



Câmpus
Sudoeste
Quirinópolis



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO
DE GOIÁS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS SUDOESTE - SEDE QUIRINÓPOLIS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AMBIENTE E
SOCIEDADE

ZÊNIA MOREIRA DE MATOS

**QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO MUNICÍPIO DE
QUIRINÓPOLIS, GOIÁS**

QUIRINÓPOLIS - GO
2024



Câmpus
Sudoeste
Quirinópolis



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO
DE GOIÁS

ZÊNIA MOREIRA DE MATOS

QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO MUNICÍPIO DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Sudoeste – Sede Quirinópolis, como exigência para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Sociedade.

Orientadora: Profa. Dra. Débora de Jesus Pires.

QUIRINÓPOLIS - GO
2024

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES (BDTD/UEG)

Na qualidade de titular dos direitos de autora, autorizo a Universidade Estadual de Goiás a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UEG), regulamentada pela Resolução, **CaA n.1087/2019** sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a **Lei nº 9610/98** e permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.
Estando ciente que o conteúdo disponibilizado é de inteira responsabilidade do autor.

1. IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO

Dados do autor (a)
Nome completo: ZÊNIA MOREIRA DE MATOS
E-mail: zeniamatos@hotmail.com

Dados do trabalho
Título: **QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO MUNICÍPIO DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS**
Nº de páginas: 110
Nome orientador(a): Profa. Dra. Débora de Jesus Pires

Tipo de produção
 Tese
 Dissertação
 Dissertação e Produto Técnico Tecnológico (PTT)
 Tese e Produto Técnico Tecnológico (PTT)

Curso / Programa
Mestrado Acadêmico em Ambiente e Sociedade
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sociedade

Câmpus / Unidade / Pólo: UEG - Campus Sudoeste - Sede Quirinópolis-Goiás
Data de defesa: 20/09/2024

2. PERMISSÃO DE PUBLICAÇÃO E ACESSO AO DOCUMENTO *

Concorda com a liberação total do documento
 SIM
 NÃO (Neste caso o documento não será publicado por até um ano a partir da data de defesa).

Assinalar justificativa para o caso de impedimento e não liberação do documento
 Solicitação de registro de patente;
 Submissão de artigo em revista científica;
 Publicação como capítulo de livro;
 Publicação da dissertação/tese em livro.

* Em caso de não autorização, o período de embargo será de até um ano a partir da data de defesa, prorrogável para mais um ano.
* Em caso de necessidade de dilatação deste prazo, deverá ser apresentado formulário de solicitação para estadiamento de prazo para publicação, devidamente justificado, junto à coordenação do curso.
* Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Ciente de que, mesmo em circunstância de embargo da produção para publicação em sua totalidade, à exceção dos metadados, a produção deve ser entregue em sua totalidade para que seja publicada conforme permissões assinaladas.

Quirinópolis, 28 de outubro de 2024


Zênia Moreira de Matos (Autora)


Débora de Jesus Pires (Orientadora)



Câmpus
Sudoeste
Quirinópolis



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO
DE GOIÁS

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Elaborada conforme dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M433q Matos, Zênia Moreira de.
Qualidade da água para consumo humano no município de Quirinópolis,
Goiás / Zênia Moreira de Matos. - Quirinópolis, 2024.
111 p.
Orientadora: Débora de Jesus Pires.
Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ambiente e Sociedade) -
Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sudoeste - Sede: Quirinópolis,
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sociedade, 2024.
1. Água - Análise de dados. 2. Saúde Pública - Abastecimento de água.
3. Água - Parâmetros Físico-Químicos. 4. Água - Parâmetros
Microbiológicos. I. Pires, Débora de Jesus (orient.). II. Título. III. Universidade
Estadual de Goiás.
CDU – 543.31: 628.1(817.3Quirinópolis)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca - SIBRE/UEG
Bibliotecária: Leusimar Lourenço Abreu – CRB-1/2606.



Câmpus
Sudoeste
Quirinópolis



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO
DE GOIÁS

ZÊNIA MOREIRA DE MATOS

QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO MUNICÍPIO DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Sudoeste – Sede Quirinópolis, como exigência para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Sociedade.

Dissertação defendida e aprovada em 20 de setembro de 2024 pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes Professores:

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Débora de Jesus Pires
Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Itumbiara
Professora Orientadora

Prof. Dr. Aroldo Vieira de Moraes Filho
Universidade Federal de Goiás e Centro Universitário Alfredo Nasser, UNIFAN.
Membro externo da Banca Examinadora

Prof. Dr. Pedro Rogério Giongo
Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Sudoeste - Sede Quirinópolis e Instituto Acadêmico de Ciências Agrárias e Sustentabilidade (IACAS), UEG
Membro interno da Banca Examinadora

QUIRINÓPOLIS - GO
2024

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Coordenação do Programa de Mestrado em Ambiente e Sociedade

ATA DA SESSÃO DE JULGAMENTO DA DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE

ZÊNIA MOREIRA DE MATOS

Aos vinte dias do mês de setembro do ano de dois mil e vinte e quatro (20/09/2024), às treze horas e trinta minutos (13:30 h), na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sudoeste – Sede Quirinópolis, teve lugar a Sessão Pública de Julgamento da Dissertação de Mestrado de Zênia Moreira de Matos, intitulada “QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO MUNICÍPIO DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS”. A Banca Examinadora foi composta pelos Professores: Dra. Débora de Jesus Pires (Orientadora e Presidente da Banca), Dr. Aroldo Vieira de Moraes Filho (Membro Externo) e Dr. Pedro Rogério Giongo (Membro Interno). Os examinadores arguíram na ordem citada. A mestranda respondeu satisfatoriamente às questões apresentadas. Às horas a Banca Examinadora passou ao julgamento, em Sessão Secreta, estabelecendo os seguintes resultados:

Prof. Dra. Débora de Jesus Pires



Documento assinado digitalmente

DEBORA DE JESUS PIRES
Data: 20/09/2024 16:43:55-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Ass. _____

Aprovada (x) Reprovada ()

Prof. Dr. Aroldo Vieira de Moraes Filho



Documento assinado digitalmente

AROLD VIEIRA DE MORAES FILHO
Data: 20/09/2024 16:36:49-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Ass. _____

Aprovada (x) Reprovada ()

Prof. Dr. Pedro Rogério Giongo



Documento assinado digitalmente

PEDRO ROGERIO GIONGO
Data: 20/09/2024 16:40:13-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Ass. _____

Aprovada (x) Reprovada ()

OBS: Realizar as correções sugeridas pela banca

Presidente da Banca – Prof. Dra. Débora de Jesus Pires



Documento assinado digitalmente

DEBORA DE JESUS PIRES
Data: 20/09/2024 16:46:24-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Ass. _____

Resultado final: APROVADA () REPROVADA ()

Reaberta a Sessão Pública, a Presidente da Banca Examinadora proclamou o resultado e encerrou a Sessão, da qual foi lavrada a presente Ata, que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora, Mestranda examinada e pelo Coordenador do curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sociedade.



Documento assinado digitalmente

ZENIA MOREIRA DE MATOS
Data: 20/09/2024 17:33:29-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Mestranda: _____



Documento assinado digitalmente

ISA LUCIA DE MORAIS
Data: 25/09/2024 09:07:34-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Coordenador: _____

Obs: O(a) aluno(a), sob a supervisão do orientador, deverá encaminhar, no prazo de até 60 dias, a contar da data da Defesa Pública, os exemplares definitivos da Dissertação, para arquivamento e devidos encaminhamentos.



Câmpus
Sudoeste
Quirinópolis



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO
DE GOIÁS

DEDICATÓRIA

Dedico a minha família por todo apoio, incentivo e compreensão pois, sempre acreditaram na minha capacidade de ir até o final do curso e concluir mais esta etapa tão importante em minha vida.



AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, meu maior protetor, por ter me concedido a vida, ter me dado força, paciência e perseverança para não cair no desânimo diante das dificuldades e manter-me firme durante toda esta trajetória.

Aos meus pais, Nivaldo (*In memoriam*) e Maria que me ensinaram princípios e valores e, sobretudo, a não temer e mesmo com medo seguir em frente, encarar os desafios e lutar pelos meus objetivos.

A meu esposo José Oliveira Batista, pela paciência, compreensão e companheirismo, dando-me força para seguir forte em cada momento, sem fraquejar.

Ao meu filho Kaique Wendell Moreira Batista, meu maior presente de Deus, sentido da minha vida. Obrigada pelas palavras de ânimo e carinho.

À minha orientadora, Professora Doutora Débora de Jesus Pires, pela sabedoria e paciência, sempre me motivando e norteando a minha caminhada desde a concepção do projeto de pesquisa até a conclusão deste trabalho. Gratidão pelo acolhimento, orientação e profissionalismo durante todas as etapas que estivemos juntas.

Aos membros da Banca Examinadora que se disponibilizaram partilhar seu tempo e conhecimentos, contribuindo para o aprimoramento deste trabalho.

À Kyssila Divina Cândido Melo e ao Professor Doutor Eduardo G. P. Fox pelas palavras precisas de incentivo e conselhos, pois foram fundamentais para eu seguir frente.

À Coordenadora Professora Doutora Isa Lucia de Moraes e a todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade, pelos ensinamentos e contribuições na minha formação profissional, em especial, aqueles que me fizeram acreditar no meu potencial.

Aos colegas do mestrado, pelo companheirismo, convivência e coragem, pela imensa força e vontade de vencermos os desafios, sentimentos que fizeram com que prosseguíssemos em busca dessa tão sonhada realização em nossas vidas.

À Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Sudoeste - Sede Quirinópolis, pelo compromisso com a educação pública para formar recursos humanos e a todos os funcionários da instituição pela atenção, apoio e confiança demonstrados ao longo do curso.



Câmpus
Sudoeste
Quirinópolis



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO
DE GOIÁS

Ao curso de Ciências Biológicas por ter me proporcionado a oportunidade de realizar o estágio na Disciplina Bioestatística. Em especial, ao Professor Doutor Wellington Hannibal Lopes. Obrigada pelos ensinamentos, profissionalismo e apoio durante o Estágio em Docência.

Obrigada ao Professor Doutor Pedro Rogério Giongo pela colaboração e contribuição, pois não mediu esforços para me ajudar com a produção dos mapas e melhoria do meu trabalho.

À Vigilância Sanitária de Quirinópolis, em especial, ao Senhor Antonio de Ferreira Medeiros pela atenção e disposição em me receber, pelo fornecimento dos dados para que fosse possível a realização desta pesquisa.

À Saneago e à Prefeitura Municipal de Quirinópolis pelas informações prestadas.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo, a qual propiciou apoio financeiro, essencial para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

Enfim, expresso minha gratidão a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!



Câmpus
Sudoeste
Quirinópolis



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO
DE GOIÁS

“A água não é somente herança de nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras”

Art. 5º

Declaração Universal dos Direitos da Água



RESUMO

O presente estudo buscou compreender a importância da qualidade adequada da água como elemento essencial para a manutenção da saúde humana, uma vez que, mesmo a água tratada está propícia a vários tipos de contaminações e nessas condições pode ser um veículo de transmissão de doenças. Nesta direção, a Vigilância Sanitária realiza coletas de amostras de água mensalmente na rede de distribuição para verificar se os parâmetros físico-químicos e microbiológicos atende os padrões de potabilidade exigidos pelo Ministério da Saúde e desta forma assegurar que a água tratada disponibilizada para consumo humano esteja segura sem oferecer riscos à saúde da população. O objetivo da pesquisa foi analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de abastecimento distribuída na cidade de Quirinópolis, Goiás, comparando as conformidades e eventuais inconformidades com os padrões da Portaria Gabinete do Ministro (GM) do Ministério da Saúde (MS) nº 888/2021. A pesquisa consistiu em três capítulos, sendo que, no primeiro capítulo, realizou uma revisão integrativa da literatura sobre os microrganismos relacionados à contaminação da água utilizada para consumo humano. No capítulo subsequente, avaliou dados secundários sobre os parâmetros microbiológicos de Coliformes totais e *Escherichia coli* da água de abastecimento público de Quirinópolis e no terceiro capítulo, fez-se uma avaliação do parâmetro cloro residual livre, com uso de dados secundários fornecidos pela Vigilância Sanitária, no período de 2021 a 2023, com um total de 524 amostras coletadas em 34 bairros de um total de 42 bairros da cidade de Quirinópolis. Além da revisão bibliográfica da literatura em bases de dados e legislações pertinentes acerca dos assuntos. Os resultados da revisão integrativa mostraram que nos anos de 2015 e 2017 houveram maior número de publicações sobre a temática. Os países com maior produção de artigos científicos foram os Estados Unidos e o Paquistão; e a *Escherichia coli* enteropatogênica produtora de toxinas e outras bactérias enteropatogênicas tiveram maior evidência nas pesquisas como microrganismos relacionados à contaminação da água utilizada para consumo humano. O mapeamento dos dados secundários da água de abastecimento de Quirinópolis apontou a região central da cidade com maior número de amostras confirmando a presença para Coliformes totais nos três anos e *Escherichia coli* em 2021 e 2022. O cloro residual livre apresentou resultados insatisfatórios em praticamente todos os meses do período analisado em comparação com o padrão exigido na Portaria GM/MS nº 888/2021, exceto no mês de outubro de 2022 e 2023, com recorrência das concentrações abaixo do padrão registradas em sete bairros. Portanto, o controle e a vigilância, são ações imprescindíveis para verificar o atendimento dos padrões de potabilidade da água tratada, não devendo conter parâmetros questionáveis, principalmente, microrganismos de qualquer natureza ou limites inseguros de desinfetante que possam causar danos ou riscos à saúde humana.

Palavras-Chave: água potável; vigilância em saúde pública; bactérias coliformes; cloro; saúde coletiva.



ABSTRACT

This study aimed to understand the importance of proper water quality as an essential element for maintaining human health, as even treated water is susceptible to various types of contamination and, under such conditions, can serve as a vehicle for disease transmission. In this context, Health Surveillance carries out monthly water sampling from the distribution network to verify whether the physical-chemical and microbiological parameters meet the potability standards required by the Ministry of Health, thus ensuring that treated water supplied for human consumption is safe and poses no risk to public health. The objective of this research was to analyze the physicochemical and microbiological parameters of the water supply distributed in the city of Quirinópolis, Goiás, comparing compliance and any non-compliance with the standards set by Ministerial Ordinance No. 888/2021 of the Ministry of Health (MS). The research was divided into three chapters. In the first chapter, an integrative literature review was conducted on microorganisms associated with the contamination of water used for human consumption. The second chapter evaluated secondary data on the microbiological parameters of total coliforms and *Escherichia coli* in Quirinópolis' public water supply, while the third chapter assessed the parameter of free residual chlorine, using secondary data provided by Health Surveillance from 2021 to 2023, involving a total of 524 samples collected across 34 of the city's 42 neighborhoods. In addition, a bibliographic review of relevant literature and legislation on these topics was conducted. The results of the integrative review showed that there was a higher number of publications on the subject in 2015 and 2017. The countries with the highest production of scientific articles were the United States and Pakistan, and toxin-producing enteropathogenic *Escherichia coli* and other enteropathogenic bacteria were most prominent in studies as microorganisms associated with the contamination of water used for human consumption. The mapping of secondary data from Quirinópolis' water supply indicated that the central region of the city had the highest number of samples confirming the presence of total coliforms over all three years and *Escherichia coli* in 2021 and 2022. Free residual chlorine levels were found to be unsatisfactory in almost every month of the period analyzed compared to the standards required by Ordinance GM/MS No. 888/2021, except for October 2022 and 2023, with recurring concentrations below the required standard recorded in seven neighborhoods. Therefore, control and surveillance are essential actions to ensure compliance with treated water potability standards, which should not contain questionable parameters, especially microorganisms or unsafe levels of disinfectant that could pose risks or harm to human health.

Keywords: drinking water; public health surveillance; coliform bacteria; chlorine; public health.

LISTA DE FIGURAS

METODOLOGIA GERAL

Figura 1 - Mapa de localização do município de Quirinópolis, Goiás com destaque para a área urbana.....27

CAPÍTULO 1 – MICRORGANISMOS RELACIONADOS À CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA PARA O CONSUMO HUMANO: REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção dos artigos de revisão.....40

Figura 2 - Quantidade de artigos publicados por ano entre o período de 2013 a 2023.
.....41

Figura 3 - Quantidade de artigos científicos publicados por país no período de 2013 a 2023.45

Figura 4 - Frequência de microrganismos relacionados a contaminação da água potável identificados nos estudos.....46

CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO DOS DADOS MICROBIOLÓGICOS DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA DA ÁGUA CONSUMIDA EM QUIRINÓPOLIS, GOIÁS

Figura 1 - Mapa de localização, hipsometria e divisão geográfica dos bairros de Quirinópolis, Goiás.59

Figura 2 - Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis, Goiás como número de amostras de água e número de presenças de Coliformes totais para o ano de 2021.
.....66

Figura 3 - Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis, Goiás como número de amostras de água e número de presenças de *Escherichia coli* para o ano de 2021.68

Figura 4 - Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis, Goiás como número de amostras de água e número de presenças de Coliformes totais para o ano de 2022.
.....71

Figura 5 - Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis, Goiás como número de amostras de água e número de presenças de *Escherichia coli* para o ano de 2022.73

Figura 6 - Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis, Goiás como número de amostras de água e número de presenças de Coliformes totais para o ano de 202376

Figura 7 - Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis, Goiás com o número de amostras de água e número de presenças de *Escherichia coli* para o ano de 2023.78

CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DO CLORO RESIDUAL LIVRE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO EM QUIRINÓPOLIS, GOIÁS

Figura 1 - Mapa de localização, hipsometria e divisão geográfica dos bairros de Quirinópolis, Goiás.95

Figura 2 - Quantidade de análises de cloro residual livre realizadas de janeiro a dezembro de 2021.98

Figura 3 - Quantidade de análises de cloro residual livre realizadas de janeiro a dezembro de 2022.99

Figura 4 - Quantidade de análises de cloro residual livre realizadas de janeiro a dezembro de 2023.99

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1 - MICRORGANISMOS RELACIONADOS À CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA PARA O CONSUMO HUMANO: REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

Quadro 1 - Descrição das publicações selecionadas nas bases de dados no período de 2013 a 2023 (continua).....	42
Quadro 1 - Descrição das publicações selecionadas nas bases de dados no período de 2013 a 2023 (continua).....	43
Quadro 1 - Descrição das publicações selecionadas nas bases de dados no período de 2013 a 2023 (conclusão).....	44

CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO DOS DADOS MICROBIOLÓGICOS DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA DA ÁGUA CONSUMIDA EM QUIRINÓPOLIS, GOIÁS

Quadro 1 - Classificações e usos dos corpos hídricos de água doce de acordo com a Resolução Conama nº 357/2005.....	21
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DO CLORO RESIDUAL LIVRE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO EM QUIRINÓPOLIS, GOIÁS

Quadro 1 - Bairros de Quirinópolis contemplados com coletas e sem coletas de amostras de água para o parâmetro cloro residual livre no período de 2021 a 2023.	97
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO DOS DADOS MICROBIOLÓGICOS DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA DA ÁGUA CONSUMIDA EM QUIRINÓPOLIS, GOIÁS

Tabela 1 - Total de amostras, frequências absoluta e relativa em relação à presença e ausência de Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i> na água distribuída em Quirinópolis, Goiás no período de 2021 a 2023.	62
Tabela 2 - Padrões da Portaria GM/MS nº 888/2021 e das Diretrizes para a Qualidade da Água Potável.	80

CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DO CLORO RESIDUAL LIVRE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO EM QUIRINÓPOLIS, GOIÁS

Tabela 1 - Concentrações das análises únicas, médias e desvio padrão de cloro residual livre (mg/L) da água de abastecimento coletada em bairros de Quirinópolis no período de 2021 a 2023.	101
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BVS	Biblioteca Virtual em Saúde
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DATASUS	Departamento de Informação e Informática do Sistema Único de Saúde
DDA	Doenças Diarreicas Aguda
DOI	Identificador de Objeto Digital
ETA	Estação de Tratamento de Água
Fe	Ferro
GAL	Sistema Gerenciador de Ambiente Laboratorial
GM	Gabinete do Ministro
LACEN-GO	Laboratório Estadual de Saúde Pública Dr. Giovanni Cysneiros do estado de Goiás
Mn	Manganês
MS	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial da Saúde
PVC	Policloreto de Vinila
SANEAGO	Saneamento de Goiás S.A
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISAGUA	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
SUS	Sistema Único de Saúde
UBS	Unidade Básica de Saúde
UPAs	Unidades de Pronto Atendimento
VIGIÁGUA	Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
3 METODOLOGIA GERAL.....	26
3. 1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DO ESTUDO.....	26
3. 2 PROCEDIMENTOS PARA A PESQUISA.....	28
REFERÊNCIAS.....	29
CAPÍTULO 1 - MICRORGANISMOS RELACIONADOS À CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA PARA O CONSUMO HUMANO: REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA	34
1 INTRODUÇÃO	35
2 MATERIAL E MÉTODOS	37
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS.....	50
CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO DOS DADOS MICROBIOLÓGICOS DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA DA ÁGUA CONSUMIDA EM QUIRINÓPOLIS, GOIÁS	55
1 INTRODUÇÃO	56
2 MATERIAL E MÉTODOS	59
2. 1 ÁREA DE ESTUDO	59
2. 2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE QUIRINÓPOLIS.....	60
2. 3 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS SECUNDÁRIOS	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4 CONCLUSÃO	83
REFERÊNCIAS.....	84
CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DO CLORO RESIDUAL LIVRE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO EM QUIRINÓPOLIS, GOIÁS	91
1 INTRODUÇÃO	92
2 MATERIAL E MÉTODOS	94
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	96
4 CONCLUSÃO	105
REFERÊNCIAS.....	105
4 CONCLUSÃO GERAL.....	111

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural, indispensável para a sobrevivência de todos os seres vivos na Terra, essencial para a manutenção da saúde humana (Costa *et al.*, 2022). Além de ser um solvente universal capaz de dissolver a maioria das substâncias (Libânio, 2016), serve para matar a sede, preparar alimentos e a higiene do corpo (Guidelines for Drinking-Water Quality, 2017a). Diante da importância da água, este recurso despertou preocupação a gestores, dirigentes e populações, com relação a escassez, crises de abastecimentos e qualidade inadequada (Morais *et al.*, 2016). Ainda que tenham passado alguns anos, tais preocupações permanecem, pois, a má qualidade água continua sendo um desafio para reduzir a carga global de doenças transmitidas pela água (Agensi *et al.*, 2019; Lopes, 2022).

