



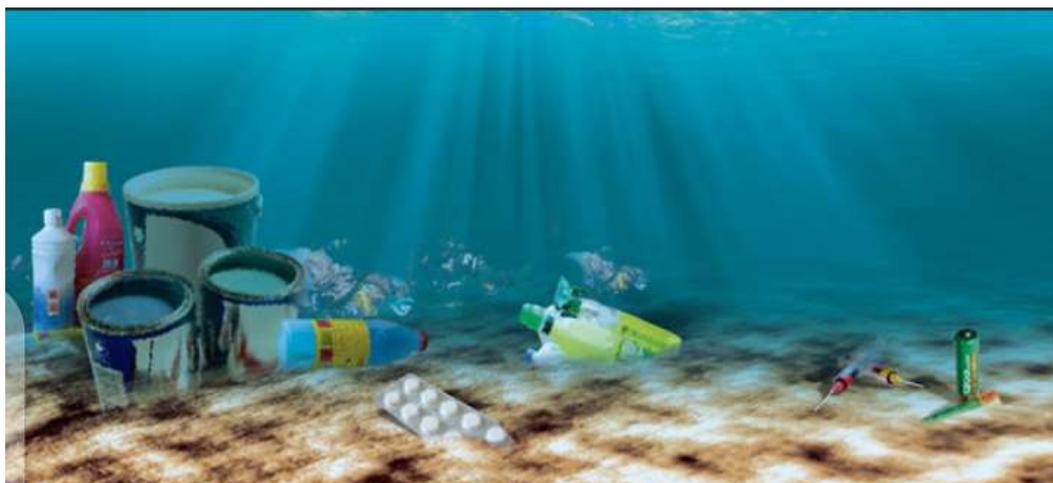
FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

LICENCIATURA EM GEOLOGIA APLICADA

PROJECTO CIENTÍFICO

**ESTUDO DE CONTAMINANTES EMERGENTES EM ÁGUAS
SUPERFICIAIS E MECANISMOS CONTROLADORES DE QUALIDADE DE
ÁGUA DA CIDADE DE CHÓKWÈ**



Autora: Beatriz Angelina Cossa



FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
LICENCIATURA EM GEOLOGIA APLICADA
PROJECTO CIENTÍFICO

Estudo de contaminantes emergentes em águas superficiais e mecanismos controladores de qualidade de água da Cidade de Chókwè

Autora:

Beatriz Angelina Cossa

Supervisor

Mestre Micaela Chapo

Co-supervisor

Lic. Sérgio Goenha

Maputo, Outubro 2024

DEDICATORIA

Dedico esse trabalho em memória a minha mãe **Flávia Angelina Cossa**, meus tios **José António Chissano e Ania António Macuácuá** (em memória), ao meu esposo **Alfredo José Maholele**, a toda família **Cossa** e amigos pela força e encorajamento que depositaram em mim durante essa caminhada.

*“A partir da análise de casos históricos,
Propõe-se uma nova atitude frente aos desafios impostos no mundo actual,
Ao sugerir estratégias de curto, médio e longo prazo
Como forma de mitigar a contaminação de importantes recursos hídricos
E possibilitar melhores condições de vida às pessoas.”
(Desconhecido)*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela vida e por tudo quanto tem feito na minha vida até data hoje. Agradeço a toda minha família por não terem poupado esforços e recursos para a minha educação, principalmente em termos académicos, pelos quais nunca serei capaz de lhes retribuir, e de forma especial agradeço ao meu esposo, pelo apoio incondicional e por estar sempre presente na minha vida, em momentos de alegria, bem como nos de tristeza. Agradeço aos meus primos Eusébio, Rosa, Cristina, Dorteia, Ania, Elizabeth pelo apoio e confiança que sempre depositaram em mim.

Meu muito obrigada ao meu amigo Dinis Cossa por ter me direccionado na escolha do curso, e por ter me dado bases necessárias para trilhar essa caminhada académica, a Arsénia Bucuane, muito obrigada pelo apoio e por ter me dado bases para terminar a minha monografia.

Muito obrigada a minha sogra (mãe) Rabeca Mucavel por não ter medido esforço em me ajudar durante a minha caminhada académica.

Aos meus supervisores, Mestre Micaela Chapo, Lic. Sérgio Goenha por terem-me concedido a oportunidade de com eles trabalhar, pela paciência, encorajamento e por terem sempre se colocado a disposição para me ajudar no que fosse necessário para um bom andamento do presente trabalho.

A todo corpo de docentes do Departamento de Geologia, muito obrigada Prof. Doutor Daúd Jamal, Mestre Laura Mendes, Prof. Doutor Estêvão Sumburane, Mestre Eduardo Siquela, Lic. Aristides Langa, Prof^a. Doutora Sandra Pilar Diaz, Prof. Doutor Elídio Massuanganhe, Prof. Dr. João Mugabe, Prof. Doutor Mussa Achimo (em memoria), Prof^a. Alina Rodriguez Infante, Mestre Belarmino Massingue, Mestre Daniel Ibraimo, pelos conhecimentos transmitidos durante a minha caminhada no Departamento de Geologia.

Aos meus colegas do curso e amigos, Cenissa Zuanze, Isaura Siteo, Suzana Capete, Joelma Naene, Madania Monjane, agradeço bastante pelo apoio, companhia e momentos ímpares que compartilhamos. A todos os membros do Corpo Técnico Administrativo (CTA) do Departamento, donas Paula, Atália, Rita, Lídia, Lúcia e Elisa, de igual modo, aos senhores Guiamba, Leonel e Raimundo, por terem servido de auxílio na minha formação.

Há todos vós, que directo ou indirectamente participaram na minha formação académica.

Muito Obrigada

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Beatriz Angelina Cossa**, declaro por minha honra que o presente Projecto Científico é da minha autoria e que nunca foi submetido a qualquer instituição académica para obtenção de qualquer grau académico. Declaro ainda que este Projecto é resultado da minha entrega à investigação com o auxílio dos meus supervisores, sendo que, os dados apresentados foram por mim colectados, processados e compilados, onde, a bibliografia consultada está devidamente citada e referenciada.

Maputo, Outubro de 2024

(Beatriz Angelina Cossa)

RESUMO

Muito se tem discutido, recentemente, acerca de contaminantes emergentes, e dos seus efeitos adversos sobre a saúde humana e ambiental. Os esgotos são um dos grandes pontos de entradas destes contaminantes e são repositórios de grandes poluentes que chegam aos corpos hídricos. Diariamente, inúmeros compostos químicos são lançados no meio aquático, em resultado de diferentes actividades antropogénicas. Deste modo, é importante que se esteja preparado para enfrentar os agentes causadores de doenças agudas ou crónicas e entendermos a influência dos contaminantes emergentes na saúde humana, no mundo actual e futuro, visando implementar estratégias para removê-los ou eliminá-los do ambiente.

O Distrito de Chókwe é um dos maiores distritos onde a agricultura é praticada em larga escala, e com o seu desenvolvimento, maiores são as substâncias químicas produzidas e, conseqüentemente, há produção de inúmeros compostos químicos (contaminantes emergentes) que resultam dessa prática. Assim sendo, há necessidade de uma atenção especial a esses contaminantes emergentes, o que levou a realização análises de água nos 4 pontos de amostragem (drenagem, lagoa, rio e canal), com objectivo de determinar os principais contaminantes presentes nessa água.

Na avaliação da qualidade da água foram realizadas análises laboratoriais, onde se destaca as análises microbiológicas para a determinação de coliformes totais, coliformes fecais e escherichia coli (E-coli). Ainda foram realizadas análises químicas para a determinação de pesticidas organoclorados e organofosforados. Os resultados obtidos, indicam valores acima dos máximos permitidos, de acordo com o Diploma Ministerial nº 180/2004, de 15 de Setembro, através do MISAU em todos os pontos de amostragem para análises microbiológicas e não se tendo detectado os pesticidas, provavelmente pelo baixo limite de detecção dos instrumentos usados. Neste sentido, um conjunto de acções e medidas de protecção especial é necessário aplicar nesta região, protegendo a água destes sistemas para não viabilizar o aparecimento de contaminantes emergentes nestes pontos. Estas acções passam necessariamente pela consciencialização sócio-ambiental das autoridades locais e da população, com a aplicação de medidas de fiscalização adequadas.

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS

Lista de Abreviaturas

ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitárias

ATZ- Atrazina

CAS-“Chemical Abstracts Service-(Serviços Abstratos de Quimica)

CENACARTA - Centro Nacional de Cartografia e Teledeteção

CE- Contaminantes Emergentes

CR -Controlo de Rotina

CI – Controle de Inspeção

DNGM – Direcção Nacional de Geologia e Minas

EU- European Union- (União Europeia)

ETA-Estação de Tratamento de Água

ETE- Estação de Tratamento de Esgotos

EFSA-European Food Safety Authority- (Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar)

FDA- Food and Drug Administration- (Administração de Alimentos e medicamentos)

GTK – Geological Survey of Finland- (Consórcios de Serviços Geológicos da Finlândia)

LNHAA- Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos

MAE – Ministério de Administração Estatal

MISAU- Ministério da Saúde

OMS- Organização Mundial da Saúde

PFCP- Produtos Farmacêuticos e de Cuidados Pessoais

PHP- Produtos de Higiene Pessoal

UEM – Universidade Eduardo Mondlane

USGS–United States Geological Survey- (Agencia de Pesquisa Geológica dos Estados Unidos)

US- United States (Estados Unidos)

USEPA-United States Environmental Protection Agency-(Agencia de Protecção Ambiental dos Estados Unidos)

Lista de Símbolos

Km² - Quilómetro quadrado

Kow – Coeficiente de partição octanol/água

°C - Grau centígrado

ET_o – Evapotranspiração de referência

Índice

DEDICATORIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
DECLARAÇÃO DE HONRA	iii
RESUMO	iv
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJECTIVOS:	3
2.1. Objectivo geral	3
2.2. Objectivos específicos	3
3. CONCEITOS BÁSICOS	4
3.1. Definições de contaminantes emergentes	4
3.2. Tipos de contaminantes emergentes	5
3.2.1. Fármacos	6
3.2.1.1. Ibuprofeno	6
3.2.2. Cafeína	7
3.2.2.1. Presença da Cafeína em águas superficiais.	7
3.2.2.2. Cafeína como indicador das actividades antrópica	8
3.2.3. Pesticidas	9
3.2.3.1. Atrazina	9
3.2.4. Plastificante	10
3.2.4.1. Bifenol A	10
3.2.5. Produtos de Higiene Pessoal	11
3.2.5.1. Triclosan	11
3.3. Origem, destino e comportamento de CE no meio ambiente e problemas que resultam desse contaminante	12
3.3.1. Origem de CE	12
3.3.2. Destino e Comportamento de CE no meio ambiente	13
3.3.3. Problemas Resultantes de CE	14
3.4. Mecanismos controladores da qualidade da água.	17
3.4.1. Elaborar um plano de controlo de qualidade de água;	17
3.4.2. Identificar parâmetros controladores da qualidade de água;	17

4. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA E RELEVÂNCIA DO PROJECTO	19
5. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA ÁREA DE ESTUDO	20
5.2. Clima, Relevo e Hidrografia.....	21
6. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO.....	22
6.1. Geologia Regional.....	22
6.2. Geologia Local	22
7. MATERIAL E METODOLOGIA DO TRABALHO	24
7.1. Material.....	24
• Consulta bibliográfica	27
• Mapeamento das potenciais áreas de contaminação por CE	27
• Trabalho de Campo.....	28
➤ Análises Microbiológicas:.....	29
➤ Análises químicas	30
7.2.1. Interpretação dos resultados e elaboração do Relatório Final	31
8. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	32
8.1. Apresentação dos resultados	32
➤ Análises microbiológicas.....	32
➤ Análises químicas.....	34
8.2. Discussão dos resultados.....	35
9. CONCLUSÕES	38
10. CONSTRANGIMENTOS	40
11. RECOMENDAÇÕES.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

Índice de Tabelas

Tabela 1.Principais fontes dos contaminantes emergentes nas águas superficiais.....	12
Tabela 2.Características de CE.....	14
Tabela 3.Problemas resultantes dos contaminantes emergentes no meio ambiente e nos seres vivos.....	15
Tabela 4.Apresentação dos resultados das análises microbiológicas da água.....	33
Tabela 5.Apresentação dos resultados obtidos das análises químicas “toxicológicas” da água.....	35

Índice de Figuras

Figura 1.Representação esquemática de entradas dos contaminantes emergentes nos corpos hídricos.....	13
Figura 2.Mapa de localização geográfica da área de estudo.....	20
Figura 3.Mapa Geológico do Distrito de Chókwè.....	23
Figura 4.Material usado nas análises microbiológicas.....	25
Figura 5.Material usado nas análises químicas (toxicológicas).....	26
Figura 6. Imagem de Google Earth ilustrando os pontos de amostragem de colecta de água para as análises químicas e microbiológicas, o rio faz separação entre os dois distritos Chókwè e Guija.....	27
Figura 7. Mapa de amostragem dos pontos de colecta de água para as análises químicas e microbiológicas.....	28
Figura 8.Esquema ilustrativo das fases metodológicas seguidas no trabalho.....	31
Figura 9.Imagem ilustrando uma placa de petri com colónias redondas azuladas (coliformes fecais), e as colónias redondas vermelhas (coliformes totais).....	32
Figura 10. Imagem ilustrando a positividade (tubo com barra rosa), assim como a negatividade nos tubos de ensaio, após a adição do reagente kovac.....	35
Figura11.Diagrama ilustrando a variação de contaminação por coliformes totais, fecais e escherichia coli respectivamente.....	37

1. INTRODUÇÃO

A água é indispensável para a sobrevivência dos seres vivos, assim como, para o sector agrícola e da indústria. Baseado nisto, para se ter uma boa qualidade de água, nos processos em que é utilizada, esta deve estar livre de contaminantes.

Nos dias actuais, tem sido observado que moléculas de poluentes, com pequenas dimensões que microrganismos, podem ser letais, como é o caso dos contaminantes emergentes (CE), que tem contaminando o meio ambiente e todos os seres que nele habitam, havendo, por isso, uma grande necessidade de se ter conhecimento deste tipo de contaminantes (MARTINS & MONTAGNER, 2018).

A presença de contaminantes emergentes no meio ambiente é uma das principais preocupações das organizações comprometidas com a saúde pública e do meio ambiente, como a Organização Mundial de Saúde (OMS), Agência de Protecção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e a Comissão Europeia (HERNANDO, et al., 2006).

Diversos grupos de substâncias têm sido considerados contaminantes emergentes, incluindo novos agrotóxicos, drogas ilícitas, fármacos, produtos de higiene pessoal, protectores solares, alquilfenóis e seus derivados, (RICHARDSON & TERNES, 2011).

Chókwè é um distrito que está em constante desenvolvimento e tem como uma das bases de subsistência a agricultura, que com o maior uso de pesticidas, torna-se maior a probabilidade de contaminação dos corpos hídricos. Com o aumento das infra-estruturas, a Cidade de Chókwè vem registando um aumento de substâncias tóxicas resultantes desse crescimento, isto é, maior número de infra-estruturas maior é número de produção e consequentemente maior é a taxa resultante do descarte em esgotos que consequentemente termina nos corpos hídricos.

O fraco conhecimento do risco dos contaminantes emergentes á saúde na Cidade de Chókwè suscitou a realização do presente projecto científico, que visa estudar os principais CE em água superficial e os mecanismos controladores da qualidade de água, tendo como base análises dos seguintes contaminantes: cafeína (estimulante), Atrazina (herbicida-pesticida), Bifenol A (plastificante), Triclosan(agente antimicrobiano e PHP) e Ibuprofeno (fármaco).

Deste modo, o presente trabalho visa falar do estudo de contaminantes emergentes em águas superficiais e mecanismos controladores de qualidade de água da Cidade de Chókwè, uma vez que muitos são os compostos químicos lançados nos corpos hídricos, e para estudo desses compostos serão feitas análises químicas e microbiológicas. O estudo contribuirá para a percepção dos principais contaminantes

emergentes, disponibilizando informações, e elaborando métodos de mitigação face a esse tipo de contaminantes.

