

CENTRO UNIVERSITÁRIO LUSÍADA – UNILUS

CURSO DE BIOMEDICINA

MATHEUS DINELLI DE OLIVEIRA

**A IMPORTANCIA DA AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS MARINHAS
PARA A BALNEABILIDADE NAS PRAIAS DE SANTOS**

SANTOS (SP)

2023

MATHEUS DINELLI DE OLIVEIRA

**A IMPORTANCIA DA AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS MARINHAS
PARA A BALNEABILIDADE NAS PRAIAS DE SANTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido no Curso de Biomedicina, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Biomedicina, sob a orientação da professor Doutor Gustavo Protasio Pacheco de Jesus, no Centro Universitário Lusíada.

SANTOS (SP)

2023

MATHEUS DINELLI DE OLIVEIRA

**A IMPORTANCIA DA AVALIAÇÃO MICROBIÓLOGICA DAS ÁGUAS MARINHAS
PARA A BALNEABILIDADE NAS PRAIAS DE SANTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido no Curso de Biomedicina, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Biomedicina, sob a orientação da professor Doutor Gustavo Protasio Pacheco de Jesus, no Centro Universitário Lusíada.

DATA: ___ / ___ / _____

ORIENTADOR/A DO TCC

PROFESSOR/A CONVIDADO/A

PROFESSOR/A CONVIDADO/A

SANTOS (SP)

2023

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer ao professor Dr. Gustavo Protasio Pacheco de Jesus, que esteve sempre disposto, promovendo meu desenvolvimento e o aprimoramento, além de ter o papel de um excelente orientador.

Também gostaria de agradecer ao meu coorientador professor Dr. Luiz Henrique Gagliani, pelo apoio e incentivo desde a escolha do tema até a resolução da metodologia prática.

Agradeço ao Centro Universitário Lusíada por disponibilizar o laboratório para que fosse executada a parte experimental do presente trabalho, assim como aos professores desta instituição, que direta ou indiretamente, contribuíram por meio de ensinamentos ou dicas que me permitiram chegar a novos caminhos para durante o trabalho. Agradeço também aos biomédicos do estágio de análises clínicas pela colaboração e incentivo na execução do experimento.

Por fim, agradeço aos meus pais, amigos, familiares e minha companheira que me estimularam a seguir adiante e me proporcionaram conforto e tranquilidade nos momentos necessários.

RESUMO

Neste estudo, foi investigada a contaminação microbiológica da água em ambientes marinhos, com ênfase na identificação de fontes de contaminação, impactos ambientais e estratégias de prevenção e controle. Os oceanos desempenham um papel fundamental na sustentação da vida no planeta, abrangendo mais de 70% da superfície terrestre e fornecendo recursos essenciais para a humanidade. No entanto, a água também é um veículo de propagação de doenças, com milhões de pessoas, especialmente em nações em desenvolvimento, sofrendo anualmente de enfermidades transmitidas pela água. Um dos principais focos do estudo foi a análise dos patógenos associados a doenças transmitidas pela água, sendo a *Escherichia coli* (*E. coli*) um biomarcador fundamental para avaliar a qualidade da água e a contaminação fecal recente. O objetivo deste estudo, foi analisar a contaminação microbiológica através das águas marinhas de Santos. Para isso foi feita uma revisão bibliográfica e um estudo qualitativo, focado em ausência e presença de coliformes fecais em amostras de águas marinhas de Santos. Todos os pontos de coleta analisados apresentaram resultado positivo, como esperado de acordo com o levantamento bibliográfico. Com isso, esse estudo contribui para uma compreensão mais abrangente dos desafios e soluções relacionados à contaminação microbiológica da água em ambientes aquáticos.

Palavras-chave: Contaminação microbiológica. *Escherichia coli*. Prevenção da contaminação da água

ABSTRACT

In this study, microbiological contamination of water in marine environments was investigated, with an emphasis on identifying sources of contamination, environmental impacts and prevention and control strategies. The oceans play a fundamental role in sustaining life on the planet, covering more than 70% of the Earth's surface and providing essential resources for humanity. However, water is also a vehicle for the spread of disease, with millions of people, especially in developing nations, suffering from waterborne illnesses annually. One of the main focuses of the study was the analysis of pathogens associated with waterborne diseases, with *Escherichia coli* (*E. coli*) being a fundamental biomarker for evaluating water quality and recent fecal contamination. The objective of this study was to analyze microbiological contamination in the marine waters of Santos. To this end, a bibliographical review and a qualitative study were carried out, focused on the absence and presence of fecal coliforms in samples of marine waters from Santos. All collection points analyzed showed positive results, as expected according to the bibliographic survey. Therefore, this study contributes to a more comprehensive understanding of the challenges and solutions related to microbiological contamination of water in aquatic environments.

