
- Howladar, M. F., Chakma, E., JahanKoley, N., Islam, S., Al Numanbakthand, M., Ahmed, Z., . . . Akter, S. (2020). The Water Quality and pollution sources assessment of Surma River, Bangladesh using, Hydrochemical, Multivariate Statistical and Water Quality Index Methods. *Groundwater for Sustainable Development*.

- INAGE. (21 de 05 de 2020). *Portal do Governo*. Obtido de Site do Portal do Governo: [www.portaldogoverno.gov.mz](http://www.portaldogoverno.gov.mz)
- INAGE. (21 de 05 de 2020). *Portal do Governo de Mocambique*. Obtido de Site do Portal do Governo De Mocambique: <http://www.portaldogoverno.gov.mz>
- Junior, F. (2018). Mineração de ouro polui rios de Manica. *Mocambique*, 1.
- Lima, L., Oliveira, J., Siqueira, J., Fia, R., & Mateus, M. (2017). Determinação da concentração de sólidos dissolvidos totais por meio da medição da condutividade elétrica. *XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*. Maceió: CONBEA .
- Liyanage, C. p., & Yamada, K. (2017). Impact of Population Growth on the Water Quality of Natural Water Bodies. *Sustainability*, 1-14.
- Lopes, F., & Magalhães Jr, A. (2010). *Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH).
- Maciel, S. A. (2017). *Análise da Relação Chuva-Vazão na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, Brazil*. Uberlândia .
- MICOA. (2007). *Programa de Acção Nacional para a Adaptação Às Mudanças Climáticas*.
- Mldaglia, C. L., Palombo, C. R., & Morreno, F. N. (2017). *Modulo 1- Introdução A Qualidade Da Água*. Escola Superior Da CETESB. Sao Paulo: S.e.
- Moura, P., Fernandes, R., & Silva, V. (2010). *A Poluição Da Água*. S.l: S.e.
- Muhate, J., & Moraes, M. (2016). Identificando os contrangimentos na operação e manutenção da estação de tratamento de águas residuárias da cidade de Maputo, Moçambique. *VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Campina Grande.
- Nogueira, F. F., Costa, I. A., & Pereira, U. A. (2015). *Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás*. GOIÂNIA.

- Parron, L. M., Muniz, D. H., & Pereira, C. M. (2011). *Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-Química de água*. PR: Colombo.
- Pereira, C. M. (1999). *Poluição Das Águas Causas e Efeitos*. Universidade Aberta. Lisboa: Textos de Base.
- Perreira, R. S. (2004). Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos*, 20-36.
- Pinto, M. C. (2007). *Manual Medição In Loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido*. Belo Horizonte: S.e.
- Pirra, A. J. (2005). *Caracterização e Tratamento de Efluentes Vinícolas da Região Demarcada do Douro*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural . Vila Real: s.e.
- Piveli, P. D. (2010). *Aula 10- OXIGÊNIO DISSOLVIDO E MATÉRIA ORGÂNICA EM ÁGUAS*. S.I.
- Piveli, P. D. (2010). *Aula 5- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS ÁGUAS: COR, TURBIDEZ, SÓLIDOS, TEMPERATURA, SABOR E ODOR. CURSO: "QUALIDADE DAS ÁGUAS E POLUIÇÃO: ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS"*. S.I: S.e.
- Poersch, A. C., Sebastien, N. Y., Taborda, J., Colombari, N. J., Caovilla, M. M., & Fonseca, C. A. (2019). A Demanda Bioquímica De Oxigênio (DBO) e possíveis Factores de Influência nos processos em águas Superficiais do Rio São Francisco Verdadeiro River- Parana. *Acta Iguazu*, 45-51.
- Programme, W. F. (s.d.). *Mocambique: Análise do Clima*.
- Rafael. (2019). *Mundo escola*. Obtido em 10 de 10 de 2022, de <https://www.mundoecologia.com.br/natureza/ciclo-hidrologico-etapas-e-fases/>
- Rodrigues, J. (2009). *Manual Técnico para Coleta de Amostras de Água*. Estado de Santa Catarina.

- Santos, M. S., & Ribeiro, F. d. (2005). *Cervejas e refrigerantes*. São Paulo. Obtido de <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>
- Sitoe, P. R., & Pinto Mina, I. M. (2019). Gestão de Efluentes Municipais da ETAR da Cidade de Maputo e Arredores: Situação actual, impactos e desafios. *Revista Científica de Matemática, Ciências Naturais e Aplicadas*, 22-29.
- Sodré, F. F. (2012). *Fontes Difusas de Poluição da Água: Características e métodos de controle*. Brasília: S.e.
- Sulthonuddin, I., Hartono, D., & Utomo, S. (2018). Water Quality Assessment of Cimanuk River in West Java Using Pollution Index. *E3S Web Conference*, 68. Obtido de <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186804009>
- Tomaz, P. (2011). *Escada hidráulica em obra de pequeno porte*. Guarulhos.
- Torres, O. A., Gurbillon, M. A., Castillo, E. B., Barrios, J. R., & Corroto, F. (Janeiro-Abril de 2018). Fuentes de contaminación estacionales en la cuenca del río Utcubamba, región Amazonas, Perú. *Arnaldoa* 25 (1), 179-194.
- Whitehead, P., Butterfield, D., & and Dr Wade, A. (2008). Potential Impacts of Climate Change on River Water Quality. *Environment Agency*.

## ANEXOS

### 1. Procedimentos experimentais

#### 1.1 DBO

##### 1.1.1 aparelho

**Garrafas de incubação:** 250-300ml de capacidade, com tampa esmerilada. Limpe as garrafas com detergente, enxaguar bem, e drenar antes da utilização. Como precaução contra a tiragem de ar no frasco de diluição durante a incubação, usar selo de água. Obtém-se selos de água satisfatórios invertendo os frascos num banho de água adicionando água para uma garrafa especial de DBO de boca alargada. Coloque um papel ou chávena de plástico ou folha de tampa sobre a boca alargada do frasco para reduzir a evaporação de vedação de água durante a incubação.

**Incubadora de ar ou banho de água:** programou-se a  $20 \pm 1$  graus Celcius. Excluir toda a luz para evitar a possibilidade de produção de fotossintética de OD.

##### 1.1.2 Reagentes

**Solução tampão de fosfato:** dissolveu-se 8.5 g de  $KH_2PO_4$  (), 21,75g de  $K_2HPO_4$  (), 33,4g de  $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$  (), 1.7g de  $NH_4Cl$  () , em cerca de 500ml de água destilada e dilui-se a 1L. o pH deverá ser de 7,2 sem ajustamento adicional. Descarta reagente (ou quaisquer seguintes reagentes) se não houver quaisquer sinais de crescimento biológico na garrafa de reserva.

**Solução de sulfato de magnésio:** dissolveu-se 22,5g de  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  () em água destilada e diluiu-se a 1L

**Solução de cloreto de cálcio:** dissolveu-se 22,5 g de  $CaCl_2$  em água destilada e diluiu-se em 1L.

**Solução de cloreto de ferro:** dissolveu-se 0,25g de  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  () em água destilada e diluiu-se em 1L.

### 1.1.3 Procedimento

**Ajuste de temperatura das amostras e do ambiente:** antes de iniciar a experiência, é importante assegurar que tanto as amostras assim como o ambiente estejam uma temperatura de  $20 \pm 1$  °C portanto, tirou-se as amostras da incubação e condicionou-se o ambiente à temperatura desejada. O controle da temperatura foi feito com ajuda de um termômetro.

**Preparação da água de diluição:** adicionou-se no frasco adequado 1 L e adicionou-se 1ml de cada solução tampão de fosfatos,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $CaCl_2$  e solução de  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ .

**Técnica de diluição:** usou-se a seguinte diluição 25-100%, pois é o recomendado para águas de rio poluídas. O volume da amostra variou consoante o volume do recipiente de incubação.

Uma análise mais rápida, como a DQO, foi correlacionada aproximadamente com DBO e serviu de guia na seleção da diluição, na segunda fase de análise.

Para correlação com DQO usou-se a seguinte formula aproximada:

$$DBO = \frac{V_{frasco}}{V_{amostra}} * (DO_i - DO_f)$$

Onde temos a seguinte aproximação  $DBO=0.6*DQO$

Assim fica

$$0.6 * DQO = \frac{V_{frasco}}{V_{amostra}} * (DO_i - DO_f)$$

O propósito do uso da seguinte formula é a obtenção da diluição, isto é, obtenção do volume da amostra. Assim fica

$$V_{amostra} = \frac{V_{frasco}}{0.6 * DQO} * (DO_i - DO_f)$$

Onde:

$V_{amostra}$  – Volume da amostra em mL;

$V_{frasco}$  – Volume do frasco em mL;

DQO – Demanda química de oxigênio mg/L;

$DO_i$  – Oxigênio dissolvido inicial mg/L;

$DO_f$  - Oxigênio dissolvido final mg/L;

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio.

Foram usados os dois métodos, para obtenção de DBO, em todos os pontos.

