



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIÊNTE
TRABALHO DE LICENCIATURA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA O CONSUMO
HUMANO NA REGIÃO DA BACIA DO RIO INFULENE**

AUTORA:

Jéssica Sofia Langa

SUPERVISOR:

Prof. Doutor Eng.º Clemêncio Nhantumbo

CO-SUPERVISORES:

Engº. Dominc Joaquim

Engº Michaque Dosse

Maputo, Outubro de 2022



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

TRABALHO DE LICENCIATURA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA O CONSUMO
HUMANO NA REGIÃO DA BACIA DO RIO INFULENE.**

Relatório submetido ao
Departamento de Engenharia Química,
Faculdade de Engenharia, Universidade
Eduardo Mondlane, como requisito
parcial para a obtenção do grau de
licenciado em Engenharia do Ambiente.

AUTORA:

Jéssica Sofia Langa

SUPERVISOR:

Prof. Doutor Eng^o. Clemêncio Nhantumbo

Maputo, Outubro de 2022



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA_____

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante _____
Entregou no dia ___/___/ 20___as _____ cópias do relatório do seu trabalho de
licenciatura com
referência_____ -

Maputo, _____ de _____ de 20_____

A Chefe de Secretaria

Declaração de honra

Declaro por minha honra que o trabalho apresentado em seguida foi realizado com base nos conhecimentos adquiridos ao longo do curso e nos documentos e referências citadas no mesmo.

Maputo, Outubro de 2022

O Autora

Jéssica Sofia Langa

Dedicatória

Quero dedicar este trabalho aos meus pais, Alberto Abílio Langa e Mariamo Charama Langa, por tudo que fizeram por mim desde a minha chegada a este mundo ate este exacto momento.

Agradecimentos

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio e colaboração de indivíduos a quem eu expresso o meu muito obrigado:

- Agradeço à Deus por espalhar a sua bênção em mim, para que eu tivesse força e vontade de enfrentar todas as dificuldades com que me deparei durante toda a minha caminhada, até à culminação do presente trabalho de licenciatura.

- Agradeço também aos meus pais, irmãos que durante todos estes anos de formação sempre estiveram abertos a apoiar-me, incentivando e encorajando-me que eu continuasse com os estudos.

- Agradeço ao supervisor, Prof. Doutor Eng. Clemencio Nhantumbo, ao Dominic Joaquim e ao Michaque Dosse pela paciência que demonstraram durante as discussões construtivas e pelo incentivo na realização deste trabalho.

- Agradeço a todos meus colegas, em especial aos da *Team work*, nomeadamente: Nádia Arcanjo, Jéssica Gemo, Anilza Muriane, Leonesia Pelembe, Salustiana Jasse e Elton Cote que comigo percorreram toda esta caminhada.

- E por fim, agradeço ao meu amigo muito especial Ivan Jesualdo Lifaniça por apoiar-me, incentivado durante a minha formação e que acima de tudo sido sempre um exemplo no qual eu poderia seguir.

Resumo

A bacia do Rio Infulene é caracterizada assentamentos informais com sistemas de saneamento precário e abastecimento de água intermitente. A intermitência produz efeitos adversos, como infiltração de contaminantes na rede de distribuição de água nos momentos de baixa pressão na tubagens, principalmente na época chuvosa. Além disso, durante esta época, o escoamento superficial da água facilita a disseminação de contaminantes na água diminuindo assim a sua qualidade. Nestas condições, a contaminação da água é eminente e a informação sobre a qualidade da água usada para o consumo humano é limitada a nível da bacia do Rio Infulene, e para superar essa lacuna foi realizado este estudo sobre a qualidade da água na bacia do rio Infulene.

O trabalho baseou-se na revisão da literatura, trabalho de campo e análise de dados com base em ferramentas estatísticas e de análises espacial com auxílio do QGIS. Foram identificados três tipos de sistemas de abastecimento de água presentes em todos os 58 bairros da bacia. Os parâmetros analisados foram temperatura, pH, condutividade eléctrica, sólidos totais dissolvidos, oxigénio dissolvido, turbidez, coliformes totais e E.coli.

Foram colhidas e analisadas 59 amostras (n=27) rede pública, (n=28) furos e (n=4) poços, onde os resultados observados foram 7.9 para pH, 0.42 para turbidez, 679.4 para condutividade eléctrica, 413.5 para sólidos totais, 25,4 para temperatura, 5.73 para oxigénio dissolvido, 439.7 para CT e 19.03 para EC. De acordo com o Decreto nº 180 de 15 de Setembro do Ministério da Saúde os resultados microbiológicos ultrapassam os limites admissíveis para água para o consumo humano principalmente sistemas de abastecimento alternativos. Nesse sentido, para a melhoria de qualidade de água do aquífero recomendou-se conscientização das comunidades, bem como a cloração da água nos tanques de armazenamento para prevenir a contaminação da mesma ao longo do sistema de distribuição.

Palavras-chave: Água para o consumo humano, abastecimento de água, Saúde pública

Lista de Abreviaturas

°C	Grau Celsius
CE	Condutividade Eléctrica
CT	Coliformes Totais
INE	Instituto Nacional de Estatística
mg/l	Miligrama por litro.
MPN	<i>Most probability number</i> (Numero mais provável)
NTU	Unidade Nefelométrica de turbidez
OD	Oxigénio dissolvido
pH	Potencial Hidrogénio
TDS	Sólidos Totais dissolvidos
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
µm	Micrómetro
WHO	<i>World Health Organisation</i> (Organização Mundial de Saúde)

Índice de Figuras

Figura 1: Contaminação de águas subterrâneas por fossas sépticas	6
Figura 2: Contaminação da água subterrânea por atividades agrícola	7
Figura 3: Contaminação da água subterrânea por lixeiras e cemitérios.....	8
Figura 4: Sistemas de Abastecimento de água deficientes	9
Figura 5: Localização geográfica da bacia do Rio Infulene	15
Figura 6: Pontos de amostragem	17
Figura 7: Reagente Colilert-18.....	19
Figura 8: Quanti-Tray Sealer PLUS.....	20
Figura 9: SY-1L4H Water Baths	Error! Bookmark not defined.
Figura 10: Amostra positiva para coliformes totais e E. coli	20
Figura 11: Distribuição espacial de poluição a) CT e b) E.Coli.....	27
Figura 12: Fontes de água potável a) poço de água superficial, b) pequenos sistemas de abastecimento de água que dependem de água subterrânea, c) má distribuição de água e sistema de distribuição de água potável em assentamentos informais.....	28
Figura 13: Tipo de ruas existentes nos bairros da bacia do rio Infulene.....	29
Figura 14: Latrinas existentes em assentamentos informais na bacia do rio Infulene	29

Índice de Tabelas

Tabela 1. Doenças relacionadas com a água.....	10
Tabela 2. Limite admissível na água para o consumo.....	14
Tabela 3. Divisão Administrativa da Bacia do Infulene	16
Tabela 4. Pontos de amostragem.....	18

Índice gráficos

Gráfico 1. Valores de Coliformes Totais para água da rede pública.....	22
Gráfico 2. Valores de E. Coli para água da rede pública	23
Gráfico 3. Valores de Coliformes Totais para água do furo	24
Gráfico 4.. Valores de E. coli para água do furo	24
Gráfico 5. Valores de coliformes totais para água do poço	25
Gráfico 6. Valores de E. coli para água do poço	26

ÍNDICE

Declaração de honra	i
Dedicatória	ii
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objectivos	3
1.1.1. Geral	3
1.1.2. Específicos.....	3
1.2. Metodologia	4
1.2.1. Revisão da Literatura	4
1.2.2. Vistas de Campo	4
1.2.3. Análises Laboratoriais	4
1.2.4. Análises Estatísticas.....	4
1.2.5. Limitações	4
CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Abastecimento de água para o consumo humano	5
2.2. Fontes de contaminação de sistemas de abastecimento de água.....	5
2.2.1. Esgotos Domésticos	6
2.2.2. Agricultura	7
2.2.3. Lixeiras e Cemitérios.....	7
2.2.4. Sistemas de abastecimento de água deficientes	8
2.3. Contaminação da água para o consumo e saúde pública	9
2.4. Parâmetros de qualidade da água para o consumo humano.....	11
2.4.1. Parâmetros Físicos	11
2.4.2. Parâmetros Químicos	12
2.4.3. Parâmetros Biológicos.....	13

2.5. Regulamentação qualidade da água para o consumo humano em Moçambique 14

CAPITULO 3. ÁREA DE ESTUDO	15
3.1. Localização da área de estudo	15
3.2. Clima.....	16
CAPITULO 4. PARTE EXPERIMENTAL	17
4.1. Pontos de recolha de amostras	17
4.2. Análises <i>in-situ</i>	18
4.3. Análises laboratoriais	18
4.3.1. Análise de Coliformes Totais e E. Coli	19
CAPITULO 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	21
5.1. Água da rede Pública.....	22
5.2. Água dos furos.....	23
5.3. Água dos poços	25
CAPÍTULO 6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	30
6.1. Conclusão	30
6.2. Recomendações	31
CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFIA.....	32
7.1. Referências Bibliográficas.....	32
Anexos	36

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para sobrevivência dos seres vivos, entretanto se for contaminada, pode trazer riscos a saúde, servindo de veículo para vários agentes biológicos e químico. A água para consumo humano, é denominada como água potável, quando esta dentro dos padrões estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (Libano, 2005).

A qualidade da água destinada ao consumo humano tem sido objecto de pesquisas científicas. A força motriz dos estudos e escassez e a baixa qualidade dos recursos hídricos vêm aumentando devido de diversos factores, como a poluição e contaminação das águas, o crescimento da demanda em algumas localizações em função de aglomerados urbanos e o desenvolvimento industrial e agrícola (Manuel, et al., 2018).

A contaminação microbiológica da água pode ser por as bactérias, fungos, protozoários, helmintos. A transmissão dos contaminantes biológicos para o Homem é feita via oral, podendo causar várias doenças de importância para saúde pública como cólera, diarreia, hepatite e febre tifóide (Arit Udoh, et al., 2021), principalmente nos países em desenvolvimento onde o acesso a saneamento básico é limitado e as políticas de regularização são precárias (McGrane, 2016).

Moçambique é um país em desenvolvimento e continua com problemas críticos de disponibilidade de água para o consumo humano e saneamento básico, e o índice de doenças e mortes, sobretudo em crianças em idade inferior a 5 anos devido má qualidade da água, continua muito elevado (Rodrigues, et al., 2020). Apesar do esforço do governo para reduzir as doenças de veiculação hídrica, anualmente registam-se casos deste tipo de doenças principalmente em época húmida (Casedei, 2016).

Em Maputo, nos bairros presentes na bacia do rio Infulene, a maioria dos assentamentos são informais, com sistemas de abastecimento de baixa qualidade, com desigualdades na distribuição da água para o consumo humano entre a zona Urbana e a Rural e intermitência (Heller & Pádua, 2010). Devido a intermitência ocorrem efeitos adversos, como infiltração de contaminantes na rede de distribuição de água nos

momentos de baixa pressão na tubagens, principalmente na época chuvosa. Além disso, durante esta época, o escoamento superficial da água facilita a disseminação de contaminantes na água diminuindo assim a sua qualidade (Fortes, 2018).

Embora o risco de contaminação microbiológica de água seja muito alto, actualmente os estudos e dados sobre o nível de contaminação microbiológica da água para o consumo humano na bacia do rio Infulene são limitados. Para superar essa lacuna, foi realizado este estudo sobre a qualidade da água na bacia do rio Infulene.

1.1. Objectivos

1.1.1. Geral

- ❖ O presente trabalho tem como objectivo geral avaliar a qualidade da água para o consumo Humano na da Bacia do Rio Infulene.

1.1.2. Específicos

- ❖ Caraterizar as actividades desenvolvidas na bacia do Rio Infulene;
- ❖ Determinar os parâmetros de qualidade de água para o consumo humano na bacia do Rio Infulene;
- ❖ Comparar os resultados obtidos com os parâmetros estabelecidos na legislação;
- ❖ Fazer análise espacial dos resultados obtidos.

1.2. Metodologia

Para a realização do presente trabalho seguiu-se a seguinte metodologia de trabalho:

1.2.1. Revisão da Literatura

A revisão da literatura foi feita com base em diversos recursos, tais como, livros, artigos científicos, jornais, revistas científicas que falam sobre a qualidade da água para o consumo humano.

1.2.2. Vistas de Campo

Foram efectuadas duas vistas de campo (Maio e Julho), onde foi conduzido um inquérito a população residente na área de estudo. Foram medidos alguns parâmetros de qualidade de água no campo e recolheu-se amostras para efectuar-se análises laboratoriais.

1.2.3. Análises Laboratoriais

No laboratório foram efectuadas as seguintes análises: Coliformes Totais e E.Coli, usando o método do número mais provável (MPN/100ml).

1.2.4. Análises Estatísticas

Para organizar, analisar e descrever os dados, recorreu-se a utilização de técnicas da estatística descritiva para o cálculo de valores médios dos parâmetros. Aliado a isso, foram elaborados gráficos para a análise de cada parâmetro e comparar os parâmetros medidos com o que está estabelecido na legislação.

1.2.5. Limitações

Na segunda campanha de recolha de amostras, não possível recolher amostras em todos os 58 bairros devido a insuficiência de placas e reagentes no laboratório de águas da faculdade de Engenharia. Não foi possível também fazer outras análises de qualidade de água (Cloro, dureza e Vibrio cholerae), for falta de reagentes no laboratório de hidráulica sanitária da faculdade de Engenharia.

CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado o enquadramento teórico feito com base em um conjunto de pesquisas em artigos científicos e manuais que falam sobre qualidade da água para o consumo humano.

2.1. Abastecimento de água para o consumo humano

O abastecimento de água para o consumo humano constitui uma condicionante para o desenvolvimento das comunidades e, nos dias actuais, é um verdadeiro desafio, devido a vários factores como, o crescimento populacional, a urbanização, as mudanças climáticas e fenômenos ambientais (Gizachew, et al., 2020).

Em Moçambique, na maioria dos casos a água para o abastecimento pode ser de dois tipos de mananciais: superficial e subterrâneo. As captações superficiais utilizam directamente cursos de água, de represas, lagos e rios, e quase sempre há necessidade de que a água passe por um processo completo de adequação (Porcy, et al., 2020), realizado em uma Estação de Tratamento de Água (ETA); enquanto as captações subterrâneas basicamente fazem uso de aquíferos, e geralmente oferece condições de abastecimento muito mais simples para que se enquadre dentro de padrões de potabilidade, já que o manancial mais “protegido”.

2.2. Fontes de contaminação de sistemas de abastecimento de água

A contaminação da água está fortemente vinculada ao crescimento populacional e a expansão das actividades industriais. O intenso crescimento populacional observado nas ultimas décadas e a urbanização de forma acelerada e sem o devido planeamento aumentaram a pressão antrópica sobre os recursos hídricos, sobretudo no que se refere àqueles usados para o abastecimento urbano que podem ser águas subterrâneas ou águas superficiais tratadas (Islam, et al., 2006).

A expansão das actividades industriais, também intimamente relacionada ao crescimento populacional, vem promovendo a transformação de matérias-primas em bens de consumo em escala cada vez maior, gerando, como consequência, grandes

quantidades de rejeitos (Wright, et al., 2004), que nos países em desenvolvimento muitas vezes são bombeados directamente para cursos de água, o que têm contribuído para degradação significativa dos corpos aquáticos (Casedei, 2016).

2.2.1. Esgotos Domésticos

Os esgotos são as principais fontes de poluição por actividade antrópica (Figura 1), neles pode-se observar substâncias de produtos de limpeza e dejetos humanos. O lançamento dos mesmos directamente sobre o solo ou na água, os vazamentos na rede de esgotos e a utilização de fossas construídas de forma inadequada constituem as principais causas de contaminação das águas subterrâneas (Salamandane, et al., 2021).