Key-words: Microbiological contamination. *Escherichia coli*. Water contamination prevention.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pontos de Coleta (Autoria Própria)

Figura 2 – Amostra positiva para *Escherichia coli* (Autoria Própria)

Figura 3 – Amostra positiva para Coliformes Fecais (Autoria Própria)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Patógenos Associados a Doenças Transmitidas Pela Água.

LISTA DE SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APP- Área de Preservação Permanente

APHA- Associação Americana de Saúde Pública

CETESB-- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CFB-Código Florestal Brasileiro

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiental

EPA-Agência de Proteção Ambiental

UFC-Unidade Formadoras de Colônias

UNILUS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	15
3. MÉTODOS	16
3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.2 AMOSTRAGEM E COLETA	17
3.3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	17
3.4 ANÁLISE QUALITATIVA	18
4. RESULTADOS	19
5. DISCUSSÃO	20
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

Os oceanos desempenham um papel de grande importância ecológica, econômica, política e sociocultural em nosso mundo. Eles são cruciais para a regulação do clima, fornecimento de oxigênio, alimentos e lazer, sendo essenciais para a sobrevivência da espécie humana e de todas as formas de vida em nosso planeta. Os oceanos cobrem mais de 70% da superfície terrestre, contêm 97% da água da Terra, abrigam uma vasta variedade de espécies e mantêm extensas reservas de alimentos e minerais. A composição da água do mar, indo desde o hidrogênio até o urânio, é composta, em média, por aproximadamente 96,7% de água e 3,3% de sais dissolvidos). Essa composição química torna a água do mar única em comparação com outros sistemas aquáticos naturais (DIAS, 2015).

A água marinha desempenha um papel fundamental na disseminação de várias doenças que ao longo da história causaram epidemias que afetaram nosso planeta. A relação entre água, higiene e saúde é uma preocupação que acompanha a humanidade desde o início da civilização. Dados da Organização Mundial da Saúde indicam que milhões de pessoas, principalmente crianças, perdem suas vidas anualmente devido a doenças relacionadas à água em todo o mundo. O Quadro 1 apresenta os patógenos mais comumente associados a doenças transmitidas pela água (DE SOUSA SANTOS, 2021).

Quadro:1 Patógenos Associados a Doenças Transmitidas Pela Água

Patógeno	Doenças Associadas
Bactérias	Cólera, Diarreia, etc.
Vírus	Hepatite, Rotavírus, etc.
Protozoários	Amebíase, Giardíase, etc.
Parasitas	Esquistossomose, etc.

Fonte: Próprio Autor (2023)

A qualidade da água pode ser drasticamente afetada por atividades humanas, como a mineração, que pode levar a contaminações significativas. Por exemplo, o

rompimento de barragens de rejeitos de mineração pode liberar metais nos ecossistemas aquáticos, afetando negativamente a qualidade da água. Isso ressalta a importância de monitorar e proteger nossos recursos hídricos, dada a interligação entre água, saúde e meio ambiente (ROJAS, 2020).

As doenças de veiculação hídrica geralmente ocorrem por via cutânea ou ingestão, e podem ser desencadeadas pela ingestão de água contaminada, pelo contato primário com águas de recreação, bem como pela ingestão de líquidos e alimentos contaminados durante seu preparo ou ambiente de cultivo. Estudos indicam que mais de 100 patógenos entéricos, incluindo vírus, parasitas e bactérias, podem ser encontrados em sistemas de esgotos e fontes de água.

A patogenicidade dos microrganismos varia, dependendo de suas características de infectividade e capacidade de produzir toxinas, bem como da imunidade do hospedeiro. No entanto, apenas um número limitado de espécies microbianas tem a capacidade de causar doenças em uma porção significativa de hospedeiros saudáveis, isso varia de acordo com o sistema imunológico do hospedeiro (PENA, 2012).