Preparou-se diluições diretamente em garrafas de DBO. Usou-se uma pipeta volumétrica de ponta larga, adicionou-se o volume de amostra desejada às garrafas individuais de DBO de capacidade conhecida. Encheu-se as garrafas com água de diluição suficiente. Determine o OD inicial em uma garrafa. Feche a água e incube durante 5 dias a 20°C.

Determinação de OD inicial: se a amostra contiver materiais que reagem rapidamente com OD, determine o OD inicial imediatamente após o enchimento de DBO com amostra diluída. Se a absorção inicial rápida de OD for significativa, o período de tempo entre a preparação da diluição e a medição do OD inicial não é crítico.

Incubação: incubar a  $20 \pm 1$  graus celcius garrafas de DBO contendo diluições desejadas, controles de sementes e espaços em branco de diluição. Garrafas de vedação de água como descrito em e).

Determinação de OD final: após o passo em d) de incubação, determine OD em diluições de amostras.

Determinação do DBO: depois dos 5 dias, determinou-se o oxigênio dissolvido final e a partir da formula

$$DBO = \frac{V_{frasco}}{V_{amostra}} * (DO_i - DO_f)$$

Determinou-se o DBO de cada ponto.

## 1.2 Fosfatos

### 1.2.1 Aparelho

**Espectrofotômetro:** antes de iniciar a experiência, ligou-se o espectrofotômetro e colocou-se o programa ... para leitura do fosfato. Para melhor resultado, é importante medir o “branco” para cada ponto de medição, isto é, será usada a amostra de cada ponto como referência.

Para medir o branco, colocou-se 10 ml da amostra no recipiente para medir, limpou-se com um papel de laboratório e clicou-se no zero para zerar o espectrofotômetro.

**Temporizador:** a reação tem duração de 2 minutos, por esse motivo foi necessário um temporizador para um melhor controle do tempo de reação.

**1.2.2reagente:** Para este experimento foram usados reagentes, de marca Hash, PhosVer 3 reagentes de fosfato, em saquetas, para 10 mL de amostra.

### 1.2.3 procedimentos

Tirou-se a amostra da geleira um tempo antes de iniciar a experiência, pois para melhor resultado é importante que a amostra esteja à temperatura ambiente.

Numa grelha de tubos de ensaio, colocaram-se os tubos de ensaio para realização da experiência e identificou-se os tubos para melhor controle. Depois disso, mediu-se 10 mL da amostra em uma proveta e transferiu-se para o devido tubo de ensaio.

Em seguida, adicionou-se uma saqueta do reagente, PhosVer 3, no tubo de ensaio. Verificou-se uma cor azul nas a amostras que possuíam fosfatos. Após introduzir o reagente, fechou-se o tubo de ensaio imediatamente e agitou-se, no sentido de cima para baixo, na vertical, por 20-30 segundos.

Enquanto isso, em um cronometro, temporizou-se 2 minutos que é o tempo necessário para que ocorra a reação. Então, depois dos 20-30 segundos de agitação, colocou-se o tempo necessário da reação e esperou-se o tempo cessar.

Quando o tempo cessou, com o espectrofotômetro já ligado e zerado, levou-se a amostra para leitura. Sendo assim, transferiu-se a amostra para a cuveta/ cubeta limpou-se o/a com um papel de laboratório e fez-se a leitura.

### **1.3 Nitratos Primeira Campanha**

#### **1.3.1 Aparelho**

**Espectrofotômetro:** antes de iniciar a experiência, ligou-se o espectrofotômetro e colocou-se o programa ... para leitura do fosfato. Para melhor resultado, é importante medir o “branco” para cada ponto de medição, isto é, será usada a amostra de cada ponto como referência.

Para medir o branco, colocou-se 10 ml da amostra no recipiente para medir, limpou-se com um papel de laboratório e clicou-se no zero para zerar o espectrofotômetro.

**Temporizador:** a reação de duração de 2 minutos, por esse motivo foi necessário um temporizador para um melhor controle do tempo de reação.

#### **1.3.2 Reagentes**

Para este experimento foram usados reagentes, de marca Hash, Nitruver 5 ampolas de reagente para nitratos.

#### **1.3.3 Procedimentos**

Tirou-se a amostra da geleira um tempo antes de iniciar a experiência, pois para melhor resultado é importante que a amostra esteja à temperatura ambiente.

Em um béquer de 50 mL, colocou-se pelo menos 40 mL da amostra. Em seguida colocou-se a ampola invertida e pressionou-se até partir a ponta e deixou-se o tempo suficiente para absorver grande parte da amostra.

Depois, levou-se a ampola, tapou-se e agitou-se no sentido de cima para baixo, na vertical, por aproximadamente 30 segundos. Notou-se que nem todo o reagente dissolveu-se com a agitação, porém este não afecta a medição.

Enquanto isso, em um cronometro, temporizou-se 2 minutos, que é o tempo necessário para que ocorra a reação. Então, depois dos 20-30 segundos de agitação, colocou-se o tempo necessário da reação e esperou-se o tempo cessar.

Quando o tempo cessou, com o espectrofotômetro já ligado e zerado, levou-se a amostra para leitura. Sendo assim, transferiu-se a amostra para um/uma (naquela garrafinha que se usa no espectrofotômetro) limpou-se o/a com um papel de laboratório e fez-se a leitura.

## **Nitratos Segunda Campanha**

### **1.4.1 aparelho**

**Espectrofotômetro:** antes de iniciar a experiência, ligou-se o espectrofotômetro e colocou-se o programa ... para leitura do fosfato. Para melhor resultado, é importante medir o “branco” para cada ponto de medição, isto é, será usada a amostra de cada ponto como referência.

Para medir o branco, colocou-se 10 ml da amostra no recipiente para medir, limpou-se com um papel de laboratório e clicou-se no zero para zerar o espectrofotômetro.

**Temporizador:** a reação tem duração de 5 minutos, por esse motivo foi necessário um temporizador para um melhor controle do tempo de reação.

**Reagentes:** Para este experimento foram usados reagentes, de marca Hash, NitraVer 5 reagentes de nitrato, em saquetas, para 10 mL de amostra.

### **procedimentos**

Tirou-se a amostra da geleira um tempo antes de iniciar a experiência, pois para melhor resultado é importante que a amostra esteja à temperatura ambiente.

Numa grelha de tubos de ensaio, colocaram-se os tubos de ensaio para realização da experiência e identificou-se os tubos para melhor controle. Depois disso, mediu-se 10 mL da amostra em uma proveta e transferiu-se para o devido tubo de ensaio.

Em seguida, adicionou-se uma saqueta do reagente, NitraVer 5, no tubo de ensaio. Verificou-se uma cor azul nas a amostras que possuíam fosfatos. Após introduzir o

reagente, fechou-se o tubo de ensaio imediatamente e agitou-se, no sentido de cima para baixo, na vertical, por 20-30 segundos.

Enquanto isso, em um cronometro, temporizou-se 5 minutos que é o tempo necessário para que ocorra a reação. Então, depois dos 20-30 segundos de agitação, colocou-se o tempo necessário da reação e esperou-se o tempo cessar.

Quando o tempo cessou, com o espectrofotômetro já ligado e zerado, levou-se a amostra para leitura. Sendo assim, transferiu-se a amostra para cuveta/cubeta limpou-se o/a com um papel de laboratório e fez-se a leitura.

## **1.5 DQO**

### **1.5.1 aparelho**

**Espectrofotômetro:** antes de iniciar a experiência, ligou-se o espectrofotômetro e colocou-se o programa ... para leitura do fosfato. Para melhor resultado, é importante medir o “branco” para cada ponto de medição, isto é, será usada a amostra de cada ponto como referência.

Para medir o branco, colocou-se 2 ml de água destilada no (nome reagente), e seguiu-se o procedimento para determinação de DQO. Nessa experiência, o branco foi o mesmo para todos experimentos pois usou-se água destilada.

**Bloco de Gestão ou Reactor:** antes de iniciar a experiência, ligou-se o bloco de gestão, programou-se a temperatura de reação que foi de 150°C e aguardou-se até atingir a mesma.

**Temporizador:** a reação de duração de 2 horas, por esse motivo foi necessário um temporizador para um melhor controle do tempo de reação.

**Agitador Magnético:** a agitação é importante para esta experiência, pois promove a distribuição dos sólidos e melhora a precisão e reprodutibilidade.

### **1.5.2 reagentes**

Para este experimento foram usados reagentes, de marca Hash, com solução de digestão para DQO.

### **1.5.3 procedimentos**

Tirou-se a amostra da geleira um tempo antes de iniciar a experiência, pois para melhor resultado é importante que a amostra esteja à temperatura ambiente.

Homogeneizou-se cerca de 10 mL da amostra em um agitador magnético por 30 segundos.

Em uma grelha de tubos de ensaio, colocaram-se os tubos de (o nome do reagente) para realização da experiência e identificou-se os tubos para melhor controle.