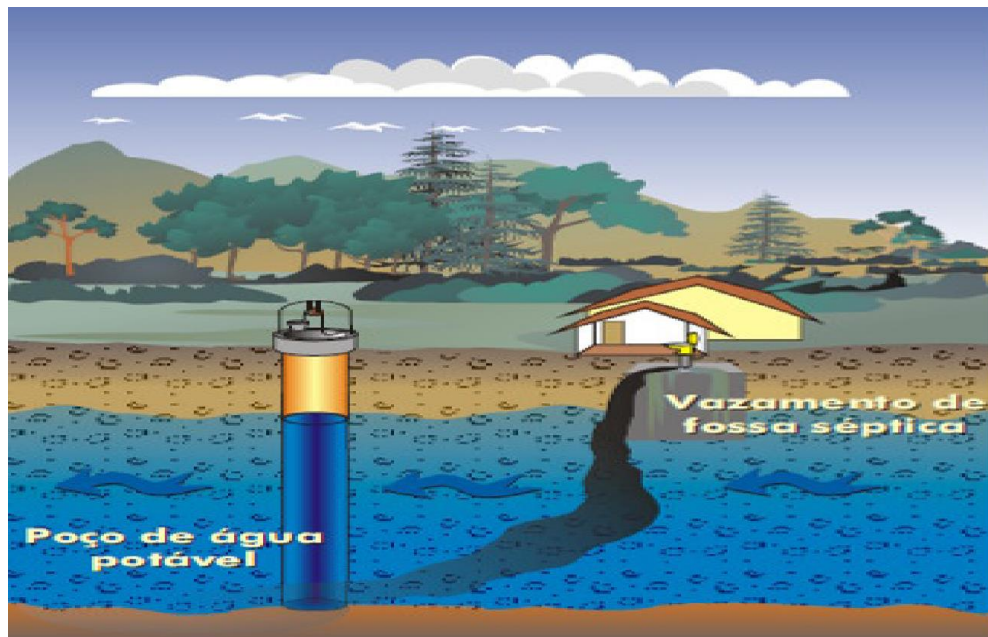


Figura 1: Contaminação de águas subterrâneas por fossas sépticas

Fonte: (Salamandane, et al., 2021)

2.2.2. Agricultura

A imensa extensão das actividades agrícolas em todo o mundo contribui significativamente tanto para a produtividade económica quanto para as cargas de poluentes como ilustra a figura 2 (Gizachew, et al., 2020). Contudo, a pratica agrícola pode ter como consequência contaminação de águas subterrâneas, pois os fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura podem contaminam as águas com substâncias como compostos orgânicos, nitratos, sais e metais pesados (Libano, 2005), e estes por sua são responsáveis pelo aumento de nitratos, fosfatos, e cloretos na água subterrânea. Esta contaminação acontece devido ao uso excessivo dos fertilizantes e agrotóxicos, não permitindo que a quantidade seja consumida por completo pelas plantas, assim percolando e atingindo os reservatórios subterrâneos.

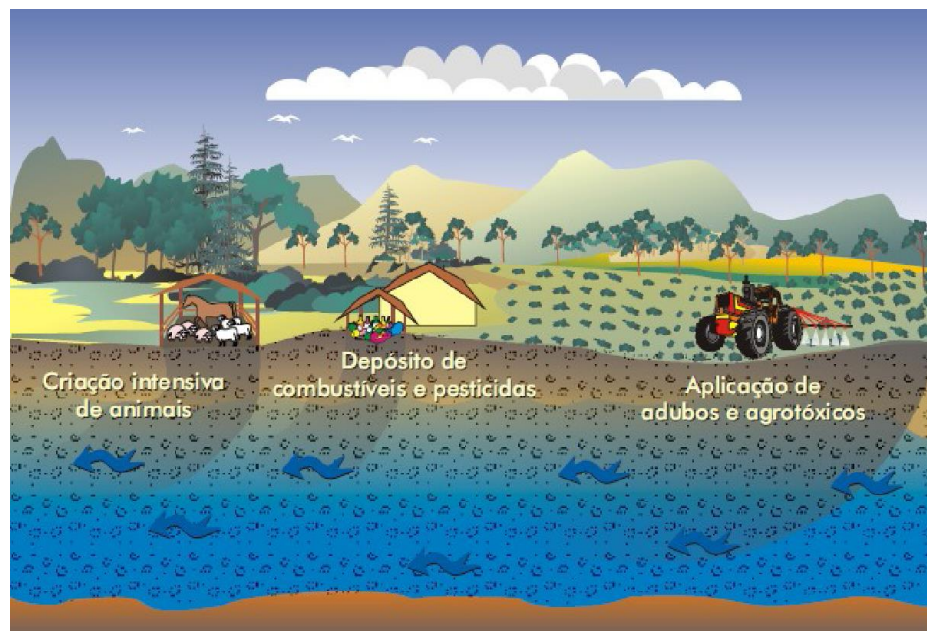


Figura 2: Contaminação da água subterrânea por atividades agrícola

Fonte: (Salamandane, et al., 2021)

2.2.3. Lixeiras e Cemitérios

A deposição de resíduos sólidos directamente no solo contribui para a degradação da qualidade de água. Isso acontece porque os resíduos sólidos durante o processo de

decomposição, libertam um líquido denominado chorume, e quando chove, a água da chuva percola pelos resíduos carregando todo chorume (Luby, et al., 2015), e o chorume por sua vez pode infiltrar-se no solo podendo atingir aquíferos e contaminar a água utilizada para abastecimento da população.

Os cemitérios são locais onde são realizados actos de sepultamento e enterros de cadáveres (Holcomba, et al., 2019), e durante a sua implementação deve-se ter em conta alguns critérios como caracterização hidrogeológica do local, níveis inferiores das sepulturas com relação ao nível freático, isto porque a disposição inadequada gera efeitos poluidores da água subterrânea (Islam, et al., 2006). A contaminação relacionada aos cemitérios pode ocorrer por causa do necrochorume (líquido produzido pela decomposição do corpo por microrganismos (Caylak & Tokar, 2011).

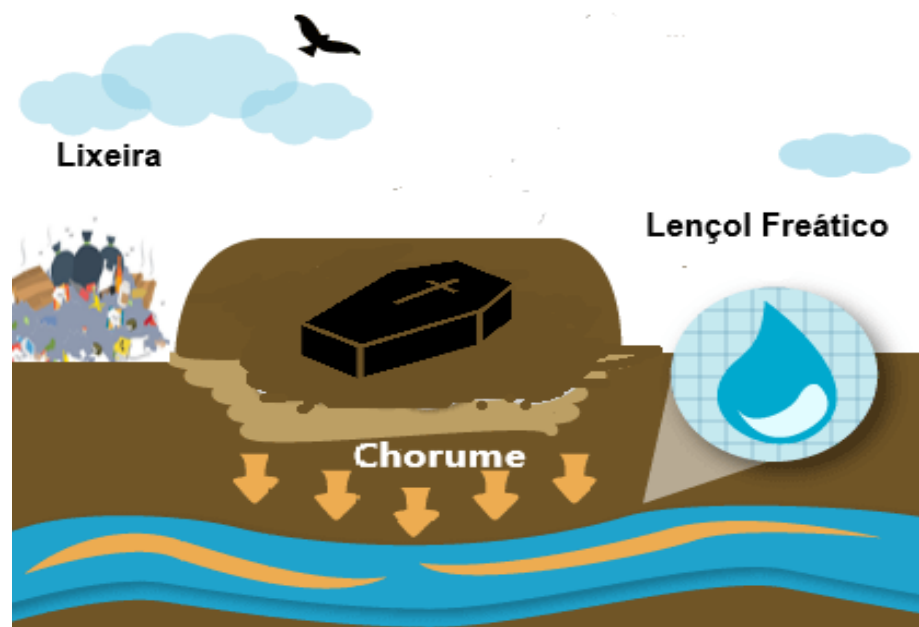


Figura 3: Contaminação da água subterrânea por lixeiras e cemitérios

Fonte: Adoptado de (Linhares, 2009)

2.2.4. Sistemas de abastecimento de água deficientes

A falta de um bom sistema de abastecimento de água, possibilita a contaminação da água da rede de distribuição. Esta contaminação ocorre devido a factores como tubos

quebrados, expostos ou com vazamento de água, conexão cruzada, baixas velocidades de escoamento, fornecimento de água intermitente como ilustra a figura abaixo (Fortes, 2018). A intermitência, associada a factores como tubos quebrados ou expostos produz efeitos adversos, como infiltração de contaminantes na rede de distribuição de água nos momentos de baixa pressão, deterioração da rede de distribuição de água, normalmente projectada para abastecimento contínuo, perdas de água na forma de vazamentos (Heller & Pádua, 2010). As baixas velocidades de escoamento podem também fomentar a deposição de sedimentos orgânicos e inorgânicos nas redes de distribuição, além de reduzir o efeito do desinfetante, criando assim condições adequadas ao crescimento de microrganismos.



Figura 4: Sistemas de Abastecimento de Água deficientes

Fonte: (Anthonj, et al., 2018)

2.3. Contaminação da água para o consumo e saúde pública

Organismos patogênicos são componentes normais de todos os ecossistemas, mas a contaminação microbiológica por bactérias fecais provenientes actividade antrópica é considerada um problema sério no que se refere a água para abastecimento humano (Nabeela, et al., 2014). Está contaminação é muitas vezes de natureza relacionada a seres humanos (estações de tratamento de esgoto de água, sistemas de esgoto) e/ou animais domésticos (disseminação excrementos e transbordamento das fossa sépticas) (Anthonj, et al., 2018).

O consumo de água contaminada por matéria fecal, causa varias doenças diversas doenças como diarreia, cólera, febre tifóide, hepatite A, dermatite, febre entérica, etc., em muitas partes do mundo especialmente nas populações mais empobrecidas (Salamandane, et al., 2021). Actualmente, no mundo existem mais de 2,2 bilhões de pessoas sem acesso à água potável principalmente em países em desenvolvimento, e 80% das doenças nesses países é disseminada pelas águas (WHO; UNICEF, 2020). Segundo essa mesma organização a água de baixa qualidade, a precariedade do saneamento e más condições de higiene causam a morte de 200 pessoas/hora e, mais de 10 milhões pessoas morrem a cada ano, em decorrência de doenças relacionadas a ingestão de água contaminada e falta de saneamento, sendo a maioria crianças abaixo de cinco de idade (Rodrigues, et al., 2020).

Em Moçambique, existem muitos casos de diarreia relacionados com o consumo de água, sendo a diarreia a terceira causa de morte em lactentes e crianças pequenas. Entre as doenças que causam gastroenterite, a cólera é endêmica em Moçambique e Maputo com 65% do total de casos em todo o país registrados em 2004 (Salamandane, et al., 2021). Após 2004, desde então a incidência de cólera diminuiu sem casos relatados entre 2011 e 2017 (Salamandane, et al., 2021); no entanto, em 2017, foram relatados 278 casos com uma fatalidade. Adicionalmente, o mesmo estudo revelou a ocorrência de E. coli, TC e V. cholerae na água potável em Maputo. A tabela 1 apresenta uma síntese das principais doenças relacionadas com a água.

Tabela 1. Doenças relacionadas com a água

Grupo de doenças	Formas de transmissão	Principais doenças
Transmitidas pela via feco-oral	O agente causador de doença é ingerido	Cólera, Giardíase, Febre tifóide, Amebíase, Hepatite infecciosa, Ascariíase.
Transmitidas por vectores que se relacionam com a água	Através de insecto, tendo a água como meio de procriação	Malária, Febre amarela, Filariose (elefantíase)
Transmitidas pelo contacto com água contaminada	O patogénico penetra pela pele ou é ingerido	Esquistossomose

Fonte: (Rodrigues, et al., 2020)

2.4. Parâmetros de qualidade da água para o consumo humano

Toda água usada num suprimento público, ou privado, deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas e ser livre de microrganismos patogênicos, conforme preconizado na legislação vigente (WHO, 2017). Por isso, há necessidade do controle periódico, rotineiro dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para garantir padrões da potabilidade da água para o consumo humano (Rodrigues, et al., 2020).

2.4.1. Parâmetros Físicos

❖ Temperatura

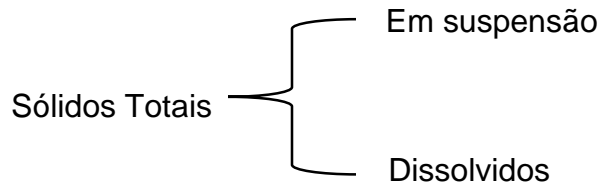
É um parâmetro físico de extrema importância visto que influencia em outros parâmetros físicos, químicos, inclusive biológicos. A temperatura expressa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio (Andrade, et al., 2016), e exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias.

❖ Turbidez

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido (Salamandane, et al., 2021). A mesma é provocada por partículas em suspensão que na maior parte do tempo são invisíveis para o olho nu por serem partículas muito finas, (Lamego, 2020), ou por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais nos corpos de água.

❖ Sólidos

Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma:



Sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas passíveis de retenção por processos de filtração e os sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a $10^{-3}\mu\text{m}$ e que permanecem em solução mesmo após a filtração (Salamandane, et al., 2021).

❖ Conductividade Eléctrica

A condutividade representa iões dissolvidos na água que conduzem a corrente eléctrica o que significa quanto maior forem os iões mais possibilidade e maior condução eléctrica. A condutividade com altos valores do limite máximo admissível pode indicar de mineralização (poluição) (Rodrigues, et al., 2020) e corrosividade da água.

2.4.2. Parâmetros Químicos

❖ pH

O potencial hidrogeniónico representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido por meio da medição da presença de iões hidrogênio. Embora o pH não tenha impacto directo na água utilizada pelo consumidor final, é um parâmetro muito importante. Quando ultrapassa a faixa ideal, pode influenciar na desinfecção e clarificação do cloro na água (Andrade, et al., 2016). Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade, enquanto valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações nas tubagens (Lamego, 2020).

❖ Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é um dos parâmetros mais relevantes para avaliar a qualidade dos ambientes aquáticos (Andrade, et al., 2016). Para a manutenção da vida aquática aeróbia são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 mg/L a 5 mg/L, de acordo com o grau de exigência de cada organismo (Bain, et al., 2014), e a medida que cresce a concentração de oxigênio dissolvido, os compostos vão-se precipitando, ficando armazenados no fundo dos corpos de água.

2.4.3. Parâmetros Biológicos

❖ Coliformes

Coliformes são grupos de bactérias indicadoras de contaminação e são formados pelos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* (Bain, et al., 2014). Este grupo de bactérias normalmente habitam no intestino de homens e de animais e podem ser excretados juntamente com fezes (Arit Udoh, et al., 2021), servindo portanto como indicadoras da contaminação de uma amostra de água por fezes.

Há coliformes totais, que são grupos de bactérias gram-negativas, que podem ou não necessitar de Oxigênio - Aeróbias ou Anaeróbias, que não formam esporos, e são associadas à decomposição de matéria orgânica em geral (Casedei, 2016). Há também os coliformes Fecais, também chamados de coliformes termotolerantes pois toleram temperaturas acima de 40°C e reproduzem-se nessa temperatura em menos de 24 horas (Casedei, 2016). A principal espécie dentro desse grupo é a *Escherichia coli*, sendo de origem exclusivamente fecal.

A avaliação microbiológica da água tem um papel destacado, visto que existe uma grande variedade de microrganismos patogênicos, em sua maioria de origem fecal, que podem estar presentes na coliformes fecais (*E. coli*) (WHO, 2017).

2.5. Regulamentação qualidade da água para o consumo humano em Moçambique

O Diploma Ministerial nº 180/2004 de 15 de setembro de 2004 estabelece padrões de qualidade da água para o consumo humano. Propõe que, toda água destinada ao consumo humano, distribuída colectivamente por meio de sistema de abastecimentos de água, deve ser objecto de controle da qualidade da água.

Dessa forma, toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimentos de água, independente da forma de distribuição, está sujeita à controle sanitário. Assim a água potável deve estar em conformidade com o padrão organoléptico de potabilidade estabelecido na Norma moçambicana padrões de qualidade da água. A tabela 2 mostra o limite admissível para alguns parâmetros físicos-químicos de microbiológicos de para água para o consumo humano.

Tabela 2. Limite admissível na água para o consumo

Parâmetro	Limites	Unidades
pH	6.5 – 8.5	um.pH
Turvação	5	NTU
Conductividade Eléctrica	2000	µs/cm
Sólidos totais dissolvidos	500	mg/l
Coliformes totais	Ausente	NMP/100mL

Fonte: Diploma Ministerial nº 180/2004 de 15 de setembro de 2004

CAPITULO 3. ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo serão apresentados as características geográficas da Bacia do Rio Infulene, bem como as condições climáticas da área de estudo.

3.1. Localização da área de estudo

O presente estudo foi realizado na bacia do Rio Infulene que é limitada a norte pelo Distrito de Marracuene, a sul pela Baía de Maputo, a leste pela Cidade de Maputo e a oeste pela Cidade da Matola, situando-se aproximadamente entre os paralelos de 25° 43'32" S e 25°58'4" S e entre os meridianos 32°31'26" E e 32°37'24" E.

Esta Bacia tem uma área de 180 Km² e abarca o Rio Infulene (Mulauzi), que tem 20 Km de extensão e corre de norte para sul para desaguar no estuário do Espírito Santo, servindo de limite entre os municípios de Maputo e Matola.