Nos países em desenvolvimento, devido às condições precárias de saneamento e à qualidade inadequada da água, as doenças diarreicas de veiculação hídrica, como a febre tifoide, cólera, salmonelose, shigelose, gastroenterites diversas, poliomielite, hepatite A verminoses, amebíase e giardíase, estão associadas a surtos epidêmicos e altas taxas de mortalidade infantil relacionadas ao consumo de água contaminada (DE AQUINO, 2022).

O grupo de coliformes compreende uma ampla variedade de organismos pertencentes à família Enterobacteriaceae, abrangendo diversos gêneros e espécies (Oliveira & Terra, 2004). Para fins de regulamentação e padronização, o Ministério da Saúde, por meio da Resolução nº 518 de 25 de março de 2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), adotou a designação coliforme termotolerante" como um subgrupo das bactérias que integram o grupo dos coliformes. Por outro lado, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua resolução nº 357 de 17 de março de 2005, caracteriza os coliformes termotolerantes como bactérias Gram-negativas com forma de bacilos, ausência de atividade da enzima oxidase, e a capacidade de fermentar a lactose em temperaturas em torno de 45 °C ($\pm 0,2^\circ\text{C}$ – valor utilizado em alguns testes laboratoriais), resultando na produção de ácido, gás e aldeído (PIACENZA, 2021).

Esses microrganismos são encontrados não apenas em fezes humanas e de animais homeotérmicos, mas também em solos, plantas, águas superficiais não poluídas e outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminadas por matéria fecal. A Associação Americana de Saúde Pública (APHA) destaca a utilização de *E. coli* como indicador primordial de contaminação fecal. No entanto, componentes de gêneros como *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Aeromonas* não são exclusivos de fezes humanas ou de animais. Portanto, a detecção de coliformes a 45°C não é uma prova conclusiva de contaminação de origem fecal (RECHE, et al., 2010).

A aplicação de coliformes como indicadores da possível presença de patógenos entéricos em sistemas aquáticos tem sido objeto de discussão por um longo período. Diversos autores relataram surtos de doenças relacionados à contaminação da água, com base nas variações nos níveis de coliformes. A presença de coliformes em amostras ambientais como um indicativo da qualidade do solo e da água no contexto do saneamento, enfatizando a vantagem da *E. coli* em relação a outras bactérias patogênicas, uma vez que está amplamente distribuída, em alta densidade e é facilmente detectável. Segundo Menezes (2022):

A investigação microbiológica foi feita através das análises de Coliformes, *E. coli* e colifagos somáticos, enquanto a quantificação viral foi realizada via qPCR e RT-qPCR e a análise de viabilidade viral foi realizada por método de cultura celular. Além disso, foram monitorados parâmetros físico-químicas como aferição de pH, DQO e série de sólidos. Os melhores desempenhos do sistema foram observados nos ensaios realizados com radiação solar média superior a 1.050 KJ/m², que foram os dias de céu aberto, nos quais a temperatura média do efluentes esteve sempre acima de 40°C. Nesses casos, foram alcançadas eficiências de redução de *E. coli* e coliformes totais de até 4,38 log₁₀ e 4,72 log₁₀, respectivamente, enquanto os colifagos somáticos se mostraram mais resistentes ao tratamento, com reduções de 2,32 log₁₀. Os resultados relativos à investigação viral por qPCR não demonstraram diferença significativa entre os valores de concentração na entrada e na saída do sistema de desinfecção (Menezes, 2022 p. 24).

Nesse contexto, a definição de um indicador biológico, que envolve a presença ou ausência de uma determinada espécie de planta ou animal em uma área específica, relacionada às diferentes condições ambientais. A presença de um grupo bioindicador não exclui a possibilidade da existência de outros organismos

patogênicos na água. Quando se evidencia a presença desse indicador, a análise quantitativa é utilizada para descrever as condições do ambiente. Para que um microrganismo seja considerado um indicador ambiental apropriado, ele deve possuir qualidades como ser mensurável, representativo, comparável, baseado em conceitos científicos, ser de uso internacional, permitir um monitoramento regular, ser detectável por uma metodologia de fácil interpretação e ser acessível em termos de custos (SANTOS, 2020).