No contexto das sociedades modernas, as atividades humanas geram resíduos de diversas origens que causam impactos negativos ao meio ambiente, como os esgotos domésticos e despejos industriais (Sperling, 2005). E, em sua maioria são lançados sem tratamentos adequados nos recursos hídricos, fato que provoca sérios problemas de contaminação das águas e afeta a qualidade da água potável (Lin; Yang; Xu, 2022). As consequências da contaminação da água potável podem representar riscos elevados à saúde humana e levar às doenças de veiculação hídrica como cólera, desintéria, diarreia, febre tifoide, hepatites infecciosas, gastroenterite, cryptosporidiose, dentre outras (Guidelines for Drinking-Water Quality, 2017b; Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2020). Essas doenças estão relacionadas com o uso da água imprópria para consumo, água não tratada ou ausência e inadequação de sistemas de esgotos ou práticas de higiene inadequadas (Paiva; Souza, 2018) e, principalmente, pela falta de vigilância em relação ao controle sanitário da qualidade da água de abastecimento público (Morais *et al.*, 2016).

Sendo assim, em condições impróprias ou tratamento inadequado de abastecimentos, a água representa um veículo propagador de diversos tipos de microrganismos patogênicos tais como: Coliformes totais, *Escherichia coli*, e outros patógenos, que por sua vez, são capazes de causar adoecimentos e riscos à saúde pública (Guidelines for Drinking-Water Quality, 2017b). Nesse sentido, o tratamento da água, torna-se uma medida fundamental, pois é uma maneira de assegurar o controle da qualidade, garantindo sua distribuição de forma segura e livre de contaminação para o consumo humano. Além disso, contribui para a qualidade de

vida e saúde das pessoas, ao prevenir surtos de doenças (Guidelines for Drinking-Water Quality, 2017b).

Nesta direção, esse estudo teve o propósito de evidenciar, por meio da literatura as implicações da contaminação da água para consumo humano, doenças transmitidas pela água potável e riscos associados à saúde humana.

Dessa mesma forma, buscou-se analisar por meio de dados secundários fornecidos pela Vigilância Sanitária, a qualidade físico-química e microbiológica da água de abastecimento público da cidade de Quirinópolis, Goiás no período de 2021 a 2023, observando a evolução dos parâmetros ao longo de três anos consecutivos, para constatação da qualidade da água distribuída para consumo humano e eventuais inconformidades em relação aos padrões exigidos pela legislação do Ministério da Saúde.

Em razão disso, o presente trabalho está dividido em três capítulos. No primeiro capítulo, foi realizada uma revisão integrativa da literatura sobre os microrganismos relacionados à contaminação da água destinada para consumo humano, com o propósito de compreender as evidências das pesquisas sobre os microrganismos associados aos riscos à saúde por contaminação da água potável.

No segundo capítulo, foram avaliados dados secundários dos parâmetros microbiológicos de Coliformes totais e *Escherichia coli*, da água de abastecimento público da cidade de Quirinópolis, Goiás, fornecidos pela Vigilância Sanitária, do período de 2021 a 2023. Esses dados foram analisados com base no número de amostras de água e frequência de presenças dessas bactérias, comparando-os com os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde (Brasil, 2021) e outras legislações pertinentes. Além disso, utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) para o mapeamento dos dados e gerar uma visualização gráfica das coletas de amostras de água nos bairros.

No terceiro capítulo, foi realizada uma avaliação dos dados secundários sobre o cloro residual livre, obtidos pela Vigilância Sanitária de Quirinópolis no período de 2021 a 2023, considerando o padrão de potabilidade previsto na legislação brasileira. A análise foi feita com base nas quantidades de coletas realizadas em cada bairro, nas amostras de água dentro e fora do padrão contempladas em cada mês, e nas médias das concentrações do desinfetante por bairro.

Dado que a contaminação das águas é, atualmente, um dos principais problemas associados às doenças transmitidas pela água, que por sua vez, impactam

diretamente à saúde e a qualidade de vida das pessoas, este estudo se torna um instrumento de apoio para pesquisas futuras. Ele também oferece informações essenciais sobre a importância de fornecer água de abastecimento com qualidade sanitária e segura, especialmente no contexto da água fornecida na área urbana de Quirinópolis. Com base nos resultados espera-se contribuir para a melhoria da qualidade da água nos bairros que apresentaram inconformidades em relação aos padrões estabelecidos pela legislação, identificando áreas vulneráveis e alertando para a necessidade de intensificar a vigilância nesses locais, a fim de prevenir problemas que possam representar riscos à saúde pública.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A água é a base da vida no planeta Terra, essencial para a manutenção da biodiversidade e a sobrevivência de todos os organismos vivos, incluindo a espécie humana, e esteve presente em todas as etapas da história das civilizações (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2020). Ao longo dessa trajetória histórica, as primeiras preocupações com a segurança das águas, tanto superficiais quanto subterrâneas, remontam ao período da Creta Minoica, na Idade do Bronze, no segundo milênio a.C. Assim como ocorreu historicamente, a água continuará sendo um recurso natural fundamental para a manutenção da vida e da humanidade. No entanto, a crescente demanda por seus múltiplos usos, para atender às diversas atividades humanas, tem gerado crises tanto de abastecimento quanto de qualidade da água (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2020).

Nos últimos 100 anos, a demanda por água doce tem aumentado consideravelmente, enquanto a busca por qualidade enfrenta desafios significativos. Simultaneamente, a industrialização, a produção agrícola e o crescimento urbano têm contribuído para a degradação e poluição ambiental, afetando as águas dos rios, que são essenciais para a vida, a saúde humana e o desenvolvimento social sustentável. Estima-se que, em escala mundial, 80% das águas industriais e municipais sejam despejadas no ambiente sem tratamento adequado, sendo essa proporção ainda maior nos países menos desenvolvidos, onde o saneamento e o tratamento de águas residuais são insuficientes (Lin; Yang; Xu, 2022).

Diante desse cenário, no Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução nº 357/2005, estabelece diferentes classes

(especial, 1, 2, 3 e 4) para o enquadramento dos recursos hídricos, de acordo com seus usos, a fim de protegê-los de descartes inadequados e fontes poluidoras, preservando a qualidade da água destinada ao abastecimento humano e outros fins. Essa resolução também define parâmetros para sistemas de águas superficiais doces, salinas e salobras (Brasil, 2005).

Toda captação de água doce destinada ao consumo humano deve, portanto, atender a classificações que exigem padrões de qualidade mais rigorosos, de modo a garantir que o descarte de efluentes provenientes de fontes poluidoras ocorra dentro dos limites ambientais estabelecidos, sem gerar efeitos tóxicos que prejudiquem os organismos aquáticos e preservem os corpos hídricos que abastecem as populações (Brasil, 2005).

Nesse contexto, o Quadro 1 apresenta o enquadramento das classes de rios de água doce especificadas na Resolução CONAMA nº 357/2005, de acordo com seus usos no Brasil.

Quadro 1 - Classificações e usos dos corpos hídricos de água doce de acordo com a Resolução Conama nº 357/2005.

Classificações	Usos dos corpos d'água
Classe Especial	São águas com requisitos maiores de exigências de qualidade, ao passo que, as condições naturais da água devem ser mantidas pois, são destinadas para uso de abastecimento para consumo humano com apenas pós-desinfecção.
Classe 1	São águas com exigência alta para usos e destinadas para consumo humano após tratamento simplificado. Recreação de contato primário (mergulho) ou para irrigação de cultivos de frutas e hortaliças para serem consumidas cruas.
Classe 2	São águas com exigência alta de qualidade, mas não é tão rigorosa quanto a classe especial e 1, pois requer tratamento convencional para disponibilidade para consumo humano.
Classe 3	São águas que sofrem consequências das atividades humanas e são utilizadas para dessedentação de animais ou para a agricultura, cuja produção não será consumida diretamente ou crua pelos seres humanos, como cultivo de cereais.
Classe 4	São águas que recebem alta carga de poluição e são destinadas apenas para navegação e harmonia paisagística. E por isso, os parâmetros são minimamente exigidos.

Fonte: Elaboração própria a partir de Brasil (2005).

O descarte de efluentes não pode alterar a classe de um rio; esta deve ser mantida, pois, quanto mais elevada a classe, maiores são as restrições para o uso da água para abastecimento humano, devido à complexidade dos tratamentos necessários (Brasil, 2005). O uso e a ocupação do solo pelo ser humano têm impacto direto na qualidade da água, sendo que a geração de resíduos domésticos, industriais e o uso de defensivos agrícolas contribuem para sua deterioração (Sperling, 2005). O abastecimento deficitário e o inadequado tratamento de águas residuárias são fatores críticos que afetam a qualidade da água potável, agravando a incidência de doenças infecciosas, parasitárias e a exposição a produtos químicos (Lin; Yang; Xu, 2022).

As atividades humanas associadas aos múltiplos usos da água, combinadas com a poluição não controlada, comprometem a quantidade e a qualidade da água, aumentando os custos de tratamento e impactando diretamente a saúde humana (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2020). A contaminação da água ocorre principalmente por meio de descartes inadequados de resíduos sólidos, dejetos humanos e animais, além de resíduos agrícolas, que contribuem para o desenvolvimento de microrganismos patogênicos, responsáveis por várias doenças no ser humano (Macêdo, 2016).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) alerta que a falta de saneamento adequado e de água potável segura afeta a saúde de milhares de pessoas, aumentando o risco de doenças como a diarreia, especialmente entre crianças menores de cinco anos. Em 2017, aproximadamente 361.000 crianças no mundo morreram de diarreia devido à contaminação hídrica e ao mau saneamento (World Health Organization, 2017). Em 2019, as doenças diarreicas causaram a morte de 1,5 milhão de pessoas (World Health Organization; World Bank Group; Unicef, 2022). Na África Subsaariana, cerca de 1,8 milhão de pessoas consomem água contaminada por *Escherichia coli* (Agensi *et al.*, 2019). Em 2021, 829.000 pessoas morreram de diarreia causada por água potável imprópria, saneamento inadequado e falta de higiene, das quais cerca de 300.000 eram crianças menores de cinco anos (Lin; Yang; Xu, 2022). No Brasil, as doenças de veiculação hídrica resultaram em 191.418 internações hospitalares, sendo 56.211 de crianças menores de quatro anos, e 2.306 óbitos em 2022 (Painel de Saneamento Brasil, 2022). Assim, a água contaminada está associada à transmissão de várias doenças, podendo comprometer gravemente a saúde e causar óbitos (Soares *et al.*, 2020).

Recentemente, o Instituto Trata Brasil divulgou um estudo, por meio do Painel de Saneamento Brasil, mostrando que a distribuição de água potável nas cidades brasileiras ainda é ineficiente. Em 2022, mais de 32 milhões de pessoas (15,8% da população) não tiveram acesso a serviços de abastecimento de água tratada (Painel de Saneamento Brasil, 2022). O desperdício de água tratada no país é alarmante, correspondendo a 7,8 mil piscinas olímpicas por dia, um volume de aproximadamente 2.500 m³, equivalente a sete vezes o volume do Sistema Cantareira, o maior conjunto de reservatórios do estado de São Paulo, com capacidade de cerca de 981,52 bilhões de litros de água (Brasil, 2023). Com um controle eficiente do desperdício, apenas 60% do volume perdido seria suficiente para atender 66 milhões de brasileiros sem acesso à água tratada por um ano (Instituto Trata Brasil, 2022).

Além da falta de acesso e do desperdício de água tratada, a contaminação dos recursos hídricos contribui significativamente para os problemas socioambientais. A má qualidade da água e a ausência de saneamento impactam diretamente a saúde, especialmente das populações em situação de vulnerabilidade e pobreza (Paiva; Souza, 2018). No Brasil, além da diarreia, outras doenças relacionadas à má qualidade da água e à falta de saneamento resultam em internações hospitalares, o que aumenta os custos do Sistema Único de Saúde (SUS) e gera indicadores negativos para a saúde pública, conforme relataram Paiva e Souza (2018), com base em dados do Departamento de Informática do SUS (DATASUS) de 2015.

[...] doenças como cólera, febres tifoide e paratifoide, shigelose (*sic*), amebíase, diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, esquistossomose e outras doenças infecciosas intestinais foram responsáveis por 2,35% das internações totais no Brasil, gerando uma parcela de 0,7% dos gastos totais do Sistema Único de Saúde (SUS) com internações no período. Dessas internações, 43,4% foram de pessoas com 10 anos ou mais de idade (Paiva; Souza, 2018, p. 2).

Em 2022, o Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil registrou despesas de R\$ 87.681.656,99 com internações relacionadas a doenças de veiculação hídrica, sendo que mais de um terço dessas internações envolveram crianças menores de quatro anos (Painel de Saneamento Brasil, 2022). Vale destacar que a responsabilidade do SUS vai além dos cuidados básicos e especializados prestados em hospitais, Unidades Básicas de Saúde (UBS) e Unidades de Pronto Atendimento (UPAs). O SUS também abrange o monitoramento da qualidade da água consumida pela população, por meio da vigilância da água para consumo humano, visando

garantir o acesso a água segura e de qualidade, conforme os padrões de potabilidade vigentes (Peres, 2023).

Nesse contexto, as ações são implementadas através do Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIÁGUA), desenvolvido pelo Ministério da Saúde em cooperação com o Distrito Federal, as Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde. O objetivo do programa é prevenir riscos de doenças transmitidas pela água (Faria *et al.*, 2021; Peres, 2023).

Segundo a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, elaborada para atender à Portaria de Potabilidade GM/MS nº 888/2021, entende-se que:

A vigilância da qualidade da água para consumo humano (Vigiágua) consiste no conjunto de ações adotadas continuamente para garantir que a água consumida pela população atenda ao padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente, bem como avaliar e prevenir os possíveis riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água podem representar a população abastecida, abrangendo todo o sistema de produção de água potável, desde a captação até o ponto de consumo, incluindo estações de tratamento, reservatórios e sistemas de distribuição (Brasil, 2016, p. 7).

A legislação vigente, a Portaria GM/MS nº 888/2021, estabelece procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e define os padrões de potabilidade, especificando os valores mínimos e máximos dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e radiológicos da água fornecida à população. O cumprimento desses padrões é essencial para garantir que a água seja potável, segura e livre de riscos à saúde (Brasil, 2021).

Nesse contexto, o monitoramento da água de abastecimento público é imprescindível, por meio da avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, para acompanhar a presença potencial de patógenos. Esse monitoramento inclui a análise de bactérias como os coliformes totais e *Escherichia coli* (Morais *et al.*, 2016). A *Escherichia coli* é amplamente utilizada como indicador global de contaminação fecal na água fornecida para abastecimento público, sendo um parâmetro-chave para o controle e a manutenção da qualidade microbiológica (Nabeela *et al.*, 2014; Soares *et al.*, 2020).

Morais *et al.* (2016) reiteram que a ausência de *Escherichia coli* é indicativa de que a água distribuída atende ao padrão de qualidade bacteriológico, uma vez que esse microrganismo habita o intestino de mamíferos, e sua ausência sugere que a

água não está contaminada por material fecal. No entanto, é importante considerar que, embora algumas cepas de *Escherichia coli* não sejam patogênicas, outras podem causar doenças graves, como a diarreia (Nabeela *et al.*, 2014).

Com base nisso, Soares *et al.* (2020) destacam que os parâmetros microbiológicos são amplamente utilizados para identificar a presença de agentes biológicos contaminantes, como bactérias patogênicas que causam doenças transmitidas pela água contaminada. Entre essas doenças estão a leptospirose, causada pela bactéria do gênero *Leptospira*, e as hepatites, que provocam inflamação no fígado. Além disso, parasitas e helmintos, como o *Schistosoma mansoni*, causador da esquistossomose, também são responsáveis por sérios problemas de saúde.

Diante desse cenário, Morais *et al.* (2016, p. 362) apontam que "o grande desafio relacionado à produção de água de abastecimento da melhor qualidade está associado às dificuldades de monitoramento da presença potencial de patógenos nas águas [...]", o que pode ocorrer mesmo em Estações de Tratamento de Água (ETAs) operadas adequadamente (Faria *et al.*, 2021). Portanto, os gestores e responsáveis pelos processos de tratamento precisam estar cientes das fontes de contaminação para melhor gerir os recursos hídricos e fornecer água potável dentro dos padrões de qualidade (Morais *et al.*, 2016).

Além do controle de bactérias coliformes, a desinfecção com cloro é um procedimento fundamental para assegurar a qualidade microbiológica da água no sistema de distribuição. A ação residual do cloro visa à inativação de microrganismos patogênicos que possam ter resistido aos processos de tratamento (Libânio, 2016).

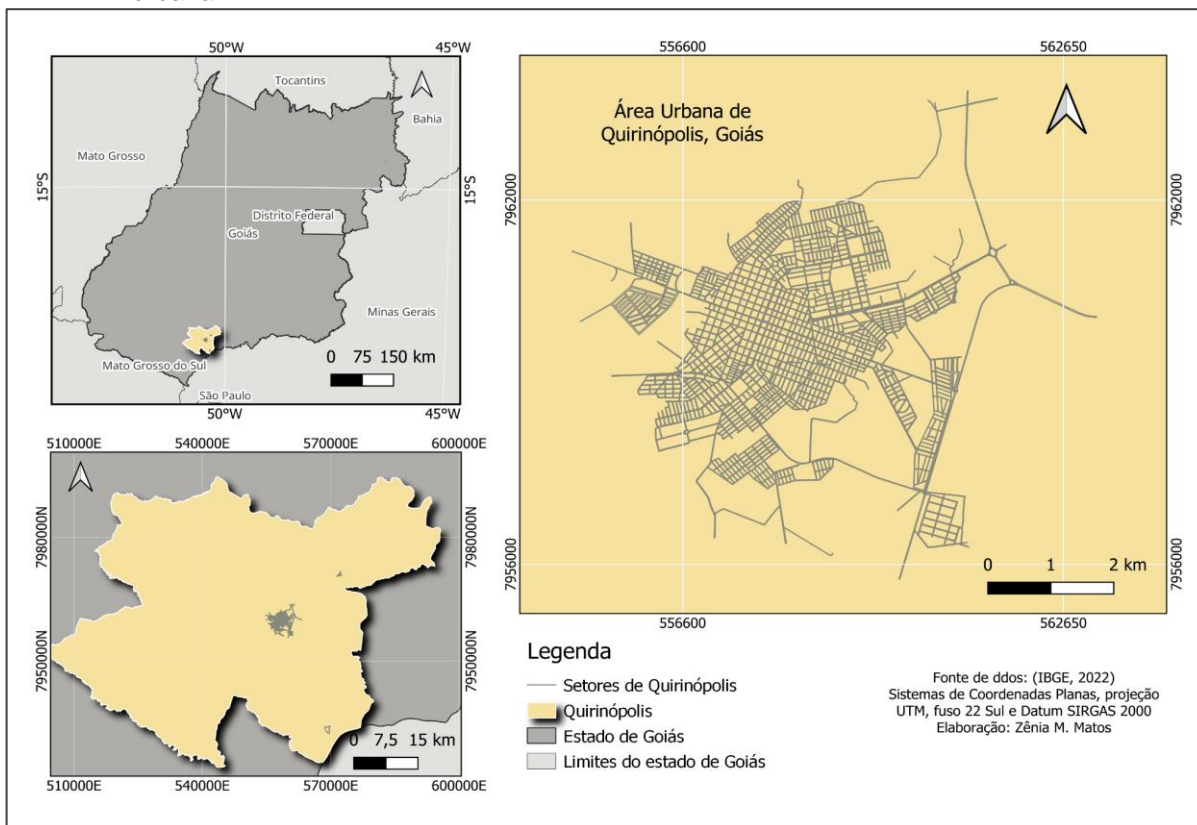
Assim, a água potável é essencial para a manutenção da qualidade de vida e da saúde da população, uma vez que muitas doenças podem ser evitadas por meio de um abastecimento seguro. O tratamento da água torna-se, portanto, uma medida fundamental para eliminá-la de substâncias e organismos nocivos à saúde, reduzindo os índices de doenças de veiculação hídrica. Nesse sentido, o cumprimento rigoroso das normas e padrões, aliado às ações de vigilância da qualidade da água, é cada vez mais necessário. Além disso, como a qualidade da água é uma questão de saúde pública, é imprescindível exigir responsabilidades de concessionárias e gestores públicos, a fim de direcionar recursos para mitigar vulnerabilidades nos sistemas de abastecimento, melhorar a segurança da água potável e prevenir danos à saúde coletiva.

3 METODOLOGIA GERAL

3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DO ESTUDO

O município de Quirinópolis, Goiás (Figura 1), localiza-se no Planalto Central, no estado de Goiás. Pertence à Mesorregião do Sul Goiano e à Microrregião de Quirinópolis, situando-se na latitude 18°25'54" S e longitude 50°27'06" W (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018), a uma altitude média de 541 metros acima do nível do mar. Está aproximadamente a 285 quilômetros da capital, Goiânia (Prefeitura Municipal de Quirinópolis, 2023), e possui uma área territorial de 3.786,026 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022), representando cerca de 1,15% do território do estado (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018). A população estimada é de 48.447 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022). Faz divisa com os municípios de Cachoeira Alta, Rio Verde, Cassilândia, Bom Jesus de Goiás, Gouvelândia, Paranaiguara e Santa Vitória, em Minas Gerais (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Quirinópolis, Goiás com destaque para a área urbana.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). Elaboração: Zênia M. Matos (2024).

A formação da cidade de Quirinópolis ocorreu em meados do século XIX com a entrada e desenvolvimento das grandes fazendas na região dando origem ao povoado Nossa Senhora D'Abadia e com o desmembramento de Rio Verde, elevou-se a categoria de município em 1843 (Prefeitura Municipal de Quirinópolis, Goiás, 2024), nomeada de Quirinópolis, cresceu próxima ao Ribeirão das Pedras, manancial de abastecimento público da cidade (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018).

A água que abastece a cidade é captada no Ribeirão das Pedras, pertencente à Bacia Hidrográfica do Paraná/Paranaíba (Instituto Água e Saneamento, 2020; Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018) para atender toda a população da área urbana (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018).

O sistema de abastecimento de água é gerido pela Companhia de Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO), que atua em 223 dos 246 municípios do estado e é responsável pelo fornecimento de água tratada, coleta e tratamento de esgotos (Saneago, 2024). De acordo ao Plano Municipal de Saneamento Básico do

Município de Quirinópolis, o tratamento de água da cidade é realizado na Estação de Tratamento de Água (ETA), que utiliza um processo convencional, composto por um medidor *Parshall*, onde ocorre a aplicação e mistura de coagulantes, floculador hidráulico, decantadores, filtros rápidos, casa química e laboratório de controle. Após esse tratamento, a água segue por adutoras até os centros de reservação na área urbana e, finalmente, é distribuída aos consumidores (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018).

A ETA foi construída em 1974 e passou por ampliação em 1986 (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018). Segundo informações obtidas diretamente pela empresa SANEAGO de Quirinópolis em 2024, a ETA foi ampliada novamente no ano de 2022, aumentando sua capacidade de abastecimento para atender à crescente demanda da população. Atualmente, a ETA opera com uma capacidade de 120 L/s, ou seja, 432 m³/hora de água tratada para o abastecimento da cidade. Toda a tubulação que conduz a água da ETA até o reservatório central foi substituída, sendo agora composta por material DEF^oF^o, conexões de policloreto de vinila (PVC), com dois anos de uso.