2. OBJECTIVOS:

2.1.Objectivo geral

- Estudar os principais contaminantes emergentes em águas superficiais e mecanismos controladores de qualidade de água na Cidade de Chókwè.

2.2.Objectivos específicos

- Mapear as potenciais áreas de contaminação por contaminantes emergentes;
- Determinar coliformes totais, fecais e *escherchia coli*;
- Determinar pesticidas organoclorados e organofosforados;
- Identificar a origem e o destino dos contaminantes emergentes na água superficial;
- Identificar os problemas que resultam deste tipo de contaminante na Cidade de Chókwè e propor medidas de neutralização ou redução;
- Comparar dos resultados das concentrações dos parâmetros microbiológicos com os valores máximos permitidos, de acordo com o Diploma Ministerial n° 180/2004, de 15 de Setembro, através do MISAU;

3. CONCEITOS BÁSICOS

3.1. Definições de contaminantes emergentes

A qualidade dos corpos aquáticos tem sido motivo de preocupação de diversas esferas da sociedade. Essa preocupação tem crescido devido à alta taxa de ocupação urbana, que proporciona um risco elevado de contaminação dos corpos aquáticos situados próximos a essas áreas. Na maioria das vezes, esses corpos contaminados são os mesmos a serem utilizados para o abastecimento urbano. Dessa forma, áreas densamente urbanizadas podem acabar utilizando uma água com qualidade inferior àquela considerada ideal para diferentes tipos de usos (SANTANA, 2013). Além disso, a inexistência de um planejamento baseado em critérios toxicológicos e ambientais conduziram a um quadro onde o lançamento de esgoto doméstico não tratado, em conjunto com cargas industriais remanescentes, vem causando sérios impactos aos sistemas de águas superficiais (RAIMUNDO, 2011).

Ultimamente um dos principais focos das comunidades científicas e regulatórias refere-se à presença de um grupo de contaminantes de interesse recente, denominados de *contaminantes emergentes (CE)*.

Há diversas definições para este grupo de contaminantes, como é o caso de:

- Segundo a USGS, um contaminante emergente pode ser definido, em termos gerais, como *“uma substância química, de ocorrência natural ou antrópica, ou qualquer microrganismo que não é normalmente controlado no ambiente, mas que tem potencial para entrar no ambiente e causar efeitos adversos ecológicos e (ou) sobre a saúde humana, sendo estes efeitos conhecidos ou suspeitos.”* (USGS, 2012).
- De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency- USEPA), define os contaminantes emergentes como sendo, *“poluentes que, actualmente, não são incluídos em programas de monitoramento e que podem se tornar candidatos para legislações futuras dependendo de pesquisas sobre a toxicidade, efeitos sobre a saúde, percepção pelo público e dados sobre sua ocorrência em vários ambientes”* (MARTINS & MONTAGNER, 2018).
- Vários autores definem o CE sendo compostos químicos cuja detecção e preocupação ambiental são recentes. Além disso, a maior parte deles ainda não é regulamentada na maior parte do mundo e não são avaliados em programas de monitoramento ambiental (PINTADO-HERRERA et al., 2017).

- Sauve e Desrosiers, dentro de um contexto mais amplo, sugerem que seria mais correto denominar o CE como contaminantes de preocupações emergentes (Contaminants of Emerging Concern – CECs). Para os autores, fariam parte desse grupo os contaminantes: emergentes verdadeiros ou realmente novos, que englobariam novas espécies químicas de interesse emergente, que apesar de conhecidos, ainda demandam de estudos mais profundos (ecotoxicológicos, por exemplo), e emergentes conhecidos, que apesar de serem conhecidos, estariam envolvidos em novas polémicas ambientais ou associados ao risco de saúde em seres vivos.
- Contudo com base nas definições acima importa referir que para o presente estudo os CE são de forma generalizada, todas as substâncias químicas resultantes do descarte de forma consciente assim como inconsciente mas que os mesmos causam efeitos adversos a saúde bem como ao meio ambiente, e que os mesmos não passam pelo processo de controlo de rotina.

Trata-se de compostos detectados em diferentes compartimentos ambientais, oriundos da actividades humana, cuja produção visa atender à demanda do padrão de consumo moderno. Esses compostos trazem inúmeros benefícios para a vida, pois podem elevar a expectativa de vida da população e garantir oferta de alimento. No entanto, a necessidade de expansão da agropecuária, aliada ao adensamento urbano das grandes cidades e a falta de saneamento básico adequado favorecem um cenário crítico de contaminação, cujos principais efeitos são devidos à exposição crónica e, portanto, não são facilmente identificáveis. Os CE compreendem uma extensa gama de materiais, entre os quais pesticidas, nanocompostos, compostos farmacêuticos e cosméticos,

Com o avanço das tecnologias analíticas foi possível detetá-los em concentrações cada vez menores; actualmente, em níveis de partes por trilhão (ppt) ou ainda menores. Para dizer que CE pode ser encontrada em águas do abastecimento público, superficiais, tratadas, residuais, potáveis e subterrâneas.

3.2. Tipos de contaminantes emergentes

Diversos grupos de substâncias têm sido considerados contaminantes emergentes, incluindo novos agrotóxicos, drogas ilícitas, fármacos, produtos de higiene pessoal, cafeína, hormónios, anticoncepcionais, protectores solares, alquilfenóis e seus derivados, (RICHARDSON & TERNES, 2011).

Dentre os vários tipos, pode se destacar os seguintes CE: Ibuprofeno (fármaco); Cafeína (estimulante); Atrazina (pesticida); Bifenol A (plastificante); Triclosan (produto de higiene pessoal).

3.2.1.Fármacos

Os fármacos pertencem a uma classe de contaminantes emergentes mais estudados em todo o mundo pois são constantemente lançados no ambiente em grandes quantidades além de serem produzidos com a finalidade de apresentarem efeitos biológicos. Muitos são persistentes e lipofílicos, podendo ser bioacumulados, outros são parcialmente metabolizados pelo organismo e seus metabólitos, lançados no ambiente, também podem causar efeitos à biota e ao homem (MONTAGNER *et al.*, 2017)

Os fármacos são amplamente conhecidos como contaminantes ambientais, originários principalmente da descarga de esgoto bruto ou tratado em águas superficiais (GILART *et al.*, 2013; DAI *et al.*, 2015; SUI *et al.*, 2015; YOU *et al.*, 2015; ALYGIZAKIS *et al.*, 2016).

O primeiro relato da presença de fármacos em água tratada e seus efeitos adversos sobre a fauna e a flora foram realizados em 1976 em Kansas, nos Estados Unidos, o qual permitiu que a US *food and drug administration* (FDA) dos Estados Unidos e a União Europeia (EU) orientassem seus estudos para a quantificação de seus impactos ambientais e desenvolvessem estratégias de tratamento, estudos de metabólicos, toxicidade, remoção, biorremediação e técnicas instrumentais para a determinação e quantificação dos fármacos (KÜMMERER, 2009; ONESIOS *et al.*, 2009; CARTAGENA, 2011).

Durante as últimas décadas ocorreu um aumento significativo no consumo desses medicamentos, principalmente daqueles vendidos sem prescrição médica (RAIMUNDO, 2007), dentre os principais fármacos, como relação à sua abundância destaca-se o Ibuprofeno, o Diclofenaco, o Paracetamol, o ácido acetilsalicílico (AAS) e o Naproxeno. E entre as principais fontes dos produtos farmacêuticos nos ambientes aquáticos estão os processos de eliminação animal e humano, efluente da indústria farmacêutica, os resíduos hospitalares e a disposição inadequada dos medicamentos vencidos e não utilizados.

3.2.1.1.Ibuprofeno

O Ibuprofeno é frequentemente vendido sem prescrição médica e também utilizado na medicina veterinária. É um dos fármacos mais detetados em água de rios (CARACCILO *et al.*, 2015). É um medicamento indicado para redução da febre (antitérmico) e para alívio das dores em geral (analgésico), e é a terceira droga mais utilizada no mundo. O Ibuprofeno tem mostrado propriedades antimicrobianas, as quais podem induzir anomalias em organismos aquáticos, em estudos toxicológicos, estes medicamentos têm alta toxicidade em bactérias (HERNANDO *et al.*, 2006), efeitos tóxicos em Invertebrados e em algas (CLEUVERS, 2003; GINEBREDÁ *et al.*, 2010).

O Ibuprofeno pode ser encontrado em duas formas; formas S (activa) e forma R (inactiva), mas seu efeito farmacológico é dado exclusivamente à forma S (CARACCILO *et al.*, 2015). Quando administrada a forma racémica (mistura de forma activa e a forma inactiva, ambas em equilíbrio) do Ibuprofeno, aproximadamente 85% é absorvido pelo organismo, 1% é excretado na urina como Ibuprofeno inalterado e cerca de 14% como Ibuprofeno conjugado. Mesmo sendo a forma S a mais excretada, estudos demonstram que ela degrada mais rapidamente quando presente em efluentes domésticos e águas superficiais (LAHTI & OIKARI, 2011).

3.2.2.Cafeína

A cafeína pertence ao grupo de compostos químicos chamados metilxantinas, presentes em cerca de 60 espécies de plantas no mundo. Produtos alimentícios como café, chás, refrigerantes e chocolate são exemplos que contêm cafeína (BUERGE *et al.*, 2003). Também é encontrado no guaraná, no tabaco, em alguns condimentos além de medicamentos do tipo analgésico, antigripais e inibidores de apetite. As xantinas são substâncias capazes de estimular o sistema nervoso, produzindo um estado de alerta de curta duração (GARDINALI *et al.*, 2002).

A cafeína é um dos alcalóides com actividade biológica mais ingeridos no planeta. Apresenta acção farmacológica variada provocando, dentre outros efeitos, alterações no sistema nervoso central, sistema cardiovascular e homeostasia de cálcio. Os efeitos da cafeína sobre o comportamento humano têm sido objecto de estudos a algumas décadas. Esses efeitos podem ser descritos como aumento da capacidade de alerta e redução da fadiga, com concomitante melhora no desempenho de actividades que requeiram maior vigilância (SMITH, 2002; LORIST *et al.*, 2003). Em contrapartida, o consumo de cafeína pode afectar negativamente o controle motor e a qualidade do sono, bem como causar irritabilidade em indivíduos com quadro de ansiedade (SMITH, 2002).

Embora o consumo diário de cafeína seja elevado a maior parte é metabolizada pelo organismo humano e somente de 3 a 10% de cafeína são excretados através da urina. A presença de cafeína em águas superficiais ou subterrâneas é prova inquestionável da mistura com águas contaminadas por esgoto, pois a cafeína não é consumida por animais e nem está presente em fertilizantes. Apesar de a cafeína não ser tóxica, sua presença em água para consumo humano sugere que outras substâncias químicas e/ou microrganismos patogénicos nocivos à saúde humana podem estar presentes (TUBBS *et al.*, 2003)

3.2.2.1.Presença da Cafeína em águas superficiais.

Em águas superficiais, os níveis de cafeína variam em função de aspectos como sazonalidade, proximidade das fontes de auxílio, condições hidrológicas e padrão de consumo. Um trabalho realizado

em 2010, na Cidade de Campinas, SP, evidenciou o papel do esgoto bruto como principal fonte de cafeína para águas superficiais utilizadas como mananciais para produção de água para consumo humano (SODRÉ et al., 2010).

3.2.2.2.Cafeína como indicador das actividades antrópica

A cafeína actua como um indicador químico para contaminação da água por esgoto, devido principalmente à excreção urinária antrópica e de produtos a base de cafeína (BUTT & SULTAN, 2011). A cafeína está enquadrada no grupo de contaminantes emergentes, evidenciando a resistência aos tratamentos submetidos ao esgoto e à água de captação (INCTAA, 2014). Neste sentido o objectivo foi quantificar a cafeína presente na água de abastecimento público e na água superficial do Distrito e Cidade de Chókwè, servindo esta, como indicador químico para a presença de outros contaminantes emergentes na água.

Além da cafeína, fármacos, produtos de higiene pessoal, harmónios naturais e sintéticos também têm surgido em sistemas de esgotamento sanitário. Entretanto, muitos desses contaminantes apresentam um padrão de consumo menor em comparação ao da cafeína. Além disso, a cafeína tem elevada solubilidade em água e é recalcitrante aos processos normalmente usados nas ETA, o que torna esse composto um indicador de contaminação antrópica em diversos estudos realizados em todo o mundo.

Embora a cafeína tenha sido detectada em águas naturais há mais de 30 anos, apenas em 1996 seu uso como um marcador químico de contaminação antrópica foi proposto de maneira mais consistente (OGUNSEITAN, 1996). Desde então, muitos outros estudos vêm construindo evidências para o uso dessa substância como indicadora de actividades antrópicas ou como marcadora de contaminação fecal, ou seja, proveniente do esgoto sanitário (RAIMUNDO, 2011; SODRÉ et al., 2010; BUERGE et al. 2003; CHEN et al., 2002). Um estudo realizado em 2002 no estuário do porto de Boston, nos Estados Unidos, mostrou que a presença de cafeína no esgoto bruto e tratado, além de ser consistente com dados sobre o padrão de consumo na região, era o principal contaminante encontrado naquele sistema aquático (SIEGENER & CHEN, 2002).

O uso da cafeína como indicador é apropriado devido:

- A persistência ao longo da coluna de água;
- Possuir alta solubilidade (21,7 mg·L⁻¹);
- Apresentar pequeno coeficiente de partição octanol-água (log Kow = 0.01) (RAIMUNDO, 2007);
- Volatilidade desprezível (WEINBERG *et al.*, 2001).

3.2.3.Pesticidas

Pesticidas são micropoluentes emergentes utilizados na agricultura com o intuito de proteger as plantações de possíveis pestes e/ou doenças. A intensa aplicação destes pesticidas tem causado contaminação dos recursos hídricos (LAENDER *et al.*, 2019).

O cultivo agrícola gera um desequilíbrio biológico na natureza seja pela remoção de culturas competitivas, pelo uso de linhagens obtidas por selecção, falta de revezamento de culturas numa única área de plantio, adubação, irrigação, poda ou controle de pragas. O aumento da população mundial e, conseqüentemente, o aumento pela demanda de alimentos, aliado as práticas modernas de cultivo, consolidaram os pesticidas como a principal ferramenta para assegurar a protecção contra perdas na produção ou destruição de culturas. Há, portanto, uma disseminação de diferentes substâncias químicas desenvolvidas para actuar em um conjunto específico de pragas, mas que acabam sendo potencialmente danosas a organismos não alvos incluindo a biota e o homem (MONTAGNER *et al.*, 2017).

3.2.3.1. Atrazina

Os herbicidas triazínicos estão entre os pesticidas mais utilizados no mundo. O principal composto desta família é a atrazina (ATZ), encontrada em vários compartimentos ambientais, contaminando solo e fontes de água. A ATZ está incluída na lista de poluentes prioritários da União Europeia (PEREIRA 2011).

A atrazina (ATZ) é um dos pesticidas que apresentam risco significativo ao ambiente aquático e foi incluído na lista de poluentes prioritários da União Europeia (União Europeia, 2001). Na Alemanha seu uso está proibido desde 1991, entretanto, nos EUA, Brasil e Argentina, é um dos herbicidas mais utilizados em plantações de grãos. De acordo com (TRAGHETTA *et al.*, 1996), na década de 90, nos EUA e Europa, a concentração de atrazina atingiu níveis superiores ao permitido (3,0 µg/L - EUA; 0,5 µg/L - Europa) em águas superficiais e foi encontrada em aquíferos.