É importante ressaltar que não existe um indicador ideal de qualidade sanitária da água, mas sim indicadores que se aproximam dos requisitos exigidos. Alternativamente, anaeróbios fecais como uma alternativa ao grupo de coliformes. Bacteroides e bifidobacterium também podem ser usados como indicadores de contaminação fecal, uma vez que esses grupos são encontrados em alta densidade no trato gastrointestinal de seres humanos. O uso de ferramentas de genômica facilitou a detecção desses organismos em águas contaminadas, ampliando nosso conhecimento na área. Em contextos como águas minerais, esses microrganismos indicadores são empregados para avaliar a qualidade do produto e mensurar a eficácia das práticas de higiene aplicadas durante o processo (DIAS, 2015).

Escherichia coli é um importante biomarcador ambiental usado para avaliar a qualidade da água, fornecendo informações cruciais sobre a contaminação fecal e os riscos associados à saúde pública. Sua aplicação em métodos de monitoramento é essencial para garantir a segurança da água em ambientes aquáticos destinados à recreação, uso industrial e consumo. No entanto, é crucial reconhecer suas limitações e continuar pesquisando para aprimorar sua eficácia na proteção de ecossistemas aquáticos e da saúde humana (MEDEIROS, 2019).

E. coli pertence à família Enterobacteriaceae e é caracterizada por ser oxidase negativa, fermentar lactose e manitol com produção de ácido e gás, crescer a aproximadamente 45° C em 24 horas e produzir indol a partir do aminoácido triptofano. Além disso, *E. coli* apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glicuronidase (CORREIA, 2013).

De acordo com a legislação vigente, essa espécie é considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e da possível existência de outros organismos patogênicos. Apesar de estudos extensivos sobre *E. coli*, nossos conhecimentos sobre seu metabolismo no intestino de mamíferos foram adquiridos recentemente (D'AVILA, 2016).

Alguns sorotipos de *E. coli*, como o 0157:H7, podem ser portadores de fatores de virulência que causam doenças graves. Algumas estirpes de *E. coli* podem ser responsáveis por doenças infecciosas do trato urinário, afetando principalmente mulheres e crianças (D'AVILA, 2016).

Diversos estudos investigaram a sobrevivência de *E. coli* em diferentes ambientes, incluindo água doce, sedimentos aquáticos, solos e áreas com criação de gado, onde há acúmulo de resíduos fecais, bem como em ambientes marinhos e salinos, que serão discutidos em detalhes neste trabalho (GOMES, 2015).

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão bibliográfica sobre a contaminação em sistemas aquáticos, os biomarcadores utilizados em águas marinhas. E realizar uma análise microbiológica nas águas marinhas de Santos.

2.2 Objetivos Específicos.

- Avaliar os impactos ambientais da contaminação microbiológica da água em ecossistemas aquáticos, incluindo efeitos na fauna aquática, na qualidade da água e na saúde pública.
- Analisar as práticas de tratamento de água e as medidas de prevenção adotadas para mitigar os riscos de contaminação microbiológica em fontes de água de recreação.
- Realizar uma análise presuntiva, através de metodologia qualitativa.
- Examinar a regulamentação e a fiscalização governamental relacionadas à qualidade da água, identificando desafios e oportunidades para o aprimoramento das políticas de controle da contaminação microbiológica.
- Propor recomendações e diretrizes para a gestão eficaz da qualidade da água e a prevenção da contaminação microbiológica em ambientes aquáticos, com base nas descobertas deste estudo.

3. MÉTODOS

3.1 Revisão bibliográfica

Neste estudo, utilizaremos principalmente a metodologia de revisão bibliográfica para atingir os objetivos propostos. Os métodos de revisão bibliográfica compreendem: Realização de um extenso levantamento bibliográfico em bases de dados acadêmicas, incluindo PubMed, Google Acadêmico e outras fontes acadêmicas relevantes. Seleção criteriosa de estudos, artigos e publicações que estejam diretamente relacionados à contaminação microbológica da água em ambientes aquáticos, incluindo fontes de contaminação, impactos ambientais, estratégias de prevenção e regulamentações.

3.2 Amostragem e Coleta

A coleta das amostras foi realizada em um domingo à noite, visando obter uma concentração mais elevada de bactérias nas amostras, devido à presença de um grande número de turistas na praia de Santos durante o fim de semana. Foram coletadas 2 amostras de água em cada ponto de coleta, e ao todo foi selecionado 4 pontos de coleta, sendo sua localização: José Menino, Gonzaga, Embaré e Ponta da Praia.