A rede de distribuição de água de Quirinópolis tem uma extensão aproximada de 205 km, sendo constituída por materiais como: F^oF^o, PVC DEF^oF^o e CA, com diâmetros que variam de 50 e 300 mm (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018).

3. 2 PROCEDIMENTOS PARA A PESQUISA

O presente estudo avalia os parâmetros da qualidade da água destinada ao consumo humano da cidade de Quirinópolis. Para isso, foram utilizados dados secundários das análises físico-químicas e microbiológicas da água tratada, obtidos diretamente na unidade de Vigilância Sanitária, referentes ao período de 2021 a 2023.

Os dados secundários utilizados neste estudo foram fornecidos entre os meses de maio de 2022 a dezembro de 2023 e são resultados de coletas de amostras de água de abastecimento público, realizadas pela Vigilância Sanitária de Quirinópolis, diretamente na rede de distribuição, em torneiras localizadas em pontos finais de consumo. O objetivo dessas coletas é verificar, fiscalizar e monitorar o

cumprimento da norma de potabilidade, garantindo que a água fornecida à população não apresente riscos à saúde.

A Vigilância Sanitária realiza coletas mensais em 34 bairros distintos, independentemente das amostras feitas pela empresa fornecedora, SANEAGO, como parte de seu controle de qualidade da água. Para isso, é elaborado um planejamento que inclui o roteiro de coleta, o número de amostras e os pontos de amostragem, situados em torneiras localizadas antes da reservação, como aquelas instaladas nos cavaletes, antes de chegar aos reservatórios particulares. Os pontos de amostragem são determinados pelo Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIÁGUA), do Ministério da Saúde, considerando locais de maior circulação de pessoas, como unidades de saúde, comércios, escolas, abrigos de idosos e outros.

Na análise dos dados, foram considerados os valores de quantidades e percentuais das amostras com presença de Coliformes totais e *Escherichia coli*, além das concentrações de cloro residual livre no sistema de abastecimento de água. Os dados foram processados em planilhas eletrônicas no *software Microsoft Office Excel*, filtrados para o sistema de distribuição (excluindo Solução Alternativa) e organizados em tabelas que descrevem as variáveis paramétricas, períodos anuais, valores médios e desvio padrão amostral, abrangendo os três anos: 2021, 2022 e 2023. O desvio padrão foi utilizado para validar a variação nas análises únicas e médias anuais das concentrações de cloro residual livre em cada bairro amostrado.

Para o mapeamento, os dados foram organizados em planilhas do *Excel*, tabulados por mês, amostras e presença de Coliformes totais e *Escherichia coli*, com cálculos percentuais, visando à confecção de mapas temáticos dos bairros amostrados com presença dessas bactérias.

Os resultados foram analisados com base na Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, utilizada como referência para comparar as conformidades ou eventuais inconformidades dos parâmetros com os requisitos de potabilidade estabelecidos nessa norma brasileira.

REFERÊNCIAS

AGENSI, A.; TIBYANGYE, J.; TAMALE, A.; AGWU, E.; AMONGI, C. Contamination Potentials of Household Water Handling and Storage Practices in Kirundo Subcounty, Kisoro District, Uganda. **Journal of Environmental and Public Health**,

[Switzerland], v. 3, Mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/7932193>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6421758/pdf/JEPH2019-7932193.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2023.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Sistema Cantareira (SP) atinge maior nível de armazenamento de água desde agosto de 2012**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/sistema-cantareira-sp-atinge-maior-nivel-de-armazenamento-de-agua-desde-agosto-de-2012#:~:text=Suas%20%C3%A1guas%20s%C3%A3o%20conectadas%20por,981%2C56%20bilh%C3%B5es%20de%20litros>. Acesso em: 02 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5 de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: ed. 85, seção 1, p. 127, Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 14 de jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2016. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf. Acesso em: 26 jan. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005. Disponível em: <https://www.comitespcj.org.br/images/Download/Res-CONAMA-357-05.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2024.

COSTA, K. G. R.; OLIVEIRA, K. S.; CAVALANTE NETO, L. C.; MENEZES JUNIOR, M. Q. Análise da qualidade da água do abastecimento público do município de São José dos Quatro Marcos - MT. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, v. 17, n. 50, p. 1-11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.47385/cadunifoa.v17.n50.3912>. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/3912/2949>. Acesso em: 3 ago. 2023.

FARIA, C. P.; ALMENDRA, R.; DIAS, G. S.; SANTANA, P.; SOUSA, M. C.; FREITAS, M. B. Evaluation of the drinking water quality surveillance system in the metropolitan region of Rio de Janeiro. **Journal of Water Health**, [London], v. 19, n. 2, p. 306–321, Apr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2021.217>. Disponível em: <https://iwaponline.com/jwh/article/19/2/306/80954/Evaluation-of-the-drinking-water-quality>. Acesso em: 12 abr. 2024.

GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY: Fourth Edition Incorporating the First Addendum. Geneva: **World Health Organization**, v. 1, Introduction, 2017a.

Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK442379/>. Acesso em: Acesso em: 05 abr. 2024.

GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY: Fourth Edition Incorporating the First Addendum. Geneva: World Health Organization; v. 7, Microbial aspects, 2017b. *In: WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee*. Geneva: World Health Organization; 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK442381/>. Acesso em: 20 dez. 2023.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO (IAS). Municípios e saneamento. 2020. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/go/quirinopolis>. Acesso em: 05 out. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/quirinopolis.html>. Acesso em: 28 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Malha Municipal. **Downloads**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>. 2022. Acesso em: 14 jun. 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Saneamento é Saúde. **Perdas de água, 2022**. 66 milhões de brasileiros poderiam ser abastecidos com a quantidade de água perdida nos sistemas de distribuição. 2022. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/RELEASE_ESTUDO_DE_PERDAS_NA_DISTRIBUICAO_270522_.pdf. Acesso em: 13 fev. 2024.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos da qualidade e tratamento da água**. 4. ed. Campinas, SP: Átomo, 2016, 628 p.

LIN, L.; YANG, H.; XU, X. Effects of water pollution on human health and disease heterogeneity: A review. **Frontiers environmental**, [S. l.], v. 10, 30 Jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.880246>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2022.880246/full>. Acesso em: 25 de jul. 2023.

LOPES, R. H. **Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**: Scoping review. 2022. Tese (Doutorado em Saúde coletiva) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, Natal, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/51974/1/Vigilanciaqualidadeagua_Lopes_2022.pdf. Acesso em 28 mai. 2024.

MACÊDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 4. ed. (Atualizada e Revisada). Belo Horizonte: Conselho Regional de Química - MG, 2016, 960 p.

MORAIS, W. A.; SALEH, B. B.; ALVES, W. S.; AQUINO, D. S. Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, 2016, v. 24, n. 3, p. 361-367. DOI:

<https://doi.org/10.1590/1414-462X201600030143>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/cadsc/a/3NF56QxLSXm9zRW6dryvhJs/?lang=pt>. Acesso em 3 dez. 2022.

NABEELA, F.; AZIZULLAH, A.; BIBI, R.; UZMA, S.; MURAD, W.; SHAKIR, S. K.; ULLAH, W.; QASIM, M.; HÄDER, D. P. Microbial contamination of drinking water in Pakistan--a review. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlim, v. 21, n. 24, p. 13929-13942, Dec. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3348-z>. Disponível em: <https://link-springer-com.ez163.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s11356-014-3348-z>. Acesso em: 21 fev. 2024.

PAINEL DE SANEAMENTO BRASIL. 2022. Disponível em:
<https://www.painelsaneamento.org.br/localidade?id=0>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PAIVA, R. F. P. S.; SOUZA, M. F. P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 2018, v. 34, n. 1. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00017316>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/c3DgtD4MPBmxLdpmW8NxBhk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 set. 2022.

PERES, E. H. Ministério da Saúde. **Dia Mundial da Água**: Entenda a atuação do SUS na qualidade da água consumida pelos brasileiros. mar. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2023/marco/entenda-a-atuacao-do-sus-na-qualidade-da-agua-consumida-pelos-brasileiros>. Acesso em: 05. Fev. 2023.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE QUIRINÓPOLIS (PMSB). **Quirinópolis, GO**. 2018. Disponível em: https://sapl.quirinopolis.go.leg.br/media/sapl/public/documentoacessorio/2018/1/pmsb_quirinopolis_v.apresentacao_audiencia_publica_fxsc14L.pdf. Acesso em 18 fev. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS. **Nossa Cidade**. 2024. <https://quirinopolis.go.gov.br/nossa-cidade/>. Acesso em: 20 jul. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS. **Nossa Cultura Local**. 2023. Disponível em: <https://quirinopolis.go.gov.br/nossa-cultura-local/>. Acesso em: 28 jun. 2023.

SANEAGO. Saneamento de Goiás de Goiás S. A. **Perfil Corporativo**. 2024. Disponível em: <https://ri.saneago.com.br/perfil-corporativo>. Acesso em: 20 jul. 2024.

SOARES, A. C. G. M. SILVA, R. A. S.; JESUS, C. V. F.; SANTANA, R. F.; LIMA ÁLVARO, S.; LIMA SONIA, O.; MARQUES, M. N. Avaliação da água e o risco à saúde na Zona de Expansão de Aracaju - SE. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170256r1vu2020L4AO>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/rNhnzD6yb5DQMHyKHj4yKss/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 dez. 2022.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005, 452 p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **A Água**. São Carlos: Scienza, 2020, 130. p. Disponível em: https://sbhsf.com.br/wp-content/uploads/2020/08/novo_A_AGUA.pdf. Acesso em: 07 fev. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **2,1 bilhões de pessoas carecem de água potável em casa e mais do que o dobro não tem saneamento seguro**. 2017, GENEBRA. Disponível em: <https://www.who.int/es/news/item/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>. Acesso em: 27 set. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; WORLD BANK GROUP; UNICEF (WHO). **State of the world's drinking water**. An urgent call to action to accelerate progress on ensuring safe drinking water for all. Geneva: World Health Organization, [electronic resource], 2022. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/363704/9789240060807-eng.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 jan. 2024.

CAPÍTULO 1 - MICRORGANISMOS RELACIONADOS À CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA PARA O CONSUMO HUMANO: REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

Zênia Moreira de Matos¹
Débora de Jesus Pires²

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás; *e-mail*: zeniamatos@hotmail.com

²Docente do Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás; *e-mail*: debora.pires@ueg.br

RESUMO

A água potável é essencial para a manutenção da saúde e está sujeita às contaminações e, nessas condições pode ser um veículo de transmissão de doenças e infecções graves que acarretam riscos à saúde humana. Esta pesquisa objetivou realizar uma revisão integrativa da literatura sobre os microrganismos relacionados à contaminação da água para consumo humano. Para tanto, analisou artigos científicos das bases de dados da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *PubMed*, *Scielo*, *Scopus* e *Web of Science*, com acesso via Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no período de 2013 a 2023. Foram identificados nas cinco bases de dados 356 documentos e aplicados critérios de exclusão para obter uma amostra final de 31 artigos científicos. Os resultados mostraram um volume maior de publicações nos anos de 2015 e 2017 com 16%, respectivamente, sendo os Estados Unidos e o Paquistão, os países com maior número de artigos publicados no período, seguidos da Índia. A literatura analisada abordou uma variedade de microrganismos, dentre os quais, as bactérias da espécie *Escherichia coli* enteropatogênica teve maior evidência nas pesquisas relacionadas à contaminação da água potável e às diarreias, sendo um problema mundialmente recorrente, com maior gravidade em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, onde os riscos de surtos de doenças transmitidas pela água ainda são pouco compreendidos e persistentes.

Palavras-chave: água potável; bactérias; doenças; diarreia; qualidade da água.

ABSTRACT

Drinking water is essential for maintaining health and is susceptible to contamination, which can lead to the transmission of serious diseases and infections that pose risks to human health. This research aimed to conduct an integrative literature review on microorganisms related to drinking water contamination. To this end, scientific articles were analyzed from the Virtual Health Library (VHL), *PubMed*, *Scielo*, *Scopus*, and *Web of Science* databases, accessed through the Periodicals Portal of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), covering

the period from 2013 to 2023. A total of 356 documents were identified across the five databases, and exclusion criteria were applied to arrive at a final sample of 31 scientific articles. The results showed a higher volume of publications in 2015 and 2017, with 16% each, respectively, with the United States and Pakistan being the countries with the highest number of published articles during the period, followed by India. The analyzed literature addressed a variety of microorganisms, among which enteropathogenic *Escherichia coli* bacteria had the most prominence in research related to drinking water contamination and diarrheal diseases. This is a globally recurring problem, with greater severity in underdeveloped and developing countries, where the risks of waterborne disease outbreaks are still poorly understood and persistent.

Keywords: drinking water; bacteria; diseases; diarrhea; water quality.

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2020). O acesso à água potável é um direito fundamental e garante saúde e bem-estar aos seres humanos (Ahmed *et al.*, 2014). De modo geral, a humanidade depende da água potável para suprir suas necessidades básicas, como ingestão, preparo de alimentos, higiene pessoal, entre outros usos essenciais para a manutenção da saúde humana (Benedict *et al.*, 2017; Guidelines for Drinking-Water Quality, 2022; Nabeela *et al.*, 2014). No entanto, muitas pessoas ainda não têm acesso à água limpa e segura (Saxena *et al.*, 2015), que deve estar livre de contaminação, ser segura e acessível para garantir a qualidade de vida nas sociedades modernas (Moreira; Bondelind, 2017).

Nesse contexto, a deterioração da qualidade da água é um problema global (Ahmed *et al.*, 2020), já que a água potável está sujeita a contaminações por microrganismos patogênicos, que podem entrar no sistema de abastecimento (Yuen *et al.*, 2023), provocar alterações nos serviços de água (Benedict *et al.*, 2017), proliferar ou ser transportados, tornando-a um veículo de transmissão de doenças (Nabeela *et al.*, 2014). A contaminação da água por patógenos microbianos (Moreira; Bondelind, 2017; Nabeela *et al.*, 2014) frequentemente resulta em surtos de doenças gastrointestinais, como a diarreia (Gorham *et al.*, 2017), que afetam diretamente a saúde de milhares de pessoas em um curto período de tempo e representam riscos elevados à saúde pública (Levy *et al.*, 2016; Yuen *et al.*, 2023), especialmente em populações socioeconomicamente desfavorecidas (Ercumen *et al.*, 2015). A presença de microrganismos na água tem relevância epidemiológica, servindo como

indicadores de contaminação e de possíveis consequências à saúde, como enfermidades gastrointestinais e diarreicas (Machdar *et al.*, 2013).

Nesse sentido, a Organização Mundial da Saúde reconhece que as doenças transmitidas pela água são, em grande parte, a principal causa de infecções e mortalidades relacionadas à diarreia, resultantes do consumo de água imprópria e de condições de saneamento inadequadas (World Health Organization; World Bank Group; Unicef, 2022). Anualmente, são registrados globalmente cerca de 4 milhões de casos de diarreia, dos quais 2,2 milhões resultam em óbitos, especialmente entre crianças menores de cinco anos (Ahmed *et al.*, 2020; Gorham *et al.*, 2017; World Health Organization; World Bank Group; Unicef, 2022). A bactéria *Shigella*, por si só, é responsável por mais de 2 milhões de infecções e cerca de 60.000 mortes a cada ano (World Health Organization, 2017). Além disso, febre tifoide e cólera são endêmicas em 69 países, com cerca de 2,9 milhões de casos anuais, sendo que, sem tratamento adequado, essas doenças podem levar à morte em poucas horas (World Health Organization; World Bank Group; Unicef, 2022).

A exposição e o consumo de água contaminada ou mal tratada afetam a saúde humana mesmo em países desenvolvidos, como os Estados Unidos, onde a *Legionella* é uma das principais causas de surtos de doenças associadas à água potável (Benedict *et al.*, 2017). Conforme LeChevallier (2020), a *Legionella* é o patógeno mais comum isolado e relatado em surtos de doenças transmitidas pela água nos Estados Unidos. De modo semelhante, no Paquistão, a contaminação microbiana da água potável é considerada a maior ameaça à saúde pública, causando entre 20 a 40% das doenças, como cólera, diarreia, disenteria, hepatite e febre tifoide (Nabeela *et al.*, 2014). No Brasil, assim como em muitos outros países em desenvolvimento, há uma alta incidência de doenças de veiculação hídrica, com aproximadamente 600 casos por 100 mil habitantes (Lascowski *et al.*, 2013), sendo responsáveis por cerca de 65% das internações hospitalares (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2020).

Além das bactérias, os vírus também figuram entre as principais causas de infecções decorrentes da ingestão de água ou alimentos contaminados (Bordoni *et al.*, 2023). Mesmo em concentrações extremamente baixas, os vírus representam sérios riscos à saúde, podendo causar grandes surtos (Iaconelli *et al.*, 2017). Os enterovírus, em particular, estão entre os patógenos veiculados pela água e são uma das principais causas de gastroenterites a nível global. Esses vírus entéricos humanos são

transmitidos por meio de águas residuais inadequadamente tratadas, estando presentes em sistemas públicos de água potável, e podem provocar síndromes que variam desde febre aftosa, infecções respiratórias, conjuntivites e hepatites até condições mais graves como meningite asséptica, encefalite, paralisia facial aguda e miocardite. Esses quadros são especialmente perigosos para grupos vulneráveis, como crianças, idosos e pessoas imunocomprometidas (Bordoni *et al.*, 2023; Iaconelli *et al.*, 2017).

Nesse contexto, pesquisas sobre a contaminação da água potável e as doenças associadas à presença de microrganismos têm sido amplamente exploradas. Por exemplo, Yuen *et al.* (2023) relataram surtos de gastroenterite em hospitais de Vitória, na Austrália, enquanto Sharma *et al.* (2023) identificaram patógenos como *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*, e *Salmonella spp.*, em amostras de água de sistemas de distribuição municipal em *Solan Himachal Pradesh*, na Índia. Estudos no Brasil, conduzidos por Bordoni *et al.* (2023), investigaram a presença de vírus entéricos, enquanto pesquisas de Reynolds *et al.* (2020) no Canadá examinaram *Escherichia coli* produtora da toxina Shiga. Investigações adicionais incluem os estudos de Ding *et al.* (2018) em Changchun, na China, e Lascowski *et al.* (2013) no Brasil. Além disso, documentos como as Diretrizes para a Qualidade da Água Potável da Organização Mundial da Saúde têm desempenhado um papel crucial nas discussões sobre o tema.

Com base nesses pressupostos teóricos, esta pesquisa teve como objetivo realizar uma revisão integrativa da literatura sobre microrganismos relacionados à contaminação da água destinada ao consumo humano.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho trata-se de uma revisão integrativa da literatura científica que aborda o impacto da contaminação da água potável por microrganismos, seus riscos à saúde e as doenças associadas. Com base no objetivo proposto de "realizar uma revisão integrativa da literatura sobre os microrganismos relacionados à contaminação da água para consumo humano", foram definidos critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos estudos. Nos critérios de inclusão, consideraram-se artigos científicos publicados entre 2013 e 2023, em texto completo, apenas em língua inglesa, sem restrição quanto ao acesso (aberto ou restrito), que tratassem de bactérias e vírus em água potável destinada ao consumo humano e que respondessem à pergunta

norteadora: "Quais são os microrganismos relacionados à contaminação da água utilizada para consumo humano?". Quanto aos critérios de exclusão, desconsideraram-se artigos incompletos, duplicados, que abordavam apenas fungos e protozoários, ou que tratavam de temas não relacionados ao objetivo da pesquisa, além de publicações em idiomas diferentes do inglês.

A busca da literatura foi realizada no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e nas bases de dados Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *PubMed*, *Scielo*, *Scopus* e *Web of Science*, com o objetivo de obter artigos que abordassem microrganismos presentes na água potável e os riscos à saúde associados. A estratégia de busca incluiu termos controlados, consultados nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS/MeSH), com o uso dos operadores booleanos "OR" e "AND", aplicados da seguinte maneira:

- Biblioteca Virtual em Saúde (BVS): (((*microorganisms OR pathogens*)) AND ("*drinking water*" OR "*Potable water*")) AND "*waterborne diseases*") AND "*water contamination*".
- *PubMed*: (((*microorganisms OR pathogens*)) AND ("*drinking water*" OR "*Potable water*")) AND "*waterborne diseases*") AND "*water contamination*".
- *Scielo*: ((*drinking water*)) AND ((*water contamination*)).
- *Scopus*: (((*microorganisms OR pathogens*) AND ("*drinking water*") OR ("*Potable water*") AND ("*waterborne diseases*") AND ("*water contamination*")))).
- *Web of Science*: (((((ALL=(*microorganisms*)) OR ALL=(*pathogens*)) AND ALL=("*drinking water*")) OR ALL=("*Potable water*")) AND ALL=("*waterborne diseases*")) AND ALL=("*water contamination*"))).

Após a inserção das expressões de busca nas cinco bases de dados, foram encontrados trezentos e cinquenta e seis documentos. Aplicados os filtros disponíveis nas plataformas e após a leitura de títulos e resumos, trezentos e dois documentos foram excluídos (conforme Figura 1). Em seguida, onze artigos foram removidos por aparecerem em mais de uma base de dados, e doze foram excluídos por tratarem de temas fora do escopo, como águas de piscinas, hemodiálises, estudos metodológicos ou águas residuárias sem menção à contaminação da água potável por microrganismos. Após essas etapas, a amostra final foi composta por 31 artigos, que foram incluídos na síntese desta revisão.