A atrazina se tornou um pesticida de grande interesse ambiental por possuir uma baixa biodegradabilidade e alto potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas. Segundo (TRAGHETTA *et al.*, 1996) estes herbicidas são relativamente persistentes no ambiente e seguidamente encontrados em fontes de água potável. Além disso, possui uma elevada persistência no solo e sedimentos devido a sua alta capacidade de adsorção em argilas e materiais carbonáceos, ou seja, a atrazina é um contaminante potencial da água em virtude de suas características: alto potencial de escoamento, elevada persistência em solos, hidrólise lenta, baixa pressão de vapor, solubilidade baixa para moderada em água e adsorção moderada em matéria orgânica e argila. Portanto, o comportamento e

os processos envolvidos na degradação dos compostos triazínicos têm sido extensivamente estudados, já que a sua toxicidade e a provável actuação como desregulador endócrino, tem causado grande preocupação actualmente.

3.2.4. Plastificante

3.2.4.1. Bifenol A

O bisfenol-A (BPA) é um dos produtos químicos de maior produção no mundo, empregado principalmente em processos industriais de produção de resinas do tipo epóxi que representam 95% da aplicação do composto, para revestimento interno de embalagens e latas de alumínio, e produção de monômeros de policarbonato, aplicados a diversos tipos de plásticos como garrafas e recipientes alimentícios. Além disso, o composto também é utilizado na produção de retardadores de chamas, fungicidas, papel térmico e emborrachados (EFSA, 2010).

Denominado como um Contaminante emergente, o BPA vem sendo investigado quanto aos efeitos nos organismos vivos, apresentando um potencial de interferência endócrina. Esses poluentes actuam como agentes exógenos capazes de interferir na síntese, secreção, transporte, ligação, acção ou na eliminação dos hormónios naturais, comprometendo assim o funcionamento do sistema endócrino, uma vez que tais hormónios são responsáveis pela manutenção da homeostasia, reprodução, desenvolvimento e comportamento dos seres vivos (ALVES, 2021). Pesquisas científicas acerca dos efeitos causados pelo BPA vêm sendo realizadas com organismos vivos, como é o caso do estudo realizado por (MOLINA et al. 2013), em que grupos de zebrafish foram expostos a diferentes concentrações de BPA por um período de 14 dias, com o objetivo de avaliar o potencial estrogénio deste poluente sob os organismos. Os autores observaram alterações no desenvolvimento folicular dos peixes, sendo que a atresia folicular se intensificava com o aumento das concentrações de BPA a que os organismos estavam expostos. Ainda utilizando zebrafish, (CHEN et al. 2017), analisaram a exposição dos organismos a BPA durante o período de desenvolvimento embrionário, larval e na fase adulta dos organismos. Os resultados deste estudo mostraram uma redução da função espermática e da capacidade reprodutiva nos peixes adultos, devido a falhas no desenvolvimento das gônadas. Os autores atribuíram como provável causa, a exposição ao BPA já que no grupo controle não foi observado nenhuma interferência no desenvolvimento dos zebrafish. Ainda segundo os autores, há diversos estudos que comprovam distúrbios em organismos vivos, devido a acção dos interferentes endócrinos. Entretanto os riscos decorrentes destes compostos, bem como os efeitos a longo prazo e suas doses tóxicas ainda são questões de debates pela comunidade científica. As principais fontes de exposição do BPA no meio ambiente e

consequentemente para os organismos vivos, são por meio da ingestão de água, pois os sistemas convencionais de tratamento de água, não são capazes de remover ou degradar por completo uma série desses poluentes e pela ingestão de alimentos condicionados em embalagens que levam BPA em sua produção (ALVES, 2021).

3.2.5. Produtos de Higiene Pessoal

Produtos de Higiene pessoal (PHP) é um tópico que tem despertado crescente interesse, devido ao seu intenso uso mundial. Esses produtos chegam até as estações de tratamento de efluentes em concentrações potencialmente tóxicas ao meio ambiente e não são totalmente eliminados (LI *et al.*, 2015).

As classes primárias do PHP incluem antissépticos (ex. triclosan), fragrâncias (ex. musk), repelentes (ex. DEET), conservantes (ex. parabenos) e filtros UV (ex. benzil cinamato). Muitas dessas substâncias são utilizadas em larga escala e estudos recentes têm indicado que muitos são ambientalmente persistentes, bioativos e possuem um potencial de bioacumulação (BRAUSCH & RAND, 2011; HAMAN *et al.*, 2015; LI *et al.*, 2015).

Os PHP são frequentemente detectados em águas superficiais (BLAIR *et al.*, 2013; BRAUSCH & RAND, 2011; LI *et al.*, 2015), porém, em comparação aos produtos farmacêuticos, pouco se sabe sobre sua toxicidade (DAUGHTON & TERNES, 1999). Porém, menos atenção tem sido colocada em determinar os riscos potenciais do PHP no ambiente. Assim, neste trabalho, será estudado em particular a classe dos anticépticos (Triclosan).

3.2.5.1. Triclosan

O Triclosan faz parte do grupo dos antissépticos, é um éter bifenil utilizados em sabonetes, desodorantes, hidratantes corporais, cremes dentais e plásticos (MCAVOY *et al.*, 2002), o qual apresenta Ação bactericida de amplo espectro. Também pode ser incorporado em polímeros e fibras, e está entre os 10 compostos orgânicos mais frequentemente detectados em água residual (KOLPIN *et al.*, 2002; HALDEN & PAULL, 2005). Em águas superficiais também são detectados com alta frequência. Estudos dirigidos por (KOLPIN, *et al.*, 2005) detectaram o Triclosan em 56,8% das amostras de água superficial analisadas nos EUA. Outros estudos relacionam a presença do Triclosan em águas superficiais de lagos e rios com o desequilíbrio da cadeia alimentar, devido sua ação tóxica a certos tipos de algas e organismos aquáticos (SILVA & NOGUEIRA, 2008).

Em relação à toxicidade, as algas são o grupo trófico com maior sensibilidade a concentrações ambientais do Triclosan, Uma das grandes preocupações relacionadas com a presença deste contaminante nos ambientes aquáticos está na sua capacidade de absorver radiação solar, sofrer foto-

degradação e gerar subprodutos clorados e dioxinas (RAIMUNDO, 2011). Além disso, nas ETES, o uso de cloro livre como agente desinfectante pode desencadear a degradação do Triclosan e formação de vários derivados de dioxinas. As dioxinas são comprovadamente interferentes endócrinos e a sua toxicidade aumenta com o aumento do número de cloros (RAIMUNDO, 2011).

A concentração máxima permitida de Triclosan em produtos de higiene e cuidado pessoal é de 0,30% (m/m), de acordo com a Resolução nº 162 da ANVISA (ANVISA, 2001).

3.3.Origem, destino e comportamento de CE no meio ambiente e problemas que resultam desse contaminante

Após o descarte e o lançamento de substâncias químicas no esgoto vários são os meios e formas de entradas desses contaminantes emergentes no meio ambiente, e o destino dos contaminantes emergentes no ambiente depende de suas características físicas e químicas e das propriedades do meio receptor.

3.3.1.Origem de CE

Fármacos, assim como PHP (produtos de higiene pessoal), pesticidas, entre outros produtos químicos, podem apresentar várias formas de introdução ao meio ambiente como ilustra a tabela 1. Essas formas podem ser divididas em dois grupos: pontuais e difusas. As fontes pontuais são uma entrada directa dos poluentes no ambiente, geralmente através do curso de água, ou seja, são provenientes de descarte de efluentes a partir de estações de tratamento de efluentes industriais, estações de tratamento de esgotos, fossas sépticas e do próprio esgoto bruto. Já as fontes difusas são aquelas cuja origem não pode ser facilmente identificada, isto é, não apresentam um ponto de entrada bem caracterizada no meio ambiente. As fontes difusas geralmente são provenientes das deposições atmosféricas (húmidas e/ou secas), da lixiviação de compostos do solo e da drenagem de águas pluviais em ambientes rurais e urbanos (RAIMUNDO, 2007).

Tabela 1.Principais fontes dos contaminantes emergentes nas águas superficiais

Fontes	Tipos de fonte	Compostos emergentes possivelmente presentes
Esgoto doméstico	Pontual	Cafeína,ibuprofeno, Bifenol A, Triclosan
Deflúvio pecuário	Difusa	Atrazina, Harmónios naturais e sintéticos
Natural	Difusa	Estrogénio natural

Harmónios naturais e sintéticos são excretados diariamente pela urina e em menor proporção pelas fezes (JOHNSON & WILLIAMS, 2004), os quais seguem para a rede colectora, adentrando depois no ambiente, a figura 1 abaixo ilustra a entradas dos contaminantes emergentes nos corpos hídrico. O

lançamento de efluentes *in natura* ou mesmo processados são as principais vias de contaminação do ambiente aquático, seja pela falta de infra-estrutura em saneamento, seja pela ineficiência (tecnológica e/ou operacional) das estações do tratamento (ERICKSON, 2002).

Apesar de possuírem meia vida relativamente curta (cerca de 2 a 6 dias), os estrógenos naturais são continuamente lançados no ambiente, o que lhes concede um carácter de persistência. Embora grandes partes dos estrógenos sejam metabolizadas e excretadas na forma inactiva, conjugada com sulfatos, a acção de enzimas produzidas por bactérias geralmente encontradas em áreas de despejo de efluentes, facilmente se bio transformam em compostos biologicamente activos e passíveis de afectar o equilíbrio do meio ambiente. Vários organismos excretam quantidades diferentes de hormónios dependendo da idade, do estado de saúde, da dieta ou do estado de gestação (JOHNSON & WILLIAMS, 2004).

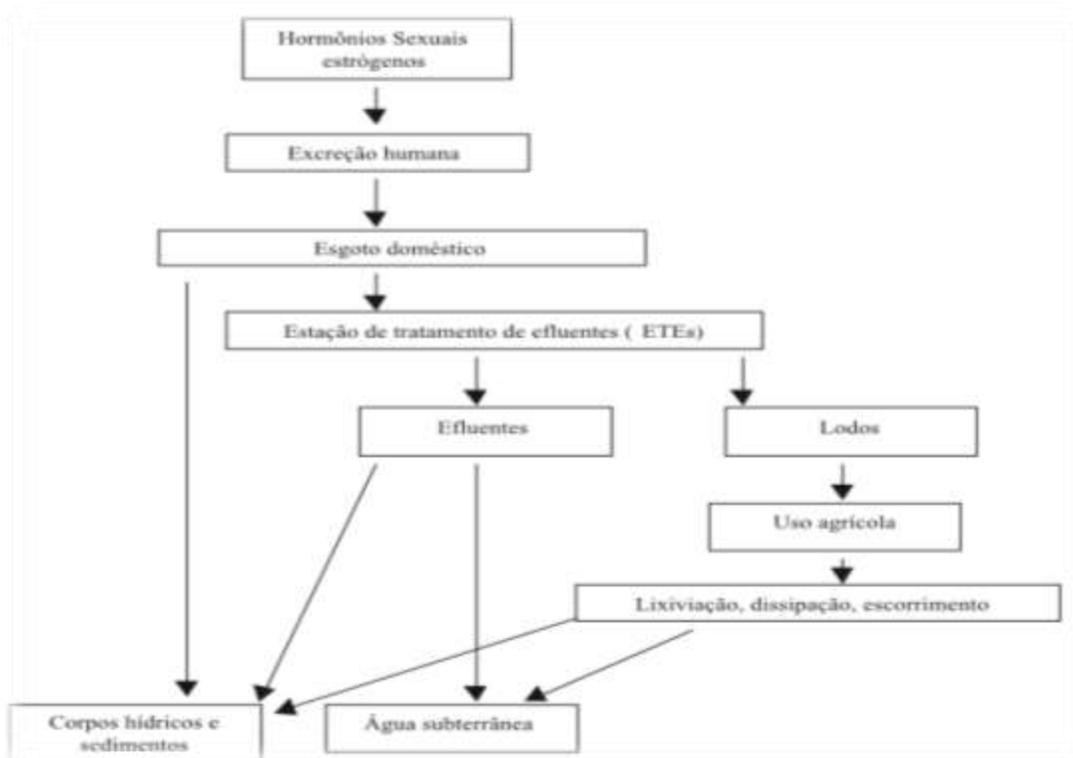


Figura 1.Representação esquemática de entradas dos contaminantes emergentes nos corpos hídricos (JUSTO, 2015)

3.3.2. Destino e Comportamento de CE no meio ambiente

O destino e comportamento dos compostos no ambiente e nas ETE são influenciados por suas propriedades físicas e químicas, as quais regem a partição na água, solo ou biota. Na tabela 2 abaixo são representados as características dos seguintes CE: Cafeína, Atrazina, Bifenol A, Triclosan e Ibuprofeno, sendo que ϕ_{sat} é a solubilidade em água e Kow o coeficiente de partição octanol/água. Compostos com

baixa solubilidade (ϕ) e alto coeficiente de partição octanol/água (K_{ow}), geralmente estão presentes em tecidos gordurosos da biota, o que promove a bioacumulação na cadeia alimentar. O K_{ow} também pode determinar a sorção efectiva e a afinidade dessas substâncias pela matéria orgânica. São verificados dois mecanismos de sorção: a absorção, que trata de interacções hidrofóbicas caracterizadas pelo valor de K_{ow} ; e a adsorção que está relacionada com interacções electrostática e a tendência da substância de se dissociar no meio aquoso, a qual é caracterizada pela sua constante de dissociação, pK_a (RAIMUNDO, 2007).

De acordo com essas propriedades, os contaminantes podem ser divididos em três grandes grupos: os lipofílicos, com alto valor de K_{ow} ; os básicos ou não-iónicos; e os compostos ácidos, que apresentam hidrofiliabilidade e são iónicos (RAIMUNDO, 2007).

Tabela 2. Características de CE (Fonte: Adaptado de JUSTO, 2015 & RAIMUNDO, 2007)

Nome	Fórmula Química	ϕ_{sat} (mg/L 25°C)	Log K_{ow}	Meia-vida (dias em ambiente natural)
Cafeína	$C_8H_{10}N_4O_2$	21.7	0,01	0,84
Atrazina	$C_8H_{14}ClN_5$	33	2,34	+/- 20-100
Bifenol A	$C_{15}H_{16}O_2$		3,32	4-5
Triclosan	$C_{12}H_7Cl_3O_2$		4,46	
Ibuprofeno	$C_{13}H_{18}O_2$		3,97	

O destino dos contaminantes emergentes no ambiente depende de suas características físicas e químicas e das propriedades do meio receptor. As inúmeras variáveis que actuam em conjunto no ambiente aquático, como temperatura, turbidez, pH, alcalinidade, oxigénio dissolvido, radiação, matéria orgânica e concentração de diversas outras substâncias, tornam a tarefa de modelar o comportamento destes compostos bastante complexos. Para fármacos, compostos presentes em produtos de higiene pessoal e doméstico, pode-se prever como principal fonte de contaminação os efluentes das ETE (MONTAGNER, et al., 2017).

3.3.3. Problemas Resultantes de CE

Os contaminantes emergentes causam efeitos adversos à saúde humana assim como ao meio ambiente, apesar dessas substâncias se encontrarem em baixas concentrações causam efeitos adversos à biota assim como à saúde dos seres vivos, A tabela 3 abaixo apresenta alguns dos problemas que são resultantes desses contaminantes.

Tabela 3. Problemas resultantes dos contaminantes emergentes no meio ambiente e nos seres vivos. (Fonte: BRAUSCH *et al.* 2004; ALVES 2021; MATIAS *et al* 2021).

Problemas resultantes dos Contaminantes Emergentes		
Tipo de contaminante	Meio ambiente	Seres vivos
<i>Cafeína</i>	O consumo e o descarte da cafeína na natureza não são causadores de grandes problemas ambientais, entretanto quando encontrada a presença desse contaminante nas águas superficiais, sinaliza a presença de outros agentes contaminantes.	Quando consumido em quantidades excessivas pode causar vários efeitos a saúde dos seres vivos como é o caso de: -Alterações digestivas; -Frequência cardíaca rápida; -Insônia; -Dependência; -Ansiedade;
<i>Fármaco (ibuprofeno)</i>	Esse produto apresenta um risco ambiental aquático, uma vez que após um ensaio da exposição desse contaminante aos peixes (tilápia), observou-se que esses apresentavam micronúcleos nos eritrócitos (glândulas vermelhas).	O consumo desse tipo de contaminante em quantidades exageradas pode causar danos a saúde dos seres vivos como por exemplo para o ser humano: -Aumenta a pressão arterial; -Insuficiência cardíaca congestiva; -Acidente vascular cerebral; -Diminui as defesas do estômago contra o suco gástrico.