PONTOS DE COLETA



Fonte: Mapas Blog (2015)

Método de Coleta: As amostras de água foram coletadas utilizando frascos de amostragem esterilizados. Cada local de coleta foi identificado e georreferenciado para garantir a rastreabilidade das amostras.

3.3 Materiais e Equipamentos Utilizados

- Estufa bacteriológica;
- Recipientes estéreis para coleta com capacidade de 100 ml;
- Frascos não fluorescentes quando expostos à luz ultravioleta de 365 nm, com capacidade para 100 mL;
- Câmara de Luz UV 365 nm;
- Caldo Coli ONPG/MUG;

3.4 Análise Qualitativa

Foi utilizada uma metodologia prática, uma análise qualitativa realçando na visualização da presença ou ausência de coliformes fecais e *Escherichia coli*. Através do teste Aquateste coli, da empresa (Laborclin), é um meio de cultura seletivo destinado à detecção simultânea de Coliformes Totais e *Escherichia coli* em amostras de águas.

O método está de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, contendo o indicador cromogênico e o indicador fluorogênico, as amostras positivas para Coliformes Totais são detectadas visualmente pelo desenvolvimento da coloração amarela e a presença de *Escherichia coli* é detectada pelo desenvolvimento de fluorescência azul esverdeada quando a amostra é submetida à exposição de luz UV. Realização da metodologia:

- Abrir o flaconete contendo o meio e acrescentar o seu conteúdo a um frasco estéril com 100 mL da amostra em análise, agitando suavemente até que o meio esteja homogeneizado.
- Incubar a mistura em uma estufa a uma temperatura de $35\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por um período de 24 horas.
- Amostras que permanecerem inalteradas e sem turbidez indicam a ausência de crescimento e são consideradas negativas para a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*.
- Amostras que apresentarem crescimento de coliformes são detectadas visualmente pelo desenvolvimento de cor amarela no meio de cultura. A presença de *Escherichia coli* é detectada pela observação de fluorescência azul-esverdeada sob a exposição à luz UV com um comprimento de onda de 365 nm, realizada em um ambiente escuro.

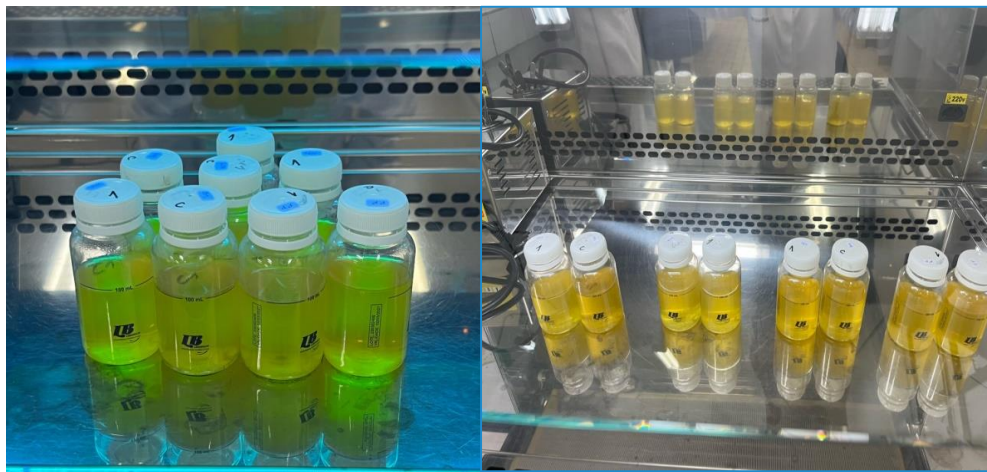
4. RESULTADOS

A análise presuntiva foi positiva para a presença de coliformes e *E. coli*, devido a coloração amarela encontrada na Figura 2 e a coloração fluorescente na Figura 1. Na composição do meio de cultura encontrado no teste Aquatest coliformes, existe a presença de um substrato cromogênico e fluoregênico.