Depois disso, pipetou-se 2 mL de cada amostra no devido tubo de ensaio. Agitou-se, na horizontal, de um lado para o outro formando uma semicircunferência.

Colocaram-se os tubos no reactor, já ligado e à temperatura prescrita, no reactor.

Enquanto isso, em um cronometro, temporizou-se 2 horas, que é o tempo necessário para que ocorra a reação. Depois de cessar o tempo de reação, desligou-se o reactor e cronometrou-se mais 20 minutos, antes de tirar os tubos do reactor, para que atingisse a temperatura aproximada de 120°C.

Depois dos 20 minutos cessarem, colocou-se os tubos numa grelha e aguardou-se o tempo necessário para o arrefecimento das mesmas. O tempo foi de aproximadamente 40 minutos.

Com os tubos já arrefecidos, prosseguiu-se com a leitura. Levou-se primeiro o branco, transferiu-se para (garrafa do espectrofotômetro), limpou-se a (garrafa) e zerou-se o espectrofotômetro. Em seguida, levou-se o tubo do ensaio e agitou-se até ficar homogêneo (pois estes possuíam uma coloração carregada no fundo dos tubos), transferiu-se para (garrafa do espectrofotômetro), limpou-se a (garrafa) com um papel de laboratório e fez-se a leitura.

## **1.6 coliformes Primeira Campanha**

### **1.6.1 aparelho**

**Incubadora:** para este procedimento, ligou-se a incubadora e colocou-se a temperatura de 32°C.

## 1.6.2 reagentes

Para este experimento foram usadas placas, de marca Minema Chemicals, 3M Petrifilm placas de contagem de E. Coli/Coliforme.

## 1.6.3 procedimentos

Tirou-se a amostra da geleira um tempo antes de iniciar a experiência, pois para melhor resultado é importante que a amostra esteja à temperatura ambiente.

Esterilizou-se o balcão com álcool à 70%, colocou-se as placas de contagem de E. coli/ coliformes e identificou-se as mesmas para melhor controle.

Homogeneizou-se cerca de 10 ml da amostra em um agitador magnético.

Colocou-se 1 mL da amostra em cada placa e fechou-se delicadamente para evitar a formação de bolhas de ar. Deixou-se descansar por 1 minuto até a amostra preencher a parte colorada da placa.

Levou-se as placas para incubar à uma temperatura de °C por aproximadamente 24 horas e assegurou-se que as mesmas estavam dispostas na horizontal.

Após 24 horas, fez-se a leitura dos E. Coli/ Coliformes.

Para a leitura, dispôs-se as placas no balcão esterilizados e a contagem foi feita minuciosamente. Para a contagem, considerou-se as pintinhas vermelhas, que indicam coliformes, e azuis, que indicam coliformes fecais que estavam próximas à uma bolha de ar.

## 1.7 Coliformes Segunda Campanha

### 1.7.1 aparelho

**Incubadora:** para este procedimento, ligou-se a incubadora e colocou-se a temperatura de 32°C.

**Banho-maria:** ligou-se o banho 20 minutos antes de iniciar o procedimento, a uma temperatura de 40°C.

**Selador:** ligou-se o... e esperou-se até que a luz mudasse de ... para ...

**cronômetro:** é recomendado que as formas fiquem entre 8-10 minutos no banho-maria. Então, programou-se o cronômetro para esse tempo.

### **1.7.2 reagentes**

Para este procedimento, usou-se o reagente colilert-18da marca idexx.

Usou-se também água mineral filtrada da marca Bonaqua.

### **1.7.3 procedimentos**

Para este procedimento foi feita a diluição de 1-1000000 em todos os pontos, isso pelo critério de contagem. Para alcançar essa diluição, fez-se uma diluição de 1-100 três vezes seguidas.

Após a diluição, colocou-se no agitador, a água e o respectivo reagente.

Em seguida, transferiu-se para as placas de contagem, colocou-se na forma para selar e introduziu-se no selador. Ao introduzir no selador, aguardou-se alguns segundos até a placa sair do outro lado já selado.

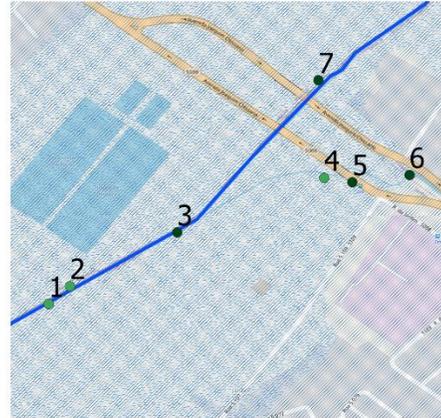
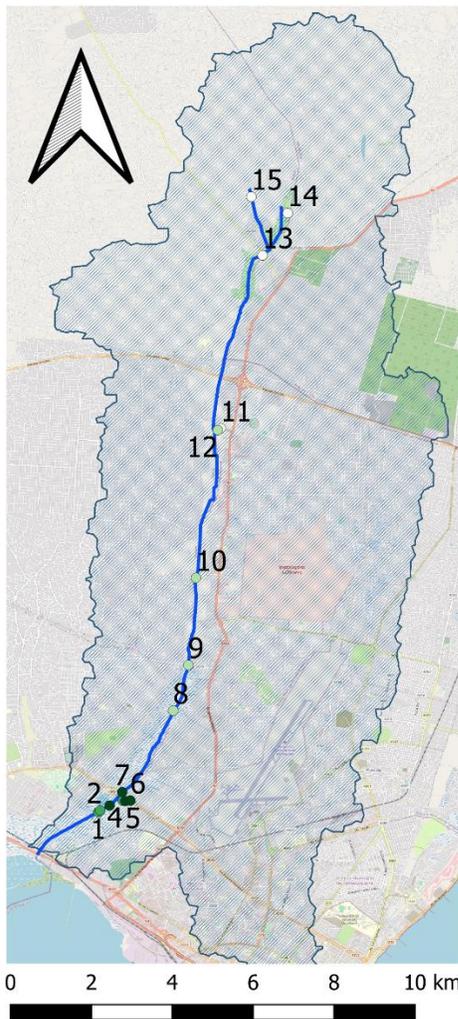
Após o selo, colocou-se todas as placas no banho-maria entre 8-10 minutos.

Em seguida transferiu-se todas as placas para a incubadora num tempo que varia entre 18-24h para a leitura dos coliformes e E. Colli.

Após o tempo esperado para a leitura, fez-se a contagem dos coliformes com ajuda de uma tabela e das bactérias da espécie E. Colli com ajuda de uma luz UV.

Distribuição espacial dos resultados de Condutividade ao longo do rio Infulene, na primeira e segunda campanha, respectivamente

## Condutividade



### Legenda

#### Condutividade

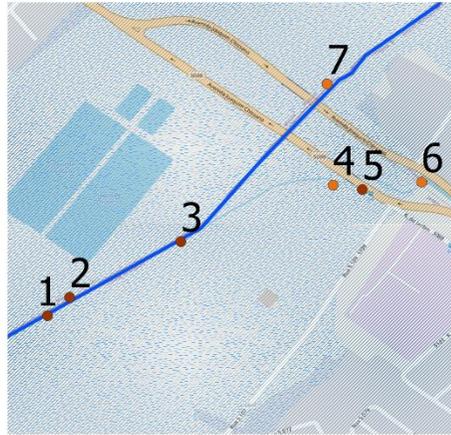
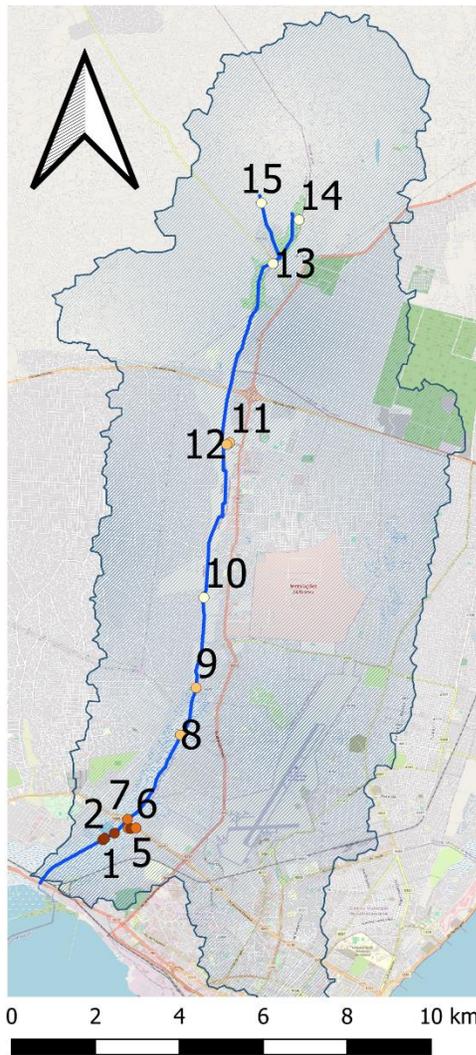
- 283 - 744  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 744 - 1353  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 1353 - 1781  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 1781 - 2560  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Rio Infulene
- ▨ Bacia do Infulene

Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

# Condutividade1



## Legenda

### Condutividade

- 335 - 786  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 786 - 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 1000 - 1505  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 1505 - 2034  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Rio Infulene
- ▨ Infulene

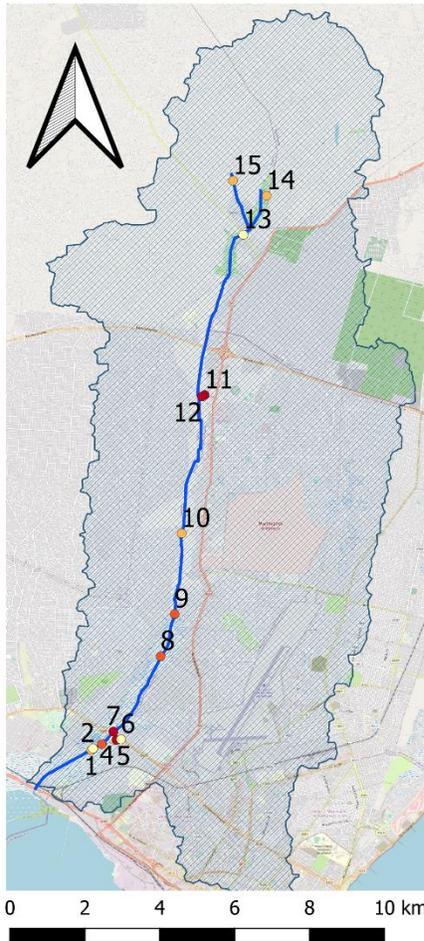
Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

Distribuição espacial dos resultados de Fosfatos ao longo do rio Infulene, na primeira e segunda campanha, respectivamente

## Fosfatos



## Legenda

### Fosfatos

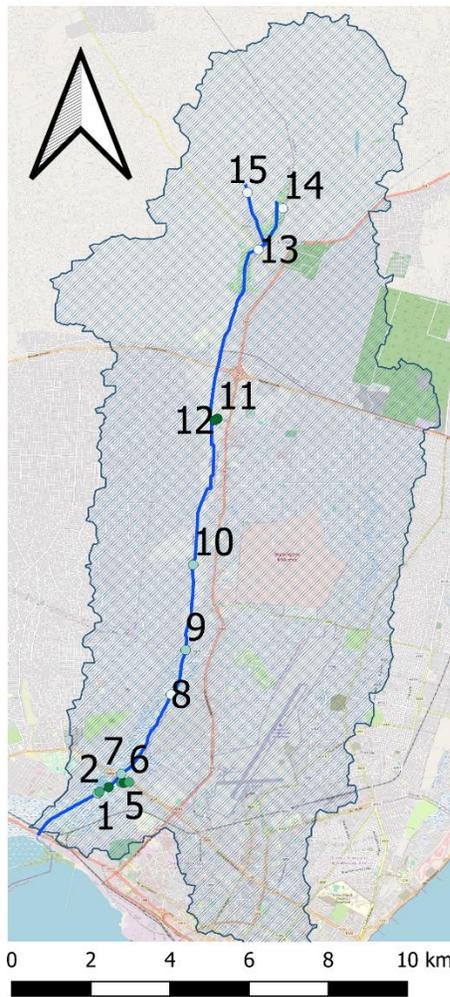
- 1.92 - 2.97 mg/L
- 2.97 - 3.29 mg/L
- 3.29 - 5.35 mg/L
- 5.35 - 6.87 mg/L
- Rio Infulene
- ▨ Bacia do Infulene

Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

# Fosfatos1



## Legenda

### Fosfatos

- 0.1 - 0.3 mg/L
- 0.3 - 1.22 mg/L
- 1.22 - 2.19 mg/L
- 2.19 - 4 mg/L
- Rio Infulene
- ▨ Infulene

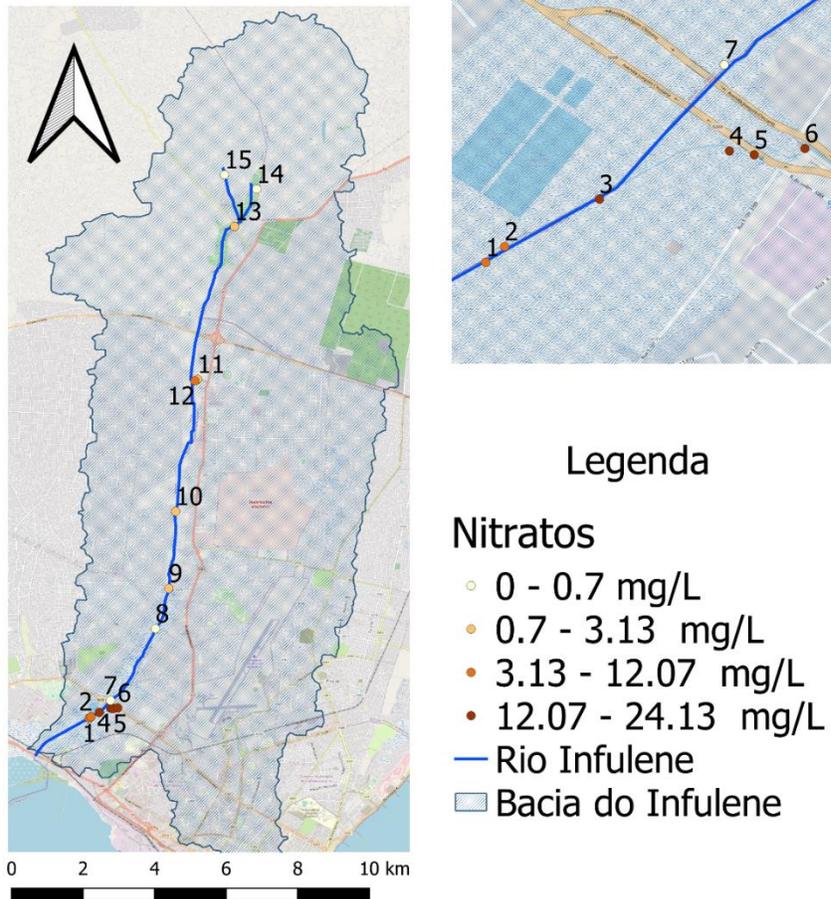
Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

Distribuição espacial dos resultados de Nitratos ao longo do rio Infulene, na primeira e segunda campanha, respectivamente

## Nitratos

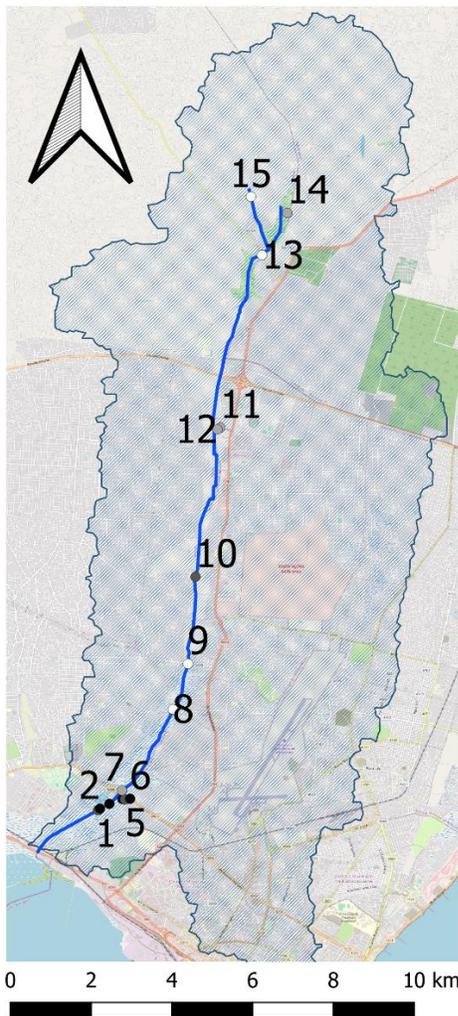


Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

# Nitratos1



## Legenda

### Nitratos

- 0.2 - 0.77 mg/L
- 0.77 - 1.72 mg/L
- 1.72 - 12.12 mg/L
- 12.12 - 20.47 mg/L

— Rio Infulene

▨ Infulene

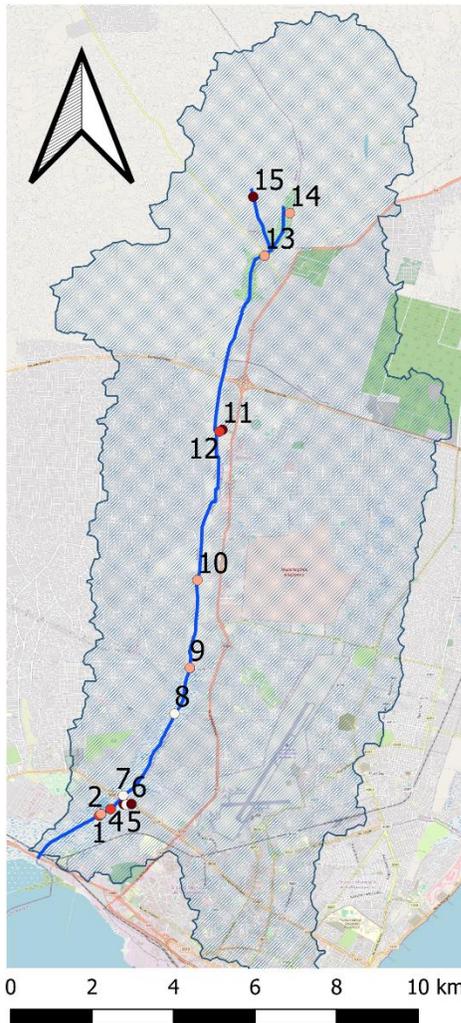
Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