<i>Pesticida (atrazina)</i>	Altera uma ampla gama de espécies vegetais e animais, levando o ecossistema ao desequilíbrio; -Tem efeitos carcinogéneos, mutagénico, teratogénico, podendo causar alterações no desenvolvimento do feto, problemas reprodutivos, e alteração nos nichos.	-Potencial carcinogéneo; -Indução ao coma; -Colapso circulatório; -Sangramento gástrico; -Insuficiência renal; -Perturbação no metabolismo da testosterona; -Problema endócrinos: inibição androgénica e efeito estrogénio fraco
<i>Plastificante (bifenol-A)</i>	-Afecta o crescimento, a reprodução e o desenvolvimento de organismos aquáticos ao longo do tempo; -Interfere na fixação do nitrogénio nas raízes de leguminosas.	-Actuam como agentes exógenos capazes de interferir na síntese, secreção, transporte, ligação, Acção ou na eliminação dos hormónios naturais, comprometendo assim o funcionamento do sistema endócrino, uma vez que tais hormónios são responsáveis pela reprodução, desenvolvimento e comportamento dos seres vivos.
<i>PHP (triclosan)</i>	Desequilíbrio da cadeia alimentar, devida sua Acção tóxica a certos tipos de algas e organismos aquáticos; - Capacidade de absorver radiação solar, sofrer foto-degradação e gerar subprodutos clorados e dioxinas.	O uso de cloro livre como agente desinfectante na água do abastecimento público pode desencadear a degradação do Triclosan e formação de vários derivados de dioxinas. As dioxinas são comprovadamente interferentes endócrinos e a sua toxicidade aumenta com o aumento do número de cloros.

3.4. Mecanismos controladores da qualidade da água.

A OMS/WHO enfatiza a necessidade de monitorização e controle de todas actividades efectuadas com o intuito de identificar e avaliar os factores de qualidade de água, que possam apresentar risco para a saúde. Contribuído deste modo para a protecção da saúde pública, promovendo assim a melhoria da qualidade, quantidade, os custos e a continuidade de abastecimento. Essas medidas permitem a detenção prévia de riscos, possibilitando deste modo que sejam tomadas medidas preventivas atempadamente, evitando assim problemas de saúde pública (OMS, 2020).

Como forma de garantir melhor qualidade de água há necessidade de se criar mecanismos para o controle da qualidade da mesma, como por exemplo:

3.4.1. Elaborar um plano de controlo de qualidade de água;

Neste caso há que se criar um plano de inspecção e que o mesmo deve abranger todas as áreas da rede de abastecimento, incluindo fontes, linhas de condução, estações de tratamento, reservatórios de armazenamento e sistemas de distribuição. Esta inspecção/monitorização e fiscalização são importantes para a melhoria dos serviços de fornecimento de água. O controlo da qualidade da água deverá ser responsabilidade do fornecedor de água e a responsabilidade de fiscalizar e regular deverá ser de uma instituição independente, a qual deverá realizar auditorias periódicas, de modo a garantir melhores condições e qualidade da água.

Na elaboração dos Planos de Controlo da Qualidade da Água para consumo humano, há que ter em conta as características específicas da rede de distribuição, bem como os dados de qualidade da água bruta.

3.4.2. Identificar parâmetros controladores da qualidade de água;

A água para abastecimento público deve ser sujeita a análise para determinar a presença de microorganismos patogénicos, substâncias tóxicas, ou ainda determinados constituintes indesejáveis, tais como compostos resultantes da interacção do cloro com a água. Dependendo da frequência de análise os parâmetros a caracterizar podem ser subdivididos em três grupos:

Controlo de Rotina 1- CR1: Correspondem aos parâmetros microbiológicos e é aqueles que têm de ser analisado com maior frequência por constituírem eventuais perigos para a saúde pública. Corresponde ao controlo dos parâmetros referentes às bactérias coliformes e desinfectante residual, (ALVES, 2021)

Controlo de Rotina 2 - CR2: Englobam os parâmetros físico-químicos, de análise menos frequente. Corresponde ao controle dos parâmetros referentes ao sabor, cor e cheiro, bem como dos parâmetros

conservativos e agentes cumulativos. Nesta rotina também se controla a turvação a condutividade e o pH; (ALVES, 2021)

Controlo de Inspeção - CI: Inclui parâmetros considerados como substâncias indesejáveis e tóxicas, são realizadas em intervalos mais longos. Tem como objectivo obter as informações necessárias para verificar o cumprimento dos valores paramétricos estabelecidos. (ALVES, 2021).

4. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA E RELEVÂNCIA DO PROJECTO

Os problemas ambientais causados pelo crescimento populacional, tem sido uma grande preocupação, tanto para as autoridades governamentais como para a própria sociedade. O crescimento de algumas cidades, sem devido controle, acarreta na degradação dos recursos naturais básicos, dentre eles, a água. Actualmente, existem cerca de 100 milhões de substâncias químicas registadas no CAS (*Chemical Abstracts Service*), sendo actualizadas diariamente cerca de 15.000 substâncias. Dentre as substâncias registadas, uma extensa gama de produtos farmacêuticos e de higiene pessoais (PHP) que são amplamente utilizados diariamente (MIZUKAWA, 2016).

A maior parte das substâncias tem como destino final os corpos hídricos, seja por acção da chuva ou principalmente pelo lançamento de esgoto. Actualmente, sabe-se pouco das causas e dos efeitos destes contaminantes em águas naturais (água obtida directamente de fontes naturais ou por extracção de águas subterrâneas), mas muitos deles são classificados como tóxicos ou interferentes endócrinos, ou seja, compostos orgânicos hormonalmente activos que podem causar distúrbios no sistema endócrino de seres humanos e animais, mesmo em baixas concentrações (SODRÉ *et al*, 2012). A água tem sido reconhecida como um dos bens naturais mais importantes do planeta, onde a preocupação com o uso, destino e, principalmente, estado de degradação tem mobilizado pessoas de todas as áreas quanto a sua preservação. Estudos demonstram que nos próximos anos a situação global das reservas hídricas tenderão a piorar consideravelmente, caso não haja acções emergentes para a melhoria da gestão da oferta de água (MIZUKAWA, 2016).

O Distrito de Chókwè é um dos maiores distritos onde a agricultura é feita em grande escala, e conseqüentemente maior será a quantidade de pesticidas usados como forma de combater as pragas. Com o seu desenvolvimento maior é a quantidade de substâncias químicas produzidas, como forma de suprir as necessidades básicas do dia-a-dia, originando deste modo maiores quantidades de contaminantes emergentes.

Neste âmbito, o presente estudo contribuirá para a percepção dos principais contaminantes emergentes que estão degradando o meio ambiente e os principais corpos hídricos na Cidade de Chókwè, e disponibilizando informações de avaliação de risco a exposição desse composto, sendo ferramentas importantes na tomada de decisões para novas políticas públicas de preservação do meio ambiente natural.

5.ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1.Localização geográfica da área de estudo

A área de estudo localiza-se no Distrito de Chókwè na Província de Gaza, na zona sul de Moçambique, conforme ilustra o mapa da figura 2 representado abaixo. A sua sede é a Cidade de Chókwè fica acerca de 220km a Nordeste da capital do país (Maputo) e acerca de 100km da capital da província (Xai-xai). Tem como limites geográficos, a norte com o Distrito de Mabalane, a norte e nordeste com o Distrito de Guija, a leste com o Distrito de Chibuto, a sul com os -Distritos de Limpopo e Bilene e a Oeste é limitado pelo Distrito de Magude na Província de Maputo, (MAE, 2005).

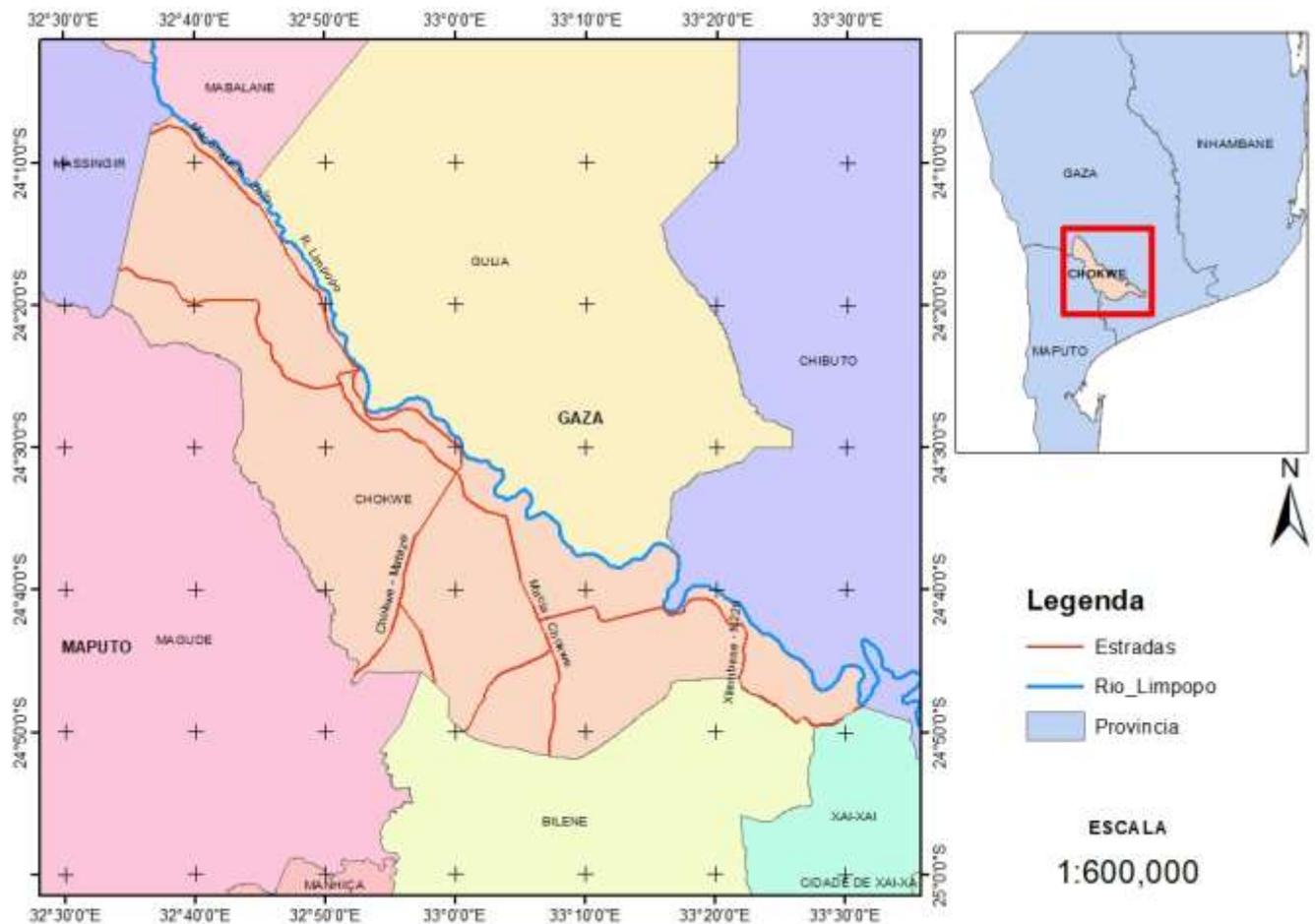


Figura 2.Mapa de localização geográfica da área de estudo

5.2.Clima, Relevo e Hidrografia

O Distrito de Chókwè apresenta um clima do tipo tropical chuvoso de savana (semi-árido), onde a precipitação média anual varia de 500 a 800mm, confirmando o gradiente do litoral para o interior, enquanto a evapotranspiração a sua média anual de referência (ET_o), é da ordem de 1400-1500mm (MEA, 2005). As temperaturas médias anuais variam entre 22°-26° e a humidade relativa média anual entre 60-65%. A baixa pluviosidade, aliada a altas temperaturas resulta numa acentuada défice de água, pois há uma irregularidade na queda da chuva, causando deste modo estiagem e secas frequentes mesmo durante o estação chuvosa (SITOE, 2003; MAE, 2005).

Todo o Distrito de Chókwè apresenta um relevo de planície com aproximadamente 100m de altitude, tendo na sua composição aluviões ao longo do Rio Limpopo, que atravessam todo o distrito no sentido NW-SE, e por depósitos indiferenciados no resto do distrito (Lionde e Macarretane). Verifica-se a ocorrência de terraços nos extremos sudeste do distrito (Chilembene) junto ao Distrito de Bilene. Em Macarretane na zona de Matuba ocorrem argilas vermelhas (MAE, 2005).

O Distrito de Chókwè tem um grande potencial hidrográfico, sendo que é banhado na margem direita pelo Rio Limpopo e pelo Rio Mazimuchope e pelos riachos periódicos que percorrem em quase todo o Distrito. Depois do Rio Zambeze, temos o Rio Limpopo que é o rio mais extenso de Moçambique, e que serve de maior sistema de irrigação do país, passando pelo Distrito de Chókwè em todo o seu comprimento no sentido NW-SE estabelecendo a sua fronteira com os Distritos de Guijá, Mabalane e Chibuto (MAE, 2005).

Em Moçambique o Rio Limpopo corre cerca de 561km, antes de desaguar no Oceano Indico em Zongoene a 60km da Cidade de Xai-xai. O caudal do Rio Limpopo é caracterizado por uma variação de caudal considerável, podendo estar seco por alguns meses, estima-se que apenas 10% de caudal medido em Chókwè é gerado na parte Moçambicana da área de captação do rio (MAE, 2005).

6.ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

6.1.Geologia Regional

Os terrenos geológicos que constituem a África Austral, da qual Moçambique faz parte, formaram-se pela acção sucessiva de várias orogenias que sucederam desde o Precâmbrico até o Fanerozóico, Moçambique por sua vez com sua dimensão que equivale aproximadamente 800.000 km² de extensão é na sua maior extensão (cerca de 2/3) constituído por rochas de idade Precâmbrica e numa menor extensão (cerca de 1/3) por rochas de idade Fanerozóica (LOPO & JAMAL, 2010; GTK, 2006).

A região sul de Moçambique de ponto de vista geológico é constituída maioritariamente por rochas do Fanerozóico que compreendem as rochas sedimentares, que se formaram entre os 300 e 700 milhões de anos. Essas rochas incluem também as formações eruptivas (magmáticas) como basaltos e riólitos e se pode encontrar junto a fronteira de Namaacha. Ocupam quase na totalidade as províncias de Inhambane, Gaza e Maputo e vai se estreitando para o norte até o curso do Rio Rovuma ocupando 1/3 do território nacional (VASCONCELO, 2014)

6.2.Geologia Local

A área de estudo situa-se na bacia sedimentar de Limpopo, caracterizando-se por uma extensiva planície de inundação, interceptada pelo vale do Rio Limpopo (FAEF, 2001).