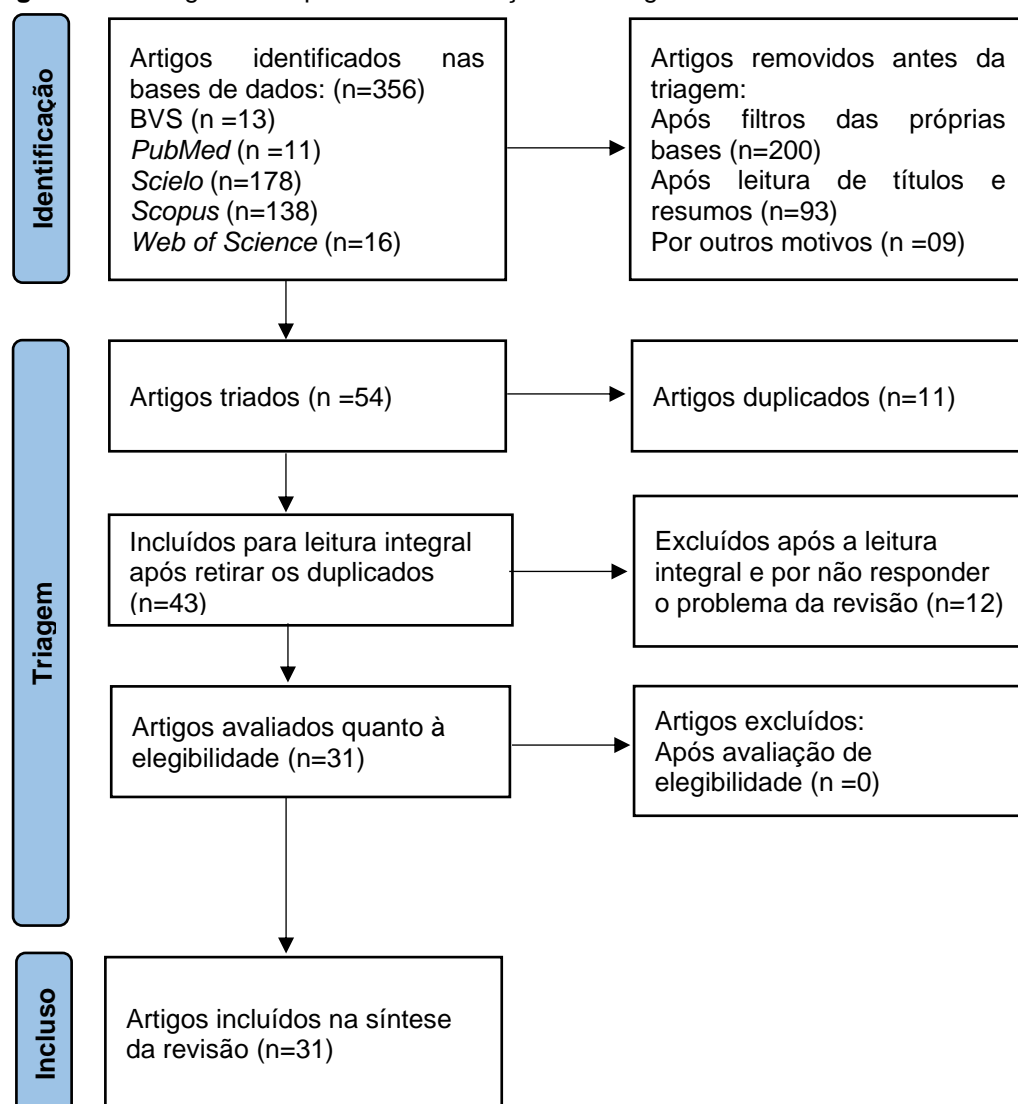
As informações extraídas dos artigos abrangeram os seguintes campos: base de dados, título, microrganismos (bactérias e vírus), distúrbios associados à saúde,

autores e ano de publicação, Identificador de Objeto Digital (DOI), nome do periódico e país de origem da pesquisa. A coleta de dados foi organizada em uma planilha eletrônica do *Microsoft Excel*. Para análise dos dados, fez-se uma síntese, categorizando as informações quantitativas por número de publicações por ano, país de realização das pesquisas e tipos de microrganismos abordados em cada estudo. As informações qualitativas foram descritas por título, periódico, autor/ano e país, permitindo uma interpretação mais clara e uma apresentação detalhada dos resultados desta revisão integrativa, apresentados em forma de quadros e figuras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra as etapas do processo de seleção e o número de artigos científicos incluídos nesta revisão integrativa da literatura. A partir da inserção dos descritores nas cinco bases de dados (Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *PubMed*, *Scielo*, *Scopus* e *Web of Science*), foram identificadas um total de 356 publicações entre 2013 e 2023. Após a aplicação dos filtros disponíveis nas próprias bases de dados e a leitura dos títulos e resumos, 302 referências foram removidas, incluindo outros tipos de documentos, textos incompletos ou estudos com temáticas que não abordavam microrganismos ou a contaminação da água potável. Entre os 54 estudos triados, 11 duplicações foram eliminadas. Dos 43 trabalhos restantes, após a leitura completa, 12 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão ou por estarem fora do escopo da pesquisa. Dessa forma, 31 artigos científicos foram selecionados e utilizados para a extração de dados e síntese das informações nesta revisão.

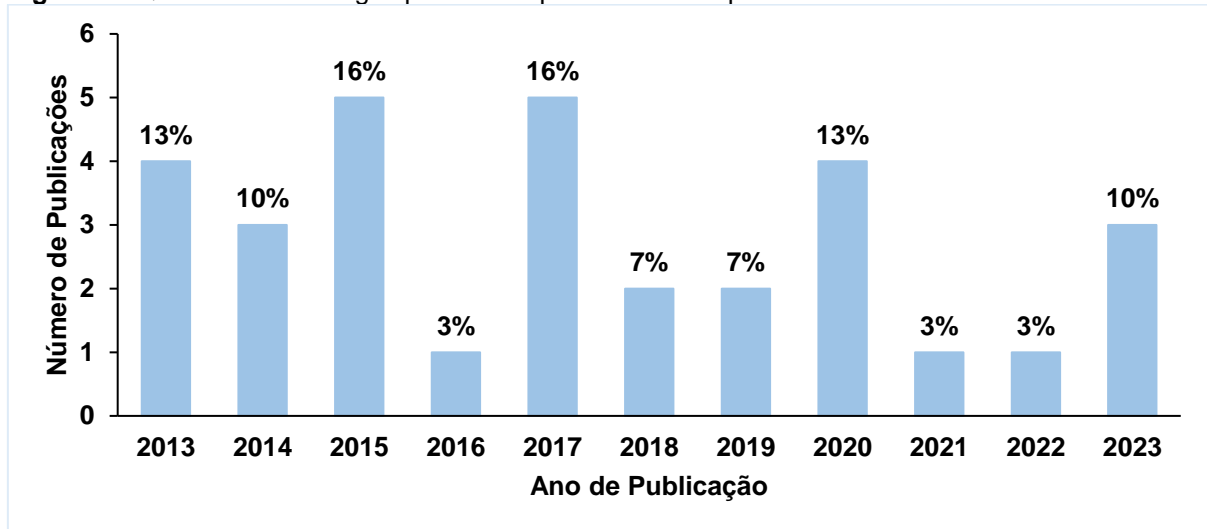
Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção dos artigos de revisão.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2024). Adaptado (PRISMA, 2024). Disponível em: <http://prisma-statement.org/prismastatement/flowdiagram.aspx>. Acesso em: 19 jan. 2024.

Com base nos 31 artigos que atenderam os critérios de seleção, a Figura 2 mostra a quantidade de trabalhos científicos distribuídos no período de 2013 a 2023. Nota-se que em 2015 e 2017, houve um ápice de publicações, com volume de 5/31 (16%) em cada ano. Seguidos de 2013 e 2020, ambos com 4/31 (13%) dos artigos. Em 2014 e 2023 com 3/31 (10%) e 2018 a 2019 com 2/31 (7%). Em contrapartida, 2016, 2021 e 2022 totalizaram 1/31 (3%), respectivamente, com menor número de estudos publicados sobre os microrganismos e a contaminação da água.

Figura 2 - Quantidade de artigos publicados por ano entre o período de 2013 a 2023.



Fonte: Elaborada pelas autoras (2024).

O número publicações demonstrados na Figura 2 em 2015 e 2017 justificam-se por conta dos surtos de doenças enfrentados por cerca de quarenta estados americanos, entre 2014 e 2015, por *Legionella*, contaminações por toxinas de algas e produtos químicos na água potável (Benedict *et al.*, 2017); países da África e Ásia foram afetados por doenças de transmissão hídrica como cólera e diarreias (Gorham *et al.*, 2017; Nabeela *et al.*, 2015). Além disso, estudos já se concentravam nas alterações climáticas que tornariam os surtos de doenças mais graves e frequentes no futuro (Iqbal; Ahmad; Hofstra, 2017).

Assim, a contaminação da água associada aos microrganismos tem sido documentada na literatura atual conforme descrita no Quadro 1, o qual apresenta uma síntese das informações extraídas de cada artigo científico, incluindo, títulos, periódicos, autores e ano, assim como o país de realização da pesquisa no período de 2013 a 2023.

Quadro 1 - Descrição das publicações selecionadas nas bases de dados no período de 2013 a 2023 (continua).

Title	Periodical	Authors/Year	Country
<i>Microbiological assessment of well waters in Samaru, Zaria, Kaduna, State, Nigeria</i>	<i>Annals of African Medicine</i>	<i>Aboh, Giwa F, Giwa A. (2015)</i>	<i>Nigeria</i>
<i>Presence of enterotoxigenic Escherichia coli in biofilms formed in water containers in poor households coincides with epidemic seasons in Dhaka</i>	<i>Journal of Applied Microbiology</i>	<i>Ahmed et al (2013)</i>	<i>Dhaka</i>
<i>Quantitative Microbial Risk Assessment of Drinking Water Quality to Predict the Risk of Waterborne Diseases in Primary-School Children</i>	<i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	<i>Ahmed et al (2020)</i>	<i>Pakistan</i>
<i>A waterborne outbreak of campylobacteriosis in the South Island of New Zealand due to a failure to implement a multi-barrier approach</i>	<i>Journal of Water and Health</i>	<i>Bartholomew et al. (2014)</i>	<i>New Zealand</i>
<i>Surveillance for Waterborne Disease Outbreaks Associated with Drinking Water — United States, 2013–2014</i>	<i>Morbidity Mortality Weekly Report</i>	<i>Benedict et al. (2017)</i>	<i>United States</i>
<i>Microbial water quality improvement associated with transitioning from intermittent to continuous water supply in Nagpur, India</i>	<i>Water Research</i>	<i>Bivins et al. (2022)</i>	<i>India</i>
<i>Prevalence of Enterovirus in Water Consumed in Rural Areas in a State in the Midwest Region of Brazil</i>	<i>Sustainability</i>	<i>Bordoni et al. (2023)</i>	<i>Brazil</i>
<i>Exploring links between water quality and E. coli O157:H7 survival potential in well waters from a rural area of southern Changchun City, China</i>	<i>Journal of Water and Health</i>	<i>Ding et al. (2018)</i>	<i>China</i>
<i>Upgrading a Piped Water Supply from Intermittent to Continuous Delivery and Association with Waterborne Illness: A Matched Cohort Study in Urban India</i>	<i>PLOS Medicine</i>	<i>Ercumen et al. (2015)</i>	<i>India</i>
<i>Water Access, Sanitation, and Hygiene Conditions and Health Outcomes among Two Settlement Types in Rural Far North Cameroon</i>	<i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	<i>Gorham et al. (2017)</i>	<i>Cameroon</i>
<i>Assessment of relative potential for Legionella species or surrogates inhalation exposure from common water uses</i>	<i>water research</i>	<i>Hines et al. (2014)</i>	<i>United States</i>
<i>One-year Surveillance of Human Enteric Viruses in Raw and Treated Wastewaters, Downstream River Waters, and Drinking Waters</i>	<i>Food and Environmental Virology</i>	<i>Iaconelli et al. (2017)</i>	<i>Italy</i>
<i>The Relationship between Hydro-Climatic Variables and E. coli Concentrations in Surface and Drinking Water of the Kabul River Basin in Pakistan</i>	<i>AIMS Environmental Science</i>	<i>Iqbal, Ahmad, Hofstra (2017)</i>	<i>Pakistan</i>

Quadro 1 - Descrição das publicações selecionadas nas bases de dados no período de 2013 a 2023 (continua).

Title	Periodical	Authors/Year	Country
<i>Two Drinking Water Outbreaks Caused by Wastewater Intrusion Including Sapovirus in Finland</i>	<i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	<i>Kauppinen et al. (2019)</i>	<i>Finland</i>
<i>Drinking water quality and human health risk in Charsadda district, Pakistan</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i>	<i>Khan et al. (2013)</i>	<i>Pakistan</i>
<i>Shiga toxin-producing Escherichia coli in drinking water supplies of north Parana State, Brazil</i>	<i>Journal of Applied Microbiology</i>	<i>Lascowsk et al. (2013)</i>	<i>Brazil</i>
<i>Managing Legionella pneumophila in Water Systems</i>	<i>Journal American Water Works Association</i>	<i>LeChevallier (2020)</i>	<i>United States</i>
<i>Refined assessment of associations between drinking water residence time and emergency department visits for gastrointestinal illness in Metro Atlanta, Georgia</i>	<i>Journal of Water and Health</i>	<i>Levy et al. (2016)</i>	<i>United States</i>
<i>Application of Quantitative Microbial Risk Assessment to analyze the public health risk from poor drinking water quality in a low income area in Accra, Ghana</i>	<i>Science of the Total Environment</i>	<i>Machdar et al. (2013)</i>	<i>Ghana</i>
<i>Occurrence of opportunistic pathogens in private wells after major flooding events: A four state molecular survey</i>	<i>Science of the Total Environment</i>	<i>Mapili et al. (2020)</i>	<i>United States</i>
<i>Safe drinking water and waterborne outbreaks</i>	<i>Journal of Water and Health</i>	<i>Moreira, Bondelind (2017)</i>	<i>Sweden</i>
<i>Microbial contamination of drinking water in Pakistan—a review</i>	<i>Environmental Science and Pollution Research</i>	<i>Nabeela et al. (2014)</i>	<i>Pakistan</i>
<i>Adoption of a microbial health-based target for Australian drinking water regulation</i>	<i>Journal of Water and Health</i>	<i>O'Toole et al, (2015)</i>	<i>Australia</i>
<i>Evaluating the risks associated with Shiga-toxin-producing Escherichia coli (STEC) in private well waters in Canada</i>	<i>Canadian Journal of Microbiology</i>	<i>Reynolds et al. (2020)</i>	<i>Canada</i>
<i>Hazardous pollutants in Potable Groundwater Sources of Public Schools, Southern Punjab (Pakistan)</i>	<i>Revista Internacional de Contaminación Ambiental</i>	<i>Sarfraz, Sultana, Tariq (2019)</i>	<i>Pakistan</i>
<i>Microbial indicators, pathogens and methods for their monitoring in water environment</i>	<i>Journal of Water and Health</i>	<i>Saxena et al. (2015)</i>	<i>India</i>
<i>Seasonal impact on microbiological quality of drinking water in Solan City of Himachal Pradesh, India</i>	<i>Environmental Monitoring and Assessment</i>	<i>Sharma et al. (2023)</i>	<i>India</i>
<i>Evaluation of CrAssphage Marker for Tracking Fecal Contamination in River Water in Nepal</i>	<i>Water, Air, and Soil Pollution</i>	<i>Ward et al. (2020)</i>	<i>Nepal</i>

Quadro 1 - Descrição das publicações selecionadas nas bases de dados no período de 2013 a 2023 (conclusão).

<i>Title</i>	<i>Periodical</i>	<i>Authors/Year</i>	<i>Country</i>
<i>Water quality and health in northern Canada: stored drinking water and acute gastrointestinal illness in Labrador Inuit</i>	<i>Environmental Science and Pollution Research</i>	<i>Wright et al. 2018</i>	<i>Canada</i>
<i>Interrupted time series segmented regression analysis for detecting waterborne disease outbreaks by syndromic surveillance</i>	<i>Communicable Diseases Intelligence</i>	<i>Yuen et al. (2023)</i>	<i>Australia</i>
<i>A waterborne norovirus gastroenteritis outbreak in a school, eastern China</i>	<i>Epidemiology and Infection</i>	<i>Zhou et al. (2015)</i>	<i>China</i>

Fonte: Elaborada pelas autoras (2024).

A abordagem encontrada nos artigos selecionados para este estudo (Quadro 1) revela que a ocorrência de microrganismos associados à contaminação e às doenças decorrentes do consumo de água contaminada ou inadequadamente tratada não é uma preocupação restrita apenas a países em desenvolvimento ou menos desenvolvidos. Embora esses problemas sejam mais comuns e severos nessas regiões, também afetam países desenvolvidos, embora em menor gravidade. Exemplos incluem a Nova Zelândia (Bartholomew *et al.*, 2014), os Estados Unidos (Benedict *et al.*, 2017; LeChevallier, 2020), a Itália (Iaconelli *et al.*, 2017), a Finlândia (Kauppinen *et al.*, 2019), a Austrália (O'Toole *et al.*, 2015; Yuen *et al.*, 2023), a Suécia (Moreira; Bondelind, 2017) e o Canadá (Reynolds *et al.*, 2020; Wright *et al.*, 2018). Isso ocorre mesmo nesses países, que, em geral, possuem melhores serviços de infraestrutura hídrica e saneamento (Wright *et al.*, 2018).

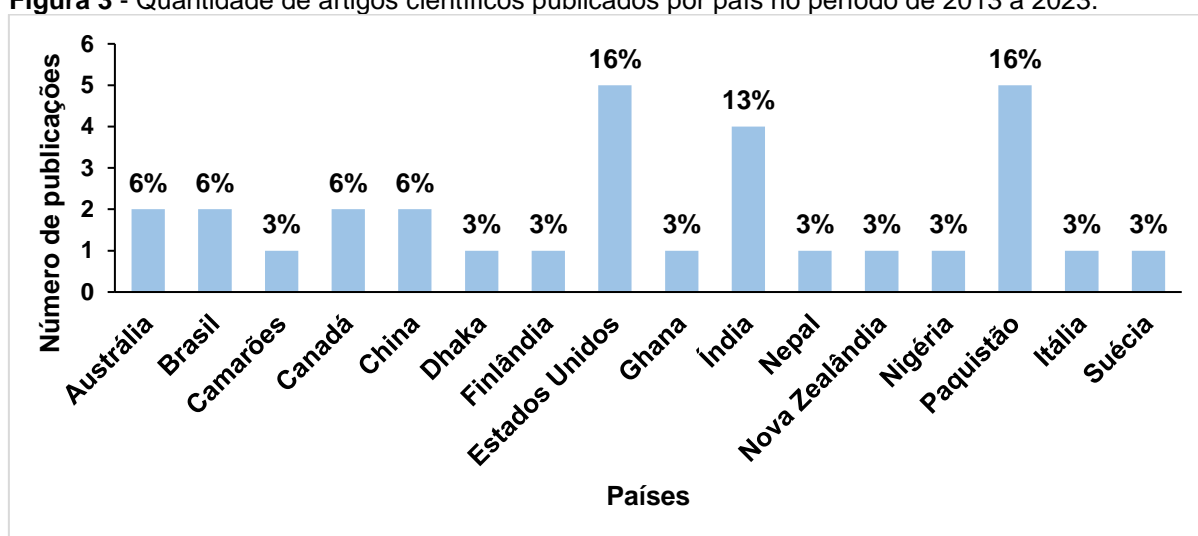
As publicações apontaram a presença recorrente de problemas de segurança hídrica, contaminações na rede, falhas no processo de tratamento da água e ocorrência de doenças transmitidas pela água de consumo humano (Wright *et al.*, 2018), especialmente em países onde a precariedade dos serviços de água e saneamento favorece as populações socioeconomicamente mais vulneráveis, como as comunidades rurais e grupos indígenas remotos, a exemplo dos Inuítes Canadenses estudados por Wright *et al.* (2018), ou em países da África, como a Nigéria (Aboh; Giwa F; Giwa A., 2015) e Camarões (Gorham *et al.*, 2017), Gana (Machdar *et al.*, 2013) e da Ásia, como o Paquistão (Ahmed *et al.*, 2020; Iqbal; Ahmad; Hofstra, 2017; Khan *et al.*, 2013; Nabeela *et al.*, 2014).

Esses estudos evidenciam os desafios frequentes relacionados à qualidade da água e às doenças hídricas, com destaque para a diarreia, que impacta significativamente crianças menores de cinco anos, comprometendo o

desenvolvimento infantil e causando perdas escolares e, em casos mais graves, óbitos (Ahmed *et al.*, 2020).

Diante desse cenário, os microrganismos associados à contaminação da água e às doenças tornaram-se foco de pesquisas em diversos países. Os Estados Unidos (5), o Paquistão (5) e a Índia (4) destacaram-se por uma maior produção científica nesse campo, demonstrando um maior investimento em pesquisas sobre o tema. Na sequência, Austrália, Brasil, Canadá e China produziram 2 artigos, respectivamente, enquanto os demais países apresentaram um único estudo (Figura 3).

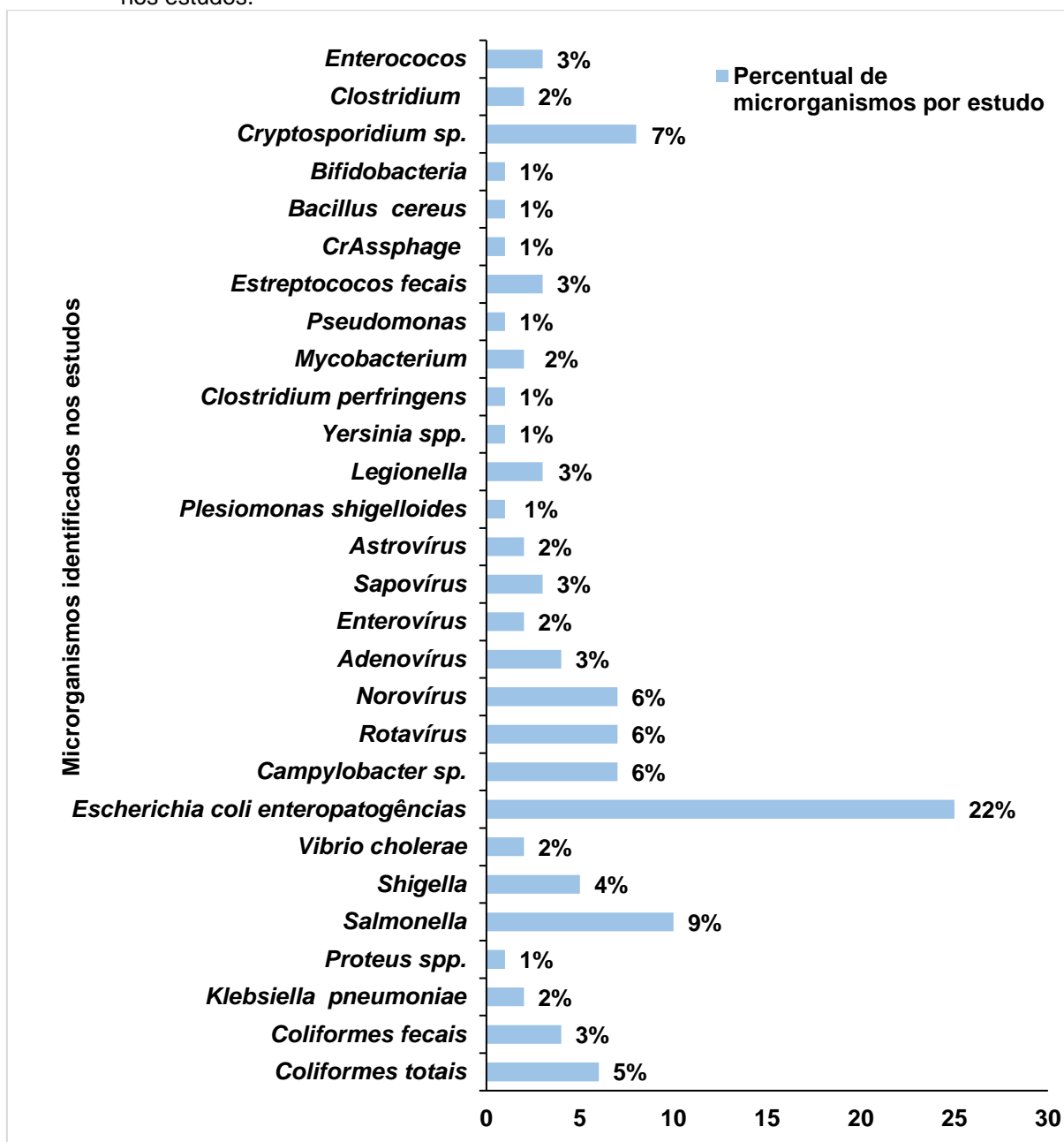
Figura 3 - Quantidade de artigos científicos publicados por país no período de 2013 a 2023.