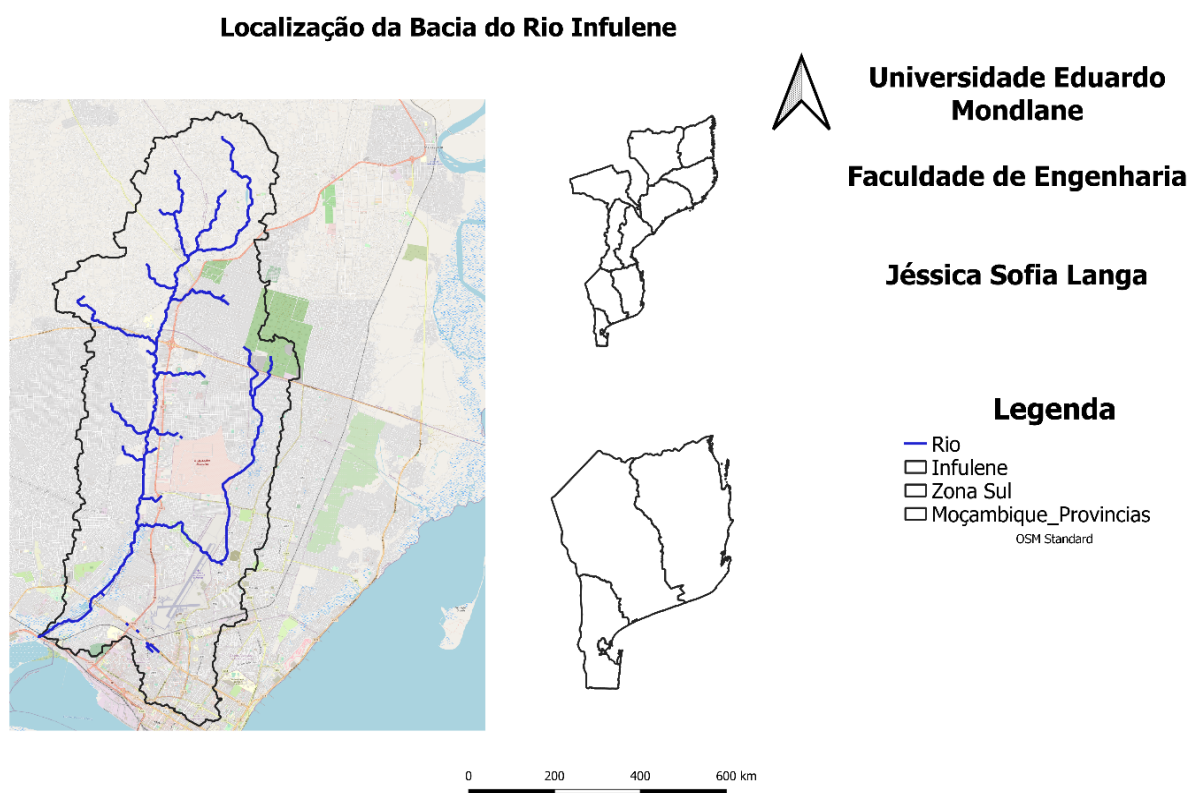


Figura 5: Localização geográfica da bacia do Rio Infulene

A bacia do Infulene compreende sete distritos, nomeadamente: Marracuene, Cidade da Matola, KaMubukwana, KaMavota, KaMaxakeni, Nihamankulu e KaMpfumo, contemplando 58 bairros.

Tabela 3. Divisão Administrativa da Bacia do Infulene

Distritos	Bairros
Marracuene	Kumbeza
Cidade da Matola	Zona Verde, Ndlavela, Infulene D, T-3, Acordos de Lusaka, Vale do Infulene, Khongolote, Intaka, Muhalaze, 1º de Maio, Mali.
KaMubukwana	Zimpeto, Magoanine A, Magoanine B, Magoanine C, George Dimitrov, Malhazine, 25 de Junho A, 25 de Junho B, Inhagoia A, Inhagoia B, Luís Cabral, Jardim, Nsalene, Unidade 7.
KaMavota	Mahotas, Laulane, 3 de Fevereiro, Hulene A, Hulene B, Mavalane A, Mavalane B, FPLM.
Nihamankulu	Aeroporto A, Aeroporto B, Munhuana, Chamanculo A, Chamanculo B, Chamanculo C, Chamanculo D, Xipamanine, Mikandjune, Malanga.
KaMaxakeni	Maxaquene A, Maxaquene B, Maxaquene C, Maxaquene D, Mafalala, Urbanização.
KaMpfumo	Malhangalene A, Malhangalene B, Coop, Sommerchild, Alto Maé A, Alto Maé B, Central.

Fonte: (CMM, 2021) & (Medicusmundi Catalunya, 2016)

3.2. Clima

O clima em Moçambique é caracterizado por ser quente e húmido, com variações ao longo do país devido a factores como a continentalidade, altitude, exposição e posição geográfica, que se propagam devido a diferenças regionais e locais entre o litoral e o interior entre os vales (Salamandane, et al., 2021).

A Bacia do Rio Infulene caracteriza-se por uma estação chuvosa claramente distinguível, a partir de Outubro a março e estação seca. A precipitação média anual varia de 1000 mm a 400 mm. A temperatura média anual varia de 22° C a 29° C. A umidade relativa do ar atinge 67,3% a 80,5% (Instituto Nacional de Estatística- INE, 2020). Diminui da costa para o interior e com o aumento da altitude.

CAPITULO 4. PARTE EXPERIMENTAL

4.1. Pontos de recolha de amostras

As amostras foram colectadas em única época em todos bairros presentes na bacia do rio Infulene, para diferentes sistemas de abastecimento de água. Durante a recolha de amostra foi conduzido um inquérito onde foram mapeados os tipos de fonte usada pela população de cada bairro. Nas entrevistas realizadas os itens abordados foram: o tipo de fonte utilizada, a qualidade da água (opinião do usuário com relação à água que ele consome como fonte alternativa), acesso e uso da água disponível assim como o tipo de saneamento existente em cada bairro, e que actividades são desenvolvidas na bacia. Após o levantamento e mapeamento das fontes de captação de água, 58 amostras foram colectadas para posterior realização de análises físico-químicas e microbiológicas de acordo com os parâmetros estabelecidos diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro de 2004, do Ministério da Saúde.

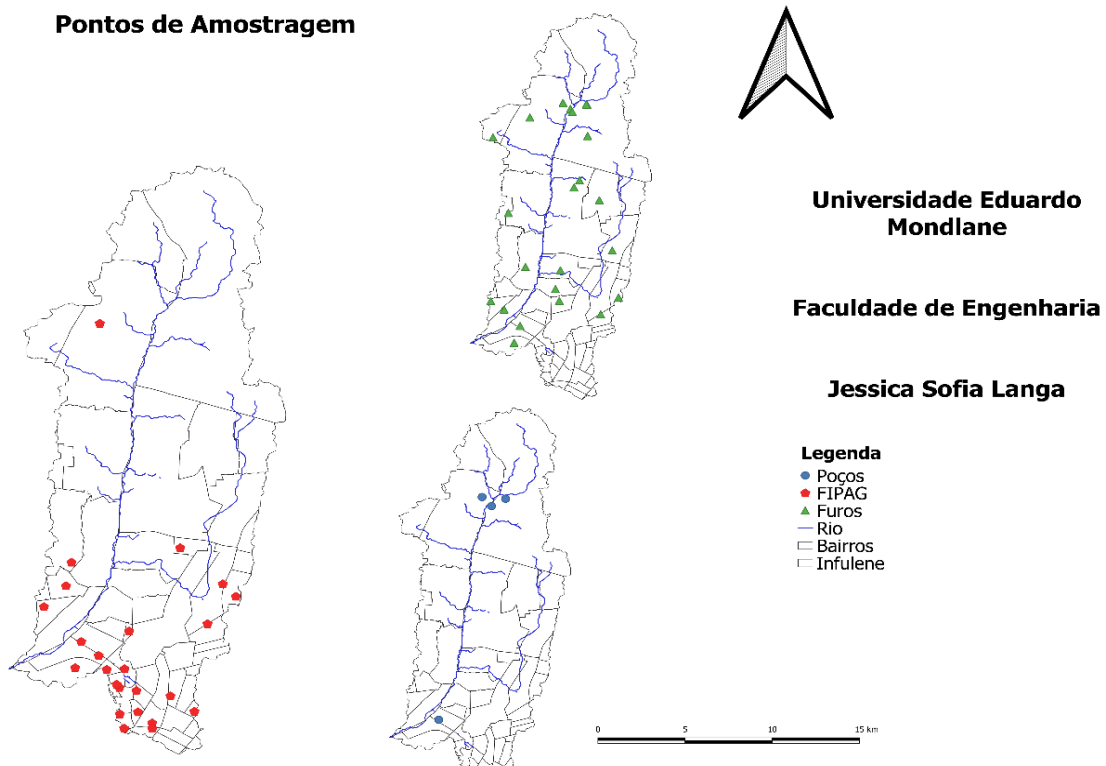


Figura 6: Pontos de amostragem

Tabela 4. Pontos de amostragem

Simbologia	Bairros
 Furos	Muhalze, Intaka 2, Zimpto, Magoanine A, C, Laulane, Hulene A, Luis Cabral, Inhagoia B, Vale do Infulene, A. Lusaka, Khongolote, Z. Verde, G. Dimitrov, Intaka, Kumbeza, Mali, Bagamaio, 25 de Junho
 Rede Pública	Intaka 2, Malhazine, Lualane, Hulene (A e B), L. Cabral, Unidade 7, Xipamanine, Chamanculo (A e D), Maxaquene (A e C), Mafalala, Jardim, Inhagoia B, A. Lusaka, T3, Ndlavela, Munhuana, Alto maé A, Malanga, Nsalene, Aeroporto B, Minkadjuine
 Poços	Kumbeza, Mali, Intaka e Inhagoia B

Fonte: Autoria própria

4.2. Análises *in-situ*

As análises *in-situ* foram feitas com base em equipamento Hach HQ40d *multi*, através da imersão da sonda nas amostras de água colectadas para medição imediata dos parâmetros, pH, oxigénio dissolvido, temperatura, sólidos totais dissolvidos, condutividade eléctrica. Foi também analisada a turbidez com o auxílio do Turbinímetro (TURB 430 T) previamente calibrado. A recolha de amostras foi feita com base nos procedimentos estabelecidos pela (APHA, et al., 2005.), e pelo (LNHAA, 1997), com vista a garantir a conformidade dos resultados.

4.3. Análises laboratoriais

No laboratório foram efectuadas as seguintes análises e os respectivos procedimentos, seguindo a seguinte sequência:

- ❖ Coliformes Totais;
- ❖ Escherichia Coli (E.Coli).

4.3.1. Análise de Coliformes Totais e E. Coli

A análise de Coliformes totais foi efectuada seguindo método do número mais provável (MPN/100ml), em período de menos de 24 horas da hora da colheita da amostra. O reagente (Colilert-18) foi misturado com 100ml da amostra e depois seladas e incubadas por um período de 18 horas, e só após esse período foram lidos os resultados. Estes procedimentos foram retirados no manual do fabricante.



Figura 7: Reagente Colilert-18

Fonte:

a) Materiais

- Recipientes de 100ml;
- Colilert-18;
- Quanti-Tray Sealer PLUS;
- Quanti-Tray/2000;
- SY-1L4H Water Baths;
- Luz Ultravioleta;
- Incubadora.

4.3.1.1. Procedimentos

Para fazer a análise de coliformes totais usando reagente colilert-18, primeiro coloca-se 100ml da amostra em recipiente de 100ml para de seguida colorar-se o

reagente. Uma vez colocado o reagente, agita-se devagar de modo a dissolver o reagente na amostra e seguida colocar nas placas (Quanti-Tray/2000), que depois são seladas usando Quanti-Tray Sealer PLUS e colocadas no banho por 10 minutos a uma temperatura de 45°C.



Figura 8: Quanti-Tray Sealer PLUS

Figura 9: SY-1L4H Water Baths

Fonte: Autoria propria

Após 10 minutos as amostras foram retiradas do banho e foram incubadas a uma temperatura de 35 °C por um período de 18 horas. Passado as 18 horas, as placas foram retiradas da incubadora para posterior leitura dos resultados. As placas que ficaram amareladas, significa que existe a presença de coliformes totais nessa amostra; e para a leitura de E.coli faz-se incidir a luz UV sobre essas placas, se as placas florescerem significa que existe a presença de E.coli.



Figura 10: Amostra positiva para coliformes totais e E. coli

Fonte: Autoria própria

CAPITULO 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados referentes as análises físico-químicas e microbiológicas das amostras colectadas durante as semanas de 06/05/22 a 13/05/22 e 21/08/22 a 25/08/22 nos bairros presentes na bacia do rio Infulene.

Os resultados foram divididos por cada sistema de abastecimento de água (Rede pública, Furo, Poço) e comparados com os limites permitidos pelo diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro de 2004, do Ministério da Saúde.

A partir das análises efectuadas observa-se que os resultados dos parâmetros físico-químicos, pH, Conductividade eléctrica, Turvação, Temperatura, Oxigénio Dissolvido, Sólidos Totais dissolvidos estão dentro dos limites admissíveis e os gráficos podem ser observados nos anexos do presente trabalho, entretanto os resultados de coliformes Totais e E. coli apresentam valores altos ao limite admissível, principalmente nas amostras de abastecimento alternativo, provavelmente devido à falta de tratamento com cloro, obrigatório pela legislação vigente para água potável.

Os gráficos que se seguem, estão representados os valores de coliformes totais e E. coli das duas campanhas de recolha de amostras nos bairros para os 3 sistemas de abastecimento de água.

Coliformes Totais e E. Coli

5.1. Água da rede Pública

No gráfico 1 e 2 estão apresentados os resultados de coliformes totais e E. coli respectivamente, para água da rede pública, onde das 25 amostras analisadas 20% contem CT e 8% contem E.coli, sendo os valores máximos registrados para 1ª e 2ª campanha 22.2 MPN/100 ml e 209.8 MPN/100 ml para CT e 1.0 MPN/100 ml e 5.3 MPN/100 para E. coli.

Dentre os 3 sistemas de abastecimento este apresenta-se como sendo o menos problemático, isto porque a água é desinfetada na estação de tratamento de água potável e transporta cloro residual que continua desinfetando a água através do sistema de distribuição. No entanto o resultado positivo de CT e E.coli nessas amostras deveu-se pelo facto de que as amostras foram colhidas em recipientes de conservação e armazenamento, e não directamente da torneira, devido a intermitência do sistema.

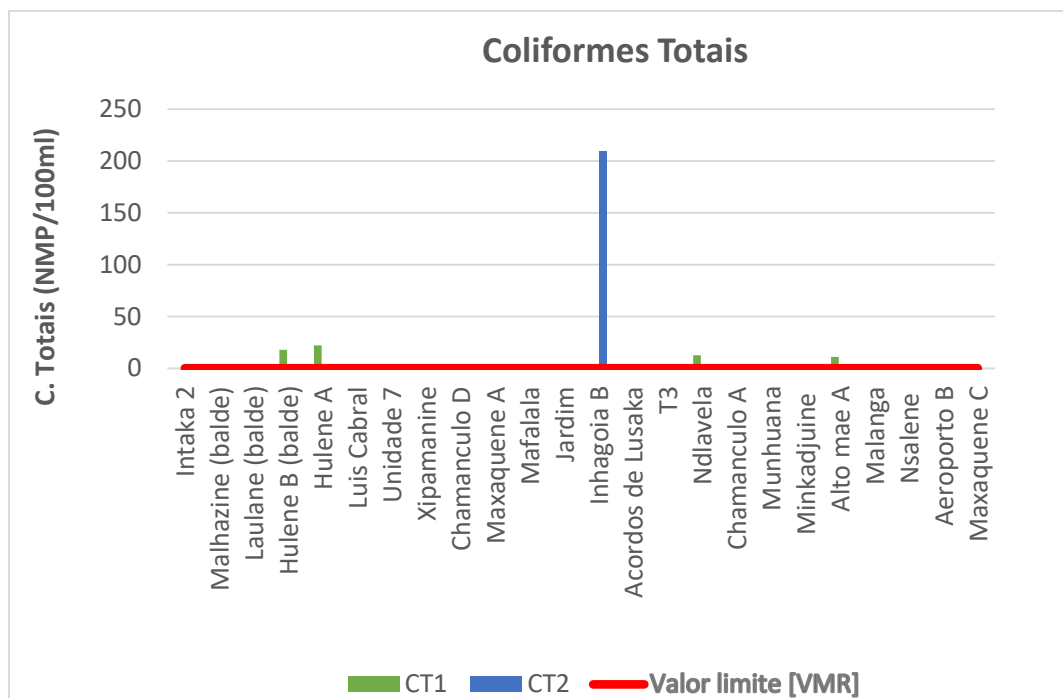


Gráfico 1. Valores de Coliformes Totais para água da rede pública

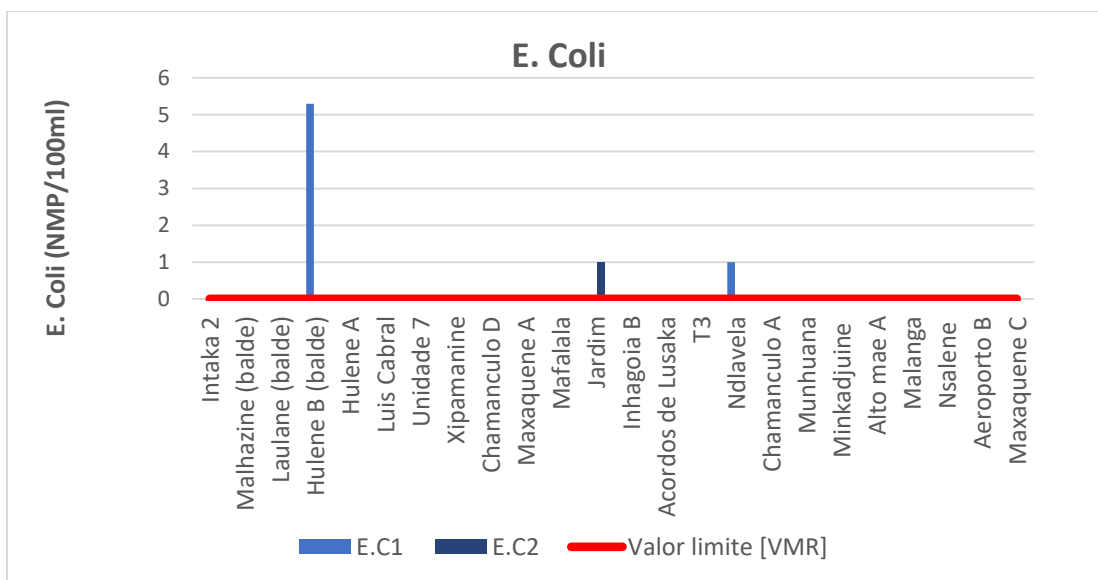


Gráfico 2. Valores de E. Coli para água da rede pública

5.2. Água dos furos

No gráfico 3 e 4 estão apresentados os resultados de coliformes totais e E, coli respectivamente, para água dos furos, onde das 24 amostras analisadas 79.2% contem CT e 20.8% contem E. coli, sendo os valores máximos registrados da 1ª e 2ª campanha 5810 MPN/100 ml e 2419.6 MPN/100 ml para CT e 100 MPN/100 ml e 980 MPN/100 ml para E. coli.