O teste Aquatest coliformes detecta os coliformes totais através da atividade da enzima β -galactosidase, envolvida no metabolismo fermentativo da lactose. Esta enzima degrada o substrato cromogênico, resultando em um produto de coloração amarela, como podemos ver na Figura 2. A *Escherichia coli* é diferenciada dos demais coliformes pela capacidade de produzir β -glicuronidase, esta enzima degrada o substrato fluoregênico, presente no Aquatest Coliformes, resultando na fluorescência quando em exposição à luz ultravioleta visto na Figura 1

Figura 1

Figura 2



Fonte: Próprio Autor

5. DISCUSSÃO

Os resultados da análise microbiológica das amostras coletadas revelaram informações significativas sobre a qualidade microbiológica da água nas praias de Santos. As amostras que apresentaram crescimento de coliformes foram detectadas visualmente pelo desenvolvimento de cor amarela no meio de cultura. A presença de *Escherichia coli* foi confirmada pela observação de fluorescência azul-esverdeada sob a exposição à luz UV com um comprimento de onda de 365 nm, realizada em um ambiente escuro. Isso sugere a presença de bactérias coliformes, incluindo *Escherichia coli*, em todas as áreas que foram coletadas. No entanto, o trabalho também aponta as limitações da metodologia qualitativa, pois de acordo com a CETESB a qualidade das águas marinhas da praia deve ser estabelecida, por diversos parâmetros ambientais e análises quantitativas pela determinação das unidades formadoras de colônia, então para a comprovação da contaminação bacteriana deve ser realizada tais análises.

A contaminação microbiológica da água é um problema complexo e multifacetado que afeta tanto os seres humanos quanto os ecossistemas aquáticos em todo o mundo. Nossos oceanos, rios e fontes de água desempenham um papel crítico na sustentabilidade de nossa biosfera, no fornecimento de recursos essenciais e no equilíbrio do clima global. No entanto, a relação intrínseca entre água e saúde humana é evidente há séculos. Milhões de pessoas, principalmente em nações em desenvolvimento, sofrem anualmente com doenças transmitidas pela água, resultando em surtos epidêmicos e taxas alarmantes de mortalidade infantil.

Uma variedade de patógenos, incluindo bactérias, vírus, protozoários e parasitas, está associada a doenças transmitidas pela água, tornando crucial o monitoramento e a prevenção eficazes.

Os coliformes fecais, especialmente a *Escherichia coli* (*E. coli*), têm sido usados extensivamente como indicadores de contaminação fecal da água. No entanto, existe uma pequena limitação por ser uma bactéria de origem fecal, a *Escherichia coli* é um dos patógenos de maior importância nos estudos onde se deseja constatar contaminação por esgotos. Ela necessita de condições favoráveis para se desenvolver. A água do mar, devido à grande concentração de sais, pode funcionar

como um fator limitante para a multiplicação da *E. coli* aliado a outros fatores, tais como a temperatura, radiação e competição com outros seres vivos. (VIERA, 2001)

Santos enfrenta um desafio significativo em relação à contaminação do ambiente marinho, e um dos principais fatores facilitadores para os microrganismos presentes na água do mar é o Emissário Submarino de Santos. O Emissário Submarino de Santos desempenha um papel fundamental no tratamento de esgoto e na preservação das praias da cidade. Localizado ao longo da costa de Santos, no estado de São Paulo, Brasil, este sistema é responsável por receber o esgoto coletado na cidade e direcioná-lo para um lançamento a certa distância da costa, em águas mais profundas do oceano (DE AQUINO, 2022).

Esses sistemas de disposição oceânica têm como objetivo afastar os esgotos sanitários da costa, aproveitando a capacidade de depuração do oceano devido ao seu imenso volume de água. O processo envolve a coleta do esgoto, seguida pela sua pré-condicionamento em estações, onde passa por gradeamento, peneiramento para a remoção de sólidos e, por fim, pela cloração. Posteriormente, o esgoto é conduzido por tubulações e lançado no mar por meio de difusores (JAQUETTI, 2012)

No entanto, o lançamento desses efluentes no mar pode acarretar diversos impactos ambientais, como a contaminação microbiológica e o aumento da matéria orgânica no meio marinho. Esses impactos podem prejudicar vários usos das águas marinhas, incluindo a recreação, a manutenção dos estoques pesqueiros para fins de pesca e aquicultura, a deterioração dos aspectos estéticos e paisagísticos, bem como os usos voltados para a preservação do equilíbrio ecológico, entre outros.