Fonte: Elaborada pelas autoras (2024).

De acordo com os dados extraídos da literatura, dentre os microrganismos mais pesquisados, as cepas da bactéria *Escherichia coli* enteropatogênicas (22%) e a *Salmonella* (9%) foram os patógenos com maior frequência nos estudos, acompanhados do *Cryptosporidium* sp. (7%), Norovírus (6%), Rotavírus (6%) e *Campylobacter* sp. (6%) em relação aos demais microrganismos identificados e relacionados à contaminação da água utilizada para consumo humano (Figura 4).

Figura 4 - Frequência de microrganismos relacionados a contaminação da água potável identificados nos estudos.



Fonte: Elaborada pelas autoras (2024).

Em consequência disso, Ahmed *et al.* (2020) explicam que o consumo de água contaminada com microrganismos patogênicos pode representar sérios riscos à saúde das pessoas, principalmente das crianças em idade escolar. A bactéria *Escherichia coli* enteropatogênica provoca anemia grave, insuficiência renal e outras doenças em pessoas infectadas e é causa de óbitos em todo o mundo (Reynolds *et al.*, 2020). Aboh; Giwa F. e Giwa A. (2015) também explicaram que cepas de *Escherichia coli* O157:H7 e O111 causam diarreia sanguinolenta, indistinguível da colite hemorrágica, falência e anemia hemolítica. Em estudos de Machdar *et al.* (2013)

constatarem riscos por meio de Avaliação Quantitativa Microbiana com a maior carga de doenças originada da *Escherichia coli* O157:H7 em relação a outros patógenos investigados.

Dessa mesma forma, as doenças transmitidas pela água tais como as infecções gastrointestinais, febre tifoide, hepatite, cólera, dentre outras (Ercumen *et al.*, 2015), especialmente a diarreia, torna-se um grande fardo para os países em desenvolvimento e subdesenvolvidos (Gorham *et al.*, 2017), onde a falta de saneamento, acesso inadequado e o consumo de água não tratada estão relacionados com o alto número de casos de doenças diarreicas. Somente em 2019 foram cerca de 1,5 milhões de mortes relacionadas à diarreia em todo o mundo (Gorham *et al.*, 2017; World Health Organization; World Bank Group; Unicef, 2022). E mesmo raras em países desenvolvidos, tornam-se preocupação mundial de saúde pública (World Health Organization, 2017).

Embora os surtos de doenças estejam associados à ingestão de água potável não tratada ou contaminada (World Health Organization, 2017), outras vias de transmissão de doenças também ocorrem prevalecendo formas de transmissão, como a *Legionella*, conhecida como a doença dos legionários, que também causa a febre de Pontiac (Benedict *et al.*, 2017; Hines *et al.*, 2014; LeChevallier, 2020). A *Legionella* cresce dentro de amebas ou biofilmes no interior de tubos de água de torres de resfriamentos, encanamentos de hospitais ou hotéis, banheiras de hidromassagem, chuveiros e outros, os quais são considerados fontes mais prováveis de infecção (Hines *et al.*, 2014; LeChevallier, 2020). A contaminação por *Legionella* ocorre por inalação de aerossóis ou partículas respiráveis de água contaminados com o patógeno, causando pneumonia grave que pode levar à óbito. As pessoas com sistema imunológico debilitado estão entre os grupos suscetíveis a adquirir tal infecção (Hines *et al.*, 2014).

É importante considerar que as deficiências e interrupções nos sistemas de abastecimento de água (Levy *et al.*, 2016) como as falhas nas etapas de tratamento e na rede de distribuição, assim como rompimentos em tubulações e consequente intrusão de águas residuais (Kalppinen *et al.*, 2019), além de reduzir a disponibilidade da água potável, podem implicar má qualidade e desencadear complicações para a saúde pública provocando surtos e doenças em comunidades inteiras (Benedict *et al.*, 2017). Assim, a distribuição de água em condições de intermitências pode favorecer a intrusão de patógenos dentro da tubulação (Bivins *et al.*, 2021; Ercumen *et al.*, 2015)

e acarretar doenças como a dos legionários causada pela bactéria *Legionella* (Benedict *et al.*, 2017; Mapili *et al.*, 2022); a gastroenterite aguda causada pela *Escherichia coli* e outros patógenos (Ercumen *et al.*, 2015), como as cepas enterotoxigênicas (Ahmed *et al.*, 2013), além dos vírus entéricos relatados por (Bordoni *et al.*, 2023), o *crAssphage*, bacteriófago, descoberto recentemente como indicador de contaminação fecal humana (Ward *et al.*, 2020), o norovírus identificado em investigação epidemiológica como responsável por surto de gastroenterite em escola de *Shandong* na China, por água potável contaminada (Zhou *et al.*, 2016).

Portanto, o impacto das doenças relacionadas à contaminação da água por microrganismos é um problema de interesse mundial que afeta vários países do mundo independentemente de sua condição socioeconômica (Saxena *et al.*, 2015). Revelando que há necessidade de investigações mais detalhadas sobre as deficiências nos sistemas de distribuição de água potável para consumo humano sobre todos os aspectos patológicos que atingem a saúde das pessoas (Machdar *et al.*, 2013). Portanto, controlar riscos microbianos em água potável e diminuir a carga das doenças transmitidas pela água, parece ser um desafio para muitos países, devido à dificuldade de estimar as diferentes vias de exposição (Levy *et al.*, 2016), que não a ingestão ou ainda ser confundidas com infecções alimentares (Bordoni *et al.*, 2023).

Nota-se que as pesquisas ainda são insuficientes, pois a falta de informação sobre a prevalência de patógenos entéricos dentro de sistemas de água subterrânea como poços é um problema, uma vez que, muitos desses sistemas não cumprem padrões de qualidade da água e se desconhece a contribuição desses sistemas para o fardo das doenças transmitidas pela água (Reynolds *et al.*, 2020).

Outra lacuna importante possui relação com o abastecimento intermitente, tendo em vista a existência de poucos estudos direcionam investigações nesse sentido e poucas evidências sobre os impactos na saúde. Segundo Ercumen *et al.* (2015) uma rede canalizada com intermitências pode levar a riscos de doenças transmitidas pela água, uma vez que, pode contaminar a água dentro da tubulação. Estes autores pesquisaram o abastecimento intermitente e contínuo, constataram que em áreas de *Hubli-Dharwad* na Índia, o abastecimento com fluxo contínuo teve menor prevalência de doenças gastrointestinais infantis, menor incidência de febre tifoide, hepatites, cólera e redução da mortalidade de crianças menores de dois anos.

Portanto, a água potável contaminada com microrganismos tem forte impacto na saúde pública (Sarfraz; Sultana; Tariq, 2019).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura analisada mostra que a detecção de microrganismos associados à contaminação da água potável para consumo humano, como espécies de bactérias e vírus, é essencial para prevenir riscos de doenças transmitidas pela água e manutenção da saúde, pois mesmo a água tratada não está livre de contaminações, a qual constitui um problema recorrente no mundo todo, com maior gravidade nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento.

A maioria dos estudos analisados identificou uma diversidade de microrganismos, com destaque para a bactéria *Escherichia coli* enteropatogênica, frequentemente associada à contaminação da água e a doenças gastrointestinais. Essa bactéria, juntamente com outras espécies, emergiu como um dos principais contaminantes microbianos nas pesquisas realizadas em diversos países. A análise temporal dos dados revelou um aumento significativo nas publicações sobre o tema, especialmente em 2015 e 2017, impulsionado por eventos como surtos de contaminação por água potável em estados norte-americanos, epidemias de doenças diarreicas em países asiáticos e africanos, e as projeções de aumento de doenças transmitidas pela água em decorrência das mudanças climáticas.

Em contrapartida, em 2016, 2021 e 2022 tiveram 3%, respectivamente, sendo os anos com menores números de estudos publicados sobre os microrganismos e a contaminação da água. Nesta mesma direção, os países com maiores quantidades de artigos científicos publicados foram os Estados Unidos e o Paquistão seguidos da Índia.

Portanto, a contaminação da água potável por microrganismos é uma problemática que apesar de estar diretamente ligada aos países socioeconomicamente menos desenvolvidos, também é enfrentada por países de alto rendimento socioeconômico, o que exige maior cuidado por ser um recurso escasso, limitado, direito fundamental e garantia de saúde e bem-estar aos seres humanos.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro concedido através da Bolsa de Pesquisa nº 88887.849175/2023-00.

REFERÊNCIAS

ABOH, E. A.; GIWA, F. J.; GIWA, A. Microbiological assessment of well waters in Samaru, Zaria, Kaduna, State, Nigeria. **Annals of African Medicine**, [India], v. 14, n. 1, p. 32-38, Jan-Mar. 2015. DOI:10.4103/1596-3519.148732. Acesso em: 25 fev. 2024.

AHMED, D.; ISLAM, M. S.; BEGUM, Y. A.; JANZON, A.; QADRI, F.; SJÖLING, A. Presence of enterotoxigenic *Escherichia coli* in biofilms formed in water containers in poor households coincides with epidemic seasons in Dhaka, **Journal of Applied Microbiology**, [S. l.], v. 114, p. 1223–1229, Apr. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.12109>. Acesso em: 26 fev. 2024.

AHMED, J.; WONG, L. P.; CHUA, Y. P.; CHANNA, N.; MHAR, R. B.; YASMIN, A.; VANDERSLICE, J. A.; GARN, J. V. Quantitative Microbial Risk Assessment of Drinking Water Quality to Predict the Risk of Waterborne Diseases in Primary-School Children. **International Journal Environmental Research and Public Health**, Switzerland, v. 17, n. 2774, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17082774>. Acesso em: 26 fev. 2024.

AHMED, T.; PERVEZ, A.; MEHTAB, M.; SHERWANI, S. K. Assessment of drinking water quality and its potential health impacts in academic institutions of Abbottabad (Pakistan). **Desalination and Water Treatment**, [S. l.], v. 54, n. 7, p. 1819–1828, 2014. DOI:10.1080/19443994.2014.890133. Acesso em: 26 abr. 2024.

BARTHOLOMEW, N.; BRUNTON, C.; MITCHELL, P.; WILLIAMSON, J.; GILPIN, B. A waterborne outbreak of campylobacteriosis in the South Island of New Zealand due to a failure to implement a multi-barrier approach. **Journal of Water & Health**, [London], v. 12, p. 555-563, Sep. 2014. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2014.155>. Disponível em: <https://iwaponline.com/jwh/article/12/3/555/508/A-waterborne-outbreak-of-campylobacteriosis-in-the>. Acesso em: 25 fev. 2024.

BENEDICT, K. M.; RESES, H.; VIGAR, M.; ROTH, D. M.; ROBERTS, V. A.; MATTIOLI, M.; COOLEY, L. A.; HILBORN, E. D.; WADE, T. J.; FULLERTON, K. E.; YODER, J. S.; HILL, V. R. Surveillance for Waterborne Disease Outbreaks Associated with Drinking Water - United States, 2013-2014. **MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report**, United States, v. 66, n. 44, p. 1216-1221, Nov. 2017. DOI: 10.15585/mmwr.mm6644a3. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5679581/pdf/mm6644a3.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2024.

BIVINS, A.; LOWRY, S.; WANKHEDE, S.; HAJARE, R.; MURPHY, H. M.; BORCHARDT, M.; LABHASETWAR, P.; BROWN, J. Microbial water quality improvement associated with transitioning from intermittent to continuous water supply in Nagpur, India. **Water Research**, [S. l.], v. 201, Aug. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117301>. Acesso em: 25 fev. 2024.

BORDONI, G. P.; BARBOSA, L. C. G.; OLIVEIRA, T. R.; LIMA, F. S.; GOES, V. M.; ESTRELA, M. C.; SOUZA, P. Z.; SANTOS, M. O.; SOUZA, G. R. L.; VIEIRA, J. D. G.; SCALIZE, P. S.; CARNEIRO, L. C. Prevalence of Enterovirus in Water Consumed in Rural Areas in a State in the Midwest Region of Brazil. **Sustainability**, Switzerland, v. 15, n. 9886, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15139886>. Acesso em: 25 fev. 2024.

DING, M.; LI, J.; LIU, X.; LI, H.; ZHANG, R.; MA, J. Exploring links between water quality and E. coli O157:H7 survival potential in well waters from a rural area of southern Changchun City, China. **Journal of Water & Health**, [London], v. 16, n. 2, p. 300-310, Apr. 2018. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2017.162>. Acesso em: 25 fev. 2024.

ERCUMEN, A.; ARNOLD, B. F.; KUMPEL, E.; BURT, Z.; RAY, I.; NELSON, K.; COLFORD JUNIOR, J. M. Upgrading a piped water supply from intermittent to continuous delivery and association with waterborne illness: a matched cohort study in urban India. **PLoS Medicine**, United States, v. 12, n. 10, Oct. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001892>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosmedicine/article/file?id=10.1371/journal.pmed.1001892&type=printable>. Acesso em: 21 fev. 2024.

GORHAM, T. J.; YOO, J.; GARABED, R.; MOUHAMAN, A.; LEE, J. Water Access, Sanitation, and Hygiene Conditions and Health Outcomes among Two Settlement Types in Rural Far North Cameroon. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Switzerland, v. 14, n. 441, 2017. DOI: <https://www.mdpi.com/1660-4601/14/4/441>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5409641/pdf/ijerph-14-00441.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2024.

GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY: Fourth edition incorporating the first and second addenda [Internet]. Geneva: **World Health Organization**, v. 1, 2022. Introduction. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK579464/>. Acesso em: 23 abr. 2024.

HINES, S. A.; CHAPPIE, D. J.; LORDO, R. A.; MILLER, B. D.; JANKE, R. J.; LINDQUIST, H. A.; FOX, K. R.; ERNST, H. S.; TAFT, S. C. Assessment of relative potential for Legionella species or surrogates inhalation exposure from common water uses. **Water Research**, [S. l.], v. 56, p. 203-213, Jun. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.02.013>. Acesso em: 25 fev. 2024.

IACONELLI, M.; MUSCILLO, M.; DELLA LIBERA, S.; FRATINI, M.; MEUCCI, L.; DE CEGLIA, M.; GIACOSA, D.; LA ROSA, G. One-year Surveillance of Human Enteric Viruses in Raw and Treated Wastewaters, Downstream River Waters, and Drinking Waters. **Food and Environmental Virology**, New York, v. 9, p. 79-88, Mar. 2017.

DOI: 10.1007/s12560-016-9263-3. Disponível em: <https://link-springer-com.ez163.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s12560-016-9263-3>. Acesso em: 13 mar. 2024.

IQBAL, M. S.; AHMAD, M. N.; HOFSTRA, N. The relationship between hydro-climatic variables and E. Coli concentrations in surface and drinking water of the Kabul river basin in Pakistan. **AIMS Environmental Science**, [United States], v.4, p. 690-708, 2017. DOI: 10.3934/environsci.2017.5.690. Disponível em: <https://www.aimspress.com/article/10.3934/environsci.2017.5.690>. Acesso em: 25 fev. 2024.

KAUPPINEN, A.; PITKÄNEN, T.; AL-HELLO, H.; MAUNULA, L.; HOKAJÄRVI, A. M.; RIMHANEN-FINNE, R.; MIETTINEN, I. T. Two Drinking Water Outbreaks Caused by Wastewater Intrusion Including Sapovirus in Finland. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Switzerland, v. 16 n. 4376, Nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16224376>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/22/4376>. Acesso em: 11 mar. 2024.

KHAN, S.; SHAHNAZ, M.; JEHAN, N.; REHMAN, S.; SHAH, M. T.; DIN, I. Drinking water quality and human health risk in Charsadda district, Pakistan. **Journal of Cleaner Production**, [Netherlands], v. 60, p. 93–101, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.016>. Acesso em: 25 fev. 2024.

LASCOWSKI, K. M. S.; GUTH, B. E. C.; MARTINS, F. H.; ROCHA, S. P. D.; IRINO, K.; PELAYO, J. S. Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in drinking water supplies of north Paraná State, Brazil, **Journal of Applied Microbiology**, [S. I.], v. 114, p. 1230–1239, Apr. 2013, DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.12113>. Acesso em: 26 fev, 2024.

LECHEVALLIER, M. W. Managing *Legionella pneumophila* in Water Systems. **Journal American Water Works Association**, [S. I.], v. 112: 10-23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/awwa.1444>. Disponível em: <https://doi-org.ez163.periodicos.capes.gov.br/10.1002/awwa.1444>. Acesso em: 29 Fev. 2024.

LEVY, K.; KLEIN, M.; SARNAT, S. E.; PANWHAR, S.; HUTTINGER, A.; TOLBERT, P.; MOE, C. Refined assessment of associations between drinking water residence time and emergency department visits for gastrointestinal illness in Metro Atlanta, Georgia. **Journal of Water & Health**, United States, v. 14, p. 672-81, Aug. 2016. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2016.178>. Disponível em: <https://iwaponline.com/jwh/article/14/4/672/28121/Refined-assessment-of-associations-between>. Acesso em: 25 fev. 2024.

MACHDAR, E.; VAN DER STEEN, N. P.; RASCHID-SALLY, L.; LENS, P. N. Application of Quantitative Microbial Risk Assessment to analyze the public health risk from poor drinking water quality in a low income area in Accra, Ghana. **Science of the Total Environment**, [S. I.], v. 449, p. 134-42, Apr. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.048>. Acesso em: 26 Fev. 2024.

MAPILI, K.; RHOADS, W. J.; COUGHTER, M.; PIEPER, K. J.; EDWARDS, M. A.; PRUDEN, A. Occurrence of opportunistic pathogens in private wells after major

flooding events: A four state molecular survey. **Science of the Total Environment**, United States, v. 826, Jun. 2022. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153901>. Acesso em: 25 fev. 2024.

MOREIRA, N.; BONDELIND, M. Safe drinking water and waterborne outbreaks.

Journal of Water and Health, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 83-96, Feb. 2017. DOI:

<https://doi.org/10.2166/wh.2016.103>. Acesso em: 23 fev. 2024.

NABEELA, F.; AZIZULLAH, A.; BIBI, R.; UZMA, S.; MURAD, W.; SHAKIR, S. K.; ULLAH, W.; QASIM, M.; HÄDER, D. P. Microbial contamination of drinking water in Pakistan--a review. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, v. 21, n. 24, p. 13929-13942, Dec. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3348-z>. Acesso em: 21 fev. 2024.

O'TOOLE, J.; SINCLAIR, M.; GIBNEY, K.; LEDER, K. Adoption of a microbial health-based target for Australian drinking water regulation. **Journal of Water & Health**, [London], v. 13, n. 3, p. 662-670, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2015.201>. Disponível em: <https://iwaponline.com/jwh/article/13/3/662/28385/Adoption-of-a-microbial-health-based-target-for>. Acesso em: 25 fev. 2024.

REYNOLDS, C.; CHECKLEY, S.; CHUI, L.; OTTO, S.; NEUMANN, N. F. Evaluating the risks associated with Shiga-toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) in private well waters in Canada. **Canadian Journal of Microbiology**, Canada, v. 66, p. 337-350, May. 2020. DOI: 10.1139/cjm-2019-0329. Acesso em: 11 mar. 2024.

SARFRAZ, M.; SULTANA, N.; TARIQ, M. I. Hazardous pollutants in Potable Groundwater Sources of Public Schools, Southern Punjab (Pakistan), **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, [S. l.], v. 34, p. 797-805, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.02>. Disponível em: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2019.35.04.02/46899>. Acesso em: 06 jun. 2024.

SAXENA, G.; BHARAGAVA, R. N.; KAITHWAS, G.; RAJ, A. Microbial indicators, pathogens and methods for their monitoring in water environment. **Journal of Water & Health**, [London], v. 13, p. 319-339, Jun. 2015. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2014.275>. Disponível em: <https://iwaponline.com/jwh/article/13/2/319/28316/Microbial-indicators-pathogens-and-methods-for>. Acesso em 25 fev. 2024.

SHARMA, M. D.; GUPTA, P.; CHAUHAN, S.; PANWAR, R.; SINGH, S.; KUMAR, P.; KULSHRESTHA, S. Seasonal impact on microbiological quality of drinking water in Solan City of Himachal Pradesh, India. **Environmental Monitoring and Assessment**, Switzerland, p.195-930, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11510-4>. Acesso em: 29 fev. 2024.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **A Água**. São Carlos: Scienza, 2020, 130 p. ISBN 978-65-5668-005-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.26626/978-65-5668-005-7/B0001> 1. Disponível em: https://sbhsf.com.br/wp-content/uploads/2020/08/novo_A_AGUA.pdf. Acesso em: 25 abr. 2024.

WARD, L. M.; SHRESTHA, R. G.; TANDUKAR, S.; SHERCHAND, J. B.; HARAMOTO, E.; SHERCHAN, S. P. Evaluation of CrAssphage Marker for Tracking Fecal Contamination in River Water in Nepal. **Water, Air & Soil Pollution**, Switzerland, v. 231, n. 282, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04648-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-020-04648-1>. Acesso em: 25 fev. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum. Geneva: World Health Organization; 7, Microbial aspects, 2017. *In: WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee*. Geneva: World Health Organization; 2008. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK132015/>. Acesso em: 20 dez. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO); WORLD BANK GROUP; UNICEF. **State of the world's drinking water**. An urgent call to action to accelerate progress on ensuring safe drinking water for all. Geneva: World Health Organization, [electronic resource], 2022. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/363704/9789240060807-eng.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 jan. 2024.

WRIGHT, C. J.; SARGEANT, J. M.; EDGE, V. L.; FORD, J. D.; FARAHBAKHS, K.; RICG; SHIWAK, I.; FLOWERS, C.; IHACC Research Team; HARPER, S. L. Water quality and health in northern Canada: stored drinking water and acute gastrointestinal illness in Labrador Inuit. **Environmental Science and Pollution Research**, Germany, v. 25, n. 33, p. 32975-32987, Nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9695-9>. Acesso em 25 fev. 2024.

YUEN, A.; POURMARZI, D.; SARKIS, S.; LUISETTO, C.; KHATRI, K.; BONE, A.; BLACK, J. Interrupted time series segmented regression analysis for detecting waterborne disease outbreaks by syndromic surveillance. **Communicable Diseases Intelligence**, Australia, v. 47, Feb. 2023. DOI: <https://doi.org/10.33321/cdi.2023.47.5>. Acesso em: 21 fev. 2024.

ZHOU, N.; ZHANG, H.; LIN, X.; HOU, P.; WANG, S.; TAO, Z.; BI, Z.; XU, A. A. waterborne norovirus gastroenteritis outbreak in a school, eastern China. **Epidemiology and Infection**, Cambridge, v. 144, p. 1212-1219, Apr. 2016. DOI: [10.1017/S0950268815002526](https://doi.org/10.1017/S0950268815002526). Acesso em: 25 fev. 2024.

CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO DOS DADOS MICROBIOLÓGICOS DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA DA ÁGUA CONSUMIDA EM QUIRINÓPOLIS, GOIÁS

Zênia Moreira de Matos¹
Débora de Jesus Pires²
Pedro Rogério Giongo³

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás; e-mail: zeniamatos@hotmail.com

²Docente do Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás; e-mail: debora.pires@ueg.br

³Docente do Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás; e-mail: pedro.giongo@ueg.br

RESUMO

A água é primordial para sobrevivência e saúde humana e o monitoramento microbiológico da água de abastecimento é uma prática utilizada para controlar a contaminação fecal e evitar doenças. Este trabalho teve o objetivo de avaliar dados dos parâmetros Coliformes totais e *Escherichia coli* na água de abastecimento para consumo humano da cidade de Quirinópolis, Goiás, observando os padrões preconizados pela Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde. Os dados secundários fornecidos pela Vigilância Sanitária foram avaliados e mapeados no período de 2021 a 2023. Um total de 524 amostras de água foram coletadas em 34 bairros. Os resultados mostraram percentuais microbiológicos anuais acima do padrão permitido com a presença de Coliformes totais nas amostras coletadas durante os três anos. E para a bactéria *Escherichia coli* em 2021 e 2022, com exceção de 2023, constatando uma evolução na qualidade microbiológica da água. O mapeamento mostrou a região central como a mais contemplada com coletas de amostras de água e com maior número de presenças para Coliformes totais nos três anos e *Escherichia coli* em 2021 e 2022. Embora, tenha melhorado a qualidade microbiológica da água com relação a *Escherichia coli*, o mesmo não aconteceu com os Coliformes totais no ano de 2023. Razão pela qual, sugere-se a necessidade de investigação aprofundada e realização de monitoramentos adicionais com aumento da frequência das amostragens nos bairros de maior comprometimento, para que possa prevenir vulnerabilidades no abastecimento e ações preventivas pontuais, atendendo as recomendações da legislação vigente no Brasil.

Palavras-chave: água potável; contaminação; distribuição de água; *Escherichia coli*; saúde pública

ABSTRACT

Water is essential for human survival and health, and microbiological monitoring of water supply systems is a practice used to control fecal contamination and prevent

diseases. This study aimed to evaluate data on the parameters of Total Coliforms and *Escherichia coli* in drinking water supply for human consumption in the city of Quirinópolis, Goiás, in accordance with the standards set by Ordinance GM/MS No. 888/2021 of the Ministry of Health. Secondary data provided by the Sanitary Surveillance were evaluated and mapped for the period from 2021 to 2023. A total of 524 water samples were collected in 34 neighborhoods. The results showed annual microbiological percentages above the permissible standard, with the presence of Total Coliforms in the samples collected during all three years. *Escherichia coli* was detected in 2021 and 2022, but not in 2023, indicating an improvement in the microbiological quality of the water. The mapping revealed that the central region was the most covered by water sample collections and had the highest number of Total Coliform detections over the three years, as well as *Escherichia coli* in 2021 and 2022. Although there was an improvement in the microbiological quality regarding *Escherichia coli*, the same was not observed for Total Coliforms in 2023. Therefore, it is suggested that an in-depth investigation and additional monitoring be conducted, with an increased frequency of sampling in the most affected neighborhoods, to identify vulnerabilities in the water supply and implement targeted preventive measures, in line with the current legislation in Brazil.

Keywords: drinking water; contamination; water distribution; *Escherichia coli*; public health.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural primordial para a sobrevivência humana e o crescimento da demanda mundial por qualidade e quantidade para consumo humano tem enfrentado sérios desafios, como a má qualidade por poluição ambiental de diversas origens, que está associada a transmissão de doenças e ameaças diretas à saúde de milhares de pessoas no mundo todo (Lin; Yang; Xu, 2022; Gomes *et al.*, 2018).

A má qualidade da água está relacionada às contaminações por lançamentos indiscriminados de águas residuárias ao meio ambiente com mínimo ou nenhum tratamento prévio, provenientes de indústrias, agricultura, esgotos domésticos, dentre outros tipos de resíduos (Lin; Yang; Xu, 2022; Nabeela *et al.*, 2014). Em razão disso, globalmente, mais de 80% das doenças, representando mais de 50 tipos, causam cerca de 50% das mortes infantis, as quais estão associadas à água potável de má qualidade (Lin; Yang; Xu, 2022). A nível mundial, anualmente morrem aproximadamente 2 milhões de pessoas, por doenças como a diarreia adquiridas por água imprópria para consumo (Ahmed *et al.*, 2020; Odonkor; Mahame, 2020).

Apesar do cumprimento das exigências de potabilidade e da qualidade da água tratada, a ocorrência de contaminação por material fecal nas redes de distribuição, reservatórios e pontos de consumo permanece como um desafio significativo para a saúde pública. Diversos estudos, como os de Danieli, Gastaldini e Barroso (2006) e Palmeira *et al.* (2019), evidenciam que diversos fatores podem comprometer a qualidade da água após o tratamento, sendo a contaminação fecal um dos principais problemas.

Este tipo de contaminação pode ocorrer com a entrada de poluentes fecais, principalmente por microrganismos, no sistema de distribuição, caso o caminho percorrido pela água tenha sido contaminado por intrusão, aberturas em tanques de armazenamento, canalização rompida ou conexões cruzadas entre uma fonte de esgoto e uma linha de água ou até mesmo falhas na manutenção do desinfetante residual adequado (United States Environmental Protection Agency, 2006).

O controle da qualidade microbiológica da água para consumo humano se torna essencial para amenizar impactos imprevisíveis à saúde, uma vez que, ingerir água com a presença de qualquer tipo de contaminante, seja físico, químico ou microbiológico, acarreta série de doenças (Libânio, 2016). Assim, a análise da água potável quanto à presença de microrganismos indicadores se torna um método fundamental para determinar a qualidade microbiológica e garantir a segurança da saúde pública (Saxena *et al.*, 2015).

No Brasil, o controle da qualidade da água para consumo humano segue a Portaria de Consolidação nº 5 de 2017, Anexo XX, alterado pela Portaria GM/MS nº 888/2021, a qual especifica as exigências sobre o padrão de potabilidade e a qualidade da água para consumo humano. Além de determinar as obrigações e responsabilidades das concessionárias e setor da saúde pelo controle e o monitoramento rigoroso com base no conjunto de parâmetros e valores recomendados, com o objetivo de disponibilizar água potável, livre de contaminação, isenta de riscos à saúde pública, ou seja, segura e própria para o consumo humano (Brasil, 2021).

Esta regulamentação brasileira determina que a água potável deve estar dentro do padrão microbiológico permitido como garantia da segurança da água disponibilizada para consumo humano (Brasil, 2021). Neste viés, a contaminação microbiológica por bactérias do grupo dos coliformes representa uma das várias ameaças e uma das principais causas de doenças gastrointestinais e diarreicas (Seo;

Lee; Kim, 2019). Os coliformes se originam no intestino de animais de sangue quente e são bactérias indicadoras de contaminação fecal (Libânio, 2016). Embora, existam outros subgrupos de coliformes, o monitoramento da qualidade da água é baseado na presença de Coliformes totais e *Escherichia coli*, ambos representando riscos à saúde (Nabeela *et al.*, 2014).

Os Coliformes totais são bactérias encontradas naturalmente no ambiente e no intestino humano, podendo ser de origem fecal e, por isso, em testes de água, elas informam as condições sanitárias gerais de um abastecimento de água (United States Environmental Protection Agency, 2006; Nabeela *et al.*, 2014). Portanto, uma vez detectadas evidenciam deficiência ou falhas no tratamento da água. Embora, não estejam diretamente associados a biofilmes, sinalizam problemas de crescimento de microrganismos na tubulação. Estas bactérias estão associadas a eficiência do processo de tratamento da água e devem estar ausentes na água tratada (United States Environmental Protection Agency, 2006).

Já a *Escherichia coli* é a principal espécie do grupo dos Coliformes fecais, considerada o indicador mais preciso de contaminação fecal aceito mundialmente, capaz de prever grande potencial de organismos patogênicos. Essa bactéria é uma das principais causas de doenças diarreicas e sua presença na água representa riscos de doenças e ameaças à saúde, podendo gerar altas taxas de morbimortalidades, principalmente, em crianças (Fernández *et al.*, 2022).

Desta forma, o monitoramento de coliformes em águas é crucial para manter a sua qualidade, pois são bactérias que podem impactar a saúde humana causando doenças graves por meio de microrganismos como o vírus da gastroenterite tipo A, o vírus da hepatite, protozoários patogênicos como a *Giardia sp.*, *Entamoeba sp.*, *Cryptosporidium* causadores de enfermidades gastrointestinais, que afetam a mucosa intestinal com consequências como desidratação, perda de peso e disenterias, quase sempre fatais, além de vermes e parasitas encontrados em águas poluídas por esgotos não tratados, fossas sépticas e outros meios de contaminação (Seo; Lee; Kim, 2019; Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2020).

Em razão do exposto, este estudo teve o objetivo de avaliar dados secundários sobre os parâmetros de qualidade microbiológica, Coliformes totais e *Escherichia coli*, da água de abastecimento para consumo humano na cidade de Quirinópolis, Goiás, com base nos padrões preconizados pelo Ministério da Saúde.

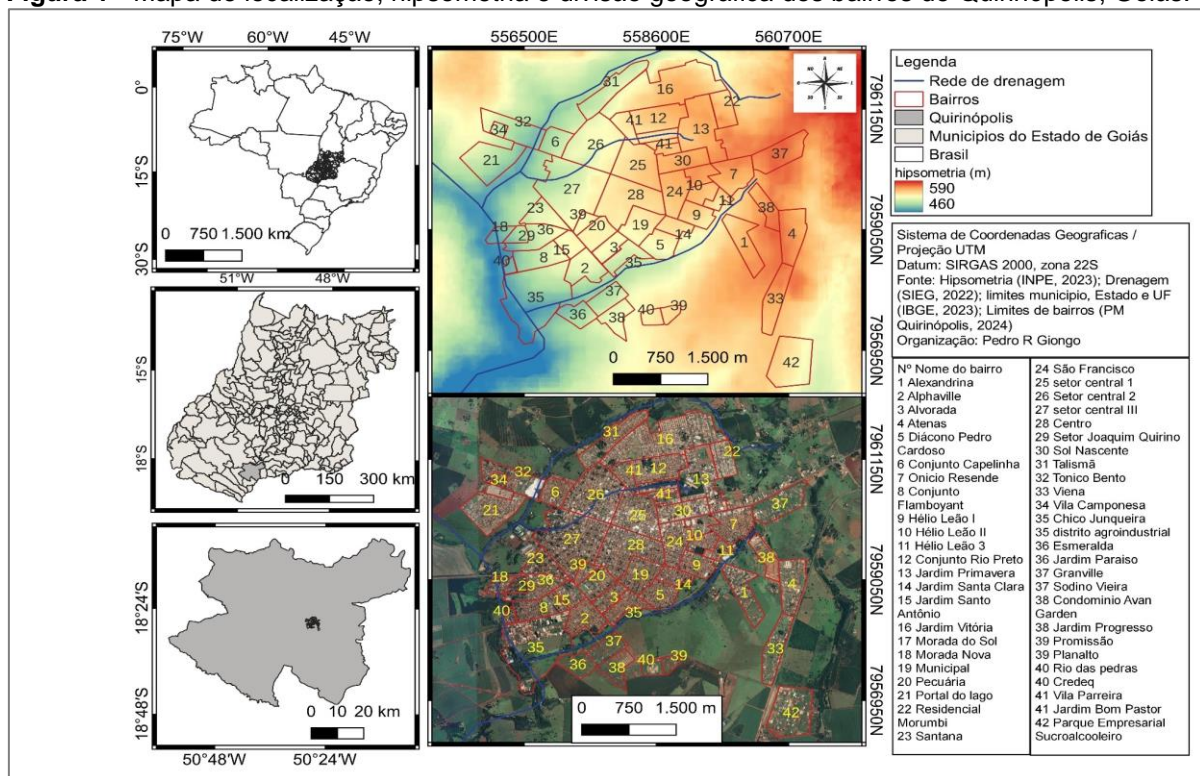
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Quirinópolis, Goiás (Figura 1) está localizado na Mesorregião Sul Goiano, pertencente à Microrregião de Quirinópolis (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018), latitude $18^{\circ}24'48''$ S, longitude $50^{\circ}48'24''$ W e área urbana com altitude superior a 460 metros chegando até 590 metros de elevação acima do nível do mar (Figura 1). Possui área territorial de 3.786,026 km² e conta com uma população de 48.447 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022).

Os dados utilizados neste estudo foram derivados de amostras de água obtidas na Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás. A Figura 1 mostra o mapa de localização, hipsometria e divisão geográfica dos 42 bairros que abrange a área urbana, incluindo os 34 bairros onde as amostras de água foram coletadas para avaliar os parâmetros de Coliformes totais e *Escherichia coli*.

Figura 1 - Mapa de localização, hipsometria e divisão geográfica dos bairros de Quirinópolis, Goiás.



Fonte: Google Earth (2024); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2023); Sistema Estadual de Geoinformação (2022); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023); Prefeitura Municipal de Quirinópolis (2024). Organização: Pedro R. Giongo (2024).

2. 2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE QUIRINÓPOLIS

A água de abastecimento do município de Quirinópolis é captada no manancial superficial, Ribeirão das Pedras e bombeada para a Estação de Tratamento de Água (ETA), onde é tratada e distribuída (Instituto Água e Saneamento, 2020; Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018) pela empresa estadual de Saneamento de Goiás S/A - SANEAGO, responsável pelo sistema de abastecimento e controle da qualidade da água. Em 2022, a população abastecida com água tratada na área urbana de Quirinópolis foi de 45.588 pessoas (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, 2022), correspondendo a 94,1% da população atual que, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022) é de 48.447 habitantes.

2. 3 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS SECUNDÁRIOS

Na cidade de Quirinópolis, a Vigilância Sanitária realiza coletas de amostras da água na rede de distribuição, mensalmente para análise físico-química e microbiológica para verificar o padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde. As amostragens ocorrem em torneiras próximas ao cavalete do hidrômetro, diretamente na rede de distribuição em locais variados como: escolas, Unidades Básicas de Saúde e muitos outros, contemplando 34 bairros distintos (Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás, 2021; 2022; 2023).

Os dados secundários dos parâmetros de Coliformes totais e *Escherichia coli* foram fornecidos pela Vigilância Sanitária de Quirinópolis e são referentes ao monitoramento do período de 2021 a 2023 os quais estão expressos em ausências e presenças. Os dados totalizam 524 amostras de água coletadas na rede de abastecimento e estão distribuídos em 165 amostras de água em 2021, 175 em 2022 e 184 em 2023. Ademais, a Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021, também foi utilizada como instrumento normativo para comparar as conformidades ou possíveis inconformidades dos referidos parâmetros.

Logo após a coleta da água, as amostras dos parâmetros físico-químicos são analisadas em laboratório próprio da Vigilância Sanitária. Outro lote de amostras para exame de Coliformes totais e *Escherichia coli* é acondicionado em caixa térmica com

gelo reciclável para preservação das amostras abaixo de 8 °C, para ser transportado para o Laboratório Estadual de Saúde Pública Dr. Giovanni Cysneiros do estado de Goiás, o LACEN-GO, em Goiânia, a fim de ser analisado, laudado e disponibilizado para Vigilância Sanitária do município.

Para efeitos de potabilidade da água de consumo humano, a Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021, determina como padrão de qualidade microbiológica, a ausência de Coliformes totais em 95% das amostras de 100 ml de água analisadas por mês em sistemas de abastecimento de água a partir de 20.000 habitantes. Neste caso, como Quirinópolis conta com uma população com 48.447 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022), permite-se a detecção de presenças em até 5% das amostras examinadas por mês. Acima desse percentual o nível máximo de presenças de Coliformes totais na água é violado (Brasil, 2021).

Em relação à bactéria *Escherichia coli*, de acordo com a Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021, sua presença não é tolerada em sistemas de distribuição de água para consumo humano, por ser um indicador preciso de contaminação fecal (Brasil, 2021).

Os dados secundários foram extraídos de relatórios fornecidos pela Vigilância Sanitária e organizados em planilhas eletrônicas do *Excel*, tabulados por ano e mês, número de amostras, presenças e ausências de Coliformes totais e *Escherichia coli* e cálculos para confecção dos mapas temáticos dos bairros contemplados com amostras de água. Além disso, calculou-se as frequências absoluta e relativa das amostras analisadas no sistema de distribuição, a fim de síntese, interpretação e apresentação dos resultados de cada parâmetro por meio de tabela.

A metodologia envolveu o Sistema de Informação Geográfica (SIG), o qual utilizou sites para localizar áreas, obter imagens e baixar arquivos para a elaboração e análise dos mapas.

Para tanto, foi realizada a importação dos dados para o *software Q-Gis* versão 3.28 para gerar os mapas temáticos da área urbana de Quirinópolis. E assim, permitir a visualização espacial e temporal dos dados em cada bairro, onde ocorreram as amostras de água para análise dos parâmetros de Coliformes totais e *Escherichia coli* em três anos consecutivos. Feito isso, os dados foram analisados em escala anual e mensal, observando cada parâmetro microbiológico em relação a cada bairro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados com as contagens dos parâmetros microbiológicos de Coliformes totais e *Escherichia coli* da água tratada em Quirinópolis estão descritos na Tabela 1, com seus respectivos totais de coletas, frequências absoluta e relativa em relação às presenças e ausências desses microrganismos nas amostras de água, no período de 2021 a 2023.

Se por um lado, houve aumento do número de coletas e redução no número de amostras com a presença de *Escherichia coli*; por outro lado, houve o aumento na quantidade de Coliformes totais presentes na água distribuída nos pontos de consumo em 2022 e queda em 2023 em relação ao ano anterior. Diante disso, na água potável não deve existir bactérias indicadoras de contaminação fecal, pois elas prejudicam a saúde do ser humano podendo causar várias doenças (Brasil, 2021; Reis; Amado; Benvenuti, 2023).

Como pode ser visto na Tabela 1, no ano de 2023 não houve presença de *Escherichia coli* nas amostras de água analisadas. Logo, todas as amostras coletadas para investigar estas bactérias durante o ano estavam em conformidade com a Portaria GM/MS nº 888/2021 que determina a ausência em 100 mL de amostras de água para que possa ser considerada própria para o consumo humano (Brasil, 2021).

Tabela 1 - Total de amostras, frequências absoluta e relativa em relação à presença e ausência de Coliformes totais e *Escherichia coli* na água distribuída em Quirinópolis, Goiás no período de 2021 a 2023.

Períodos	Total de coletas	Coliformes totais (%)		<i>Escherichia coli</i> (%)	
		Ausente	Presente	Ausente	Presente
2021	165	145 (88%)	20 (12%)	156 (95%)	9 (5%)
2022	175	147 (84%)	28 (16%)	171 (98%)	04 (2%)
2023	184	161 (88%)	23 (13%)	184 (100%)	0 (0%)

Fonte: Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás (2021; 2022; 2023).

Em relação à quantidade de amostras analisadas, em 2021, 2022 e 2023 totalizaram 165, 175 e 184 respectivamente, para os parâmetros de Coliformes totais e *Echerichia coli* (Tabela 1). Desta forma, a quantidade mínima de amostras exigidas mensalmente para controle bacteriológico da água, está prevista na Diretriz Nacional do Plano de Amostragem de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

e baseia-se na faixa populacional do município (Brasil, 2016). Neste caso, como Quirinópolis conta com a população atual de 48.447 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022), se enquadra na faixa entre 10.001 e 50.000, com obrigatoriedade de coletar um mínimo mensal de 8 amostras (+ 1) para cada 7,5 mil habitantes (Brasil, 2016).

Com base no número de habitantes e considerando a quantidade mínima de amostras de água coletadas mensalmente, a Vigilância Sanitária de Quirinópolis cumpriu com as determinações da Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, com uma média de 14 análises mensais, em 2021 e 15 em 2022 e 2023. No geral, obteve média de 15 amostras no período analisado. Tais amostras são procedentes do sistema de distribuição de água, coletadas diretamente na rede, em torneiras antes da reservação, em bairros distintos e locais variados como escolas, Unidades Básicas de Saúde (UBS), dentre outros, conforme determinação do Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA), pois é de competência dos municípios por meio da Secretarias de Saúde exercerem a vigilância da qualidade da água através deste Programa (Brasil, 2021).

A Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano orienta que o monitoramento seja realizado no sistema de distribuição, tanto para Coliformes totais como para *Escherichia coli*, pois mesmo recebendo tratamentos adequados e eliminando as bactérias patogênicas, a água pode deteriorar-se ao longo do percurso dentro da rede de distribuição ou até mesmo em função de condições inadequadas na reservação (Brasil, 2016).

Acerca disto, as Figuras de 2 a 7 mostram os mapas temáticos dos 34 bairros de Quirinópolis contemplados no roteiro de amostras de água da Vigilância Sanitária, contendo o número de amostras por bairro na legenda com as cores e o número de presenças para os parâmetros de Coliformes totais e *Escherichia coli* dentro dos polígonos, para os doze meses dos anos de 2021, 2022 e 2023, o que permite visualizar a variabilidade espaço-temporal dos dados em estudo.

De modo geral, a Figura 2 mostra que no ano de 2021, o parâmetro Coliformes totais foi analisado em onze meses e apenas no mês de janeiro não houve coletas de amostras de água nos bairros de Quirinópolis. Nesse período, o monitoramento dos bairros aconteceu em 64% (7/11) dos meses (fevereiro, abril, junho, julho, agosto, novembro e dezembro) nas regiões leste, norte e noroeste da cidade. A região central

foi a única contemplada com coletas de amostras de água em todos os meses do ano, exceto janeiro. Esse fato pode ter ocorrido devido a Vigilância Sanitária priorizar locais de maior circulação de pessoas conforme estabelece a Portaria GM/MS nº 888/2021. E como esses bairros, além da população residente no local, têm também as instituições escolares, Unidades Básicas de Saúde e hospitais como espaços que circulam e aglomeram grande número de pessoas, a Vigilância Sanitária segue as exigências da referida Portaria.

Apesar da maioria dos bairros apresentarem entre uma a duas amostras de água (cores escuras), muitos não detectaram a presença para Coliformes totais. Do total de bairros amostrados no mês de março, em 23% (3/13) houve confirmação de presença para Coliformes totais em uma única amostra de água. Em contrapartida, na região leste da cidade constatou presença nos meses de junho, julho e agosto em 9% (1/11), 9% (1/11) e 14% (1/7) dos bairros, respectivamente. Dessa mesma forma, na região central da cidade, também comprovou a presença desses microrganismos nos meses de agosto, outubro e novembro em 14% (1/7), 17% (1/6) e 9% (1/11) dos bairros, respectivamente (Figura 2).