Distribuição espacial dos resultados de OD ao longo do rio Infulene, na primeira e segunda campanha, respectivamente

## OD



### Legenda

#### Concentração

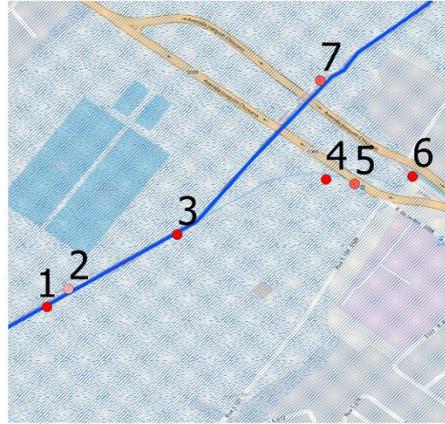
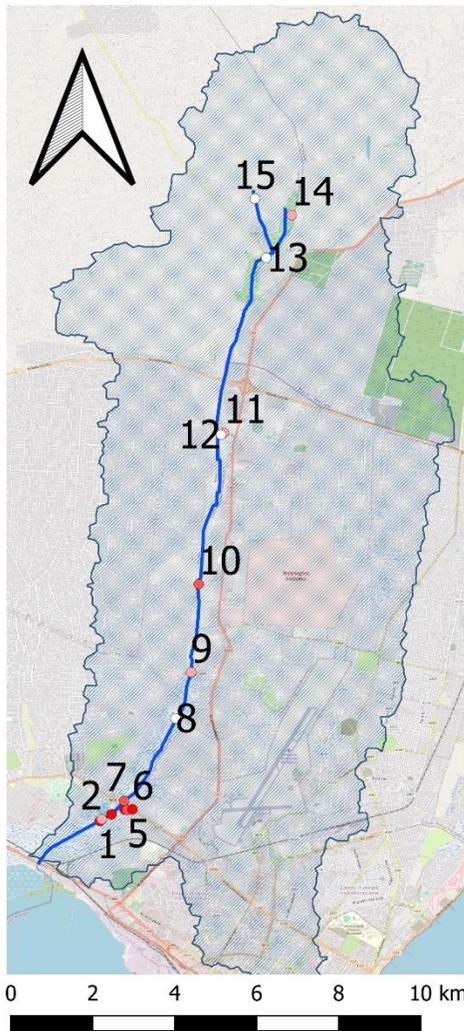
- 0 - 1 mg/L
- 1 - 3 mg/L
- 3 - 5 mg/L
- 5 - 9 mg/L
- Rio Infulene
- ▨ Bacia do Infulene

Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

# OD1



## Legenda

### OD

- 0.29 - 1.69 mg/L
- 1.69 - 2.65 mg/L
- 2.65 - 4.83 mg/L
- 4.83 - 9.06 mg/L
- Rio Infulene
- ▨ Infulene

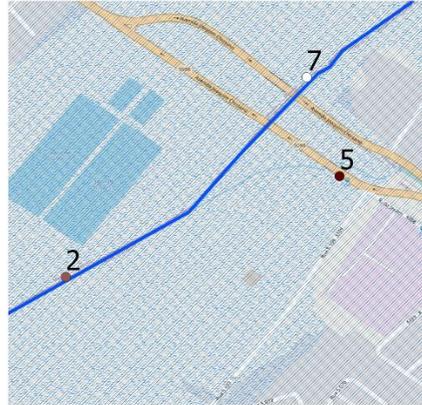
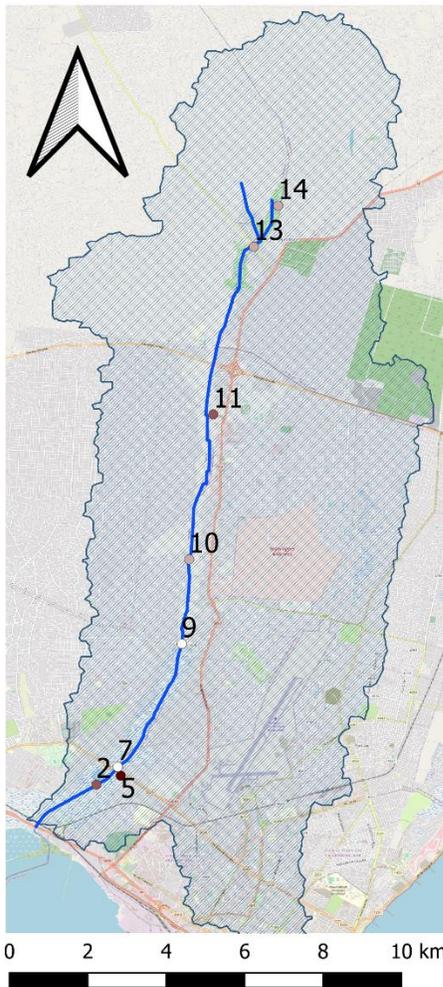
Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

Distribuição espacial dos resultados de DBO ao longo do rio Infulene, na primeira e segunda campanha, respectivamente

## DBO



## Legenda

### DBO

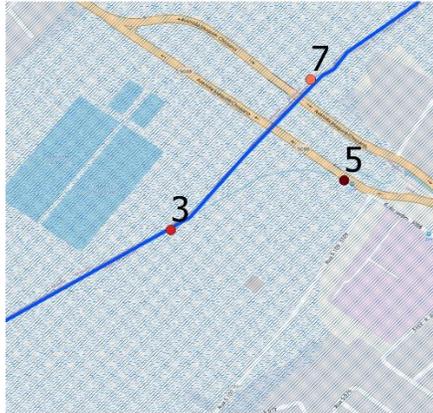
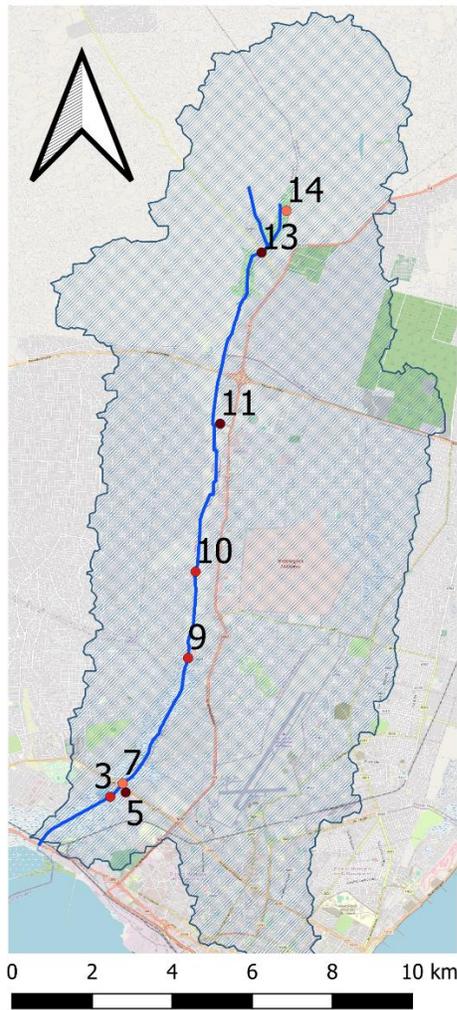
- 3 - 4 mg/L
- 4 - 7 mg/L
- 7 - 9 mg/L
- 9 - 63 mg/L
- Rio Infulene
- ▨ Bacia do Infulene

Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

# DBO1



## Legenda

### DBO

- 0 - 0 mg/L
- 0 - 0 mg/L
- 0 - 3.9 mg/L
- 3.9 - 9.2 mg/L
- 9.2 - 44.9 mg/L

— Rio Infulene

▨ Infulene

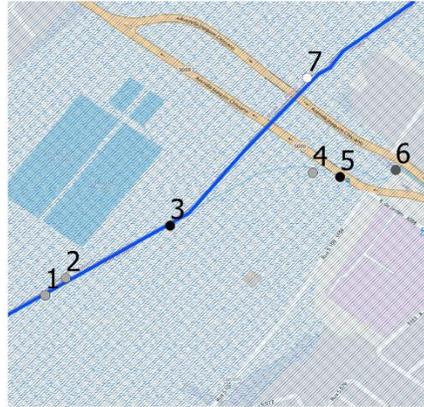
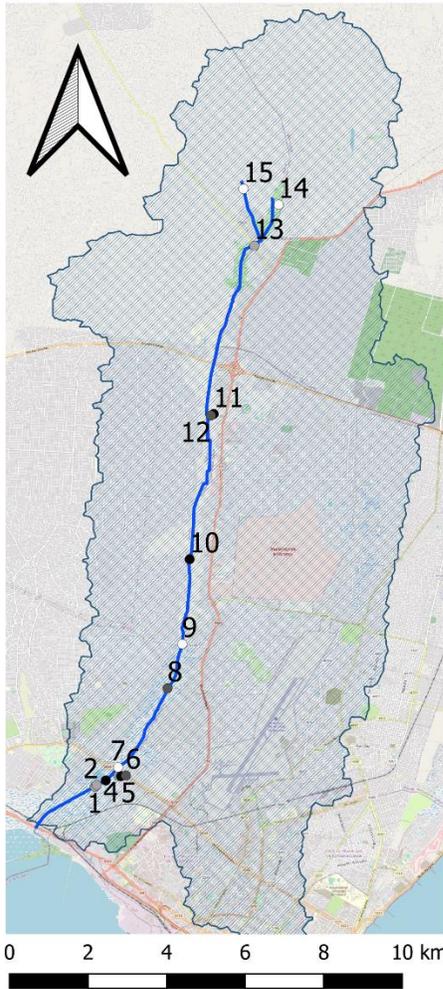
Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

Distribuição espacial dos resultados de Coliformes Totais ao longo do rio Infulene, na primeira e segunda campanha, respectivamente

## Coliformes Totais



### Legenda

#### Coliformes Totais

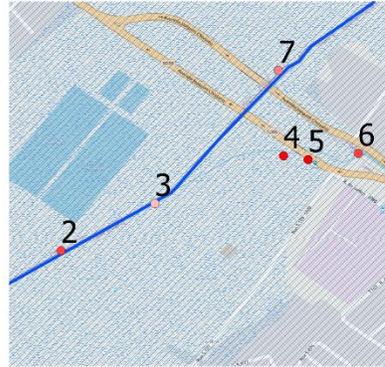
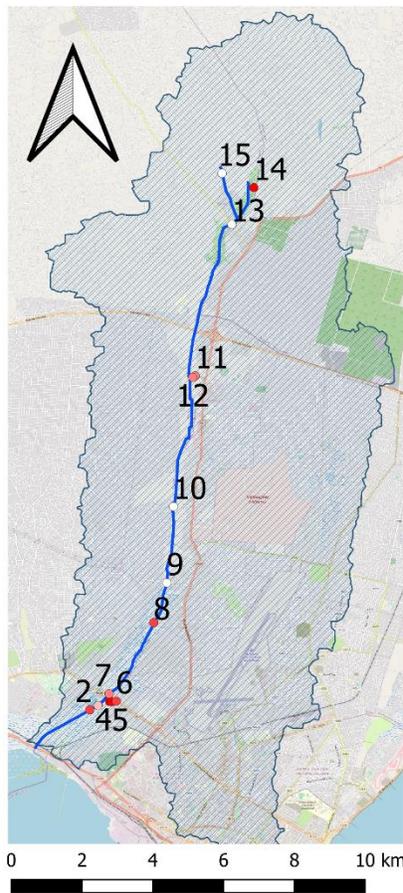
- 17 - 430 CFU/mL
- 430 - 767 CFU/mL
- 767 - 2567 CFU/mL
- 2567 - 91667 CFU/mL
- Rio Infulene
- ▨ Infulene

Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

## Coliformes Totais1



### Legenda

#### Coliformes Totais

- 0 - 0 MPN/100mL
- 0 - 154320 MPN/100mL
- 154320 - 618400 MPN/100mL
- 618400 - 10340000 MPN/100mL
- 10340000 - 52900000 MPN/100mL

— Rio Infulene

▨ Infulene

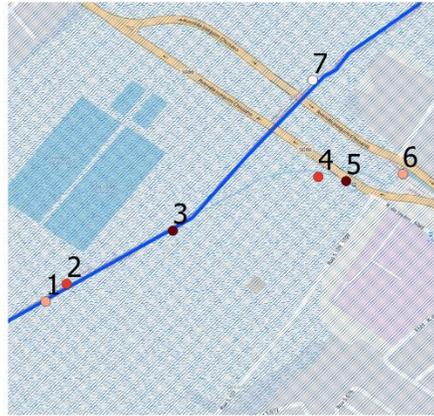
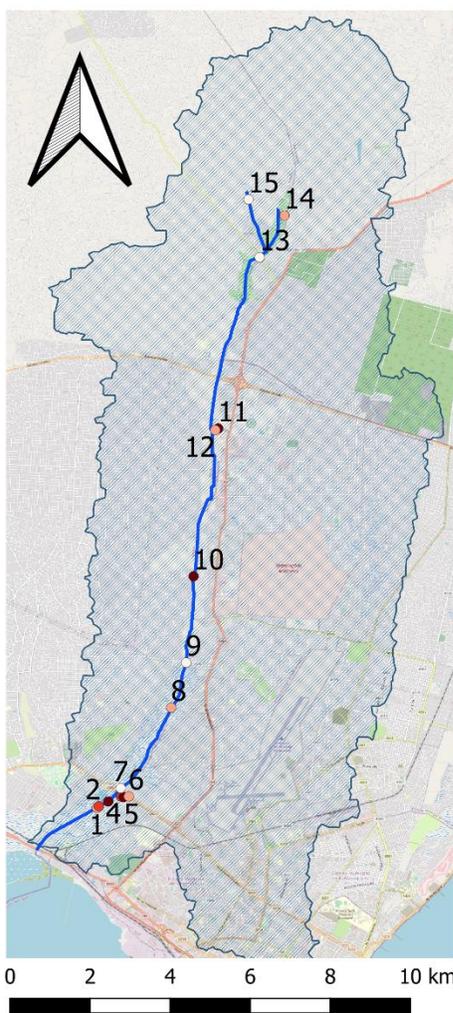
Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

Distribuição espacial dos resultados de E. Coli ao longo do rio Infulene, campanha,

## E. Coli



### Legenda

#### E. Coli

- 0 - 38 CFU/mL
- 38 - 67 CFU/mL
- 67 - 167 CFU/mL
- 167 - 39000 CFU/mL

— Rio Infulene

▨ Infulene

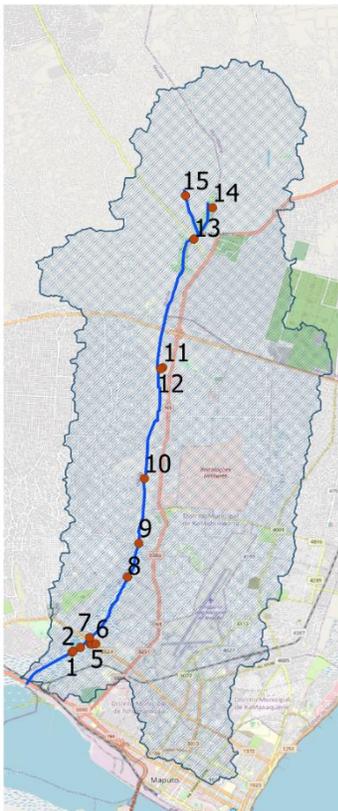
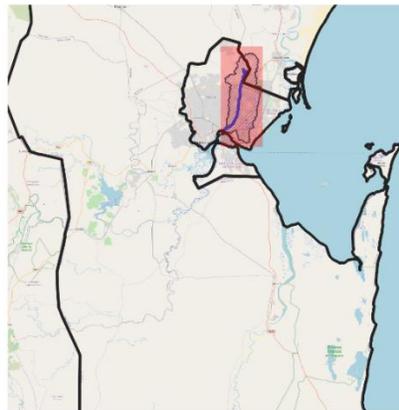
Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua

Distribuição dos pontos amostrais ao longo do rio Infulene, na primeira e segunda campanha.

### Amostragem



### Legenda

- Pontos Amostrais
- Rio Infulene
- ▭ Bacia do Infulene

Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Sífia Janete Rapulua



Resultados de campo e laboratoriais, de todos os parâmetros, da primeira campanha.