A geologia na maior parte da bacia de Limpopo em Moçambique é caracterizada por espessos depósitos de sedimentos marinhos de pleistocénio denominados “mananga”, localizados em áreas relativamente elevadas e, por depósitos arenosos do quaternário (FAEF, 2001)

A geologia local é composta por depósitos aluvionares do Quaternário onde são constituídas por sedimentos resultantes da erosão de rochas formadas no Terciário, que se estendem ao longo do vale do Rio Limpopo, como ilustra a figura 3 abaixo, apresentando curvas e meandros que foram se depositando sedimentos fluviais recentes, e a sua distribuição de depósitos é típica, com a formação de diques naturais mais elevados e depósitos arenosos mais próximos do rio e as depressões pantanosas de sedimentos argilosos mais afastadas (SINATE 2002; SITHOE 2003 e ALMEIDA 2005)

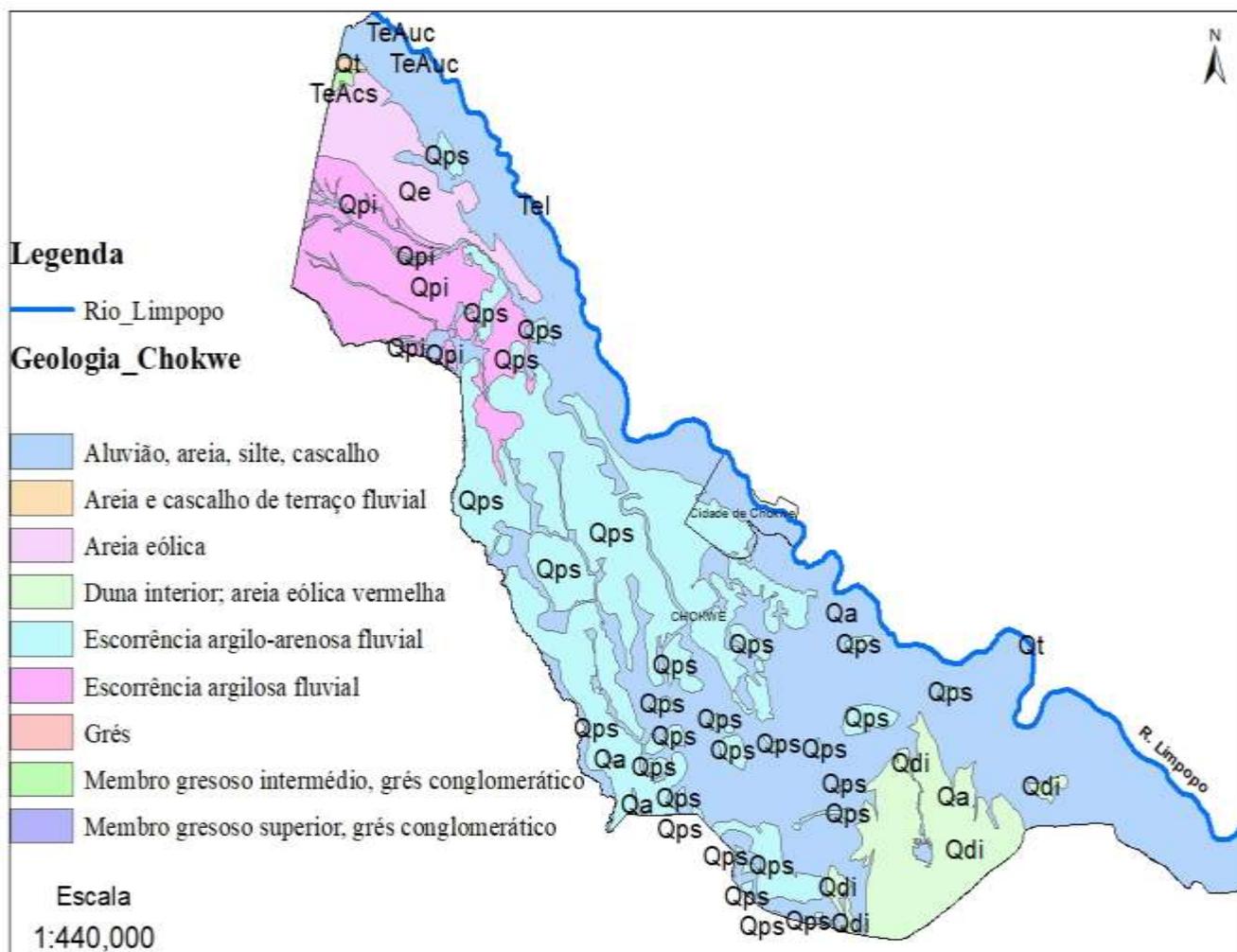


Figura 3. Mapa Geológico do Distrito de Chókwe

7.MATERIAL E METODOLOGIA DO TRABALHO

7.1.Material

Para alcançar os objectivos traçados e os resultados esperados com o presente Projecto Científico foram usados os seguintes materiais:

- ✓ Autoclave (esterilização dos frascos)
- ✓ Balão de fundo redondo
- ✓ Banho-maria
- ✓ Bico de bunsen (serve para queimar todas as bactérias suspensas)
- ✓ Bomba de vácuo e *manifold* (serve para sugar a água)
- ✓ Caderneta, para descrição e anotação das informações colhidas no campo;
- ✓ Câmara fotográfica, para a obtenção de fotos dos pontos de amostragem, bem como de toda a área de amostragem
- ✓ Camara de luz ultravioleta (serve para revelação de placas ultravioletas)
- ✓ Cuba cromatográfica
- ✓ Funil
- ✓ Funil de decantação (funil de bromo)
- ✓ GPS (Sistema de Posicionamento Geográfico), para a recolha de coordenadas dos pontos de amostragem;
- ✓ Frascos plásticos, para a colecta e conservação das amostras de água;
- ✓ Marcadores, permanentes, para rotular as amostras;
- ✓ Membrana central/ placa com meio/ meio de cultura
- ✓ Membrana filtrante
- ✓ Papel filtrante
- ✓ Pipeta
- ✓ Placa de sílica em gel de vidro
- ✓ Proveta (medições das quantidades)
- ✓ Suporte universal
- ✓ Tubos de ensaio com tampa (*peptone whater*)

Nas análises microbiológicas foram determinados três parâmetros (coliformes totais, coliformes fecais e *escherichia coli*), onde para sua realização foram utilizados materiais descritos na figura 4 abaixo.

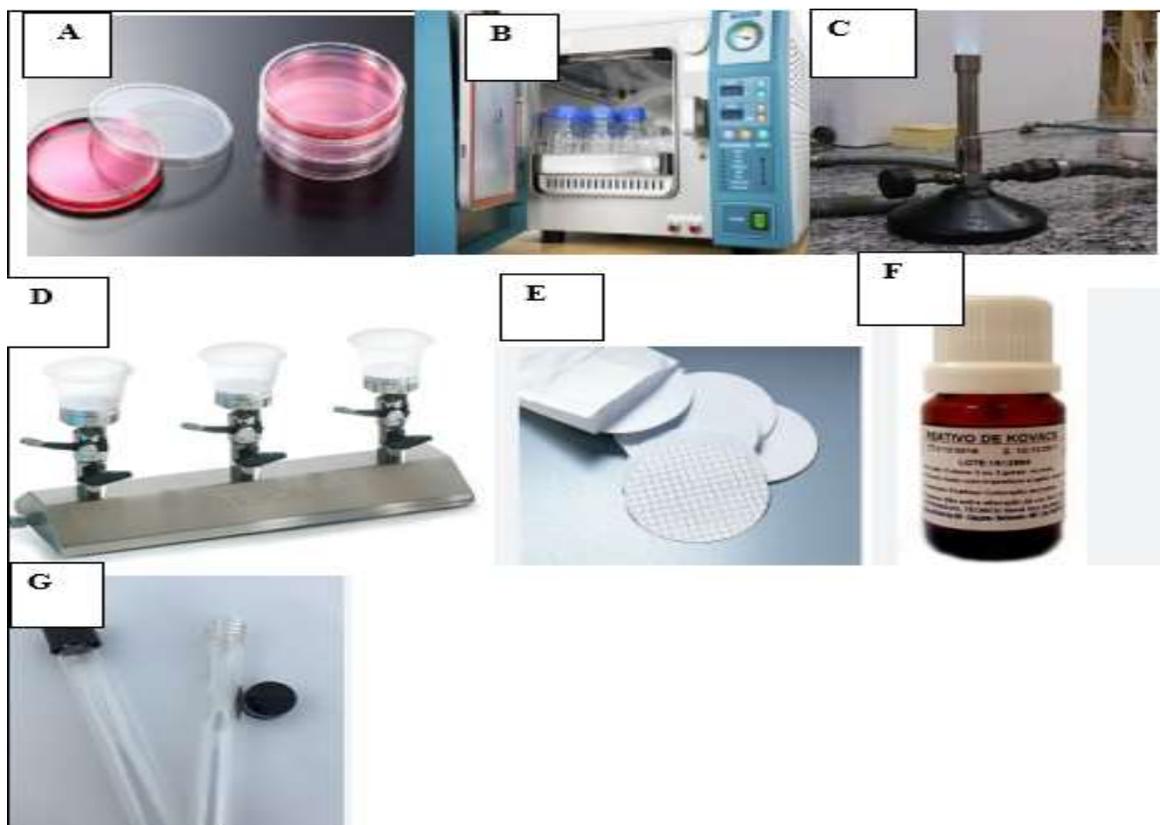


Figura 4. Material usado nas análises microbiológicas

- A)** Membrana central/ placa com meio/ meio de cultura; **B)** autoclave contendo garrafas de vidro a serem esterilizadas; **C)** bico de busen; **D)** Bomba de vácuo e *manifol*.; **E)** papel filtrante; **F)** reagente; **G)** tubo de ensaio.

Para as análises químicas foram determinados dois parâmetros (pesticida organoclorados e pesticidas organofosforados), onde na realização dessas análises foram utilizados matérias descritos na figura 5 abaixo

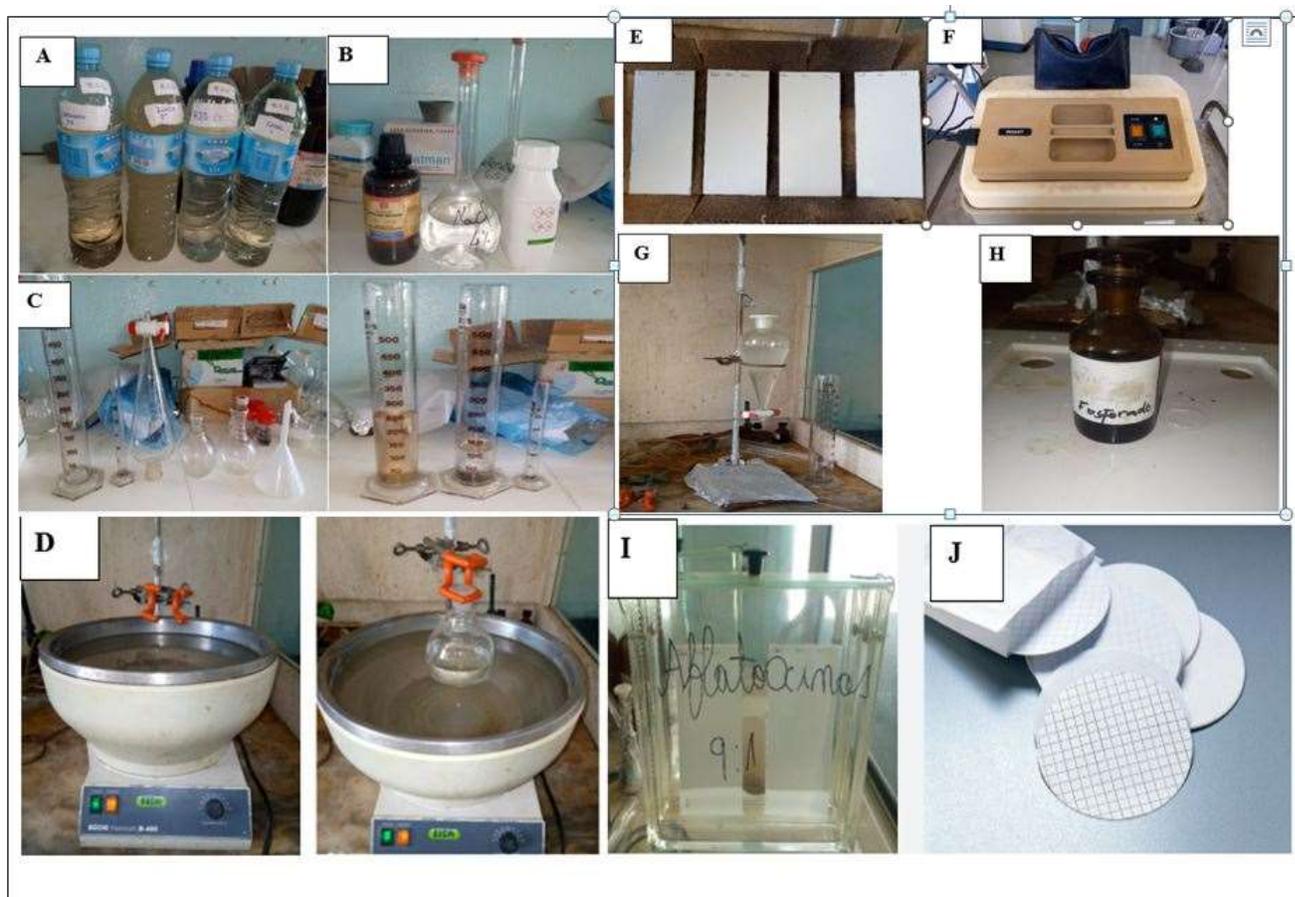


Figura 5. Material usado nas análises químicas (toxicológicas)

A) Garrafas contendo as amostras; B) reagentes utilizados; C) são respectivamente: proveta; funil de decantação; balão de fundo redondo; funil; D) banho-maria; E) placa de gel de sílica; F) camara de luz ultravioleta; G) suporte contendo funil de decantação; H) reagente padrão; I) cuba cromatográfica e J) papel filtrante.

Software e Reagentes utilizados para a realização do trabalho.

- ✓ *Google Earth*, obtenção de imagens de satélite da área do estudo;
- ✓ Reagente: diclorometano (CH_2Cl_2), cloreto de sódio (NaCl), sulfato de sódio (Na_2SO_4), pesticida organofosforado e organoclorado;
- ✓ Reagente (kovacs);

7.2. Metodologia do Trabalho

O presente projecto científico, foi feito seguindo uma série de etapas, que iniciaram com: consulta bibliográfica, trabalho de campo para a colheita de amostras e posterior foram levadas ao laboratório para análises químicas e microbiológicas e por fim compilação do relatório final. As fases metodológicas seguidas no presente trabalho encontram-se resumidas na Figura 8.

- **Consulta bibliográfica**

Esta fase consistiu na revisão da literatura referente à área de estudo, no concernente a presença de contaminantes emergentes nas águas superficiais da Cidade de Chókwè. A consulta bibliográfica teve maior enfoque em estudos e publicações de trabalhos anteriormente desenvolvidos na área de estudo, bem como na contaminação da água pelos contaminantes emergentes no geral em todo o mundo.

- **Mapeamento das potenciais áreas de contaminação por CE**

Para o mapeamento primeiro foi necessário entrar no *Google Earth*, para poder definir/identificar os possíveis pontos potenciais de contaminação por CE e foi usado GPS para a tirada das coordenadas de localização.o e que de seguida deu resultado ao mapa da figura 6 abaixo.



Figura 6. Imagem de *Google Earth* ilustrando os pontos de amostragem de colecta de água para as análises químicas e microbiológicas, o rio faz separação entre os dois Distritos Chókwè e Guija.

Com base nas coordenadas tiradas no campo de estudo foi possível elaborar o mapa da figura 7 abaixo que mostra os pontos de amostragem.