A quantidade de amostras confirmando presença para Coliformes totais, provavelmente, possa ser reflexos de intermitências na rede distribuição, pois quando a pressão da água está baixa ou os canos estão vazios ou mesmo quando ocorre interrupções de água, podem favorecer a entrada de contaminantes dentro das tubulações (Kumpel; Nelson, 2013). E conseqüentemente, comprometer a qualidade microbiológica da água que chega nas torneiras e se consumida nessas condições, afeta a saúde humana, uma vez que, agentes patogênicos podem ser carreados e causar doenças como as diarreias (Castro; Cruvinel; Oliveira, 2019). A presença de bactérias Coliformes totais na água em estado bruto não implica necessariamente contaminação. No entanto, em água de abastecimento público é um fator preocupante pois, pode conter outros tipos de microrganismos como as bactérias resistentes à antibióticos na água, por exemplo, as bactérias heterotróficas (Bortoloti *et al.*, 2018).

Reitera-se que, em 36% (4/11) dos meses (agosto, setembro, outubro e novembro) de monitoramento realizado pela Vigilância Sanitária, houve presença de Coliformes totais em 2021. Embora, a presença dessas bactérias, também possam ter relação com o período das chuvas, houve meses com comprovação fora desse período. O mês de março obteve registros em três bairros, contudo, a maior confirmação de casos ocorreu nas regiões leste e central da cidade, nos meses de

setembro, outubro e novembro. Considerando março, outubro e novembro, este fato pode estar relacionado com a época chuvosa, pois Quirinópolis tem duas estações bem definidas, o inverno e o verão, em que a menor incidência das chuvas ocorre no inverno que vai de junho a setembro e a maior precipitação acontece no verão que ocorre no período de outubro a março (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018).

Essa associação também foi relatada por Santos *et al.* (2023) quando avaliaram dados de amostras de água obtidas por meio do Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano em 21 municípios do norte do Paraná e constataram que 1.268 (10,95%) das amostras de água coletadas no hidrômetro do cavalete apresentaram contaminação por Coliformes totais, com a presença correlacionada aos períodos chuvosos. Ainda de acordo com Santos *et al.* (2023) as chuvas são fatores de risco que impactam a qualidade da água, aumentam a turbidez e a contaminação microbiológica, além de afetar negativamente o tratamento da água.

Neste caso, como as bactérias Coliformes totais tiveram maior número de confirmações nos bairros, nos meses de outubro e novembro, período correspondente à maior intensidade das chuvas, provavelmente, a ocorrência destas bactérias estão associadas a época chuvosa. Porém, independentemente de eventos climáticos, são bactérias que não podem ser ignoradas, por englobarem um amplo rol de microrganismos encontrados no ambiente e serem de origem fecal (Libânio, 2016). Razão pela qual são utilizadas como indicadoras da eficiência do processo de tratamento de água para verificar a remoção de contaminantes ambientais e fecais, uma vez que, estão presentes no solo, no intestino de animais e inicialmente na água bruta captada. E por isso, são analisadas na saída da estação de tratamento de água para garantir a qualidade da mesma (Macêdo, 2016).

Diante dos resultados encontrados neste estudo, Reis; Amado e Benvenuti (2023) explicam que os Coliformes totais identificados individualmente na água possui valor sanitário limitado. Entretanto, quando houver a confirmação conjunta com *Escherichia coli*, medidas de controle devem ser providenciadas imediatamente para adequar a água ao padrão de qualidade para consumo humano.

Figura 2 - Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis, Goiás como número de amostras de água e número de presenças de Coliformes totais para o ano de 2021.



Fonte: Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás (2021). Organização: Os autores (2024).

No contexto da cidade de Quirinópolis, é possível visualizar por meio dos mapas temáticos que durante o ano de 2021 houve o número máximo de nove análises confirmadas para *Escherichia coli* na região central da cidade, ao passo que, nos meses de agosto e setembro indicaram uma amostra, respectivamente. Enquanto, em outubro houve a presença para estas bactérias em quatro análises e novembro em três análises na mesma região. Embora, a região central tenha sido contemplada com maior quantidade de amostras de água para análises dos parâmetros microbiológicos, também foi a que apresentou maior número de presença confirmada para *Escherichia coli* nas amostras de água (Figura 3).

A Figura 3 demonstra que, em 2021, a maioria dos bairros localizados nas regiões sul e sudoeste da cidade, especialmente os periféricos, apresentou uma cobertura insuficiente de amostragem de água em diversos meses. Em média, apenas 10 bairros (29% do total) foram amostrados por mês, enquanto 24 bairros (71%) não tiveram suas águas coletadas para análise. Essa lacuna na coleta de amostras é preocupante, pois impede a detecção de possíveis problemas na qualidade da água fornecida a esses bairros. Considerando que o monitoramento regular da qualidade da água é fundamental para identificar e corrigir irregularidades e prevenir riscos à saúde da população, conforme destacado pelo Brasil (2016), a situação evidenciada na Figura 3 merece atenção especial.

Diante disso, a presença de *Escherichia coli* na água representa um forte indício de contaminação fecal humana ou animal e a possibilidade de patógenos entéricos presentes. E por serem bactérias com tempo de vida curto, quando detectadas na água de abastecimento, indicam contaminação de fonte pontual recente, provavelmente por ocorrência de intrusão, rompimentos de canos, ligação cruzada entre águas residuárias de esgotos e linhas de água ou mesmo fossas sépticas (United States Environmental Protection Agency, 2006).

Figura 3 - Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis, Goiás como número de amostras de água e número de presenças de *Escherichia coli* para o ano de 2021.



Fonte: Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás (2021). Organização: Os autores (2024).

Em 2022, houve uma distribuição espacial das amostragens nos bairros de Quirinópolis nos doze meses do ano, exceto outubro, com amostras concentradas em apenas sete bairros da região central (Figura 4). Nota-se que, os bairros afastados localizados mais ao sul e noroeste da cidade, principalmente, nas proximidades do Ribeirão das Pedras, da Estação de Tratamento de Esgoto e do Distrito Agroindustrial, ficaram sem realização de coletas durante 2022, exceto em dois bairros (Figura 4). Com relação aos bairros sem coletas, sugere-se atenção como pontos de referências para intensificar o monitoramento com aumento de amostras de água, por estarem próximos ao manancial de captação da cidade e com possibilidades de gerar fontes pontuais de contaminantes e produzir efeitos no corpo receptor (Rio das Pedras) e, resultar em impactos na qualidade da água captada para abastecimento, encarecer o tratamento e elevar custos aos consumidores (Paula, 2011), fazendo com que as pessoas optem por fontes alternativas inseguras de água, que podem ter fortes implicações na saúde humana (Libânio, 2016).

Cabe destacar que no primeiro semestre de 2022, as amostragens ocorreram repetidamente nos bairros localizados na região norte e central da cidade e esporadicamente na região leste e sul. Nesse período, janeiro teve 100% dos bairros com amostras de água isentas da presença de Coliformes totais. No entanto, a presença dessas bactérias foi identificada nas amostras de água, nos meses de fevereiro, março, abril, maio e junho em 11% (1/9), 8% (1/13), 20% (2/10), 25% (2/8) e 9% (1/11) dos bairros, respectivamente (Figura 4).

A ocorrência de Coliformes totais na água sugerem a existência de fatores que comprometem a qualidade da água durante o fornecimento e tais fatores podem estar relacionados com as intermitências, pressões negativas, turbidez alta, concentração baixa de cloro, interrupções por reparos, biofilmes aderidos nas paredes internas das tubulações que podem desprender-se e alterar a qualidade da água no abastecimento, bem como eventuais chuvas com transbordamentos de esgotos que por sua vez, forçam a entrada de poluentes na tubulação, ou até mesmo a idade da água e temperaturas elevadas podem contribuir para proliferação desses microrganismos (Kumpel; Nelson, 2013).

No segundo semestre de 2022, as coletas de amostras de água realizadas em Quirinópolis com a presença para Coliformes totais tiveram maior frequência, nos meses de julho, agosto e setembro em 14% (1/7), 17% (1/6) e 11% (1/9) dos bairros,

respectivamente. Já nos meses de outubro, novembro e dezembro comprovou a presença desses microrganismos em 43% (3/7), 33% (3/9) e 67% (6/9) dos bairros, respectivamente. É importante notar que, embora outras regiões tenham apresentado ocorrências, a região central foi a mais afetada por Coliformes totais (Figura 4).

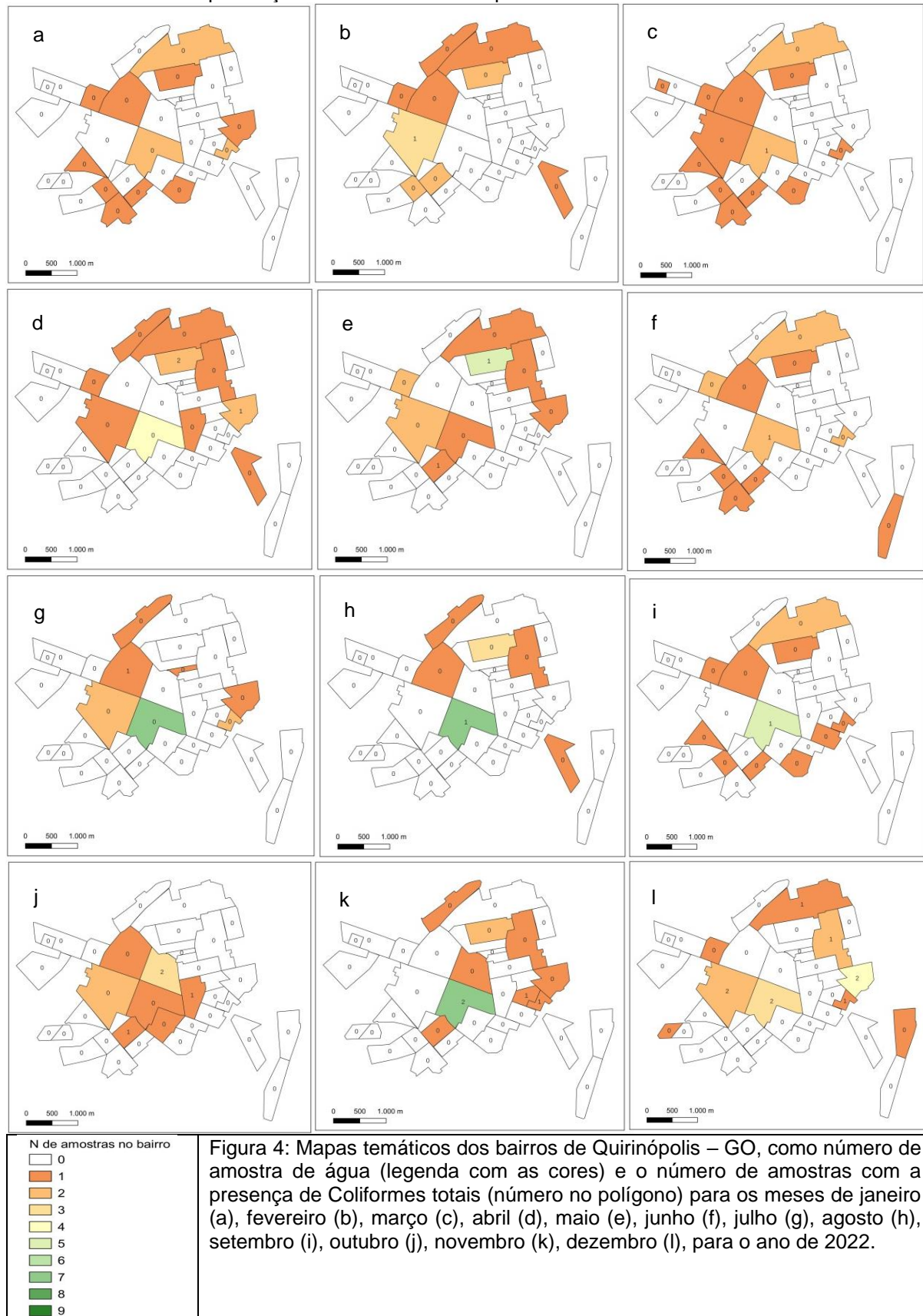
Como os Coliformes totais atestam a qualidade bacteriológica da água, uma das preocupações tem relação com às Doenças Diarreicas Agudas (DDA) que consistem em uma síndrome causada por bactérias, vírus e parasitas. E esses microrganismos e parasitas podem ser transmitidos por alimentos e, inclusive, por água contaminada causando doenças como cólera, hepatites, gastroenterites, verminoses e outras (Alves *et al.*, 2016).

Apesar disso, o estado de Goiás vem registrando recentemente casos de surtos de Doenças Diarreicas Agudas (DDA) em 74 municípios, totalizando 12.205 notificações e apresentando uma tendência de aumento. A Secretaria de Saúde do estado está emitindo alertas à população sobre a importância de ingerir água tratada e adotar práticas de higiene e saneamento. Embora continue a monitorar a situação, a presença de *Escherichia coli* foi confirmada em amostras de água contaminada provenientes de poços particulares irregulares. As principais causas da doença estão relacionadas ao rotavírus e norovírus, com casos já previstos para os meses de agosto e setembro (Goiás, 2024).

Nesta mesma direção, a presença de Coliformes totais em amostras de água, parece não ser um problema encontrado somente para Quirinópolis, de acordo com Alves *et al.* (2016) utilizando dados secundários dos parâmetros de Coliformes totais e *Escherichia coli* obtidos através do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) e do Sistema Gerenciador de Ambiente Laboratorial (GAL) do LACEN, em vinte e um municípios do estado de Goiás, verificaram presenças de Coliformes totais em vinte municípios que administravam o tratamento da água de abastecimento público no ano de 2014.

No caso de Quirinópolis, os resultados com predominância de Coliformes totais durante o período de coleta, podem ter causa provável de estagnação da água dentro da tubulação ou sujeiras diversas próximas às torneiras que são expostas e desprotegidas de animais, uma vez que, a água também é coletada em locais externos, próximas de vegetação (gramíneas). E por conta disso, mesmo seguindo o procedimento correto de desinfecção e escoamento da água da torneira no momento da coleta, pode ocorrer a contaminação durante as amostragens da água.

Figura 4 - Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis, Goiás como número de amostras de água e número de presenças de Coliformes totais para o ano de 2022.



Fonte: Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás (2022). Organização: Os autores (2024).

Referindo-se a Figura 5, em 2022, na região central houve a constatação de quatro amostras de água com a presença para *Escherichia coli* durante três meses.

Desta feita, estudos têm confirmado a contaminação microbiológica da água por meio de dados secundários como a pesquisa de Alves *et al.* (2016) sobre o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, constatando em municípios de Goiás no ano de 2014, com tratamento de água geridos por administração pública, a presença de *Escherichia coli* em dezesseis municípios, com apenas quatro isentos dessas bactérias. Outro estudo de Faria *et al.* (2021) com dados do Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) identificaram 14,9% (343/2.302) das amostras positivas para *Escherichia coli* em municípios do Rio de Janeiro e constataram alta prevalência de protozoários em regiões afetadas por coliformes.

A contaminação por *Escherichia coli* tem sido relatada em pesquisas como a realizada por Moreira; Kopp e Nardocci (2021) em um bairro residencial em Goiânia, Goiás, constituído de rede de abastecimento de água e esgoto sanitário destinado para fossa negra, constataram que nos trinta pontos de coletas de poços rasos utilizados como fonte de abastecimento de água, houve a detecção de níveis elevados de Coliformes totais e *Escherichia coli*, sem atenderem aos padrões de potabilidade.

Observa-se na Figura 5, que a ocorrência de amostras com a presença da bactéria *Escherichia coli* foi recorrente e pontual na região central. Esta constatação levanta a hipótese de que haja um problema nesta área pois, embora, tenha sido a região com maior número de coletas, também foi a área com maior percentual desses contaminantes microbianos. Este fato representa um alerta para esta região pois, a *Escherichia coli*, uma vez encontrada na água, sinaliza contaminação fecal e a presença de microrganismos como protozoários ou outros patógenos na água. Algumas cepas causam sérios problemas gastrointestinais e na maioria das vezes, são responsáveis por surtos de doenças de veiculação hídrica (Libânio, 2016).

Nesse sentido, a presença da *Escherichia coli*, se torna um problema quando se trata de água para consumo humano por indicar contaminação fecal recente, inviabilizar a utilização da água e representar riscos para à saúde (Bortoloti *et al.*, 2018). As consequências disso, são as transmissões de doenças diarreicas agudas e hepatite A, que estão associadas a qualidade da água consumida (Castro *et al.*, 2019).

Figura 5 - Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis, Goiás como número de amostras de água e número de presenças de *Escherichia coli* para o ano de 2022.



Fonte: Fonte: Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás (2022). Organização: Os autores (2024).

Vale esclarecer que, o tratamento eficaz da água potável, pode inativar mais de vinte patógenos transmitidos pela água, como as bactérias *Escherichia coli* patogênica, *Shigella*, *Campylobacter*, vírus que causam hepatite A e E, norovírus e rotavírus e parasitas como *Giardia* e *Cryptosporidium* (World Health Organization, World Bank Group, Unicef, 2022).

Assim, o monitoramento da rede de abastecimento de água conforme realizado em Quirinópolis pela Vigilância Sanitária, pode refletir positivamente na saúde da população quando medidas corretivas forem tomadas. Assim como os canais abertos de reclamação entre consumidor e concessionária, nos momentos de manutenções e cortes no abastecimento podem ser úteis para otimizar o fornecimento seguro de água (Castro *et al.*, 2019).

Com relação ao ano de 2023, a Figura 6, mostra os mapas temáticos com a distribuição espaço-temporal das amostras de água do parâmetro Coliformes totais nos bairros em estudo, durante os doze meses. Em geral, é possível identificar as coletas de amostras de água abrangendo os bairros de todas as regiões da cidade de Quirinópolis.

Neste contexto, no mês de janeiro houve coletas de amostras de água em doze bairros, dos quais 58% (7/12) apresentaram presença de Coliformes totais e na maioria deles na única amostra do mês. Já nos meses de fevereiro, abril e maio houve a presença dessas bactérias confirmadas em 18% (2/11), 8% (1/12) e 50% (3/6) dos bairros, respectivamente. Essas bactérias também foram encontradas nos meses de julho, outubro e novembro em amostras de água equivalendo a 29% (2/7), 40% (4/10) e 8% (1/12) dos bairros, respectivamente. E, finalmente em dezembro, 10% (1/10) dos bairros comprovaram a presença desses microrganismos nas amostras de água (Figura 6).

Outra possibilidade desse problema estar persistindo seria por falta de cloro residual livre na água que chega nesses bairros. Segundo Danieli, Gastaldini e Barroso (2006) a água pode reagir com espécies químicas e microbiológicas durante o escoamento e perder teor de cloro residual. Essa situação foi verificada em um setor de distribuição de água em um bairro de Santa Maria no Rio Grande do Sul, com tendência de perda de cloro residual nos pontos de extremidades da rede e para que isso não ocorresse seria necessário concentrações maiores para chegar em qualquer ponto de distribuição com o mínimo permitido (0,2 mg/L) pela legislação (Brasil, 2021).

Em 2023, os percentuais variaram entre 8% e 50% dos bairros com a presença para Coliformes totais, onde a maior incidência foram encontradas nos meses de maio (50%) e outubro (40%). Fato semelhante também foi encontrado por Alves *et al.* (2017) utilizando dados históricos de monitoramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do monitoramento das análises de água de abastecimento público no Estado do Ceará de 2014 e 2015, encontraram presenças de Coliformes totais em todos os meses dos anos. Sendo que em 2014 a presença dessas bactérias variou de 7 a 48%, com maior percentual em junho. E em 2015 houve percentuais variando entre 2 a 25% com maior porcentagem encontrado nas amostras analisadas no mês de abril.

Apesar desses resultados serem preocupantes para Quirinópolis, a constatação de Coliformes totais por si só, não indica contaminação da água por fezes, por serem bactérias do ambiente natural (Alves *et al.*, 2017). Porém, ao detectar qualquer inconformidade no sistema de distribuição de água, medidas corretivas são imediatamente providenciadas como paralisação do tratamento e manutenções nos sistemas de abastecimento de água, limpeza dos reservatórios e da rede de distribuição. O acompanhamento da qualidade da água é realizado por meio de análises diárias conforme normas do Ministério da Saúde (Saneago, 2022).

Figura 6 - Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis, Goiás como número de amostras de água e número de presenças de Coliformes totais para o ano de 2023.



N de amostras no bairro	
0	(White)
1	(Light Orange)
2	(Orange)
3	(Yellow-Orange)
4	(Yellow)
5	(Light Green)
6	(Green)
7	(Dark Green)
8	(Very Dark Green)
9	(Black)

Figura 6: Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis – GO, como número de amostra de água (legenda com as cores) e o número de amostras com a presença de Coliformes totais (número no polígono) para os meses de janeiro (a), fevereiro (b), março (c), abril (d), maio (e), junho (f), julho (g), agosto (h), setembro (i), outubro (j), novembro (k), dezembro (l), para o ano de 2023.

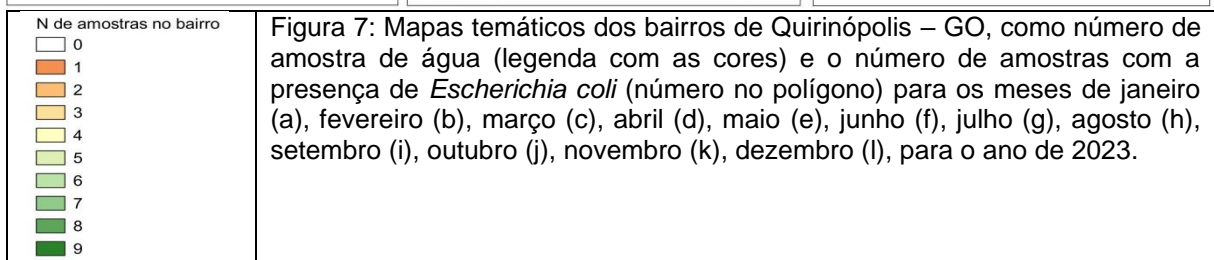
A Figura 7 apresenta a espacialização dos bairros onde houve coletas de amostras de água realizadas pela Vigilância Sanitária de Quirinópolis durante os doze meses em 2023. De modo geral, não constatou presenças para *Escherichia coli* nas amostras de água.

Cabe ressaltar que, nos três anos consecutivos, apesar da região central da cidade ter sido contemplada com maior número de amostras de água realizadas por mês em relação aos demais regiões, ela também foi a que apresentou maior quantidade de amostras com bactérias Coliformes totais e *Escherichia coli*. Com base nisso, infere-se que a maior quantidade de amostragens em relação as demais regiões, provavelmente seja por conta da grande concentração de instituições localizadas nesta região como escolas, prédios públicos, comércio, hospitais, residências e outros estabelecimentos (Brasil, 2021).