O principal motivo que pode explicar a existência de TC e E. coli nas amostras de água colhidas em águas do furo é a falta de desinfecção. Nesses pequenos sistemas de distribuição de água, a água subterrânea é bombeada por furos e armazenada em tanque e distribuída por meio de sistema de tubulação para os consumidores finais sem tratamento. Neste caso a água é prontamente contaminada nos tanques (durante o processo de lavagens dos tanques), sistema de distribuição de água ou quando chega ao usuário final. Outro motivo é o facto de que em grande maioria dos bairros em que predomina o sistema de abastecimento de águas subterrâneas enfrentam problemas de saneamento básico e são caracterizados pela existência de várias famílias que partilham o mesmo quintal e serviços básicos de água e saneamento e a maioria das famílias ainda faz uso de latrinas tradicionais.

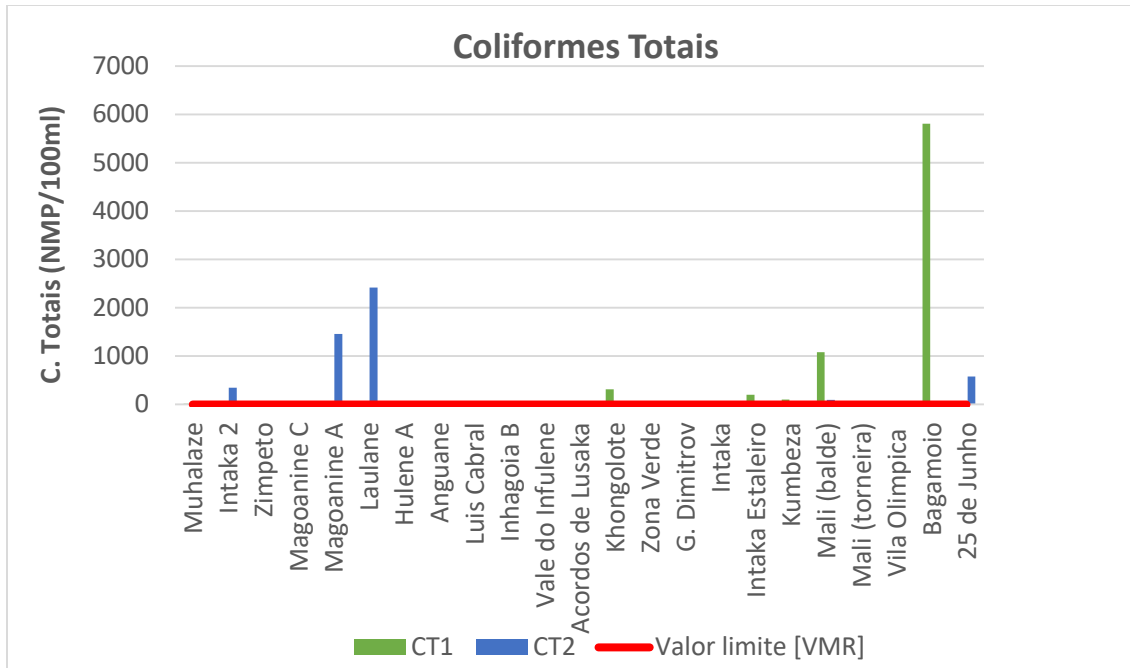


Gráfico 3. Valores de Coliformes Totais para água do furo

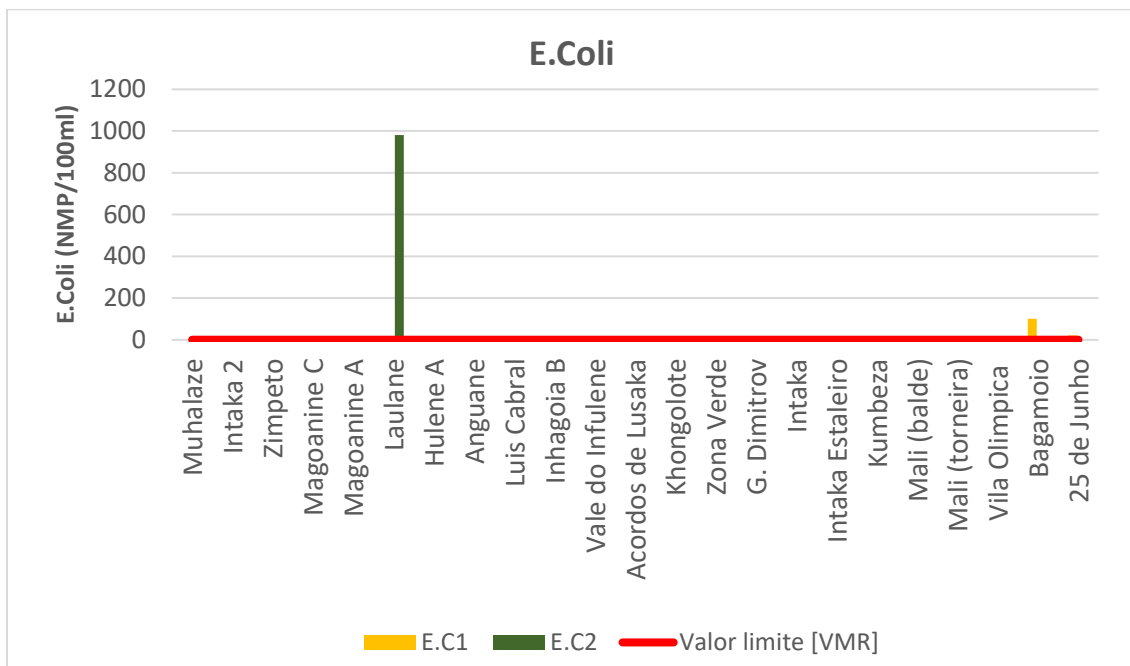


Gráfico 4. Valores de E. coli para água do furo

5.3. Água dos poços

No gráfico 5 e 6 estão apresentados os resultados de coliformes totais e E. coli respectivamente, para água dos poços, onde das 4 amostras analisadas 100% contem CT e 50% contem E. coli, sendo os valores máximos registrados na 1ª e 2ª campanha 2880 MPN/100 ml e 6020 MPN/100 ml para CT e 410 MPN/100 ml e 860 MPN/100 ml para E. coli.

De forma geral, as amostras de água mais contaminadas foram as do poço e está contaminação acontece porque os poços são mal contruídos e não tem nenhuma protecção, localizados em zonas que enfrentam problemas de saneamento básico e que o uso de latrinas tradicionais em muito comum por parte da população. Por outro lado, está contaminação além de ocorrer na fonte, ocorre durante o armazenamento de utilização da água.

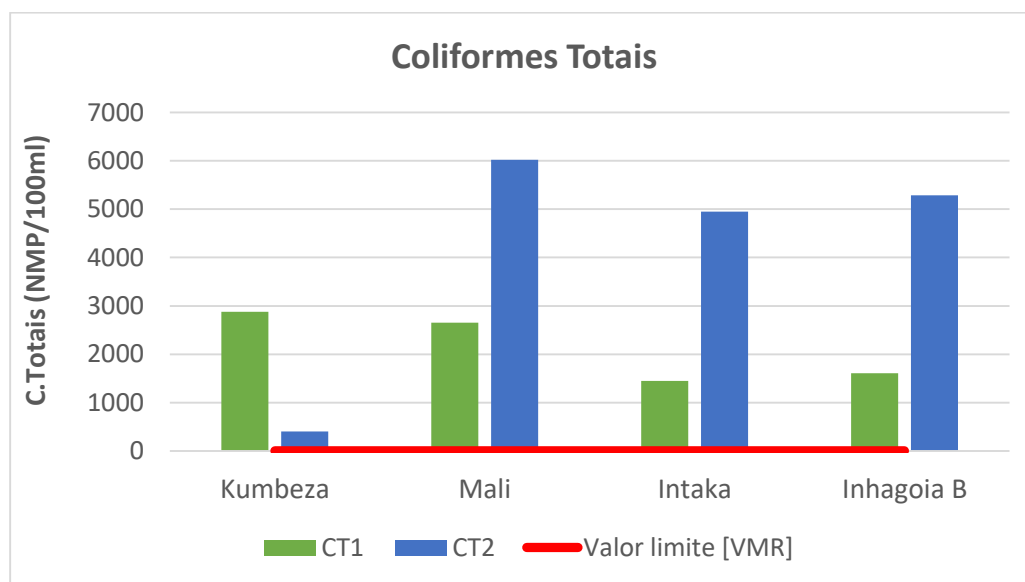


Gráfico 5. Valores de coliformes totais para água do poço

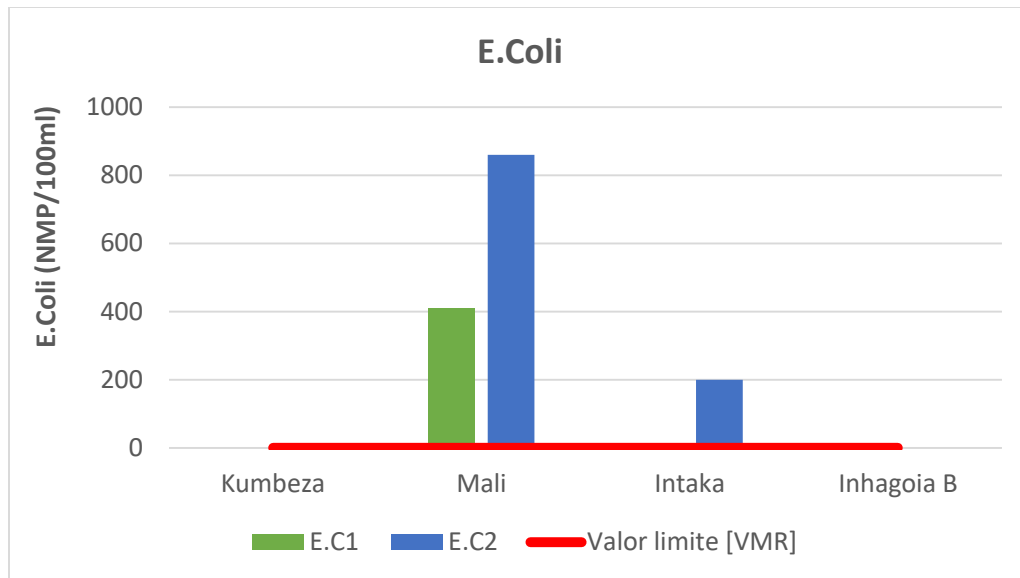


Gráfico 6. Valores de E. coli para água do poço

Mapa distribuição de poluição na Bacia do Rio

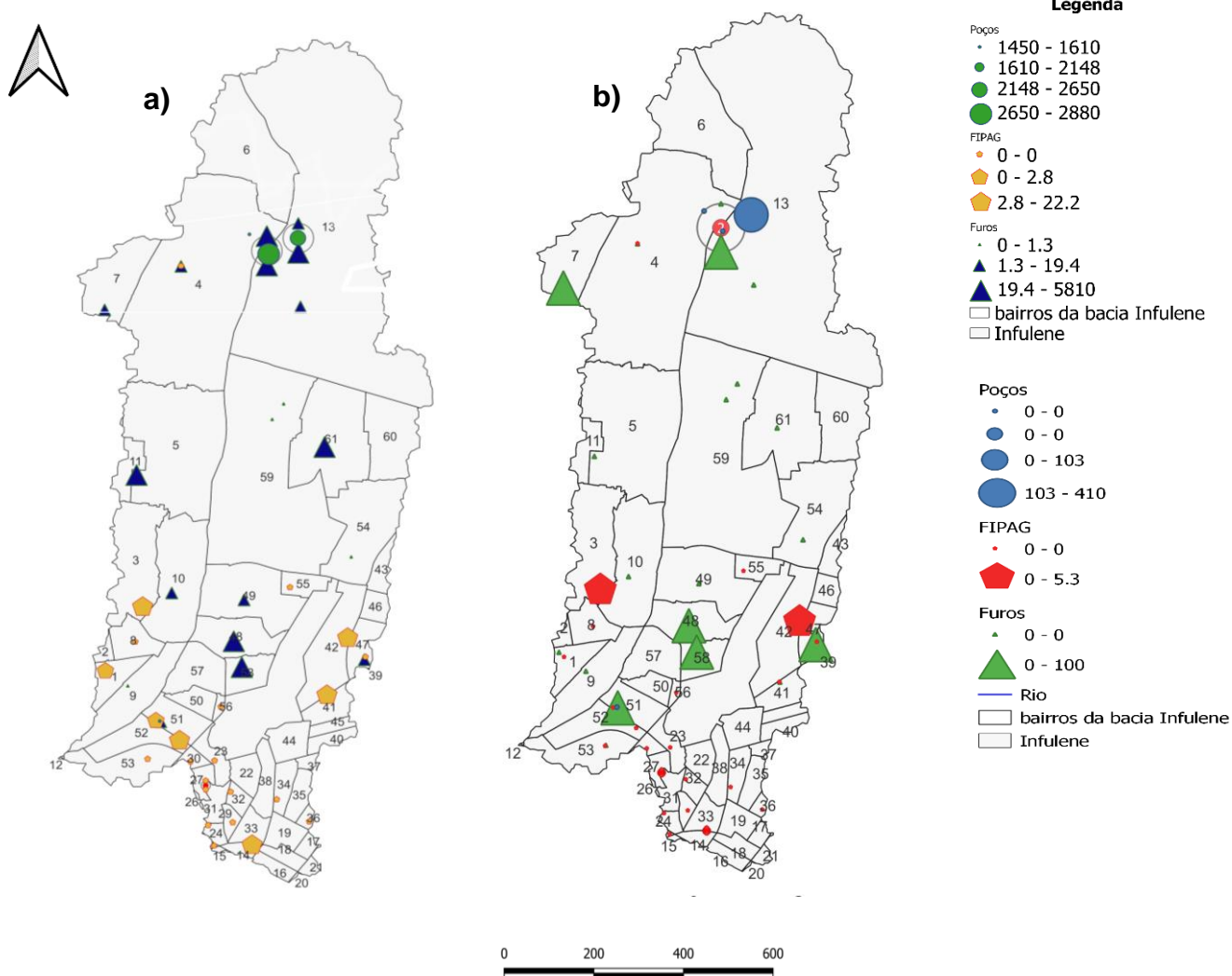


Figura 11: Distribuição espacial de poluição a) CT e b) E.Coli

Fonte: Autoria própria

A figura 10 mostra que Inhagoia, Hulene, Bagamoio, 25 de junho, zona Verde, Kumbeza, Mali, são bairros que cuja a concentração de CT e E. Coli na água da rede de distribuição é muito elevada. Nestes bairros o sistemas de abastecimento de água predominante são furos e poços, cuja a fonte são águas subterrâneas e retransmitem as águas subterrâneas. A contaminação ocorre porque a tubagem de água está exposta,

quebrada e com fornecimento de água intermitente, facilitando assim a entrada de contaminantes na rede de distribuição de água.



Figura 12: Fontes de água potável a) poço de água superficial, b) pequenos sistemas de abastecimento de água que dependem de água subterrânea, c) má distribuição de água e sistema de distribuição de água potável em assentamentos informais.

Fonte: Autoria própria

Aliado a isso, estes bairros são caracterizados por assentamentos informais, com elevada densidade de ocupação e associada a habitações construídas de forma precária, e sem devido ordenamento territorial. Caracterizam-se ainda por becos que não permitem a passagem de duas pessoas a par, e em tempos chuvosos são intransitáveis devido a inundações nas residências e vias de acesso, ou até mesmo deslizamentos de terra.