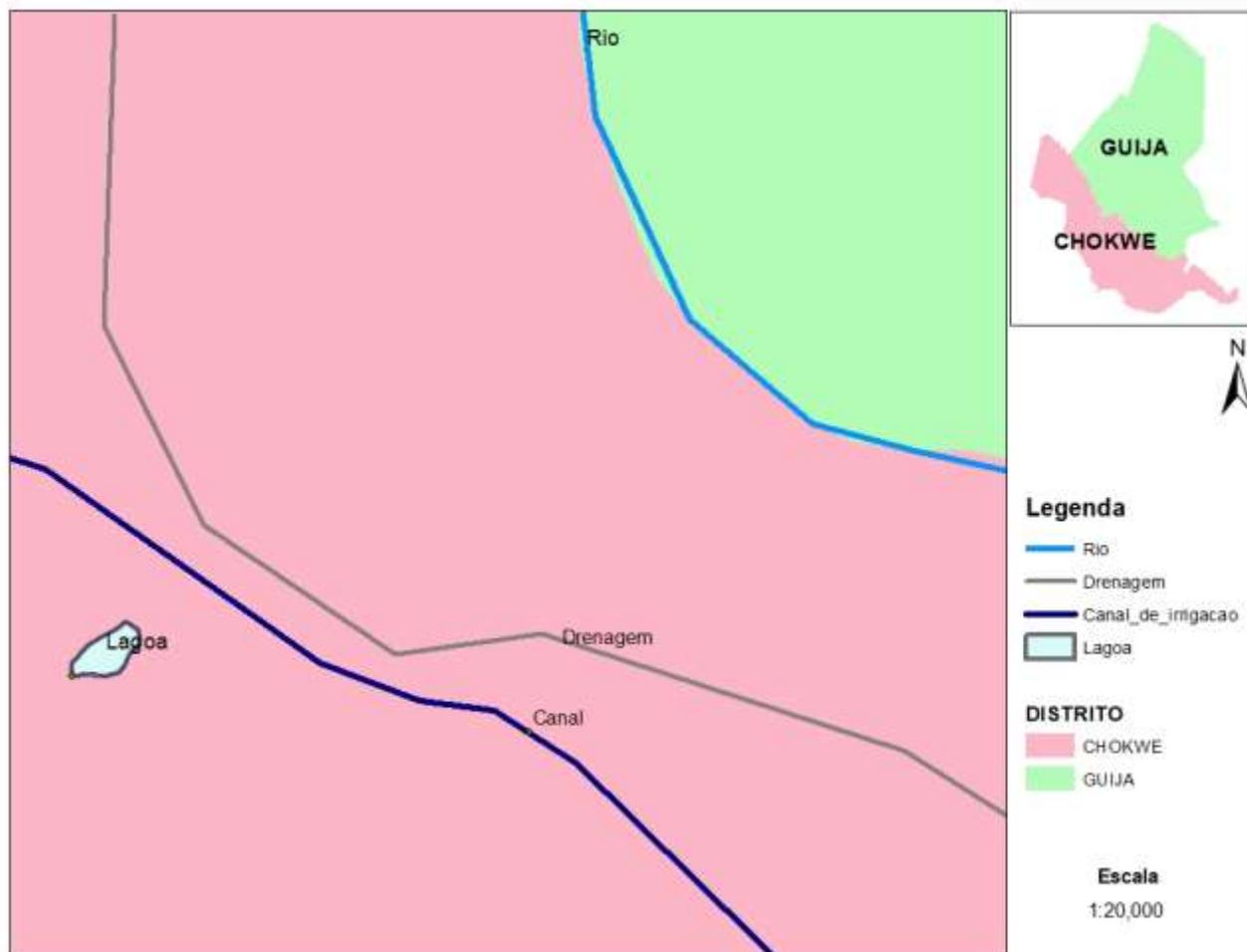


Figura 7. Mapa de amostragem dos pontos de colecta de água para as análises químicas e microbiológicas.

- **Trabalho de Campo**

As amostras de água foram colhidas nas fontes de água do abastecimento público da Cidade de Chókwe, no Rio Limpopo, na drenagem que é usada como canal de passagem de esgoto para o rio, na lagoa artificial e no canal uma vez que esta água é usada para o regadio e abeberamento dos animais durante a pastagem.

Para a realização do trabalho do campo seguiu-se os seguintes procedimentos:

- Escolha dos pontos de amostragens: a escolha dos pontos foi com base nos corpos de água presentes perto das possíveis actividades antropogénicas, pois, as machambas se encontram nas margens do rio e do canal, a drenagem e a lagoa estão no meio da cidade, fazendo com que o

descarte de substâncias químicas seja nesses pontos, e para a colecta das amostras foi usado um balde e uma corda para posteriormente encher os frascos;

- b) Conservação das amostras: após a colecta, os frascos foram colocados no colmam que contem gelo para garantir melhor conservação desde o ponto de amostragem até ao laboratório, para posterior análise.

- **Trabalho de Laboratório**

Após a colecta das amostras seguiu o processo das análises no laboratório, no qual foram realizadas as análises químicas e microbiológicas no Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos-MISAU, seguindo os procedimentos abaixo descritos:

- **Análises Microbiológicas:**

Nas análises microbiológicas foram analisados três parâmetros (coliformes totais, coliformes fecais e *escherichia coli*).

Para a realização de qualquer análise laboratorial há sempre alguns procedimentos a seguir como forma de garantir melhor credibilidade nos resultados obtidos. Para tal, abaixo temos os procedimentos seguidos para a realização das análises microbiológicas. De referir que foram feitos em todas quatro amostras respectivamente (amostra nr^o 1 que foi colhida na drenagem, nr^o 2 lagoa artificial, nr^o 3 rio, nr^o 4 canal).

- ❖ **Coliformes totais**

- I. Esteriliza-se os frascos para a colecta das amostras em uma autoclave a 120 graus;
- II. Feito isso, codifica-se os frascos consoante os pontos de amostragem já mapeados.
- III. Chegado ao laboratório, no processo de recepção das amostras, estas são codificadas, atribuindo-lhes um valor numérico interno da instituição, para facilitar a identificação por parte dos técnicos.
- IV. Colocadas as amostras em ordem na bancada analítica, codifica-se igualmente as placas de Petri contendo o meio de cultura e a membrana filtrante, uma vez que, cada amostra irá corresponder a uma placa.
- V. Para esterilizar o ambiente do trabalho analítico, usa-se um bico de Bunsen em chama e, as análises são realizadas nas proximidades da chama.
- VI. Com recurso a uma pinça, retira-se a membrana filtrante do seu invólucro e coloca-se no copo/funil de filtração, fecha-se a válvula e adiciona-se 100 ml da amostra a ser filtrada.

- VII. Em seguida, abre-se a válvula e, com o auxílio de uma bomba a vácuo Manifold, faz-se a filtração. Terminado o processo, com a uma pinça, retira-se cuidadosamente a membrana e faz-se a sementeira na placa de petri que, a posterior é levada a uma incubadora por 24h a uma temperatura de 37 graus.
- VIII. Passadas as 24h de incubação, são retiradas as placas incubadas e colocadas em um contador de colónias para a quantificação de bactérias.

❖ **Coliformes Fecais:**

- I. Para a análise de coliformes fecais, repetem-se os procedimentos acima descritos, fazendo a sementeira em uma placa de petri contendo o meio de cultura, findo os quais, coloca-se a placa de Petri com a sementeira da amostra em uma incubadora por 24h a uma temperatura de 44 graus.

❖ **Escherichia coli:**

- I. A análise de E-coli é feita logo após a leitura das placas de petri ora incubadas;
- II. Para tal, Com recurso a uma alça microbiológica, faz-se a repicagem de algumas colónias germinadas nas placas e inocula-se em um tubo de ensaio contendo meio de cultura. Este, é de seguida incubado por 24h a uma temperatura de 44 graus.
- III. Após 24h de incubação, são retirados os tubos de ensaio e adicionadas três gotas do reagente (kovacs) em cada tubo de ensaio.

➤ **Análises químicas**

Para as análises químicas foram analisados dois parâmetros (pesticida organoclorados e pesticidas organofosforados), e foram seguidos os procedimentos abaixo:

- I. O primeiro passo, foi a organização do material a ser usado e os respectivos reagentes;
- II. De seguida em três provetas diferentes adicionou-se 250ml da amostra na primeira proveta, 125ml do diclorometano na segunda proveta e 10ml de cloreto de sódio na terceira proveta;
- III. Num funil de decantação já colocado no suporte de decantação, misturou-se a amostra, o diclorometano e o cloreto de sódio;
- IV. Após a mistura agitou-se muito bem e deixou-se decantar por aproximadamente 5-10 minutos, até a separação das duas fases (fase aquosa e a fase do extracto), que em seguida passa pela filtração;

- V. Para o processo da filtração levou-se o balão do fundo redondo e um funil onde, dentro do funil colocou-se um papel filtrante e sulfato de sódio (ajuda na filtração de impurezas) uma quantidade considerável, depois abriu-se o funil de decantação e deixou-se escorrer uma das fases, a fase mais densa;
- VI. Após a separação das misturas, preparou-se o banho-maria e levou-se o balão do fundo chato contendo a fase filtrada a uma temperatura de 40° a fim de evaporar a amostra, passadas 4h no banho-maria, a amostra evapora completamente ficando apenas umas gotas;
- VII. Depois da evaporação da amostra, com ajuda de uma pipeta tirou-se algumas gotas da fase filtrada e colocou-se na placa de sílica, onde também colocou-se o padrão (reagente) -pesticida organofosforado;
- VIII. Depois de colocar-se as 4 amostras e o padrão, leva-se as placas para a câmara de luz ultravioleta para poder fazer a leitura das mesmas.

7.2.1. Interpretação dos resultados e elaboração do Relatório Final

É a última fase onde os resultados analíticos são caracterizados pela interpretação dos resultados laboratoriais, e a compilação de toda informação e a elaboração do relatório final como ilustra a figura 8.

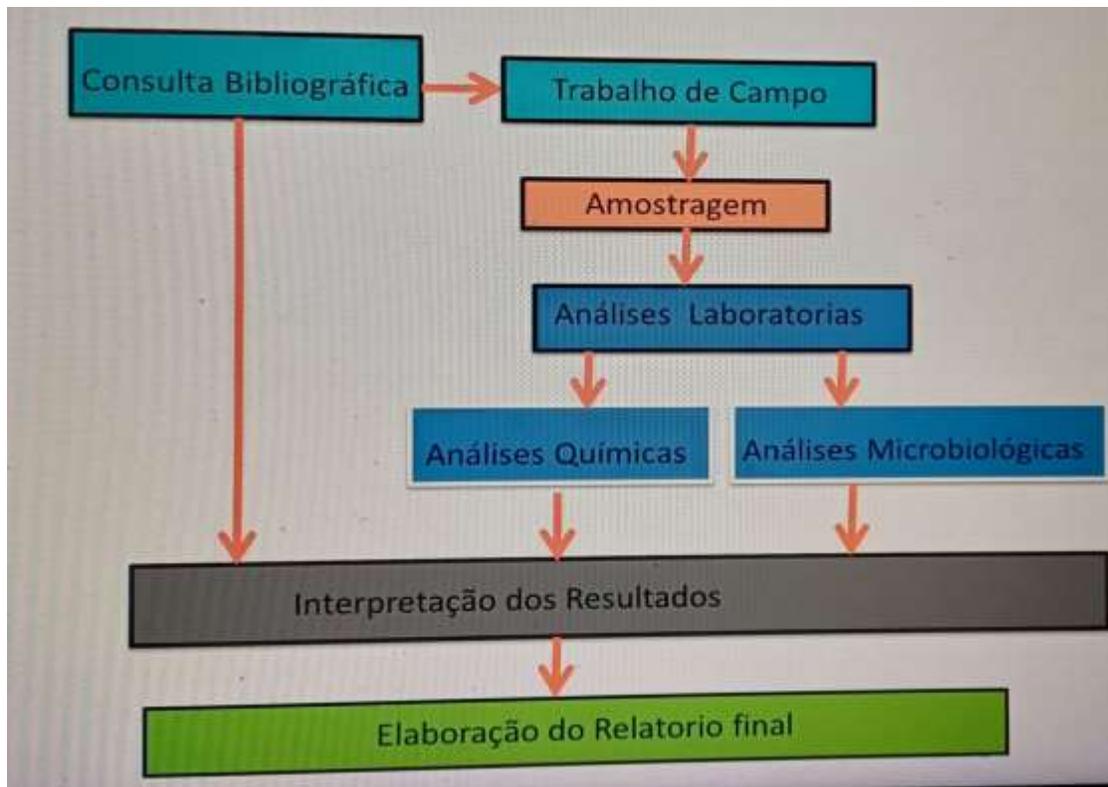


Figura 8. Esquema ilustrativo das fases metodológicas seguidas no trabalho

8. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

8.1. Apresentação dos resultados

➤ Análises microbiológicas

Depois de terminar todos os procedimentos em cada tipo de análise, foi observado o seguinte:

• Análise de Coliformes Totais

Após 24h de incubação das placas de petri a 37 graus, verificou-se:

Ponto 1: formação de colónias redondas vermelhas com brilho metálico característico em toda a placa, ultrapassando os 100 coliformes;

Ponto 2: formação de colónias redondas vermelhas com brilho metálico, tendo como contagem aproximadamente 67 colonias;

Ponto 3: formação de colónias redondas vermelhas com brilho metálico, tendo como contagem de 46 colónias;

Ponto 4: formação de colónias redondas vermelhas com brilho metálico, um pouco mais da metade da placa, tendo como contagem de 53;



• Análise de coliformes Fecais

Após 24h de incubação das placas de petri a 44 graus, verificou-se:

Ponto 1: formação de colónias redondas azuladas quase a metade da placa, tendo como contagem das colónias 45;

Ponto 2: formação de colónias redondas azuladas um pouco mais da metade da placa, tendo como contagem das colonias 53;

Ponto 3: formação de colónias redondas azuladas um pouco abaixo da metade da placa, tendo como a contagem de colónias 41;

Ponto 4: formação de colónias redondas azuladas, tendo como a contagem das colonias 42;

Figura 9. Imagem ilustrando uma placa de petri com colónias redondas azuladas (coliformes fecais), e as colónias redondas vermelhas (coliformes totais).

• **Análise de Escherichia Coli**

Após 24h de incubação dos tubos de ensaio a 44 graus e posterior adição de kovac de verificou-se:

Ponto 1: formação de uma cor rosa nos 3 tubos, dos 4 observados;

Ponto 2: formação de uma cor rosa nos 2 tubos, dos 4 observados;

Ponto 3: formação de uma cor rosa nos 1 tubos, dos 4 observados;

Ponto 4: não houve formação de uma cor rosa em todos os 4 tubos observados;

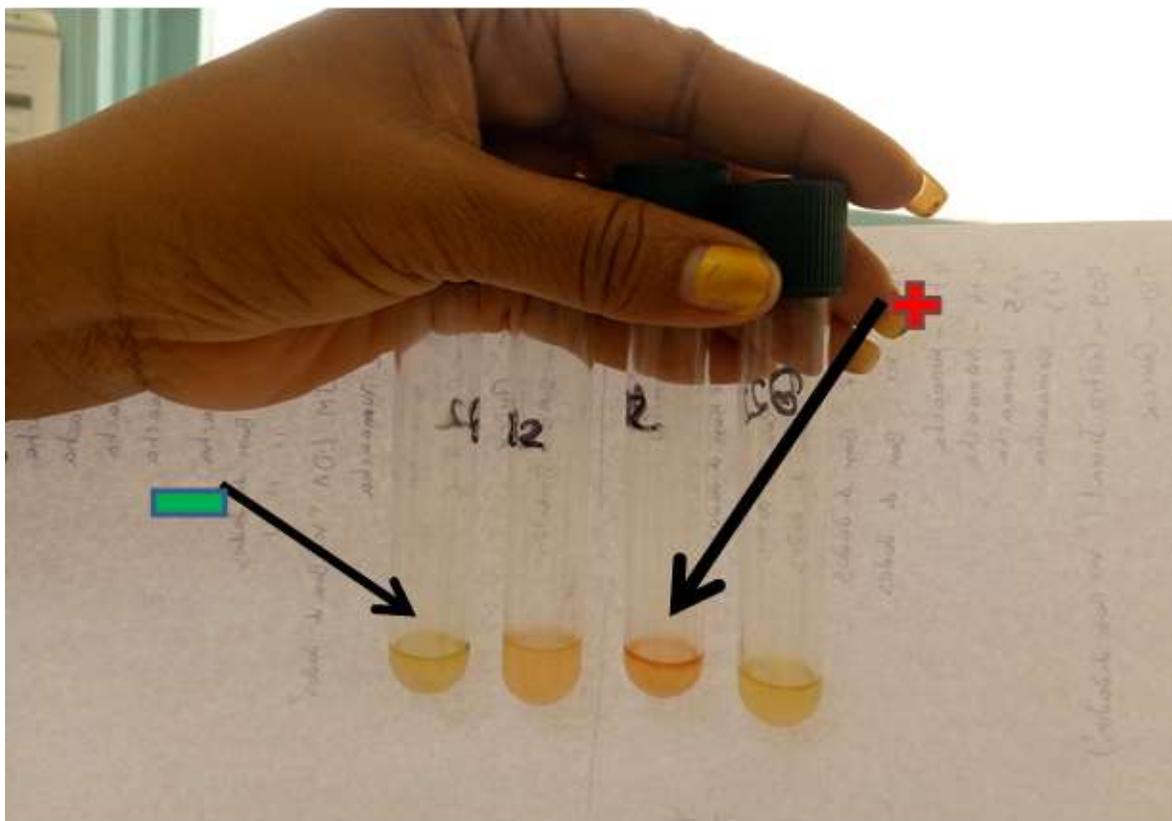


Figura10.Imagem ilustrando a positividade (tubo com barra rosa), assim como a negatividade nos tubos de ensaio, após a adição do reagente kovac.