P ont o	DO mg/L		pH		Cond utividad e $\mu$ S/m		Tem peratur a °C		DBO mg/L	
	V. medid o	M edia	V. medid o	M edia	V.med ido	M edia	V.me dido	M edia	V. medid o	M edia
<b>1</b>	3,3	3	7,1	7	1753	17	26	2		
	3	,38	2	,19		45,6		6		
	3,3		7,2		1771	7	26			
	3		7							
	3,4		7,1		1713		26			
	7		9							
<b>2</b>	1,2	1	7,0	7	1667	17	26	2	62,	5
	1	,21	2	,11		25		6	51	6,12
	1,1		7,0		1759		26		56,	
	6		1						12	
	1,2		7,3		1749		26		50,	
	7		1						23	
<b>3</b>	2,9	3	7,0	7	1896	18	26	2		
	7	,12	1	,12		23		6		
	3,1		7,0		1786		26			
	6		3							
	3,2		7,3		1787		26			
	2		2							
<b>4</b>	6,9	6	7,0	7	1805	17	26	2		
	2	,81	1	,11		69,6		6		
	6,7		7,0		1748	7	26			
	3		3							

	6,7 7		7,2 9		1756		26			
<b>5</b>	0,2 4	0 ,15	7,0 3	7 ,03	2,89	2, 56	29	2 9	28 0,06	2 73,7
	0,1		7,0 2		2,42		29		25 4,11	9
	0,1		7,0 3		2,37		29		27 3,79	
<b>6</b>	8,5 6	8 ,70	7,2 9	7 ,22	1720	18 17	26	2 6		
	8,7 9		7,3 3		1854		26			
	8,7 6		7,0 3		1877		26			
<b>7</b>	0,6 2	0 ,68	7,3 7	7 ,25	1791	17 93	27	2 6,67	26, 89	2 6,89
	0,4		7,0 3		1696		26,5		27, 15	
	1,0 2		7,3 5		1892		26,5		24, 68	
<b>8</b>	0,4 5	0 ,58	7,0 3	7 ,13	1274	13 53,3	27	2 7,33		
	0,4 4		7,3 2		1321	3	27			
	0,8 4		7,0 4		1465		28			
<b>9</b>	1,6 1	1 ,35	7,0 2	7 ,02	925	11 70	27	2 6,33	28, 76	2 4,79
	1,2 9		7,0 1		1317		26		24, 79	

	1,1 6		7,0 3		1268		26		23, 62	
<b>10</b>	1,4 5	1 ,30	7,0 4	7 ,14	702	80 4,33	27	2 6,33	31, 43	3 1,86
	1,2 1		7,0 2		751		26		32, 08	
	1,2 3		7,3 5		960		26		31, 86	
<b>11</b>	5,3 5	5 ,20	7,2 1	7 ,13	725	74 0,67	35	3 4,17	68, 35	6 1,15
	5,1 9		7,0 5		756		34		61, 15	
	5,0 7		7,1 4		741		33,5		58, 47	
<b>12</b>	4,4 5	4 ,08	7,3 5	7 ,34	711	74 7,33	33	3 2,67		
	3,3 9		7,3 3		681		32			
	4,4 1		7,3 3		850		33			
<b>13</b>	1,4 2	1 ,28	7,0 2	7 ,14	395	40 4,33	28	2 7,33	33, 90	3 3,90
	1,4 3		7,0 2		438		27		37, 47	
	1,0 3		7,3 7		380		27		32, 95	
<b>14</b>	1,0 9	1 ,05	7,2 3	7 ,17	343	28 3,33	25,5	2 5,83	34, 13	3 4,13
	1,1		7,0 3		351		26		31, 64	

	0,9 6		7,2 7		156		26		41, 04	
<b>1</b> <b>5</b>	6,8 2	6 ,27	7,2	7 ,09	480	50 3	31	3 0,33		
	5,4 6		7,0 5		486		30			
	6,5 3		7,0 3		543		30			

<b>P</b> <b>ont</b> <b>o</b>	<b>DQO</b> <b>mg/L</b>		<b>Nitratos</b> <b>mg/L</b>		<b>Fosfatos</b> <b>mg/L</b>		<b>Coli</b> <b>fortes</b> <b>Fecai</b> <b>s</b>	<b>CF</b> <b>U/mL</b>	<b>Coli</b> <b>formes</b> <b>Totais</b>	<b>CF</b> <b>U/mL</b>
	V. medid o	M edia	V. medid o	M edia	V. medid o	M edia	V.m edido	Me dia	V.m edido	Me dia
<b>1</b>	249	2 00	10, 8	1 0,8	3,5	3, 22	100	10 0	100	70 0
	129		12, 1		3,1 3		0		600	
	200		9,8		3,2 2		100		700	
<b>2</b>	118	1 18	6,1	6, 2	2,4 6	2, 46	200	10 0	900	70 0
	130		6,2		2,5 4		0		700	
	26		6,6		2,3 9		100		700	
<b>3</b>	<2 0	4 4	14	1 2,9	4,1 7	4, 17	200	20 0	290	34 00

	<2 0		12, 9		4,2 5		300		360 0	
	44		12, 8		4		200		340 0	
<b>4</b>	75	7 5	23, 8	2 4,1	1,6 2	3, 28	100	10 0	100 0	80 0
	100		24, 5		3,2 8		100		800	
	52		24, 1		3,9 7		100		500	
<b>5</b>	785	7 85	23, 5	2 3,5	6,8 4	6, 27	310 00	35 000	800 00	96 000
	686		20, 7		6,2 7		510 00		990 00	
	835		24, 6		6,0 3		350 00		960 00	
<b>6</b>	63	6 3	18, 8	2 1,5	1,8 6	1, 86	100	10 0	900	12 00
	34		21, 5		0,8 4		0		120 0	
	72		22, 2		3,0 7		100		140 0	
<b>7</b>	136	8 3,5	0,3	0, 4	6,0 8	6, 08	0	0	0	20
	<2 0		0,4		6,4 6		0		20	
	31		0,6		5,6 8		0		30	
<b>8</b>	70		0	0	4,5		200	0	700	

	119	1	0		5,9	4,	0		200	20
	116	16	0,2		2	5	0		0	00
					3,4				330	
					6				0	
<b>9</b>	76	7	1,3	0,	2,8	3,	0	0	0	20
		6		9	1	13			0	0
	<2		0,9		4,3		0		200	
	0				2					
	<2		0,7		3,1		0		300	
	0				3					
<b>1</b>	26	5	0	0,	3,5	2,	300	60	110	32
<b>0</b>		7,5		1	1	8		0	0	00
	<2		4,1		2,6		900		320	
	0				4				0	
	89		0,1		2,8		600		470	
									0	
<b>1</b>	<2	1	3	3,	8,5	8,	200	60	300	39
<b>1</b>	0	77		2	2	5		0	0	00
	<2		3,2		3,5		600		610	
	0				8				0	
	177		3,2		8,5		180		390	
							0		0	
<b>1</b>	204	8	4	4,	5,8	6,	100	10	230	23
<b>2</b>		9		1	5	67		0	0	00
	89		4,2		7,5		0		160	
					2				0	
	25		4,1		6,6		100		250	
					7				0	
<b>1</b>	120	1	2	2	3,3	3,	10	10	390	45
<b>3</b>		20			7	26				0

	85		2,9		3,2		20		680	
	135		0		6		10		450	
					2,0					
					8					
<b>1</b>	<2	1	0	0	3,9	2,	40	40	160	18
<b>4</b>	0	36			1	92				0
	136		0		2,4		30		180	
					1					
	<2		0		2,9		120		720	
	0				2					
<b>1</b>	90	6	0,1	0,	3,8	3,	0	0	200	14
<b>5</b>	43	6,5	0,5	3	3,6	67	0		140	0
					7					
	<2		0,3		2,4		0		110	
	0									

Resultados de campo e laboratoriais, da segunda campanha, de todos os parâmetros.

Po ntos	pH		DO mg/L		Temperat ura °C		Conductiv idade µS/m		DQO mg/L	
	v. medi do	m edia	v. medi do	m edia	v. medi do	m edia	v. medi do	m edia	v. medi do	m edia
<b>1</b>	7,0	7,	5,3	5,	21,	18	15	15	51	51
<b>2</b>		01	6	47	3	,7	45	87		
<b>1</b>	7,0		5,6		18,		15		49	
<b>1</b>					7		87			
<b>1</b>	7,0		5,4		18,		16		52	
<b>1</b>			7		6		10			

<b>2</b>	7,0 2	7, 02	2,5 7	2, 57	19 19	19 ,1	15 89	15 89		
	7,0 2		2,3 8		19, 1		15 07			
	7,0 2		3		19, 2		16 13			
<b>3</b>	7,0 2	7	5,8 5	5, 75	19, 5	19 ,3	15 23	15 39		
	7		5,7 5		19, 1		15 39			
	7		5,6 4		19, 3		15 45			
<b>4</b>	7,0 5	7, 02	7,4 8	7, 46	20, 3	20 ,4	14 58	14 76		
	7,0 2		7,4 6		20, 4		14 76			
	7,0 2		7,4 2		20, 8		14 86			
<b>5</b>	7,0 3	7, 03	4,2 3	4, 19	22, 9	22 ,8	20 28	20 34	10 8	12 3
	7,0 3		4,1 9		22, 8		20 34		12 3	
	7,0 2		4,1 2		22, 8		20 39		21 0	
<b>6</b>	7,0 3	7, 03	9 9	9, 08	20, 9	20 ,6	13 67	13 67		
	7,0 3		9,0 8		20, 6		13 66			
	7,0 3		9,0 9		20, 5		13 86			