Figura 13: Tipo de ruas existentes nos bairros da bacia do rio Infulene

Fonte: Autoria própria

Nestes bairros a situação é bastante crítica em termos de saneamento do meio. A maioria das famílias não dispõe de fossa séptica, ou as que possuem, nunca faz o esvaziamento das mesmas, tendo as mesmas admitido que as fossas foram construídas sem fundo cimentado de modo que estas “nunca” enchem. Entretanto, a situação da higiene dos sanitários compartilhados deixa muito a desejar, pois, apresentam muita imundice.



Figura 14: Latrinas existentes em assentamentos informais na bacia do rio Infulene

Fonte: Autoria própria

CAPÍTULO 6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões tendo em consideração os objectivos traçados no início da pesquisa. São também apresentadas as possíveis recomendações para estudos futuros relacionados com o tema em estudo.

6.1. Conclusão

A população residente nos bairros que fazem parte da bacia do rio Infulene abastecem-se de águas dos seguintes sistemas de abastecimento: rede pública, furos (fornecedores privados) e poços.

Nas amostras de água analisadas nos três sistemas de abastecimento, a temperatura, pH, oxigênio dissolvido, conductividade eléctrica, sólidos totais dissolvidos e turvação, os resultados não variaram muito entre os pontos da área estudada e todas se mostram dentro dos limites estabelecidos pelo diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro de 2004, do Ministério da Saúde, entretanto os resultados análises microbiológicas apresentaram valores altos ao limite admissível, principalmente nas amostras de abastecimento alternativo.

A água da rede pública apresentou-se como sendo o sistema de abastecimento de água menos problemático em comparação aos sistemas de abastecimento de água alternativos, com 20% de amostras positivas para CT e 8% para E. coli (n=25), enquanto que os furos apresentaram 79.2% para CT e 20.8% para E. coli (n=24) e Poços com 100% para CT e 50% para E. coli (n=4).

Estes baixos nível de contaminação na água da rede pública deve-se pelo facto de o mesmo fazer tratamento de água, onde a cloração é a etapa final, visando a desinfecção e evitar contaminação água por contaminantes que podem entrar nas tubagens no momento de intermitência do sistema. Porém, a contaminação é causada pela intermitência, pois obriga a população a armazenar a água em recipientes, possibilitando contaminação da água nos tanques de armazenamento.

Os sistemas de abastecimento de água alternativos (furos e poços) são substancialmente mais propensos a serem contaminados, e apresentam níveis mais

altos de contaminação do que a água da rede pública. Os mesmos são muito predominante nas zonas rurais, onde o sistema de saneamento é deficiente, a maioria dos assentamentos são informais, com elevada densidade de ocupação e associada a habitações construídas de forma precária. Além disso, os fornecedores de água não efectuam desinfecção da água por acharem que o manancial é “protegido” e devido ao preço do cloro.

6.2. Recomendações

Recomenda-se:

- Consciencialização das populações da importância da preservação da água do aquífero com vista em acabar com o pernicioso hábito de utilizar sanitários mal construídos e pôr uma política adequada de saneamento básico para as populações ali existentes.
- A introdução de um programa de monitoramento de qualidade de água para o consumo humano de acordo com os recursos disponíveis, de modo a acompanhar a evolução dos parâmetros de qualidade de água e mitigar a contaminação da fonte.
- Cloração da água nos tanques de armazenamento para prevenir a contaminação ao longo do sistema de distribuição.
- Formas de tratamento de água domiciliar como fervura e filtração.

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFIA

7.1. Referências Bibliográficas

1. Andrade, M. V. S. d. et al., 2016. Microbiological evaluation of drinking water available in schools in Cruz das Almas, Brazil. *African Journal of Microbiology Research*, Volume 10, pp. 4-11.
2. Anthonj, C., Githinji, S. & Kistemann, T., 2018. The impact of water on health and ill-health in a sub-Saharan African wetland: Exploring both sides of the coin. *Science of the Total Environment*, Volume 2, pp. 199-235.
3. APHA, AWWA & WEF, 2005.. *Standard Methods for the Examination of Water and Waswater. 22th Ed.* [Sound Recording].
4. Arit Udoh, A. et al., 2021. Microbial contamination of packaged drinking water. *Trop Med Int Health*, Volume 5, pp. 30-48.
5. Bain, R. et al., 2014. Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review. *Tropical Medicine and International Health*.
6. Casedei, E., 2016. *Moçambique: Águas, Alimento e Ambiente.* 4 ed. Maputo: Porto Editora.
7. Caylak, E. & Tokar, M., 2011. Investigating chemical and microbiological contaminants in drinking water of Cankiri Province, Turkey. *Environ Earth Sci*, Volume 6, pp. 153-211.
8. CMM, 2021. *Componente 1: Melhoria Integrada dos Assentamentos Informais (Diagnostico integrado).* Maputo: Conselho Municipal da Cidade de Maputo.

9. Diploma Ministerial nº 180/2004 de 15 de setembro de 2004, Ministério da Saúde
10. Fortes, A. C. C., 2018. Índice de qualidade de água para consumo humano: uma proposta de ferramenta para a vigilância da qualidade da água comunicar os resultados à sociedade. *jornal de microbiologia aplicada*, Volume 9, pp. 50-62.
11. Gizachew, M., Admasie, A., Wegi, C. & Assefa, d. E., 2020. Bacteriological Contamination of Drinking Water Supply from Protected Water Sources to Point of Use and Water Handling Practices among Beneficiary Households of Boloso Sore Woreda, Wolaita Zone, Ethiopia. *International Journal of Microbiology*, Volume 3, pp. 11-22.
12. Heller, L. & Pádua, V. L., 2010. Abastecimento de água para o consumo humano. *Jornal internacional de Lingua portuguesa*, Volume 17, pp. 44-67.
13. Holcomba, D. A. et al., 2019. Human fecal contamination of water, soil, and surfaces in households sharing poor-quality sanitation facilities in Maputo, Mozambique. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Volume 9, pp. 7-15.
14. Instituto Nacional de Estatística- INE, 2020. *Indicadores Básicos do Ambiente - Moçambique*. Moçambique: Instituto Nacional De Estatística.
15. Islam, M. S. et al., 2006. Faecal contamination of drinking water sources of Dhaka city during the 2004 flood in Bangladesh and use of disinfectants for water treatment. *Journal of Applied Microbiology*, Volume 8, pp. 68-95.
16. Lamego, A. R., 2020. O desafio do saneamento em comunidades rurais e a importancia do monitoramento da qualidade de agua. *Boletim do Observador Ambiental*, Volume 14, pp. 5-19.
17. Libano, M., 2005. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. Campinas : Átomo. 3 ed. Campinas: Editora Atômo.

18. Linhares, F. M., 2009. Potencial Hidrogeológico e a qualidade da água subterrânea no município de Brejo do Cruz-P. *Biology*, Volume 5, pp. 178-241.
19. Luby, S. P. et al., 2015. Microbiological Contamination of Drinking Water Associated with Subsequent Child Diarrhea. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, Volume 12, pp. 13-27.
20. Manuel, P., Leitão, A. & Boaventura, R., 2018. Qualidade da Água para Consumo Humano na Cidade do Uíge (Angola): Água Tratada do Sistema de Abastecimento Público e Água não Tratada de Fontes Alternativas. *Revista Internacional em Língua Portuguesa*, Volume 18, pp. 75-93.
21. McGrane, S. J., 2016. Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review. *Hydrological Sciences Journal*, Volume 7, pp. 345-356.
22. Medicusmundi Catalunya, 2016. *Mapa Sanitário - Município da Cidade da Matola*. Província de Maputo: Ministério da Saúde.
23. Nabeela, F. et al., 2014. Microbial contamination of drinking water in Pakistan. *Environ Sci Pollut Res*, Volume 8, pp. 144-178.
24. Porcy, C. et al., 2020. Microbiological evaluation of drinking water of houses located in a flooded area in the municipality of Amapá. *Electronic Journal Collection Health*, p. 912.
25. Rodrigues, A. P., M. Y. R.-S. & Silva, R. F. d., 2020. A qualidade da água para o consumo humano nas unidades sanitárias do distrito municipal da Katembe (Moçambique). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, Volume 65, pp. 289-321.
26. Salamandane, A., Vila-Boa, F., Malfeito-Ferreira, M. & Brito, L., 2021. High Fecal Contamination and High Levels of Antibiotic-Resistant Enterobacteriaceae in Water Consumed in the City of Maputo, Mozambique. *Biology*, p. 1.

27. Salamandane, A., Vila-Boa, F., Malfeito-Ferreira, M. & Brito, L., 2021. High Fecal Contamination and High Levels of Antibiotic-Resistant Enterobacteriaceae in Water Consumed in the City of Maputo, Mozambique. *biology*, Volume 2, pp. 6-13.
28. WHO; UNICEF, 2020. *Progress on sanitation and drinking-water - 2020 update*. 4 ed. France: WHO Library.
29. WHO, 2017. *Guidelines for Drinking-water Quality*. 4th ed. Geneva: OMS.
30. Wright, J., Gundry, S. & Conroy, R., 2004. Água potável domiciliar em países em desenvolvimento: uma revisão sistemática da contaminação microbiológica entre fonte e ponto de uso. *Medicina Tropical e Saúde Internacional*, Volume 7, pp. 3-16.

Anexos

Anexo A. Resultados das análises físico-químicas das amostras colectadas na área de estudo. Estas amostras encontram-se dentro do limites admissíveis pelo diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro de 2004, do Ministério da Saúde.

6. pH

Nos gráficos 1, 2 e 3 estão representados os resultados de pH das duas campanhas de recolha de amostras nos bairros para os 3 sistemas de abastecimento de água. Os resultados das análises a indicam a variação mínima 7 e a variação máxima 7.49 para água da rede pública, 7.01 e 7.59 para água do furo, 7.01 e 7.57 para água dos poços de abastecimento.

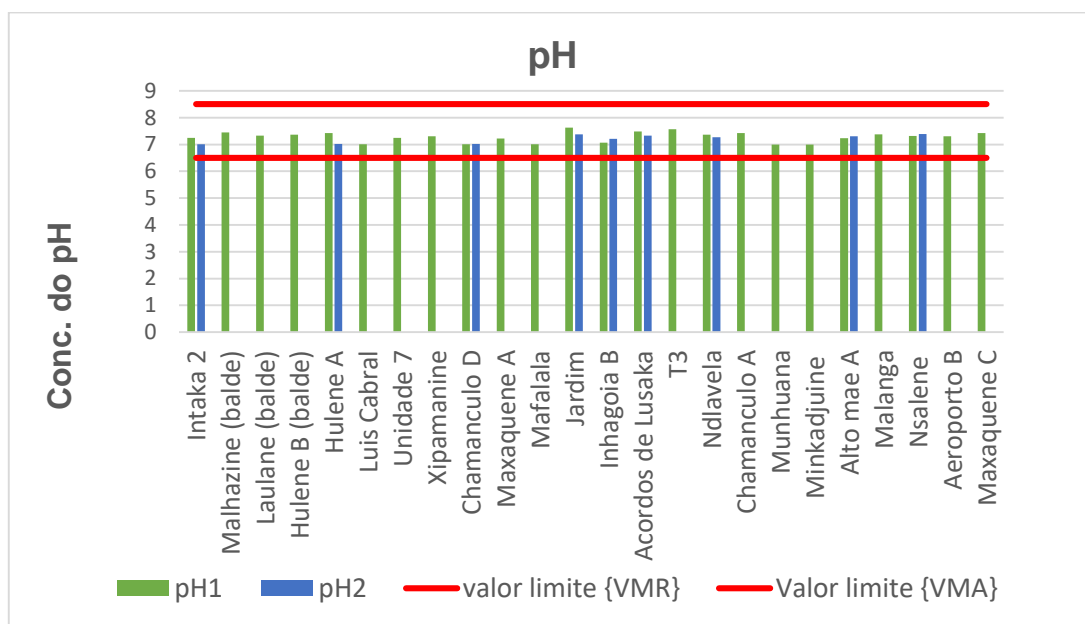


Gráfico 1. Concentração do pH da água da rede pública

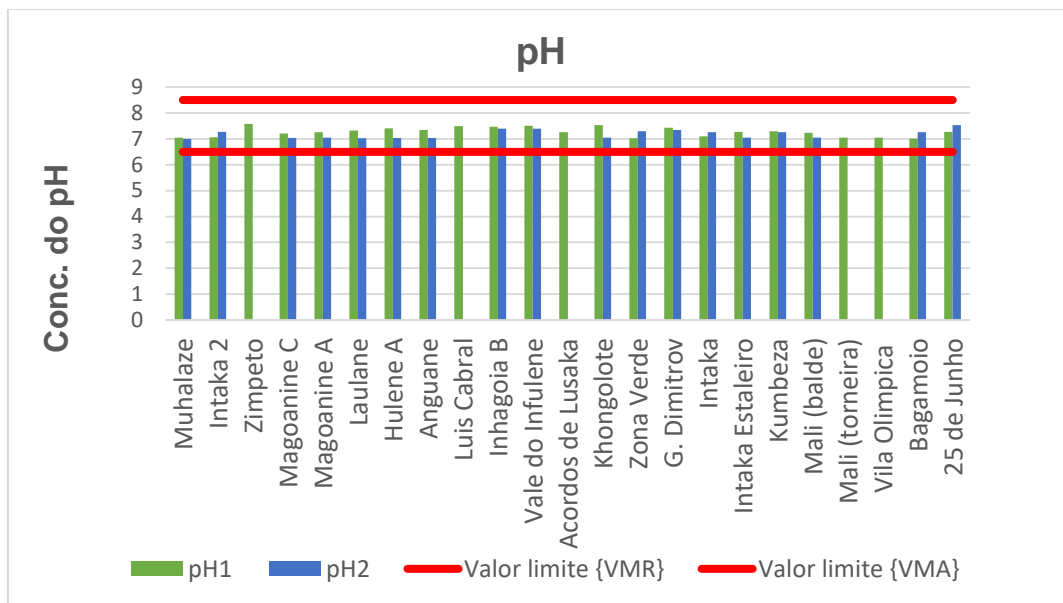


Gráfico 2. Concentração do pH da água do Furo

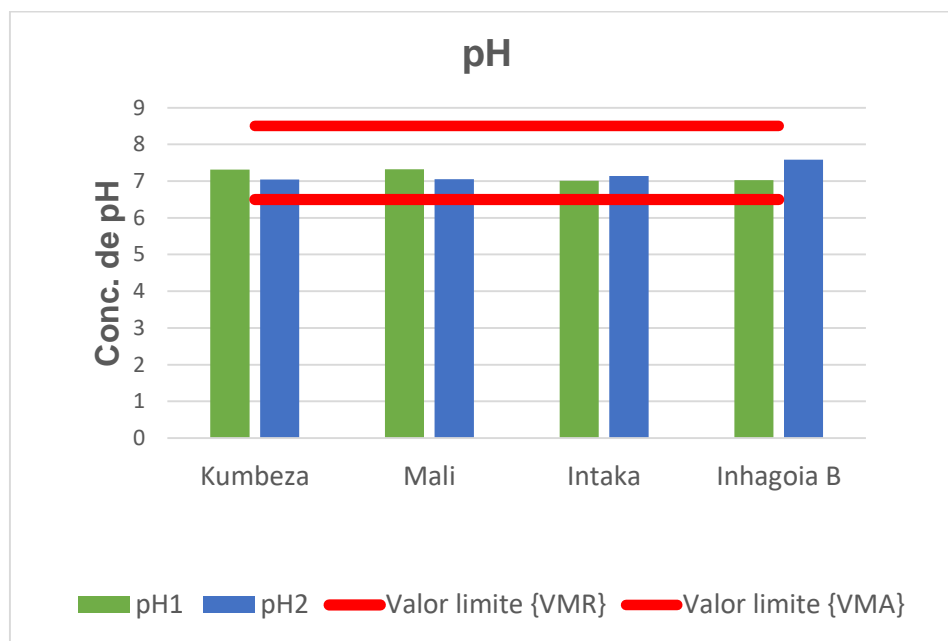


Gráfico 3. Concentração do pH da água do poço

7. Condutividade Eléctrica (CE)

No gráfico 4, 5 e 6 estão representados os resultados de condutividade das duas campanhas de recolha de amostras nos bairros para os 3 sistemas de abastecimento de água. Os resultados das análises a indicaram uma variação mínima de condutividade de 316 e a variação máxima de 748 o FIPAG, 316 e 1828.67 para água do furo, 484 e 1872.67 para água de poços de abastecimentos.