Tabela 4.Apresentação dos resultados das análises microbiológicas da água

Ordem	Amostra	Método	Parâmetro	Lim. Admissível	Max. Resultado (%)
			Coliformes Totais (Sem tratamento)		
Ponto 1	Drenagem	Membrana filtrante		NMP/100ml Ausente	>100

Ponto 2	Lagoa	Membrana filtrante		NMP/100ml Ausente	(+/-) 67
Ponto 3	Rio	Membrana filtrante		NMP/100ml Ausente	(+/-) 46
Ponto 4	Canal	Membrana filtrante		NMP/100ml Ausente	(+/-) 53
			Coliformes Fecais (sem tratamento)		
Ponto 1	Drenagem	Membrana filtrante		0-10 NMP/100ML	(+/-) 45
Ponto 2	Lagoa	Membrana filtrante		0-10 NMP/100ML	(+/-) 53
Ponto 3	Rio	Membrana filtrante		0-10 NMP/100ML	(+/-) 41
Ponto 4	Canal	Membrana filtrante		0-10 NMP/100ML	(+/-) 42
			Escherichia coli (sem tratamento)		
Ponto 1	Drenagem	Membrana filtrante		NMP/100ml Ausente	(+/-) 31
Ponto 2	Lagoa	Membrana filtrante		NMP/100ml Ausente	(+/-) 13
Ponto 3	Rio	Membrana filtrante		NMP/100ml Ausente	(+/-) 8
Ponto 4	Canal	Membrana filtrante		NMP/100ml Ausente	<1

➤ **Análises químicas**

Nas análises químicas foi usado o método da cromatografia em camada delgada/cromatografia em placa, após seguir os procedimentos descritos na fase metodológica (trabalho de laboratório) acima colocados vem a fase da apresentação dos resultados, que serão abaixo mencionados na tabela 5.

Os resultados das 4 amostras colectadas mostraram resultados negativos (drenagem, rio, canal e lagoa), em relação à presença dos pesticidas organoclorados e organofosforados, possivelmente porque a quantidade de pesticidas existentes na água estava abaixo do limite de detecção, para o método da cromatografia em camada delgada.

Tabela 5. Apresentação dos resultados obtidos das análises químicas “toxicológicas” da água

Método usado para as análises químicas (cromatografia em camada fina)		
Local	Parâmetro analisado	Resultado (%)
Ponto1/Drenagem	(pesticida organoclorado e organofosforado)	Negativo
Ponto2/ Lagoa		
Ponto3/Rio		
Ponto4/Canal		

8.2. Discussão dos resultados

➤ Análises microbiológicas

Coliformes Totais

Os resultados das análises de Coliformes totais nos quatro pontos de amostragem, apresentam valores acima do recomendado pela legislação moçambicana (de acordo com o Diploma Ministerial n° 180/2004, de 15 de Setembro). Tendo em conta a tabela 4, nota-se que para coliformes totais, a drenagem apresenta o maior valor (> 100 NMP/100 ml), uma vez que a água provém de esgotos familiares, águas pluviais que podem conter estes contaminantes. Em segundo plano, encontra-se a lagoa com valor de (67 NMP/100ml), tendo em conta o facto desta ser uma água estagnada e o que recebe como CE, não tem como ser escoado, acabando por sedimentar. O canal, com o valor de (53 NMP/100ml), razão pelo facto de ser alimentado pelo rio, e se o rio estiver contaminado, obviamente o canal também irá conter estes contaminantes. Por último, o rio, apresentando o menor valor de coliformes totais (45 NMP/100ml), sendo uma água corrente, provavelmente os contaminantes podem ser escoados para o mar. A presença de coliformes totais, indica a poluição com risco potencial da presença de organismos patogénicos, o que pode perigar a vida e saúde da população, havendo necessidade da sua mitigação.

Coliformes Fecais:

A presença de bactérias coliformes, principalmente os coliformes fecais, é o indicativo inequívoco de contaminação fecal recente, devido principalmente à utilização de latrinas e fossas sépticas. Os altos valores apresentados nos resultados das amostras analisadas nos 4 pontos apontam para uma possível contaminação por esgotos sanitários.

Como pode se verificar, os valores apresentados estão acima do recomendado pela legislação moçambicana (de acordo com o Diploma Ministerial n° 180/2004, de 15 de Setembro). Facto pelo qual a lagoa apresenta maior índice de contaminação de aproximadamente (53 NMP/100ml) quando comparado com os outros pontos. A justificação de maior índice é devido ao seu nível de exposição que a lagoa apresenta, uma vez que, a mesma encontra-se no meio habitacional, e as latrinas encontram-se nas proximidades, sem contar que também nesse caso o nível de escoamento também influencia, pois essa encontra-se estagnada. Depois da lagoa quanto ao nível de contaminação segue a drenagem com (45 NMP/100ml) de contaminação fecal, uma vez que a mesma é corredor de todo esgoto doméstico e lixo das residências principalmente no período chuvoso (período em que foram colectadas as amostras).

Já para o rio e o canal os seus níveis de contaminação são relativamente baixos quando comparados com a lagoa e a drenagem, neste caso o canal apresenta um valor de contaminação de (42 NMP/100ml) e o rio um valor de (41 NMP/100ml) isso deve-se ao facto desses dois pontos estarem distante das residências e o nível do escoamento dos mesmos ser alto.

Escherichia Coli:

O teste de confirmação de *e-coli*, faz-se necessário à medida que os coliformes fecais são compostos por bactérias de origem fecal e não fecal. Portanto, uma vez que temos resultados positivos nos coliformes fecais, houve a necessidade de se confirmar através de teste *e-coli*, o que por sua vez apresentou resultados positivos para os 4 pontos de amostragem (drenagem, lagoa, rio e no canal).

A maior percentagem de *e-coli* dá-se nas amostras da drenagem com (31 NMP/100ml) mostrando dessa forma o nível de contaminação presente nesse ponto, já na lagoa com (13 NMP/100ml) confirma que o nível de contaminação é razoável, diferente do rio e do canal, onde o teste de confirmação mostrou valores baixos, onde por sua vez o rio está com (8 NMP/100ml) de contaminação e o canal com mais ou menos (1 NMP/100ml) de contaminação por *e-coli*.

Em suma, com os resultados obtidos das análises feitas podemos constatar, que o rio e o canal apresentam baixa percentagem de contaminação por coliformes quando comparado aos outros pontos devido ao seu fluxo de escoamento contínuo. A taxa de escoamento geralmente dita a percentagem de acumulo de resíduos, influenciando deste modo o nível de contaminação da água. Por exemplo as

amostras da Lagoa e a Drenagem apresentam uma percentagem de contaminação alta quando comparados com as amostras do rio e do canal, isso pelo facto destas estarem em escoamento contínuo. De uma forma resumida na figura 11 abaixo ilustra em forma de diagrama a variação dos coliformes mediante á cada ponto de amostragem.

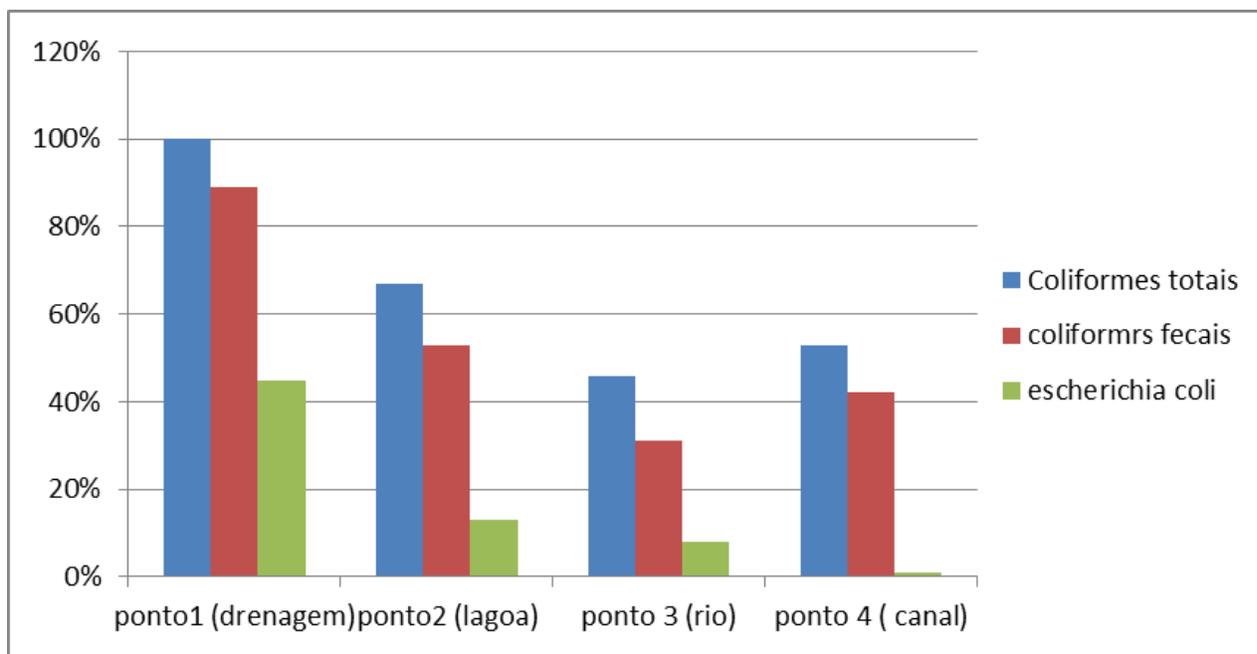


Figura 11. Diagrama ilustrando a variação de contaminação por coliformes totais, fecais e escherichia coli.

Em todos os pontos de amostragem, os coliformes totais apresentam o maior valor, seguida de coliformes fecais e por último a escherichia coli (E-coli). Os coliformes totais incluem bactérias dos coliformes fecais e escherichia coli (E-coli). Por sua vez, os coliformes fecais (termotolerantes), incluem escherichia coli, justificando as diferenças apresentados no gráfico. Em relação aos pontos, a drenagem apresenta maiores valores e o rio, o mais baixo. Justifica-se pelo facto de o rio ser uma água corrente e a drenagem, receber águas pluviais e esgotos domésticos.

➤ **Análises Químicas**

O estudo de contaminantes emergentes em águas superficiais da Cidade de Chókwè, quanto as análises químicas mostraram índice de contaminação baixa no que diz respeito a detecção dos contaminantes analisados no presente trabalho sendo que não foi possível a sua detenção destes segundo os resultados obtidos na tabela 5 acima.

Na análise das 4 amostras colectadas os resultados foram negativos (drenagem, rio, canal e lagoa), em relação à presença dos pesticidas organoclorados e organofosforados, porque a quantidade de pesticidas existentes na água estava abaixo do limite de detecção (cerca de 1 ng/ L, equivalente a 1 mg/L).

De acordo com os estudos de (MUIANGA, 2014), para o método da cromatografia em camada delgada bem como para o solvente utilizado no experimento (Diclorometano), as análises de pesticidas totais organoclorados e organofosforado em 16 amostras de águas da Barragem de Massingir, não foi possível detectar os analítos provavelmente por se apresentarem em concentrações abaixo do limite de detecção. Mas por sua vez (MUIANGA, 2014), usa o método nanopartículas de prata sintetizadas onde foram aplicadas em testes colorimétricos para pesticida atrazina. O método por sua vez trouxe resultados positivos para a detenção desse pesticida (atrazina) em amostras de água com limites de detecção e quantificação de 1,84 mg/L e 5,57 mg/L, respectivamente. Dai que se pode concluir que há necessidade de se usar métodos com alto limite de detecção como a Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência Acoplada à Espectrometria de Massa em serie (UHPLC-MS).

9. CONCLUSÕES

Em conformidade com exposto no presente projecto científico, pode concluir-se que o estudo contribui para a fortificação de conhecimento sobre contaminantes emergentes, em águas superficiais da Cidade de Chókwè. E com base nas análises feitas e os resultados obtidos, constatou-se deste modo a necessidade

de se definir os mecanismos controladores da qualidade de água, como forma de mitigar os possíveis problemas a saúde e ao meio ambiente. E tendo em conta os objectivos traçados no presente relatório chegou-se as seguintes conclusões:

- ✓ Com base no mapeamento das potências áreas de contaminação, conclui-se que a drenagem e a lagoa são os principais pontos de contaminação, seguidos do canal e do rio. Isso deve-se ao principal factor que é o escoamento;
- ✓ Tendo em conta a origem e o destino dos CE nas águas superficiais da Cidade de Chókwè, chegou se a uma conclusão de que a principal origem desses contaminantes é pontuais onde a entrada dos poluentes no ambiente é directa, geralmente através do curso de água, ou seja, são provenientes de descarte de efluentes a partir de estações de tratamento de esgotos, fossas sépticas e do próprio esgoto bruto e o destino dos mesmos são os corpos hídricos (rio, canal, drenagem e lagoa).
- ✓ Durante o processo do estudo dos CE podemos concluir que esses causam efeitos adversos à saúde humana assim como ao meio ambiente, são responsáveis pelo maior número de doenças hídricas por exemplo (Cólera, Hepatite A) e são também responsáveis pela alteração á biota uma vez que os mesmos afectam o sistema endócrino;
- ✓ Os resultados das análises microbiológicas nos 4 pontos de amostragem, mostraram resultados positivos em todos os pontos, variando de acordo com o tipo de coliformes e o ponto da colecta. A saber que para coliformes totais os resultados variam de 46NMP/100ml (rio) a > 100 NMP/100ml (drenagem) de contaminação, entretanto para coliformes fecais os resultados das análises variam de 41 NMP/100ml (rio) a 53 NMP/100ml (lagoa) de contaminação, e para análises de *E-coli* os resultados variam entre 1NMP/100ml (canal) a 31NMP/100ml (drenagem);
- ✓ Os resultados das análises químicas nas 4 amostras colectadas deram negativos (drenagem, rio, canal e lagoa), em relação à presença dos pesticidas organoclorados e organofosforados, porque a quantidade de pesticidas existentes na água estava abaixo do limite de detecção, daí que se pode concluir que há necessidade de se usar métodos com alto limite de detecção como a Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência Acoplada à Espectrometria de Massa em serie (UHPLC-MS).