<b>7</b>	7,0 3	7, 01	2,9	2, 95	19, 3	18 ,6	13 04	13 04	24	18
	7,0 1		2,9 5		18, 6		12 99		18	
	7,0 1		2,9 5		18, 6		13 04		13	
<b>8</b>	7,0 9	7, 08	1,5 2	1, 52	21, 3	21 ,3	91 6	93 6		
	7,0 8		1,5 3		21		93 6			
	7,0 8		1,4 6		21, 3		94 4			
<b>9</b>	7,0 8	7, 07	2,0 2	1, 77	19, 8	18 ,8	82 0	82 7	22 6	19
	7,0 7		1,7 7		18, 8		82 7		19	
	7,0 7		1,7 5		18, 8		83 2		8	
<b>10</b>	7,0 8	7, 06	3,3 9	3, 32	19, 8	18 ,8	74 1	74 6	48	37
	7,0 6		3,3 2		18, 8		74 6		37	
	7,0 5		3,3		18, 7		74 8		36	
<b>11</b>	7,0 9	7, 07	2,1 3	2, 08	25, 7	25	99 3	10 02	78	78
	7,0 7		2,0 8		25		10 02		16 1	
	7,0 7		2,0 7		25		10 05		55	

12	7,0 8	7, 07	0,3 4	0, 28	25	24 ,7	99 0	10 00		
	7,0 7		0,2 8		24, 6		10 00			
	7,0 6		0,2 5		24, 7		10 02			
13	7,1 1	7, 08	1,5 5	1, 52	20, 6	20 ,5	37 0	38 1	11 5	11 5
	7,0 8		1,5 2		20, 5		38 1		10 6	
	7,0 7		1,5 4		20, 5		38 4		11 6	
14	7,0 9	7, 06	1,7 8	1, 74	25	25	42 0	42 8	13	14
	7,0 6		1,7 4		24, 9		42 8		15	
	7,0 5		1,6 4		25		42 9		14	
15	7,0 8	7, 05	1,6 9	1, 66	19, 7	19 ,6	33 0	33 7		
	7,0 5		1,6 6		19, 6		33 7			
	7,0 5		1,6 2		19, 5		33 9			

	Fosfatos mg/L	Nitratos mg/L	E.Coli MNP/10 0mL	Coliformes Totals MNP100/mL	DBO mg/L
--	------------------	------------------	-------------------------	-----------------------------------	----------

<b>Pon tos</b>	v. medi do	me dia	v. medi do	me dia	v. medido	v. medi do	me dia	v. medido	medi a
<b>1</b>	0, 86	0,8 6	7, 2	8,3					
	0, 75		15 ,2						
	1, 04		8, 3						
<b>2</b>	1, 35	1,3 5	15 ,4	13, 9	<1	1	1		
	1, 49		12 ,7		<1	1			
	1, 32		13 ,9		<1	1			
<b>3</b>	2, 26	2,3 1	11 ,3	14, 8	<1	19 ,9	9,8	7,403 094	8,841 519
	2, 35		16 ,1		<1	9, 8		15,22 813	
	2, 31		14 ,8		<1	1		8,841 519	
<b>4</b>	2, 05	2,0 5	21 ,1	21, 1	<1	42 ,6	42, 6		
	2, 07		24 ,2		<1	42 ,6			
	2, 05		16 ,1		<1	7, 5			
<b>5</b>	3, 7	3,7	2, 3	2,8	2	23 ,1	32, 7	36,95 492	37,54 385

	3, 1		2, 8		2	53 ,8		37,54 385	
	3, 7		5, 3		2	32 ,7		44,46 369	
<b>6</b>	1, 52	1,5 4	18 ,3	16, 5	<1	5, 2	5,2		
	1, 54		16 ,5						
	1, 58		15 ,4						
<b>7</b>	1, 08	1,0 8	1, 7	1,7	1	18 ,9		3,463 019	3,463 019
	1, 08		1, 89					4,676 992	
	0, 91		1, 58					3,002 987	
<b>8</b>	0, 26	0,2 6	0, 4	0,4	<1	1	1		
	0, 26		0, 5						
	0, 25		0, 4						
<b>9</b>	0, 33	0,3 5	0, 6	0,6	<1	< 1		7,024 957	6,523 174
	0, 35		0, 6					6,523 174	
	0, 36		0, 6					6,439 543	
<b>10</b>	1, 19	1,1 9	2, 54	2,5 4	<1	< 1		4,530 453	4,530 453

	1, 44		2, 66		<1	< 1		4,285 564	
	1, 04		1, 99		<1	< 1		4,856 972	
<b>11</b>	3, 3	3,3	0, 4	1,2	4,1	21	21	44,90 206	44,90 206
	3, 23		1, 2					37,72 156	
	3, 32		3, 4					45,09 354	
<b>12</b>	4, 1	4	1, 4	0,7	35,9	36 ,4	36, 4		
	3, 9		0, 7						
	4		0, 7						
<b>13</b>	0, 19	0,1 5	0, 2	0,2	<1	< 1		12,51 362	10,59 712
	0, 15		0, 3					10,59 712	
	0, 09		0, 2					9,695 235	
<b>14</b>	0, 56	0,1	1, 1	1,2	<1	52 ,9	52, 9	1,370 012	1,360 431
	0, 1		1, 3					1,360 431	
	0, 08		1, 2					1,159 241	
<b>15</b>	0, 12	0,1	0, 3	0,2	<1	< 1			

	0, 09		0, 1						
	0, 1		0, 2						

Resultados dos cálculos de IPA segundo

IPA - Sulthonuddin et al 2018			IPA - Sulthonuddin et al 2018			Brankov et al 2012		Hmadi et al 2010	
1o Campanha			2a Campanha			1a Campanha	2a Campanha	1a Campanha	2a Campanha
(Cij/Lij)M	(Cij/Lij)R	IP A(WHO)	(Cij/Lij)M	(Cij/Lij)R	IP A(WHO)	IPA	IPA	IPA	IPA
673,19	672,99	<b>29,09</b>	185,38	185,21	<b>13,29</b>	3,62	1,64	10,83	4,88
514,15	514,08	<b>22,18</b>	277,94	277,76	<b>7,84</b>	2,75	0,96	8,68	2,85
846,48	846,28	<b>12,39</b>	472,54	472,36	<b>10,45</b>	1,53	1,29	4,91	4,38

6 73,6 4	6 73,4 4	<b>17,</b> <b>55</b>	4 18,5 9	4 18,4 1	<b>8,5</b> <b>0</b>	2,18	1,04	6,5 5	3,1 1
1 399, 13	1 398, 93	<b>14</b> <b>5,04</b>	7 71,3 2	7 71,1 2	<b>31,</b> <b>23</b>	18,11	3,89	70, 17	13, 90
3 89,0 8	3 88,8 8	<b>16,</b> <b>98</b>	3 16,4 0	3 16,2 3	<b>8,3</b> <b>1</b>	2,10	1,02	6,3 8	3,0 1
1 228, 36	1 228, 16	<b>12,</b> <b>26</b>	2 25,4 5	2 25,2 9	<b>9,3</b> <b>6</b>	1,51	1,15	4,6 2	3,6 1
9 19,4 9	9 19,2 9	<b>19,</b> <b>39</b>	5 7,41	5 7,22	<b>5,3</b> <b>2</b>	2,41	0,65	7,3 1	1,8 5
						0,94	1,04		

6 33,7 7	6 33,5 8	<b>7,6</b> <b>8</b>	7 8,52	7 8,32	<b>8,4</b> <b>3</b>			2,9 1	3,4 5
5 70,3 8	5 70,1 8	<b>10,</b> <b>28</b>	2 47,8 5	2 47,6 7	<b>9,7</b> <b>6</b>	1,27	1,20	4,3 2	3,8 3
1 711, 39	1 711, 19	<b>11,</b> <b>30</b>	6 84,9 3	6 84,7 4	<b>24,</b> <b>83</b>	1,39	3,09	4,9 5	11, 94
1 349, 83	1 349, 63	<b>15,</b> <b>74</b>	8 05,5 8	8 05,4 2	<b>5,4</b> <b>8</b>	1,95	0,67	5,9 4	1,8 8
6 69,2 1	6 69,0 1	<b>17,</b> <b>12</b>	4 7,68	4 7,49	<b>17,</b> <b>58</b>	2,12	2,18	6,5 5	7,1 2
5 89,1 5	5 88,9 5	<b>5,0</b> <b>5</b>	2 5,68	2 5,50	<b>5,5</b> <b>9</b>	0,61	0,68	2,0 0	2,0 1

7	7	<b>9,4</b>	2	2	<b>3,2</b>	1,16	0,39	3,3	1,1
43,4	43,3	<b>0</b>	3,36	3,17	<b>7</b>			0	0
9	0								

Regulamento sobre emissão de efluentes de industria cervejeira, do decreto 18/2004 de 2 de junho

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>
pH	6-9
DBO	30
DQO	80
SST	15
Óleos e gorduras	10
Azoto (NH <sub>4</sub> )	10
E-Coliformes (moléculas/100mL)	400
Aumento de temperatura	<= 3°C