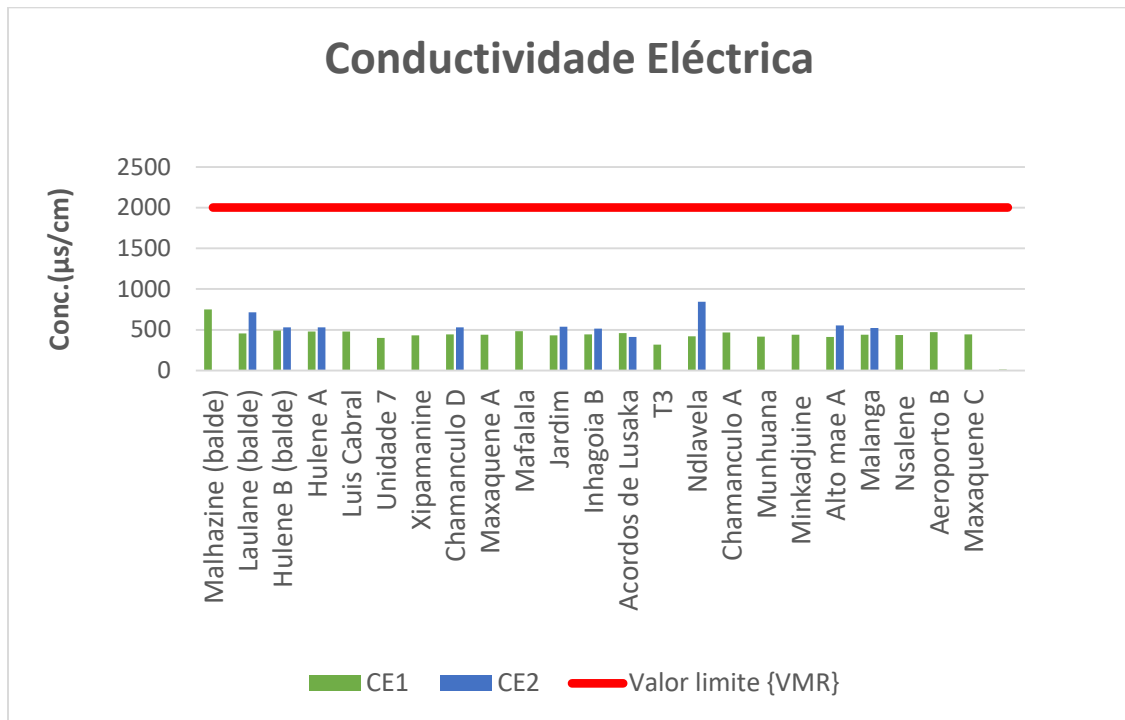


Gráfico 15. Concentração da CE da água da rede pública (FIPAG)

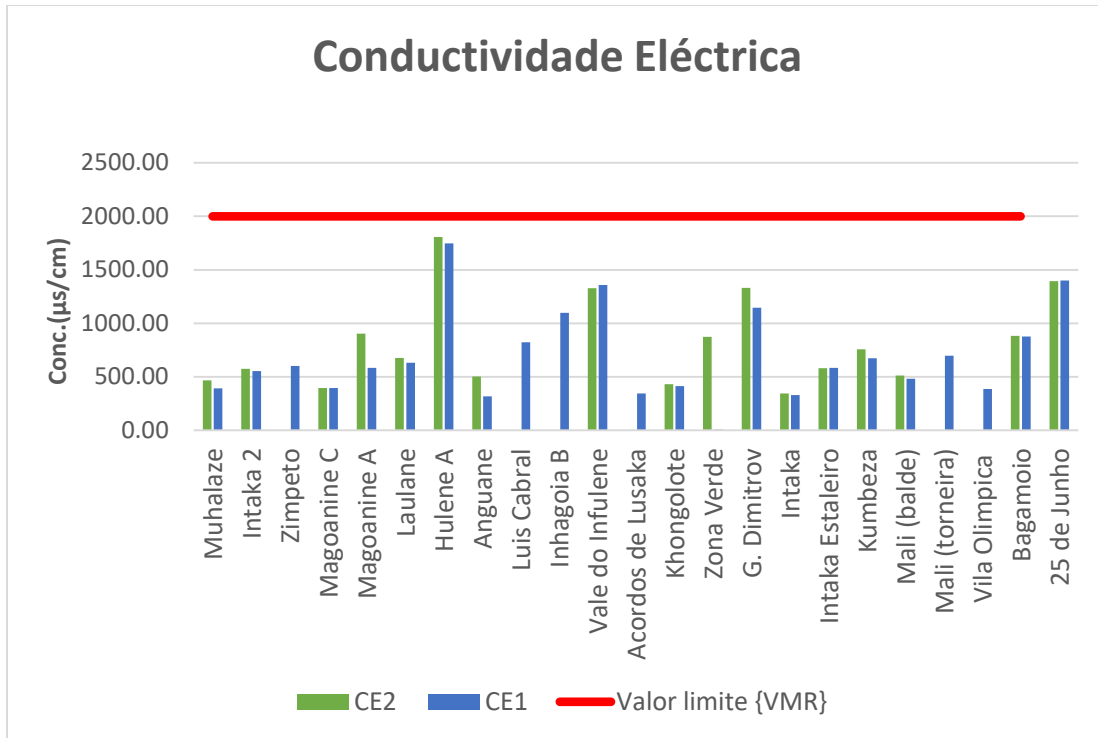


Gráfico 16. Concentração da CE da água do furo

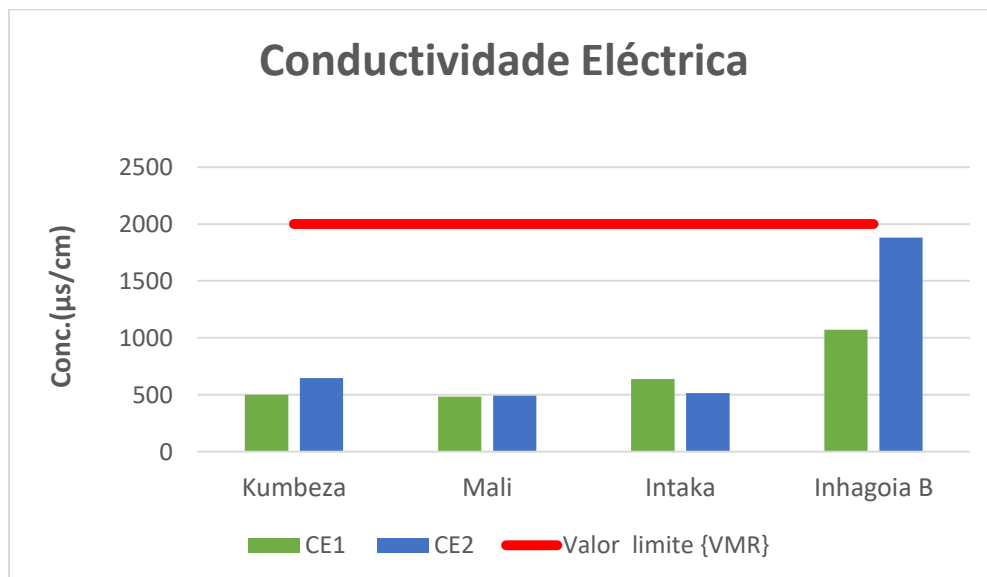


Gráfico 17. Concentração da CE da água do poço

8. Turvação

Nos gráficos 7, 8 e 9 estão representados os resultados de turvação das duas campanhas de recolha de amostras nos bairros para os 3 sistemas de abastecimento de água. Os resultados das análises a indicaram uma variação mínima de turvação de 0.08 316 e a variação máxima de 4.7 para água do FIPAG, de 0.3 e 2.49 para furos e de 0.34 e 4.19 para poços de abastecimentos.

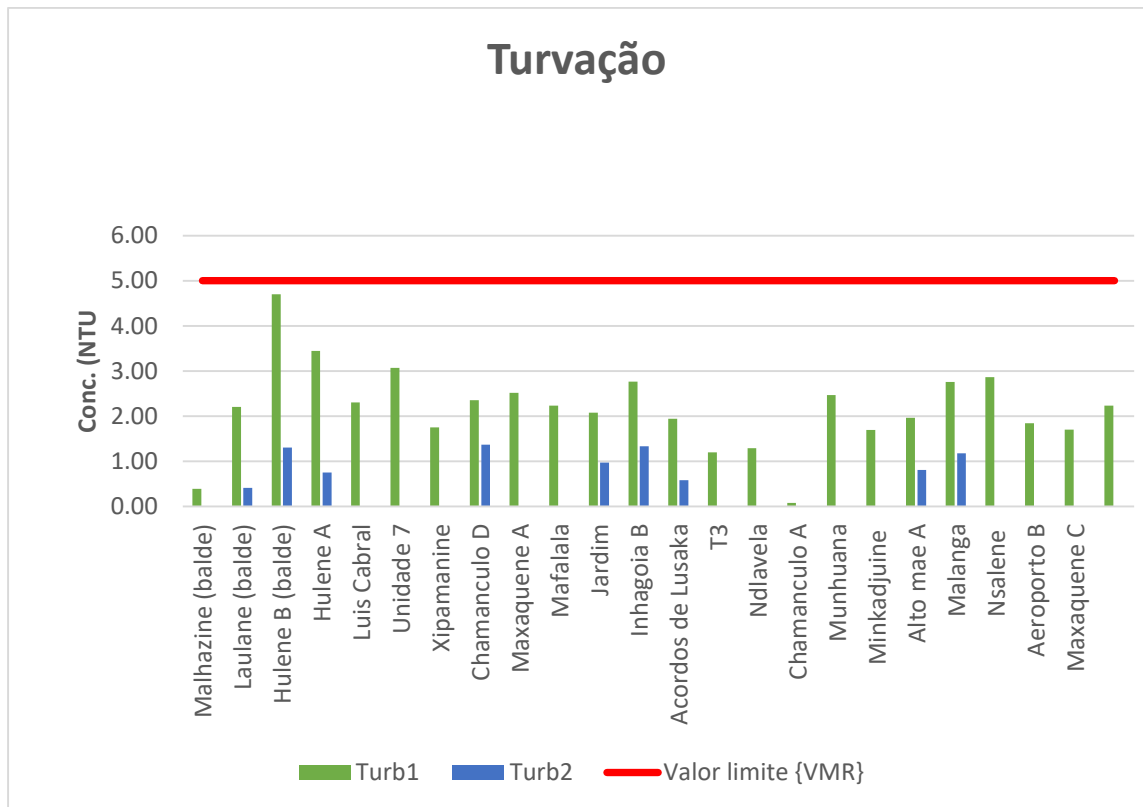


Gráfico 18. Concentração da Turvação da água da rede pública

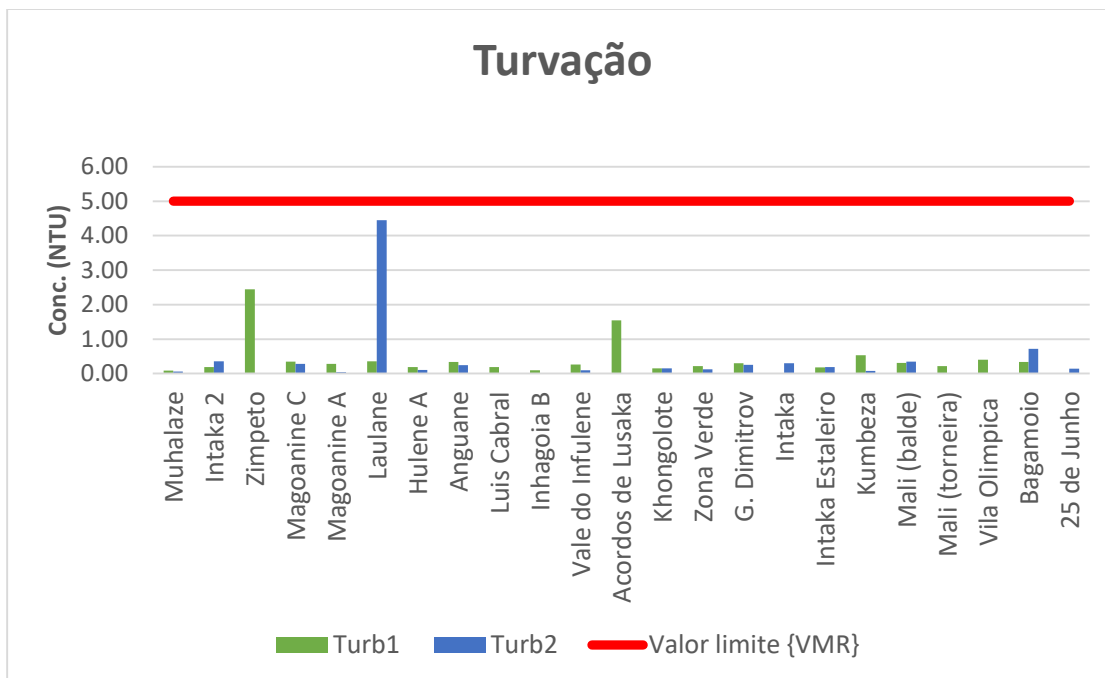


Gráfico 19. Concentração da Turvação da água do Furo

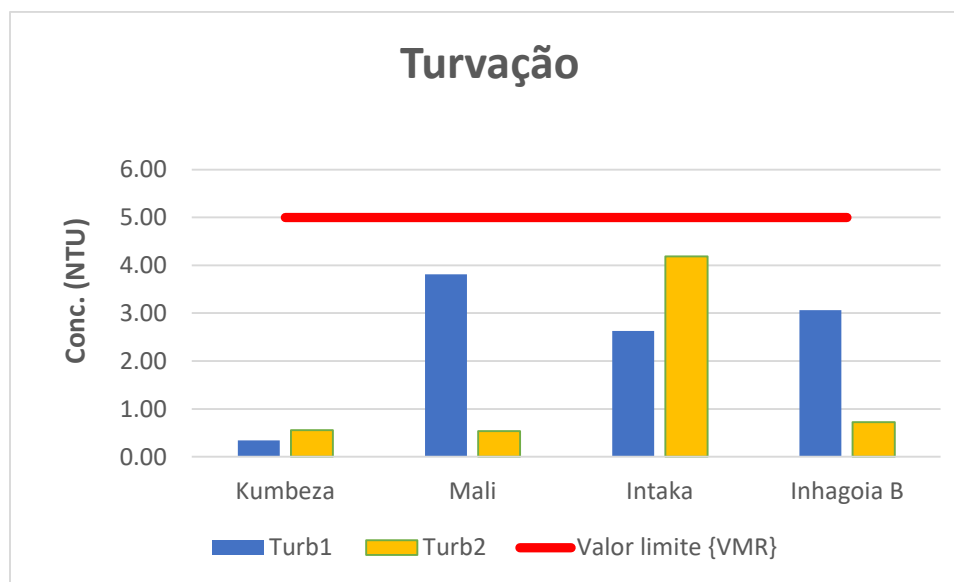


Gráfico 20. Concentração da Turvação da água do poço

9. Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)

Nos gráficos 10, 11 e 12 estão representados os resultados de TDS das duas campanhas de recolha de amostras nos bairros para os 3 sistemas de abastecimento de água. Os resultados das análises a indicaram uma variação mínima de TDS de 111 e a variação máxima de 344 para água da rede pública, de 122.4 e 489 para furos e de 235 e 478 para poços de abastecimentos.