10. CONSTRANGIMENTOS

- Um dos grandes constrangimentos foi a dificuldade para análises dos compostos aqui presentes no projecto científico uma vez carece de conhecimento desse tipo de análises;
- Falta de reagentes e equipamento eficaz para a obtenção dos resultados;
- Não determinação dos contaminantes (fármacos, cafeína e plastificante), devido a falta de reagente, e laboratório qualificado para esse tipo de análises

11. RECOMENDAÇÕES

- + Primeiramente, sugere-se que sejam realizadas mais colectas durante o ano, a fim de contemplar todos os períodos sazonais. Esse tipo de abordagem demonstrará melhor a presença ou ausência dos contaminantes emergentes investigados (plastificantes, produtos de higiene pessoal, fármacos e pesticidas), além da possibilidade de determinação de outros tipos de contaminantes emergentes. Essa perspectiva permitirá uma visão mais ampla e robusta da variabilidade de contaminantes e complexidade da contaminação ambiental da água superficial da Cidade de Chókwè;
- + Difusão da informação em relação a esse tipo de estudo;
- + Que se façam estudos mais detalhados em relação a contaminação das águas superficiais por contaminantes emergentes de modo a garantir as condições básicas da potabilidade da água;
- + Recomenda-se também que se façam estudos da mesma natureza em diferentes pontos da região para que se apure o nível de contaminação por esses contaminantes emergentes e, também trabalhos de carácter quantitativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANVISA (2001), *resolução rdc nº 162 de 11 de Setembro*, ministério da saúde Brazil
- ALMEIDA, E.H.A., (2005), *Análise do Efeito da Capacidade de Armazenamento de Água dos Solos no Rendimento do milho em Sequeiro na Região de Chókwè*, Maputo UEM.
- ALVES, J. A., (2021), *Contaminantes emergentes e pesticidas em água superficial e genotoxicidade em Tilápias (Oreochromis niloticus), na Lagoa de Jacarepaguá*-Rio Janeiro.
- ALYGIZAKIS, N. A.; GAGO-FERRERO, P.; BOROVA, V. L.; PAVLIDOU, A.; HATZIANESTIS, I.; THOMAIDIS, N. S., (2016),-*Occurrence and spatial distribution of 158 pharmaceuticals, drugs of abuse and related metabolites in offshore seawater. Science of the Total Environment*, v. 541, p. 1097–1105.
- BUERGE, I.; POIGER,T; MULLER, D. M.; BUSER, H-R.,(2003),*Caffeine, an Anthropogenic Marker for Wastewater Contamination of Surface Waters*, Environmental Science and Technology 37(4):691-700
- BUTT, M. S.; SULTAN, M. T, (2011), *Coffee and Its Consumption: Benefits and Risks. Critical Review Food Science*, v. 51, p. 363-373.
- BLAIR, B. D.(2013), *Pharmaceuticals and personal care products found in the Great Lakes above concentrations of environmental concern. Chemosphere*, v. 93, n. 9, p. 2116–2123.
- BRAUSCH, J. M.; RAND, G. M. A., (2011), *review of personal care products in the aquatic environment: environmental concentrations and toxicity. Chemosphere*, v. 82, n. 11, p. 1518 – 32, mar.
- CARACCILO, M. E., (2015), *caracterização morfológica de nematóides (rhabditideo) parasitas causadores de otite em bovinos*, Rio de Janeiro
- CARTAGENA, C. J., (2011), *Contaminantes orgânicos emergentes en el ambiente: productos farmacêuticos. Revista Lasallista de investigación*, v. 8, n. 2, p. 143 – 153.
- CHEN, J.; MAJDA, S.; PACOME, K. N.;SABAH, B.; AMINA, O. ;AHMED O. T. A.,(2002), Estrogenicity of Organophosphorus and Pyrethroid Pesticides. Journal of Toxicology and Environmental Health Part A, 65, 1419-1435.
- CHEN, J.; SAILI, K.S.; LIU, Y.; LI, L.; ZHAO, Y., JIA, Y. BAI, C.;TANGUAY, R.L.; DONG, Q.; HUANG, C., (2017), *Developmental bisphenol A exposure impairs sperm function and reproduction in zebrafish*, Chemosphere 169: 262-270.

- CLEUVERS, M. (2003) *Ecotoxicidade Aquática de Produtos Farmacêuticos, Incluindo a Avaliação de Efeitos de Combinação*. *Cartas de Toxicologia*, 142, 185-194.
- DAI, G.; WANG, B.; HUANG, J.; DONG, R.; DENG, S.; YU, G., (2015), *Occurrence and source apportionment of pharmaceuticals and personal care products in the Beiyun River of Beijing, China*. *Chemosphere*, v. 119, p. 1033–1039.
- DAUGHTON, C. G.; TERNES, T. A., (1999), *Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change? Environmental health perspectives*, v. 107 Suppl, p. 907–38, dez.
- EFSA (2010), *scientific opinion on Bisphenol A, svaluation of a sutudy investigating iys neurodevelopmental toxicity, review of recent scientific literature on its toxicity an nd advice on the Danish rist assessment of bisphenol A*, European Commission.
- ERICKSON, B. E., (2002), *Environ. Sci. Technol*, v. 36, p. 141.
- Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF), (2001), *Programa competir, região agrícola de Chókwè, Diagnostico de Fileira agrícola*, Maputo UEM.
- GTK Consortium (2006), *Notícia Explicativa da Carta Geológica 1:250.000. Direcção Nacional de Geologia*, Volume 4, Maputo.
- GARDINALI, P. R., ZHAO, X. (2002), *trace determination of caffeine in surface water samples by liquid chromatograph-atmospherie pressure chemical ionization-mass spectrometryLC-APCI-MS*, 28;521-528 *environment international*.
- Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), (2006), *manual práctico de análise de água*, Brasília.
- GILART, N.; MIRALLES, N.; MARCÉ, R. M.; BORRULL, F.; FONTANALS, N., (2013), *Novel coatings for stir bar sorptive extraction to determine pharmaceuticals and personal care products in environmental waters by liquid chromatography and tandem mass spectrometry*. *Analytica chimica acta*, v. 774, p. 51 – 60, 24 abr.
- GINEBREDA, A.; MERITXELL, G.; MIRA, P.; DAMIA, B., (2010), *Removal of pharmaceuticals during wastewater treatment and environmental risk assessment using hazard indexes*.
- HAMAN, C.; DAUCHY, X.; ROSIN, C.; MUNOZ, J. F., (2015), *Occurrence, fate and behavior of parabens in aquatic environments: A review*. *Water Research*, v. 68, p. 1–11.
- HALDEN,R.U., PAUL L, H.D.,(2005), *Co-occurrence of triclocarban and triclosan in U.S. water resources*.

- HERNANDO, M. D.; MEZCUA, M.; FERNÁNDEZ, A.R.; BARCELÓ, D., (2006), *Environmental risk assessment of pharmaceutical residues in wastewater effluents, surface waters and sediments*, v. 69, n. 2, p. 334–42, 15.
- INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS ANALÍTICAS AVANÇADAS INCTAA, (2014), *Cafeína em Águas de Abastecimento Público no Brasil*, 1. ed. São Carlos.
- JUSTO, N. V., (2015), *Análise de Contaminantes Emergentes em Águas Superficiais do Rio Barigui*.
- JOHNSON, A. C.; WILLIAMS, R. J., (2004), *Environ. Sci. Technol*, v. 38, p. 3649.
- KOLPIN, D. W., FURLONG, T. E., MEYER, T. M. THURMAN, . E.,(2005) *pharmaceuticals, hormones and other organic wastewater contaminants in U.S. Streams*, water encyclopedia 1999.
- KÜMMERER, K., (2009), *The presence of pharmaceuticals in the environment due to human use-present knowledge and future e challenges. Journal of environmental management*, v. 90, n. 8, p. 2354–66.
- LI, W.; GAO, L.; SHI, Y.; WANG, Y.; LIU, J.; CAI, Y., (2015), *Spatial distribution, temporal variation and risks of parabens and their chlorinated derivatives in urban surface water in Beijing, China. Science of the Total Environment*, v. 539, p. 262–270.
- LABORATÓRIO, N. H. A. A., (1997) *métodos de análises de água com orientações para interpretação dos resultados, parâmetros químicos e bacteriológicos*), ministério da saúde, Moçambique.
- LAENDER, G; RIBEIRO, A; BRITO, P.; PATRICIO, P.; QUEIROZ, A., (2019), *Monitorização de pesticidas como poluentes emergentes em rios do nordeste de Portugal*, Instituto Politécnico de Bragança.
- LAHTI, M.; OIKARI, A., (2011), *Microbial Transformation of Pharmaceuticals Naproxen, Bisoprolol and Diclofenac in Aerobic and Anaerobic Environments,*” Archives of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 61, No. 2, pp. 202-210. doi:10.1007/s00244-010-9622-2.
- LORIST, M. M.; TOPS, M., (2003), *Caffeine, fatigue, and cognition*, DOI:10.1016/S0278-2626(03)00206-9.
- LOPO, V. JAMAL, D., (2010),*a nova geologia de Moçambique, congresso de geoquímica dos países de língua portuguesa*.

MARTINS, J. R. S. MONTAGNER, C. C., (2018), *Dos Predadores Pré-Históricos aos Contaminantes Emergentes Atuais: Uma História de Ameaças à Humanidade*.

MATIAS, T.P. BRAGA, J. K. DOUMASCENO, L. H. S. BRUCHA, G., (2021), *aspectos envolvidos na biodegradação da atrazina sob diferentes condições oxirredução*, Brasil.

MINISTERIO DE ADMINISTRACAO ESTATAL (MAE)., (2 005), *Perfil do Distrito de Chókwe*.

MISAU., (2004), *Diploma Ministerial n° 180/2004, de 15 de Setembro*.

MCAVOY.D. SCHATOWITZ, B.; JACOB, M.; HAUKE, A., (2002), *Measurement of Triclosan in Wastewater Treatment Systems*, Environmental Toxicology and Chemistry 21(7):1323-9.

MUIANGA, A. P., (2014), *Análise qualitativa de pesticidas organoclorados em amostras de água do rio dos Elefantes na zona da Barragem de Massingir*, estágio laboral, faculdade de ciências departamento de química, UEM-Maputo.

MIZUKAWA, A., (2016), *Avaliação de Contaminantes Emergentes na Água e Sedimento na Bacia do Alto Iguaçu/PR*, Curitiba.

MOLINA, A. M.; LORA, A. J.; BLANCO, A.; JOSÉ, G. M.; AYALA, N.; MOYANO, R., (2013), *Ecotoxicology and Environmental Safety Endocrine-active compound evaluation: Qualitative and quantitative histomorphological assessment of zebrafish gonads after bisphenol-A exposure*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 88, p. 155–162.

MONTAGNER C.C; VIDALA C.; ACAYABAD R. D., (2017), *contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos ecotoxicológicos e regulatórios*, Vol. 40, No. 9, 1094-1110, sp-Brasil.

MORAES S. L.; REZENDE M. O. O; NAKAGAWA L. E; LUCHINI L. C., (2002). *Análise de resíduos de pesticidas em tomates por cromatografia em camada delgada*. *Quimica Nova*. 25(2): p. 196-202, sp- Brazil

OGUNSEITAN, O. A., (1996), *Removal of caffeine in sewage by Pseudomonas putida: Implications for water pollution index, DOI: 10.1007/BF00360923*.

ONESIOS, K. M.; YU, J. T.; BOUWER, E. J. (2009). **Biodegradation and removal of pharmaceuticals and personal care products in treatment systems: a review**. *Biodegradation*, v. 20, n. 4, p. 441–66, jul.

OMS/WHO (2020), *good manufacturing practices whater dor pharmaceutical use, technical report n°842*, sp.

PEREIRA, S.V. (2011), *Degradação da Atrazina pelo processo UV/ H₂O₂ E Ozônio, identificação dos intermediários e avaliação das atividades estrogênica*, Rio de Janeiro-Brazil.

PINTADO-HERRERA, M. G.; DIAZ-GARDULO, B.; BIEL -MAESO, M. J.; RUEDA-MARQUES, J. ; LARA-MARTIN, P.A. ; PERALES, J.A.; MANZANO, M.A. ; GARRIDO - PEREZ, C. ; MARTIN -DIAZ, M.L. (2017), *Environmental risk assessment of effluents as a whole emerging contaminant: Efficiency of alternative tertiary treatments for wastewater depuration*.

RAIMUNDO, C. C. M., (2007), *Ocorrência de interferentes endócrinos e produtos farmacêuticos nas águas superficiais da bacia do rio Atibaia*. 126p. (Mestrado em Química Analítica). Departamento de Química Analítica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

RAIMUNDO, C. C. M., (2011), *Contaminantes Emergentes em Água Tratada e seus Mananciais: Sazonalidade, Remoção e Atividade Estrogênica*, Tese (Doutorado em Química), Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

RICHARDSON, D. S., (2011), *Water Analysis: Emerging Contaminants and Current Issues*, Chemistry 83(12):4614-48

SANTANA, J. S. (2013), *Determinação de contaminantes emergentes em mananciais de água bruta e na água para consumo humano no Distrito Federal*, Dissertação de Mestrado, Brasília.

SIEGENER, R.; CHEN, B., (2002), *Caffeine in Boston Harbor Seawater*, Marine Pollution Bulletin 44(5):383-7.

SINATE, A.T., (2002), *Relação entre o caudal do rio e área de inundação na Bacia Hidrográfica de Limpopo*. Faculdade de agronomia e engenharia florestal, UEM-Maputo.

SILVA, L. J.A. NOGUEIRA, R., (2008), *viroses emergentes no Brazil*. Editora FIOCRUZ.

SITHOE, P.J., (2003), *mudanças espaciais de uso e cobertura de terra no distrito de Chókwè*, Faculdade de agronomia e engenharia florestal, UEM-Maputo.

SODRÊ, F.F., (2012), *Interferentes Endócrinos como Contaminantes Emergentes: Uma questão de saúde pública*, Grupo de Automação, Quimiometria e Química Ambiental (AQQUA), Instituto de Química, Universidade de Brasília, Caixa Postal 4478, CEP 90970-100, Brasília, DF.

SODRÊ, F. F.; LOCATELLI, M.A. F.; JARDIM, W. F., (2010), *Sistema limpo em linha para extracção em fase sólida de contaminantes emergentes em águas naturais*, Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, CP 6154, 13084-862 Campinas - SP, Brasil.

- SUI, Q. CAO, X.; LU, S.; ZHAO, W.; QIU, Z.; YU, G., (2015), *Occurrence, sources and fate of pharmaceuticals and personal care products in the groundwater: A review. Emerging Contaminants*, v. 1, n. 1, p. 14 – 24.
- SMITH, A., (2002), *Effects of caffeine on human behavior*, DOI: 10.1016/s0278-6915(02)00096-0.
- TRAGHETTA, D. G., SPOSITO, G., VIEIRRA, E. M., MACHADO, S. A. S., MAZO, L. H., AVACA, L. A., (1996), *Mecanismos de sorção e degradação de atrazina em solo e água: estudos espectroscópicos e polarográficos*. In *Livro de Resumos*. São Carlos: Dq-Ufscar/Iqsc-Usp.
- TUBBS, D; FREIRE R. B; YOSHINAGA, S., (2003), *Utilização da cafeína como indicador de contaminação das águas subterrâneas por esgotos domésticos no bairro de Piranema* , XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.
- VASCONCELOS, L., JAMAL, D., (2014), *a nova geologia de Moçambique*, Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa XVI Semana de Geoquímica, Departamento de Geologia, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Mocambique.
- VASCONCELOS, L., (2014), *breve apresentação sobre os recursos geológicos de Moçambique*, UEM-Maputo.
- WEINBERG, A. B., BEALER, K. B. (2001), *the science and culture of the worlds most popular drug*, the world of caffeine

WHO, (2020),-*Guidelines for Drinking- Water Quality* VOL 4.

YOU, L.; TUNG, V.; PAL, A.; CHEN, H.; HE, Y.; REINHARD, M.; GIN, K. Y., (2015),- *Science of the Total Environment Investigation of pharmaceuticals, personal care products and endocrine disrupting chemicals in a tropical urban catchment and the influence of environmental factors*, v. 536, p. 955–963.

<https://www.scielo.br>

[https:// www.crcpress.com](https://www.crcpress.com)