O controle e prevenção da contaminação microbiológica em ambientes aquáticos, especialmente em fontes de água destinadas ao consumo humano e recreação, é de suma importância para garantir a saúde pública e a conservação do meio ambiente. Uma das etapas cruciais no controle da contaminação microbiológica da água é o tratamento adequado. Isso envolve processos de purificação que visam remover ou inativar microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus e parasitas. Os métodos de tratamento de água incluem a filtração, desinfecção e aeração. De acordo com Rohde (2023):

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são espaços territoriais delimitados pelo Código Florestal Brasileiro (CFB – Lei 12.651/2012) com objetivo de mitigar os impactos ambientais causados pela ocupação humana. Essas áreas atuam na proteção do solo, conservação dos recursos hídricos, conservação e reprodução

da biodiversidade, abrigo de espécies de fauna e flora nativa, conservação da paisagem e, no geral, na manutenção do bem-estar humano (Rohde, 2023)

São utilizadas técnicas como filtração, ela tem a função de reter partículas sólidas e microrganismos maiores presentes na água. Muitas vezes, filtros de areia, carvão ativado e membranas são utilizados para esse fim. Essa etapa é essencial para remover a maioria das impurezas visíveis e organismos maiores. A desinfecção é uma prática fundamental que visa eliminar ou inativar microrganismos patogênicos na água. O cloro, o ozônio e a radiação ultravioleta são métodos comuns de desinfecção. O cloro é eficaz na eliminação de uma ampla variedade de microrganismos, enquanto o ozônio e a radiação UV podem inativar vírus e bactérias (SOUSA, 2018).

A vigilância constante da qualidade da água é essencial para identificar e controlar a contaminação microbiológica. Isso envolve a coleta de amostras de água em várias fontes, como rios, lagos, poços e sistemas de abastecimento de água, para avaliação laboratorial. Os testes microbiológicos, como a contagem de coliformes fecais e a detecção de microrganismos patogênicos específicos, ajudam a determinar se a água está contaminada e em que extensão. Esses dados são vitais para tomar decisões informadas sobre a segurança da água e as medidas corretivas necessárias (GASPAROTTO, 2011).

Educar as comunidades sobre os riscos associados à água contaminada e as práticas seguras de consumo e higiene é fundamental. Isso inclui a promoção do tratamento adequado da água em áreas onde a água potável é escassa e a orientação sobre a importância de lavar as mãos regularmente para evitar a disseminação de doenças. Regulamentações rigorosas e supervisão governamental são fundamentais para garantir que os padrões de qualidade da água sejam atendidos e mantidos. Agências de saúde pública e órgãos reguladores, como a Agência de Proteção Ambiental (EPA) nos Estados Unidos, estabelecem diretrizes e padrões para a qualidade da água e monitoram o cumprimento dessas regulamentações. A fiscalização eficaz ajuda a garantir que os sistemas de abastecimento de água cumpram os requisitos de tratamento e manutenção da qualidade (DE AQUINO, 2022).

A proteção das fontes de água contra a contaminação é uma estratégia preventiva importante. Isso envolve a implementação de medidas para evitar a entrada de poluentes no ambiente aquático. A proteção de áreas de recarga de aquíferos, zonas de captação de água e rios é essencial para manter a qualidade da água bruta. Isso pode incluir regulamentações sobre o uso da terra, controle de esgoto e gestão adequada de resíduos (SILVA, 2019).

O controle e a prevenção da contaminação microbiológica da água são fundamentais para garantir a segurança da água para consumo humano e a proteção dos ecossistemas aquáticos. Uma abordagem integrada que envolve tratamento de água eficaz, monitoramento, educação pública, regulamentação e proteção de fontes de água é essencial para atingir esses objetivos. A colaboração entre governos, comunidades e organizações é fundamental para garantir a disponibilidade de água potável segura e a preservação de nossos recursos hídricos (TAVARES, 2019).

Com base nas conclusões deste estudo, propomos recomendações e diretrizes para a gestão eficaz da qualidade da água e a prevenção da contaminação microbiológica em ambientes aquáticos. Estas recomendações incluem melhorias nas práticas de tratamento de água, monitoramento contínuo da qualidade da água, conscientização pública e aprimoramento da regulamentação governamental.

Esperamos que as recomendações apresentadas aqui possam contribuir para a melhoria da qualidade da água e a prevenção da contaminação microbiológica em ambientes aquáticos em Santos e em outras regiões costeiras.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou a presença da contaminação microbiológica nas águas marinhas de Santos, com foco na análise presuntiva de coliformes fecais e *Escherichia coli*, bem como seus impactos ambientais e estratégias de prevenção e controle. Os resultados desta pesquisa têm implicações significativas para a qualidade da água, a saúde pública e a gestão ambiental da região costeira.