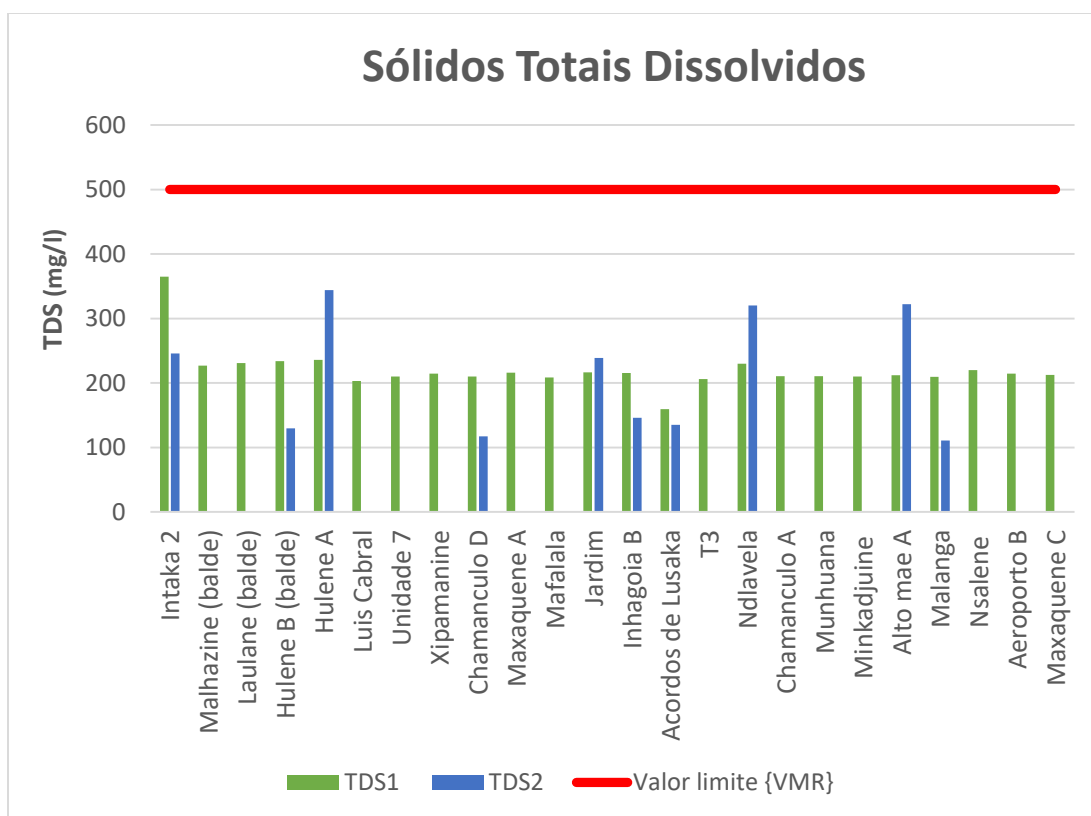


Gráfico 21. Concentração de TDS na água da rede pública

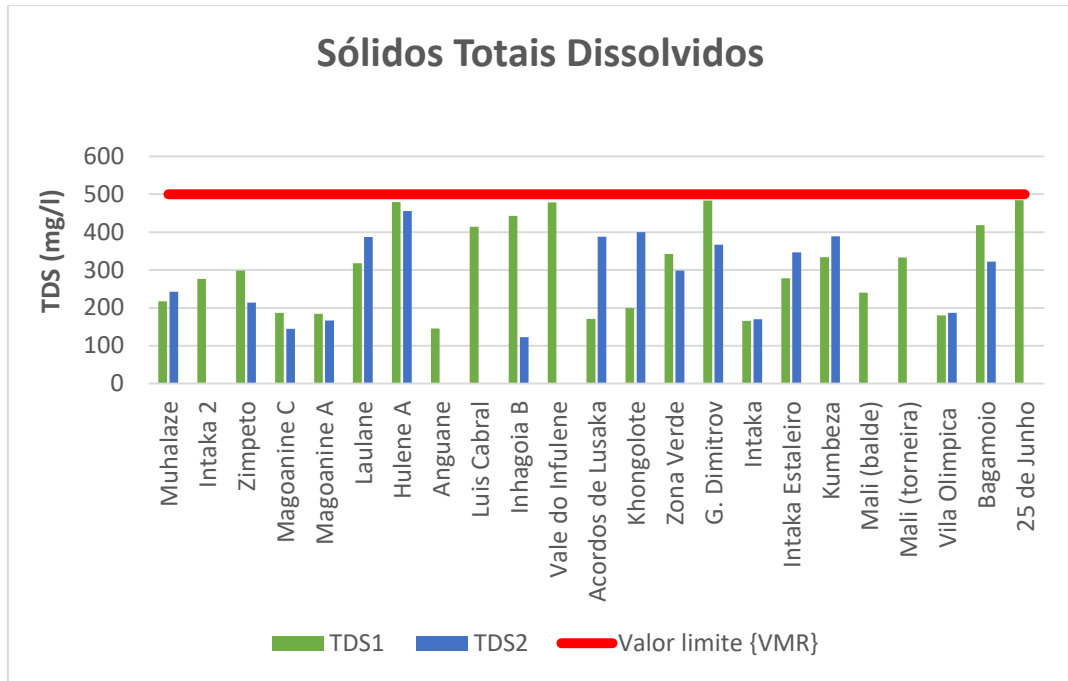


Gráfico 22. Concentração de TDS na água do furo

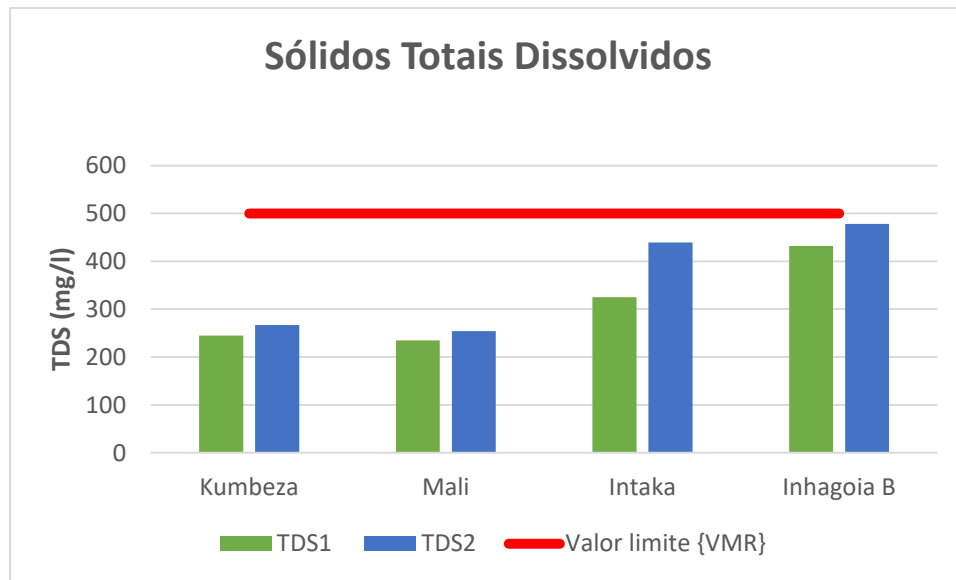


Gráfico 23. Concentração de TDS na água do poço

10. Oxigénio Dissolvido (OD)

Nos gráficos 13, 14 e 15 estão representados os resultados de OD das duas campanhas de recolha de amostras nos bairros para os 3 sistemas de abastecimento de água. Foram medidos em campo onde houve aeração das amostras e os resultados das análises a indicaram uma variação mínima de OD de 1.5 e a variação máxima de 10.23 para água da rede pública, de 1.55 e 8.03 para furos e de 2.44 e 5.57 para poços de abastecimentos.

No entanto, mesmo com esse viés de amostragem, os valores encontrados foram considerados válidos, pois se considerou a água dentro das características em que são consumidas pela população local.

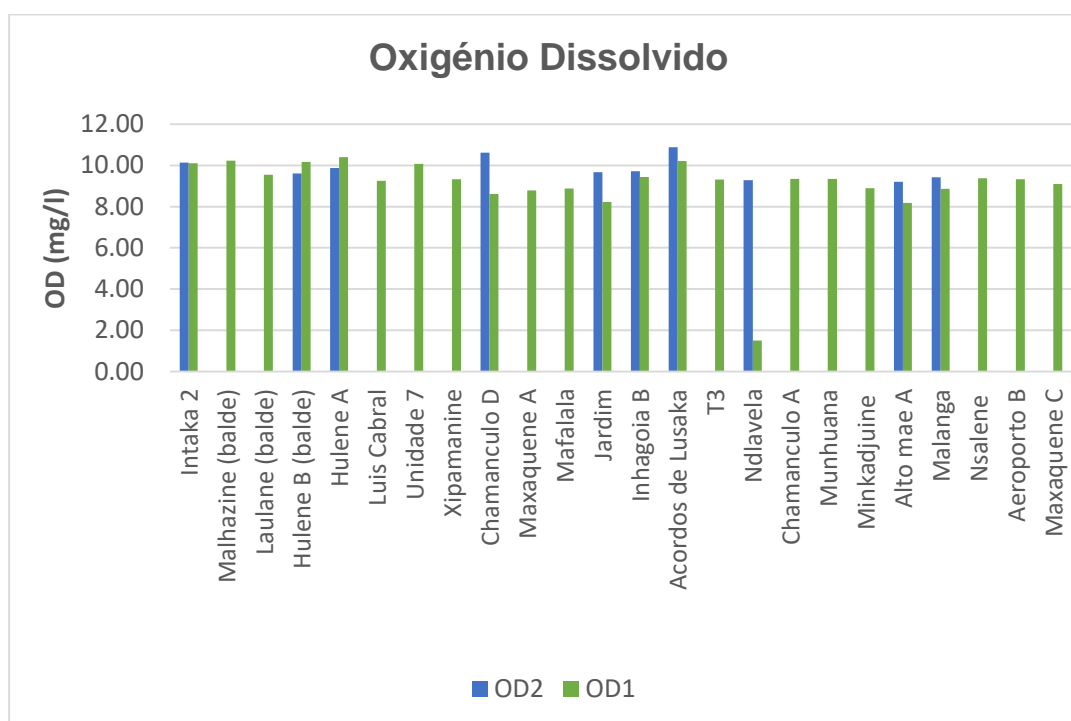


Gráfico 13. Concentração de OD na água da rede pública

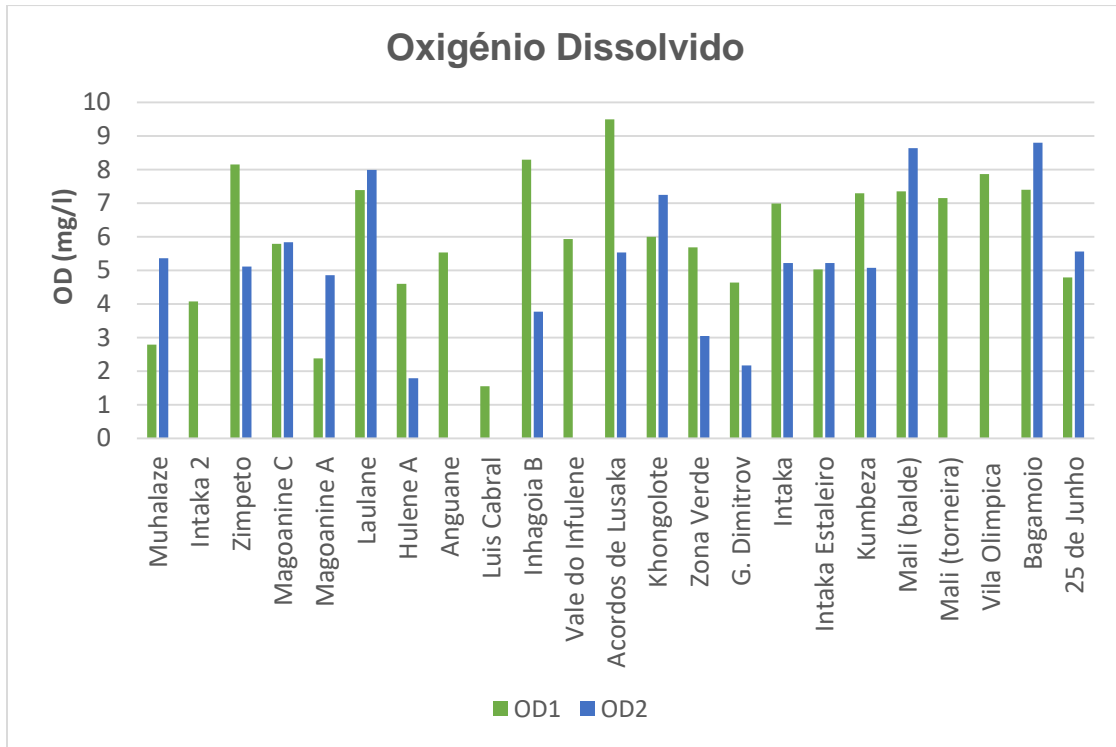


Gráfico 14. Concentração de OD na água do furo

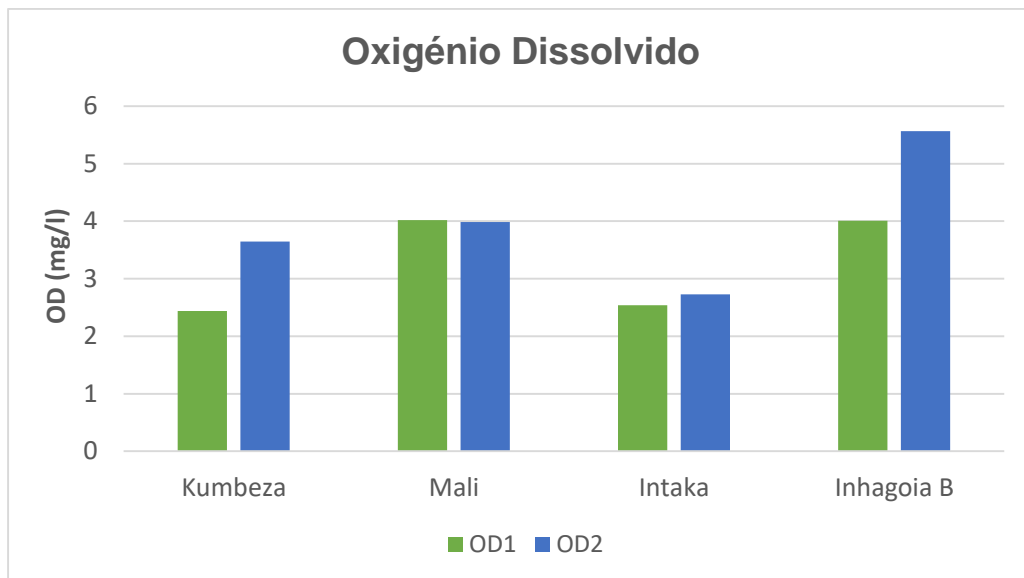


Gráfico 15. Concentração de OD na água do poço

11. Temperatura

Nos gráficos 16, 17 e 18 estão representados os resultados de OD das duas campanhas de recolha de amostras nos bairros para os 3 sistemas de abastecimento de água. Os valores de temperatura levantados, dispostos estavam condizentes com as temperaturas ambientes nos momentos das coletas.