A avaliação dos impactos ambientais revelou que a contaminação microbiológica da água afeta negativamente os ecossistemas aquáticos, prejudicando a fauna aquática e comprometendo a qualidade da água, o que por sua vez tem implicações para a saúde pública. Essas descobertas destacam a importância de medidas de prevenção e controle eficazes. A análise presuntiva qualitativa realizada neste estudo forneceu informações valiosas sobre a presença de coliformes fecais e *Escherichia coli*, que podem ser utilizadas para orientar intervenções futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIERI, Edison et al. 2014.** Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. 2014.
- CASIMIRO, Maria Raquel Antunes. 2021.** Doenças de veiculação hídrica em Cajazeiras – PB na bacia hidrográfica do Rio do Peixe. 2021.
- CORREIA, Valdira. 2013.** Contagem de *Staphylococcus coagulase positivo* e *Escherichia coli* nas amostras de queijo fresco da ilha do Fogo comercializado no mercado municipal da cidade da Praia. 2013.
- D'AVILA, Elizete M. 2016.** Estrutura e Legislação para Aquicultura. 2016.
- DE AQUINO, Aureluci Alves et al. 2022.** QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CHUVA, PARA CONSUMO, COLETADA E ARMAZENADA EM CISTERNAS. 2022.
- DE SOUSA SANTOS, Boaventura. 2021.** O futuro começa agora: da pandemia à utopia. 2021.
- DIAS, Genebaldo Freire. 2015.** Pegada ecológica e sustentabilidade humana. . 2015.
- GASPAROTTO, Felipe Augusto. 2011.** Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP. 2011.
- GOMES, Luciana Godinho Nery et al. 2015.** Dinâmica populacional de *Escherichia Coli* em margens argilosas de rio tropical como habitat e a relação com sua concentração na água. 2015.
- JAQUETTI, Dinaelin Ketlyn Souza. 2012.** Proposta de avaliação de impacto ambiental de emissários submarinos. . 2012.
- MEDEIROS, Luciana de Castro. 2019.** Avaliação do risco à saúde humana pela exposição aos subprodutos da cloração da água do sistema de abastecimento público. 2019.

Menezes, Lorena Aparecida Noia. 2022. Redução de microrganismos indicadores, vírus entéricos e SARS-CoV-2 presentes em efluente de reator UASB através de tratamento térmico utilizando coletor solar. 2022.

PENA, Eronilda Castro. 2012. Isolamento de *Campylobacter jejuni* em carcaças de frango coletadas em indústrias frigoríficas de Minas Gerais. 2012.

PIACENZA, Larissa Baptistuci et al. 2021. Influência da precipitação pluviométrica para as estruturas limnológica e microbiológica da bacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal. 2021.

RECHE, Maria Helena Lima Ribeiro, PITTOL, Michele e FIUZA, Lidia Mariana. 2010. Bactérias e bioindicadores de qualidade de águas de ecossistemas orizícolas da região sul do Brasil. 2010.

RODHE, Cristhiane. 2023. Estudo das áreas de APP do rio Alegria dentro do perímetro urbano do município de Medianeira - Paraná. 2023.

ROJAS, Claudia Marcela Orduz et al. 2020. O rompimento da barragem de rejeitos de fundão e a ascensão do capitalismo de desastre no Brasil. 2020.

SANTOS, Aline Gomes da Silva dos. 2020. Qualidade da água subterrânea utilizada para consumo humano no entorno do cemitério do campo Santo em Salvador/Ba. . 2020.

SILVA, Andréa dos Santos et al. 2019. Qualidade de água de abastecimento na zona rural de Santa Rita–PB e propostas de melhoria. 2019.

SOUSA, Renata Ferreira de. 2018. Fabricação e caracterização de um filtro de rejeitos cerâmicos, carvão ativado e nanopartículas de ZnO para purificação de água. . 2018.

TAVARES, Aline Alves Bandeira. 2019. Disciplina jurídica sobre a proteção dos corpos de água e a disposição final de efluentes: o tratamento dos efluentes industriais no pólo integrado de Camaçari/Bahia. . 2019.

VIERA, Regine Helena Silva dos Fernandes. 2001. Análise experimental sobre a viabilidade de *Escherichia coli* em água do mar. 2001.