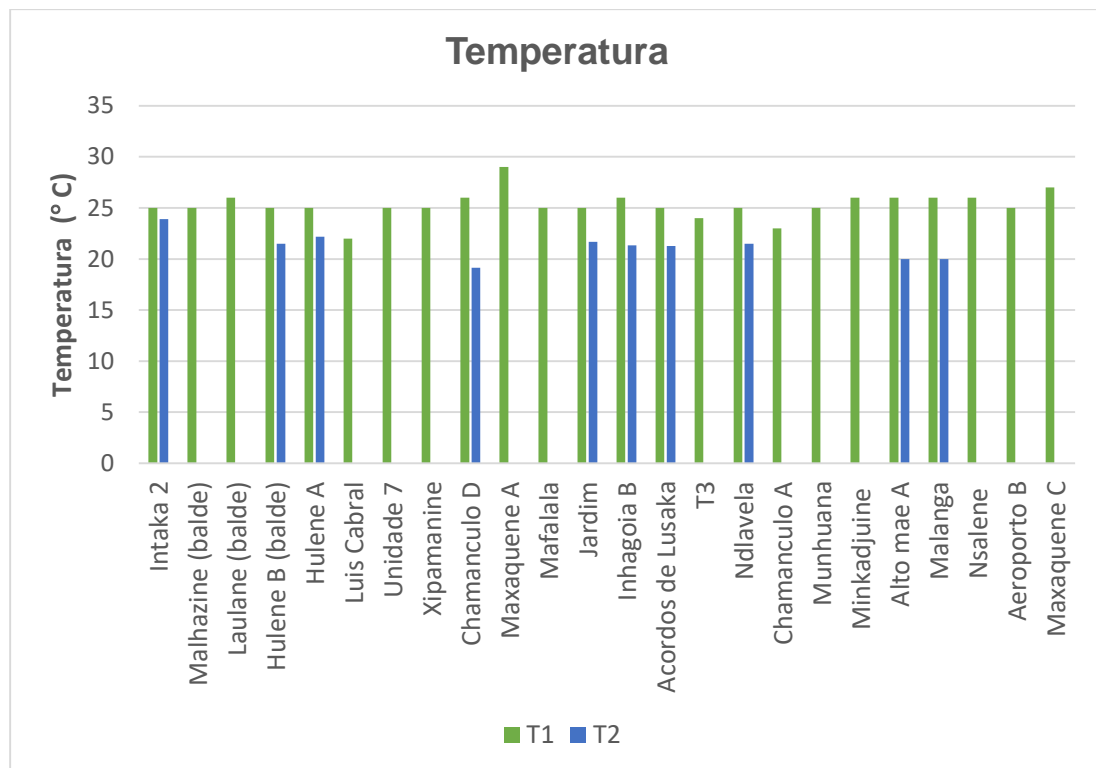


Gráfico 16. Temperatura na água da rede pública

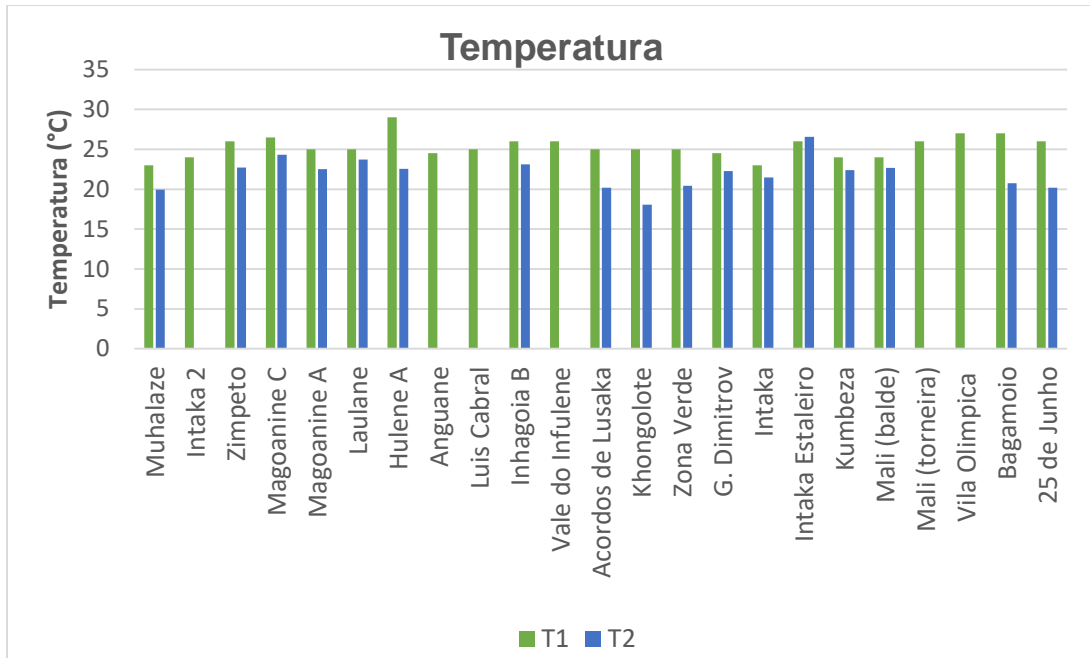


Gráfico 17. Temperatura na água do furo

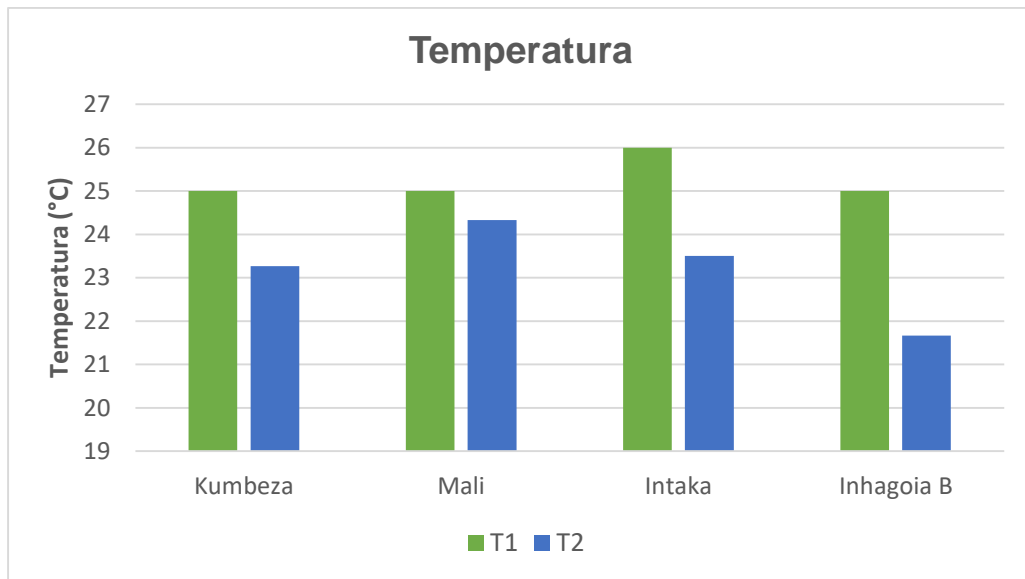


Gráfico 18. Temperatura na água do poço

Anexo B. Resultados das análises da qualidade de água para primeira campanha de coleta de amostras

Tabela 5. Resultados para água rede pública

Nome	Latitude	Longitude	T [°C]	pH	OD [mg/l]	CE [µS/cm]	TDS[mg/l]	E.Coli	CT	Turvação
Intaka 2	-25.79112	32.5532252	25	7.25	10.11	748	365	0	0	0.39
Malhazine (balde)	- 25.8832433	32.5833964	25	7.45	10.23	456	227	0	0	2.20
Laulane (balde)	-25.903185	32.604309	26	7.33	9.55	489	231	0	0	4.70
Hulene B (balde)	-25.898071	32.5993811	25	7.37	10.16	478	234	5.3	17.8	3.45
Hulene A	- 25.9144461	32.5936332	25	7.42	10.4	480	236	0	22.2	2.31
Luís Cabral	- 25.9324709	32.5439803	22	7.01	9.25	399	203.2	0	0	3.07
Unidade 7	- 25.9331832	32.5558398	25	7.25	10.07	430	210	0	0	1.75
Xipamanine	- 25.9406156	32.5606	25	7.31	9.33	445	214.5	0	0	2.35
Chamanculo D	-25.939289	32.5595326	26	7.01	8.62	438	210.2	0	0	2.52
Maxaquene A	- 25.9440615	32.5797336	29	7.22	8.79	481	216	0	0	2.23
Mafalala	- 25.9551698	32.5728753	25	7.01	8.88	430	208.7	0	0	2.08
Jardim	- 25.9274716	32.5528174	25	7.63	8.22	445	216.4	0	3.1	2.76
Inhagoia B	- 25.9217259	32.5462607	26	7.07	9.43	459	215.3	0	1	1.94
Acordos de Lusaka	-25.907449	32.532273	25	7.49	10.21	316	159.3	0	1	1.20
T3	- 25.8988569	32.5405497	24	7.57	9.31	421	205.9	0	0	1.29
Ndlavela	- 25.8891826	32.5426067	25	7.36	1.5	467	230	1	12.4	0.08
Chamanculo A	- 25.9514372	32.5607498	23	7.43	9.35	416	210.6	0	0	2.47
Munhuana	- 25.9418905	32.5669588	25	7	9.34	439	210.5	0	0	1.69
Minkadjuine	- 25.9506506	32.5675478	26	7	8.89	410	210.1	0	0	1.96
Alto maé A	- 25.9574297	32.5729188	26	7.23	8.18	439	212.1	0	11.1	2.76
Malanga	-25.957319	32.562355	26	7.38	8.86	435	209.4	0	0	2.86
Nsalene	- 25.9174771	32.5642326	26	7.32	9.38	469	219.8	0	0	1.84
Aeroporto B	- 25.9329265	32.5625225	25	7.31	9.33	445	214.5	0	0	1.70
Maxaquene C	- 25.9504064	32.5887291	27	7.42	9.09	469	212.7	0	0	2.23

Tabela 6. Resultados para água dos furos

Nome	Latitude	Longitude	T[°C]	pH	OD [mg/l]	CE [µS/cm]	TDS[mg/l]	E. coli	CT	Turvação
Muhalaze	-	-	23	7.04	2.79	394	217.6	1	17.8	0.08
Intaka 2	25.8035854	32.5320821	24	7.06	4.08	554	276	0	7.5	0.19
Zimpeto	-	-	26	7.57	8.15	601	298	0	1	2.44
Magoanine C	25.8349793	32.5784683	26.5	7.2	5.795	397	187.05	0	22.65	0.35
Magoanine A	25.8429157	32.5929727	25	7.25	2.38	585	184.3	0	0	0.28
Laulane	25.8744062	32.6003625	25	7.32	7.39	633	318	2	2	0.36
Hulene A	-	-	29	7.4	4.6	1748	479	0	1	0.19
Anguane	25.9144547	32.593758	24.5	7.345	5.535	316.5	145.5	0	3.15	0.34
Luís Cabral	25.8027016	32.5863161	25	7.49	1.55	824	414	0	0	0.19
Inhagoia B	25.9322084	32.5441832	26	7.47	8.3	1099	443	1	12.4	0.10
Vale do Infulene	25.9216948	32.5475858	26	7.5	5.93	1358	478	0	1	0.26
Acordos de Lusaka	25.9113812	32.5384955	25	25	9.5	344	170.6	0	0	1.55
Khongolote	-	-	25	7.52	6	413	199.9	0	313	0.15
Zona Verde	25.8509356	32.5409145	25	7.02	5.69	6.92	342	0	9.9	0.22
G. Dimitrov	25.8847555	32.5506541	24.5	7.43	4.635	1144.5	483	0	1.5	0.30
Intaka	25.7819378	32.5706786	23	7.09	6.99	329	165.8			
Intaka Estaleiro	25.7819378	32.5721659	26	7.27	5.03	584	278	1	200.5	0.18
Kumbeza	-25.785719	32.5764795	24	7.29	7.3	673	334	0	100	0.53
Mali (balde)	-25.787597	32.5774935	24	7.23	7.35	482	240	0	1080	0.31
Mali (torneira)	25.7830529	32.5859036	26	7.05	7.15	697	333	0	16.4	0.21
Vila Olímpica	25.7829807	32.5855166	27	7.04	7.87	387	180.2	0	0	0.40
Bagamoio	25.8305257	32.5816406	27	7.01	7.4	877	418	100	5810	0.34
25 de Junho	25.8985998	32.567848	26	7.27	4.79	1399	484	20.7	39.5	0.00

Tabela 7. Resultados para água dos poços

Nome	Latitude	Longitude	T[°C]	pH	OD [mg/l]	CE [μS/cm]	TDS[mg/l]	E. coli	CT	Turvação
Kumbeza	-25.787597	32.5774935	25	7.31	2.44	501	245	0	2880	0.34
Mali	- 25.7829995	32.5856044	25	7.32	4.02	484	235	410	2650	3.81
Intaka	- 25.7819378	32.5721659	26	7.01	2.54	640	325	0	1450	2.63
Inhagoia B	- 25.9214964	32.5473609	25	7.03	4.01	1072	532	0	1610	3.06

Anexo C. Resultados das análises da qualidade de água para segunda campanha de coleta de amostras

Tabela 8. Resultados para água da rede pública

Nome	Latitude	Longitude	T [°]	pH	OD [mg/l]	CE [µS/cm]	TDS[mg/l]	E.Coli	CT	Turvação
Intaka 2	-25.79112	32.5532252	23.90	7.37	10.14	714.33	245.70	0.00	0.00	0.41
Hulene B	-25.89859	32.595603	21.50	7.01	9.60	529.00	129.60	0.00	0.00	1.31
Hulene A	-	32.5936332	22.17	7.02	9.87	528.67	344.00	0.00	0.00	0.75
Chamanculo (balde)	-25.939289	32.5595326	19.13	7.02	10.62	527.67	117.00	0.00	0.00	1.37
Jardim (balde)	-	32.5528174	21.67	7.38	9.67	538.67	239.00	1.00	0.00	0.97
Inhagoia B (balde)	-	32.5462607	21.33	7.21	9.71	515.67	146.00	0.00	209.80	1.33
Acordos de Lusaka(balde)	-25.907449	32.532273	21.27	7.33	10.88	411.67	135.00	0.00	0.00	0.58
Ndlavela (balde)	-	32.5426067	21.50	7.27	9.29	843.00	320.00	0.00	0.00	0.00
Alto maé A (balde)	-	32.5729188	20.00	7.31	9.20	552.33	322.00	0.00	0.00	0.81
Malanga (balde)	-25.957319	32.562355	20.00	7.39	9.42	521.00	111.00	0.00	0.00	1.18

Tabela 9. Resultados para água dos furos

Nome	Latitude	Longitude	T [°C]	pH	OD [mg/l]	CE [µS/cm]	TDS[mg/l]	E.Coli	CT	Turvação	
Muhalaze	-	25.8035854	32.5320821	19.93	7.00	5.36	467.33	242.8	2	28.80	0.06
Intaka 2	-25.79112	32.5532252	22.73	7.27	5.12	576.00	214	0	344.80	0.36	
Magoanine C	-	25.8429157	32.5929727	24.33	7.03	5.84	396.67	145	0	4.97	0.28
Magoanine A	-	25.8744062	32.6003625	22.50	7.04	4.85	902.67	167	0	1460.00	0.04
Laulane	-25.903899	32.604008	23.70	7.02	7.99	678.00	387	980	2419.60	4.45	
Hulene A	-	25.9144547	32.593758	22.57	7.03	1.79	1808.00	455	0	31.70	0.10
Anguane	-	25.8027016	32.5863161	23.13	7.03	3.78	503.00	122.8	0	5.20	0.25
Vale do Infulene	-	25.9113812	32.5384955	20.20	7.33	5.53	1328.67	387.8	0	2.00	0.10
Khongolote	-	25.8509356	32.5409145	18.07	7.39	7.25	430.00	399.3	0	5.20	0.15
Zona Verde	-	25.8847555	32.5506541	20.43	7.39	3.05	874.00	298.7	0	7.40	0.12
G. Dimitrov	-	25.8867584	32.5706786	22.27	7.04	2.18	1331.00	367	1	45.00	0.26
Intaka	-	25.7819378	32.5721659	21.47	7.29	5.22	344.33	169.8	0	2.00	0.30
Intaka Estaleiro	-25.785719	32.5764795	26.57	7.34	5.22	581.00	346.1	0	1.00	0.19	
Kumbeza	-25.787597	32.5774935	22.40	7.26	5.07	758.33	388.5	0	34.50	0.08	
Mali	-	25.7830529	32.5859036	22.67	7.04	8.64	510.67	187	0	93.30	0.34
Bagamoio	-	25.8985998	32.567848	20.73	7.26	8.80	883.33	322	0	49.50	0.72
25 de Junho	-	25.9060251	32.5700613	20.20	7.52	5.57	1395.00	122.4	1	579.40	0.14

Tabela 10. Resultados para água dos poços

Nome	Latitude	Longitude	T[°C]	pH	OD [mg/l]	CE [μS/cm]	TDS[mg/l]	E.Coli	CT	Turvação
Kumbeza	-25.787597	32.5774935	23.27	7.05	3.65	646.33	266.7	0	400	0.56
Mali	- 25.7829995	32.5856044	24.33	7.05	3.99	492.00	254.2	860	6020	0.54
Intaka	- 25.7819378	32.5721659	23.50	7.14	2.73	515.67	439	200	4950	4.19
Inhagoia B	- 25.9214964	32.5473609	21.67	7.59	5.57	1879.67	478	0	5290	0.72

Anexo D. Inquerido conduzido durante a colecta de mostras

INQUÉRITO

PARTE I: IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL

1. Bairro
2. Que tipos de abastecimento de água existem no bairro?
 - Poço
 - Furo (privado)
 - Abastecimento público
- 2.1. Que tipo de abastecimento de água é predominante no teu bairro?

PARTE II: TIPO DE SANEAMENTO

1. Existem casas com Latrinas?
[1] Sim [2] Não
2. Que tipo de fossas usam? (é selada ou tem descarga)
3. Como é feito o acondicionamento do lixo?
 - Há recolha do lixo
 - Depositam em covas no quintal


PARTE III: SENSIBILIDADE E SAÚDE PÚBLICA

1. Nota-se odor estranho na água?
 - 1.1. Se sim, em que época?
2. Nota-se sabor estranho na água?
 - 2.1. Se sim, em que época?
3. Nota-se cor estranha na água?
 - 3.1. Se sim, em que época?
4. Costumam aparecer casos de pessoas com doenças de origem hídrica?
 - 4.1. Se sim, quais?
 - 4.2. Essas pessoas que sofrem com mais frequência dessas doenças são crianças, jovens ou adultos?

PARTE IV : PERCEPÇÃO

1. Existe alguma actividade que influencia na cor, sabor ou cheiro da água?
 - 1.1 Se sim, quais?
2. Existem defeitos na linha de abastecimento na zona?
 - 2.1. Se sim, de que tipo?
 - Tubos furados ou expostos
 - Poços não controlados
 - Charcos

Anexo E. Autorização do Serviço de Saúde da Cidade para recolha de dados sobre doenças de veiculação hídrica nos centros de saúde da cidade de Maputo.


REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
CIDADE DE MAPUTO
CONSELHO DOS SERVIÇOS DE REPRESENTAÇÃO DO ESTADO
SERVIÇO DE SAÚDE DA CIDADE

A
Departamento de Engenharia Química da
Universidade Eduardo Mondlane (UEM)

MAPUTO

N/Ref. n. 5675 /SSCM/050-1/2022 Data: 15 de Setembro de 2022

ASSUNTO: Resposta aos pedidos de autorização para desencadear o estudo “Avaliação da Qualidade da água para o consumo Humano na região da Bacia do rio Infulene”


O Serviço de Saúde da Cidade de Maputo acusa a recepção do pedido da Sra. **Jéssica Sofia Langa**, estudante do curso de Licenciatura em Engenharia do Ambiente na Faculdade de Engenharia da UEM, com o teor retro-mencionado.

Sobre a matéria, comunica-se que o Serviço de Saúde da Cidade de Maputo (SSCM) autoriza a actividade solicitada, devendo apresentar os resultados no SSCM.

Sem mais de momento, queiram aceitar as nossas calorosas saudações.

Maputo, 15 de Setembro de 2022
Directora

Dra. Sheila Márcia Talo Lobo de Castro
(Médica de Clínica Geral Principal)



CC: Sra. Jéssica Sofia Langa

Endereço: Serviço de Saúde da Cidade de Maputo
C.P. 2217
Av. Maguiguana nº 1240
E-mail: dscm.gabdirector@gmail.com

Telefone: 21-360276/7
Telefax: 21-048658/ 21-430212
MAPUTO - República de Moçambique