De forma similar aos resultados observados neste estudo em 2023, a pesquisa de Costa *et al.* (2022) realizada em São José dos Quatro Marcos no estado do Mato Grosso, verificaram no fim de rede de distribuição, a ausência para *Escherichia coli*, constatando a inexistência de microrganismos patogênicos na água tratada. Em outro estudo realizado por Moraes *et al.* (2016), em três bairros da cidade de Rio Verde, Goiás, sobre a qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público, também constataram a ausência de bactérias Coliformes totais e *Escherichia coli* nas 36 amostras de água analisadas.

Assim, a água destinada para abastecimento de consumo humano exige maior satisfação de requisitos de qualidade. E por isso, este tipo de abastecimento é considerado o uso mais nobre que se faz da água (Sperling, 2005). Dentre os critérios exigidos como parâmetro de qualidade, o coliforme *Escherichia coli* é extensivamente utilizado no mundo todo como indicador preciso da qualidade microbiológica da água (Libânio, 2016).

Figura 7 - Mapas temáticos dos bairros de Quirinópolis, Goiás com o número de amostras de água e número de presenças de *Escherichia coli* para o ano de 2023.



Fonte: Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás (2023). Organização: Os autores (2024).

Com base nos resultados para o ano de 2023, não houve evidências de presenças de *Escherichia coli* nas amostras de água no abastecimento de Quirinópolis (Figura 7), constatando a qualidade microbiológica na água distribuída para consumo da população. Resultados semelhantes foram obtidos em estudo anterior conduzido por Borges *et al.* (2023), ao analisar a qualidade da água tratada distribuída pela Saneago na cidade de Anápolis, Goiás, em dezesseis bairros em oito regiões distintas, constataram por meio de teste confirmatório para Coliformes totais que a água de todos os bairros analisados estavam em conformidade com os padrões de potabilidade, comprovando a eficiência no tratamento da água da cidade.

A presença de Coliformes totais ou de *Escherichia coli* é sinal de tratamento ineficiente ou de recontaminação fecal durante a distribuição (Brasil, 2016). Essas bactérias podem entrar e proliferar em sistemas de distribuição e abastecimento de água público, incidindo em redução da qualidade microbiológica da água (Santos *et al.*, 2023). Diante da ocorrência delas no sistema de abastecimento, recomenda-se correções até o restabelecimento da normalidade (Brasil 2016). Neste caso, deve-se realizar novas amostras imediatamente em dias sucessivos, resultando em uma coleta e mais duas amostras extras, até que a qualidade microbiológica da água se restabeleça (Brasil, 2021).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, assim como os Coliformes totais, a *Escherichia coli* é um parâmetro tradicionalmente utilizado para monitorar a qualidade microbiológica da água potável, a qual não deve conter qualquer indicativo de contaminação fecal para que a segurança da água seja garantida para consumo humano (World Health Organization, 2017; Guidelines for Drinking-Water Quality, 2022). A *Escherichia coli* é um bioindicador para detectar contaminações fecais e sua presença está associada as doenças transmitidas pela água (Odonkor; Mahame, 2020). Ela é prova conclusiva de contaminação fecal (Sharma *et al.*, 2023) e indicam a existência de microrganismos transmitidos por fezes, que causam doenças como a cólera, febre tifoide, diarreia, hepatites e, outras infecções por contaminação na água potável (Odonkor; Mahame, 2020; Nabeela *et al.*, 2014).

O monitoramento da água para consumo humano deve ter atendimento pleno dos padrões de Coliformes totais e *Escherichia coli*, conforme determina a Portaria GM/MS nº 888/2021 vigente no Brasil que segue as Diretrizes para a Qualidade da Água Potável da Organização Mundial da Saúde (Tabela 2).

Tabela 2 - Padrões da Portaria GM/MS nº 888/2021 e das Diretrizes para a Qualidade da Água Potável.

Parâmetros	Brasil - Portaria GM/MS nº 888/2021	Guidelines for Drinking-Water Quality
Coliformes totais	Ausência/100 mL (saída do tratamento) 95% em sistemas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência/100 mL
<i>Escherichia coli</i>	Ausência/100 mL	Ausência/100 mL

Fonte: Brasil (2021); Guidelines for Drinking-Water Quality (2022).

Como o sistema de abastecimento de Quirinópolis tem menos de 50.000 habitantes, tolera-se Coliformes totais em apenas 5% das amostras de 100 mL de água analisadas por mês. Já para *Escherichia coli*, não é tolerada, exige-se ausência na água destinada para consumo humano (Brasil, 2021; 2014).

A respeito disso, o grupo de Coliformes totais são bactérias de vida livre, encontradas naturalmente no solo, na água e em plantas e podem não possuir qualquer relação com poluição da água por fezes (Brasil, 2016). No entanto, são bactérias que jamais poderão ser negligenciadas quando se trata de qualidade da água para consumo humano, uma vez que, resultados positivos indicam possíveis deficiências do processo de desinfecção ou do sistema de distribuição, e, neste caso, recomenda-se investigação e execução de ações com medidas corretivas (Brasil, 2016; United States Environmental Protection Agency, 2006).

Na constatação da presença de Coliformes totais em amostras de água tratada, exige-se análise específica para *Escherichia coli* (Brasil, 2016). Vale notar que, a *Escherichia coli* é um indicador da qualidade microbiológica da água tratada para consumo humano e um sinalizador da eficiência e da integridade do sistema de distribuição para a potabilidade da água (Libânio, 2016). Entretanto, esta bactéria é considerada o indicador mais preciso de contaminação da água por matéria fecal e a sua presença representa o indício da ocorrência de contaminação por microrganismos patogênicos (Brasil, 2016; Moraes *et al.*, 2016).

Em estudos de Waideman *et al.* (2020) analisaram amostras de água de bebedouros e torneiras em Curitiba no Estado do Paraná e constataram a presença de Coliformes totais em 6,6% nas noventa amostras analisadas, mesmo com o teor

de cloro residual livre adequado, segundo eles, este fato pode estar relacionado com a capacidade de resistência dos microrganismos ao cloro, o que permite a sobrevivência e persistência no sistema de distribuição, mesmo após a realização de procedimentos de limpeza e desinfecção.

Também no Paraná, a investigação de Santos *et al.* (2023) utilizando dados de análises de amostras de água obtidas do Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano em 21 municípios do estado no período de 2013 a 2021, descobriram que nas áreas urbanas, 1.268 (10,95%) das amostras analisadas apresentaram contaminação de Coliformes totais e 293 (2,53%) na forma de *Escherichia coli* e concluíram que a contaminação microbiana em sistemas de abastecimento de água do norte do Paraná podem estar associadas a fatores pluviométricos ou concentrações insuficientes de cloro residual livre.

De acordo com as recomendações da Organização Mundial da Saúde, Banco Mundial, Unicef e da Portaria GM/MS nº 888/2021, em vigor no Brasil, para que água esteja em conformidade para consumo humano, ou seja, livre de contaminação, a *Escherichia coli* deve estar ausente em amostras de 100 ml de água examinadas (Brasil, 2021; World Health Organization; World Bank Group; Unicef, 2022). Caso contrário, a água não atende o padrão de potabilidade para consumo humano, assim, recomendado no Anexo 1 da referida Portaria acima mencionada (Brasil, 2021).

Ademais, a *Echerichia coli*, é uma bactéria encontrada em fezes humanas e de animais, a qual tem sido usada como indicadora de contaminação fecal na água e está relacionada a doenças gastrointestinais (United States Environmental Protection Agency, 2006), uma vez encontrada, considera-se que a água está imprópria para consumo humano, representando riscos à saúde da população (Brasil, 2021).

Embora, nem todas as cepas das bactérias *Escherichia coli* sejam ofensivas, algumas são patogênicas e podem causar doenças graves (Nabeela *et al.*, 2014). Como a encontrada em um estudo usando técnica de Reação em Cadeia de Polimerase, realizado por Saima *et al.* (2023) em *East Arichpur, Dhaka, Bangladesh*, eles relataram tipos de *Escherichia coli* patogênicas em 22% (38/169) das amostras de água potável em pontos de consumo. Segundo esses pesquisadores, mesmo detectada em pequenas concentrações, é preocupante pois, podem comprometer a qualidade da água e causar infecções graves.

De acordo com Morais *et al.* (2016), quando se constata a ausência da bactéria *Escherichia coli*, indica que a água distribuída atende ao padrão de qualidade

bacteriológico. Para tanto, é preciso considerar que este tipo de bactéria habita o intestino de mamíferos e a sua ausência em águas de abastecimento, indica que ela não está contaminada por matéria fecal e poderá ser consumida. Essa garantia é obtida com a manutenção de cloro residual livre em níveis adequados dentro do sistema de abastecimento de água, pois em concentrações insuficientes aumentam a incidência de indicadores microbiológicos (Santos *et al.*, 2023).

Sendo assim, os Coliformes totais e *Escherichia coli* são parâmetros fundamentais a serem considerados em relação à vigilância e ao controle da qualidade microbiológica da água, caracterizando a potabilidade e segurança bacteriológica para abastecimento público (Brasil, 2021). Neste sentido, o monitoramento da água de abastecimento para consumo humano, por meio de parâmetros avaliativos microbiológicos para acompanhar o potencial de patógenos, presentes ou ausentes na água, como os Coliformes totais e a *Escherichia coli*, é imprescindível para manter a água segura para consumo (Morais *et al.*, 2016). Tradicionalmente, a *Escherichia coli* é o parâmetro mais utilizado no mundo para detectar contaminação fecal, além de ser uma forma confiável e rigorosa de controlar e manter a qualidade da água fornecida para abastecimento público (World Health Organization; World Bank Group; Unicef, 2022; Soares *et al.*, 2020; Sperling, 2005).

Tendo em vista os resultados encontrados neste estudo, sugere-se a necessidade de investigação mais criteriosa nos bairros com amostras fora do padrão de potabilidade, uma vez que não se pode descartar a hipótese da possibilidade de instalações hidráulicas estarem sendo alimentadas por outras fontes de água que não seja do abastecimento público, como especifica o artigo 26 da Portaria GM/MS nº 888/2021, a água tratada do sistema de distribuição não poderá ser adicionada com água de outras fontes (Brasil, 2021).

De modo geral, quanto aos resultados que se apresentaram em desacordo com a legislação, sugere-se uma investigação mais aprofundada e maior rigor na realização de monitoramentos adicionais com aumento das amostragens nos pontos de consumo para prevê vulnerabilidades e providenciar ações corretivas mais pontuais nos sistemas de abastecimento como um todo. Afinal, o papel dos gestores, administradores da empresa fornecedora de água tratada e autoridades em vigilância em saúde pública é fundamental para gestão e identificação dos riscos associados a contaminação bacteriológica da água para consumo humano.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que os dados avaliados apresentaram resultados excedentes aos padrões normativos dos parâmetros microbiológicos em dois anos consecutivos. Sendo que em 2021 e 2022, ambos apresentaram contaminação em conjunto, tanto para Coliformes totais quanto para *Escherichia coli*. Já durante o monitoramento de 2023, nenhuma bactéria *Escherichia coli* foi detectada e o mesmo não ocorreu para Coliformes totais.

A avaliação dos dados dos parâmetros microbiológicos mostrou que a água de abastecimento de Quirinópolis estava em desacordo com os padrões exigidos na Portaria GM/MS nº 888/2021 para Coliformes totais em três anos seguidos e *Echerichia coli* em 2021 e 2022. Todavia, esta Portaria recomenda a ausência de Coliformes totais em 95% das amostras de 100 ml de água analisadas por mês em sistemas que abastecem a partir de 20.000 habitantes e nenhuma tolerância para *Escherichia coli*. Como a população de Quirinópolis tem cerca de 48.447 habitantes, uma amostra presente do total de amostras examinadas no mês já é suficiente para exceder o limite aceitável de 5% para a presença de Coliformes totais. Já para a bactéria *Escherichia coli*, por ser um indicador de contaminação fecal, sua presença não é permitida em água de abastecimento para consumo humano pois, infringe o padrão de potabilidade do Ministério da Saúde.

O mapeamento dos dados por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG), permitiu identificar na área urbana de Quirinópolis, a região central da cidade como a mais amostrada e com maior comprometimento em relação as demais regiões, com ocorrência de presenças de Coliformes totais e *Escherichia coli* no período analisado. Ademais, o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) possibilitou a apresentação gráfica, análise espacial e a leitura dinâmica dos dados dos parâmetros microbiológicos.

Portanto, essa descoberta necessita de uma investigação mais aprofundada para melhor compreender o que justifica a contaminação na água distribuída no abastecimento público de Quirinópolis.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parte integrante da Dissertação de Mestrado da primeira autora e recebeu apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sob processo nº 88887.849175/2023-00. Os autores também agradecem à Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás pelo fornecimento dos dados da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AHMED, J.; WONG, L. P.; CHUA, Y. P.; CHANNA, N.; MHAR, R. B.; YASMIN, A.; VANDERSLICE, J. A.; GARN, J. V. Quantitative Microbial Risk Assessment of Drinking Water Quality to Predict the Risk of Waterborne Diseases in Primary-School Children. **International Journal Environmental Research and Public Health**, Switzerland, v. 17, n. 2774, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17082774>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/8/2774>. Acesso em: 26 fev. 2024.

ALVES, K. S.; ARRUDA, P. N.; ASIS, L. H.; SILVA, S. R. F.; SCALIZE, P. S. Vigilância em águas de consumo humano nos municípios goianos com administração pública. 46ª Assembleia Nacional da Assemae (Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento). **XX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento**, Jaraguá do Sul, 2016. Disponível em: <https://sistema.trabalhosassemae.com.br/repositorio/2016/10/trabalhos/425/520/t520t22e10a2016.pdf>. Acesso em: 04 set. 2024.

ALVES, W. S.; SILVA, T. L.; MARROM, D. A. S.; SANTOS TAINÁ, M.; SANTOS HERNANDES, R. Avaliação da Qualidade da Água do Abastecimento Público do Município de Juazeiro do Norte, CE. **Revista Desafios**, Palmas, v. 4, n. 02, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2017v4n2p112>. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/3268/9708>. Acesso em: 09 jul. 2024.

BORGES, S. M.; RAMOS, M. S.; LIMA, L. R.; MENEZES, I. A. L.; SOUSA, J. E. F.; MOSCATTO, J. A.; RAMIRO, A. P. Água tratada: um estudo sobre o tratamento de água na cidade de Anápolis. **Brazilian Journal of Health Review**, [Curitiba.], v. 6, n. 5, p. 25917–25932, 2023. DOI: 10.34119/bjhrv6n5-575. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/64262/46161>. Acesso em: 30 jul. 2024.

BORTOLOTTI, k. C. S.; MELLONI, R.; MARQUES, P. S.; CARVALHO, B. M. F.; ANDRADE, M. C. Qualidade microbiológica de águas naturais quanto ao perfil de resistência de bactérias heterotróficas a antimicrobianas. **Engenharia Sanitária e ambiental**, [S. l.], v. 23, n. 4, p. 717-725, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/z85TnHCTYRHJD6pKDNNkj8H/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 02 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da

Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: DF, Funasa, 2014, 112 p. Disponível em:

https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_controle_qualidade_agua_tecnicos_trabalham_ETAS.pdf. Acesso em: 09 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5 de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: ed. 85, seção 1, Brasília, DF, Ministério da Saúde, p. 127, 07 mai. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 14 de jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília: DF, Ministério da Saúde, 2016. ISBN 978-85-334-2379-4.

Disponível em:

https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf. Acesso em: 26 jan. 2024.

CASTRO, R. S.; CRUVINEL, V. R. N.; OLIVEIRA, J. L. M. Correlação entre qualidade da água e ocorrência de diarreia e hepatite A no Distrito Federal/Brasil.

Saude em Debate, Rio de Janeiro, v. 43, n. spe 3, 2019, DOI:

<https://doi.org/10.1590/0103-11042019S301>, Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/sdeb/a/kDsVZRQxJ4w4Z9YZCsc4w6w/#>. Acesso em: 02 set. 2024.

COSTA, K. G. R.; OLIVEIRA, K. S.; CAVALANTE NETO, L. C.; MENEZES JUNIOR, M. Q. Análise da qualidade da água do abastecimento público do município de São José dos Quatro Marcos - MT. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, v. 17, n. 50, p. 1–11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.47385/cadunifoa.v17.n50.3912>. Disponível em: Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/3912/2949>. Acesso em: 3 ago. 2023.

DANIELI, R. D.; GASTALDINI, M. C. C.; BARROSO, L. B. Modelagem do Cloro Residual em Redes de Distribuição: Aplicação ao Sistema de Abastecimento de Santa Maria. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [Porto Alegre], v. 11 n. 4, p. 201-208, Out./Dez. 2006. DOI: [dx.doi.org/10.21168/rbrh.v11n4.p201-208](https://doi.org/10.21168/rbrh.v11n4.p201-208).

Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/22/3c7904f8bc8c0b06c2fd8660bab0e9be_0c8938e2a8544a35499da8fe048e676f.pdf.

Acesso em: 31 mar. 2023.

FARIA, C. P.; ALMENDRA, R.; DIAS, G. S.; SANTANA, P.; SOUSA, M. C.;

FREITAS, M. B. Evaluation of the drinking water quality surveillance system in the metropolitan region of Rio de Janeiro. **Journal of Water Health**, [London], v. 19, n. 2, p. 306–321, Apr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2021.217>. Disponível em:

<https://iwaponline.com/jwh/article/19/2/306/80954/Evaluation-of-the-drinking-water-quality>. Acesso em: 12 abr. 2024.

FERNÁNDEZ, M. F. C.; MANOSALVA, I. R. C.; QUINTERO, R. F. C.; MARÍN, C. E. M.; CUESTA, Y. E. D.; MAHECHA, D. E.; VÁSQUEZ, P. A. P. Multitemporal Total Coliforms and Escherichia coli Analysis in the Middle Bogotá River Basin, 2007–2019. **Sustainability**, [S. l.], v. 14, n. 1769, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031769>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/3/1769>. Acesso em: 08 ago. 2023.

GOIÁS. Governo do Estado de Goiás. **Saúde monitora Doença Diarreica Aguda que atinge 74 em municípios**. 2024. Disponível em: <https://goias.gov.br/saude-monitora-doenca-diarreica-aguda-que-atinge-74-municipios/#:~:text=Em%20Goi%C3%A1s%2C%2074%20munic%C3%ADpios%20e%20st%C3%A3o,casos%20em%20todo%20o%20Pa%C3%ADs>. Acesso em: 29 ago. 2024.

GOMES, M. A.; RAMOS, E. V. S.; SANTOS, L. C.; GOMES JÚNIOR, D.; GADELHA, A. J. F. Investigação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade da água de poços no município de Sousa-PB para fins de potabilidade. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, n. 43, p. 88-98, nov. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n43p88-98>. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1901>. Acesso em: 23 fev. 2023.

GOOGLE EARCH. **Imagem extraída do Google Earch**. 2024. Disponível em: https://earth.google.com/web/@-18.45288545,-50.4282694,1960.84078765a,9.96396884d,35y,321.25612366h,0t,0r/data=CgRCAg gBOgMKATBKDQj_____8BEAA. Acesso em: 2024.

GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY: Fourth edition incorporating the first and second addenda [Internet]. Geneva: World Health Organization; Microbial aspects, v. 7, 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK579466/>. In: **WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee**. Geneva: World Health Organization; 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK132015/>. Acesso em: 14 jul. 2024.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO (IAS). **Municípios e saneamento**. 2020. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/go/quirinopolis>. Acesso em: 05 out. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/quirinopolis/panorama>. Acesso em: 04 ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**: Topodata. 2023. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 11 mar. 2023.

KUMPEL, E.; NELSON, K. L. Comparing microbial water quality in an intermittent and continuous piped water supply. **Water Research**, [S. l.], v. 47, n. 14, p. 5176–5188, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.05.058>. Acesso em: 28 jan. 2024.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos da qualidade e tratamento da água**. 4. ed. Campinas, SP: Átomo, 2016, 628 p.

LIN, L.; YANG, H.; XU, X. Effects of water pollution on human health and disease heterogeneity: A review. **Frontiers in Environmental Science**, Switzerland, v. 10, 30 Jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.880246>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.880246/full>. Acesso em: 25 de jul. 2023.

MACÊDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 4. ed. (Atualizada e Revisada). Belo Horizonte: Conselho Regional de Química - MG, 2016, 960 p.

MORAIS, W. A.; SALEH, B. B.; ALVES, W. S.; AQUINO, D. S. Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva**, [Rio de Janeiro], v. 24, n. 3, p. 361-367, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-462X201600030143>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cadsc/a/3NF56QxLSXm9zRW6dryvhJs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 jan. 2024.

MOREIRA, M. H.; KOPP, K. A.; NARDOCCI, A. C. Avaliação da qualidade da água para consumo humano proveniente de poços rasos e do risco de infecção desta por exposição a patógenos emergentes em um bairro de Goiânia, Goiás. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 35, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v35i2.30043>. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/30043/19444>. Acesso em: 30 mai.2024.

NABEELA, F.; AZIZULLAH, A.; BIBI, R.; UZMA, S.; MURAD, W.; SHAKIR, S. K.; ULLAH, W.; QASIM, M.; HÄDER, D. P. Microbial contamination of drinking water in Pakistan--a review. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlim, v. 21, n. 24, p. 13929-13942, Dec. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3348-z>. Disponível em: [https://link.springer-com.ez163.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s11356-014-3348-z](https://link.springer.com.ez163.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s11356-014-3348-z). Acesso em: 21 fev. 2024.

ODONKOR, S. T.; MAHAME, T. *Escherichia coli* as a Tool for Disease Risk Assessment of Drinking Water Sources. **International Journal of Microbiology**, [Egypt], v. 15, Jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/2534130>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7313150/pdf/ijmicro2020-2534130.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2024.

PALMEIRA, Á. R. O. A.; SILVA, V. A.T. H.; DIAS JÚNIOR, F. L.; STANCARI, R. C. A.; NASCENTES, G. A. N.; ANVERSA, L. Physicochemical and microbiological quality of the public water supply in 38 cities from the midwest region of the State of São Paulo, Brazil. **Water Environment Research**, [United States], v. 91, p. 805-812,

2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/wer.1124>. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/wer.1124>. Acesso em: 02 mar. 2024.

PAULA, M. M. **Análise da água e das condições ambientais da bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras, Quirinópolis/GO**. 2011. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia). Universidade Estadual de Goiás - Câmpus de Jataí, Jataí, 2011. Disponível em:
https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/180/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o_M%C3%ADrian_Maria_de_Paula.pdf. Acesso em: 01 abr. 2024.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE QUIRINÓPOLIS (PMSB). **Quirinópolis - GO**. 2018. Disponível em:
https://sapl.quirinopolis.go.leg.br/media/sapl/public/documentoacessorio/2018/1/pmsb_quirinopolis_v.apresentacao_audiencia_publica_fxsc14L.pdf. Acesso em 18 fev. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIRINÓPOLIS. 2024. [Arquivos fornecidos pelo Departamento de Superintendência de Habitação da Prefeitura Municipal de Quirinópolis, Goiás, ago. 2024].

REIS, F. A. S.; AMADO, F. D. R.; BENVENUTI, T. Qualidade da água de abastecimento e fatores de risco à saúde na comunidade de Maria Jape em Ilhéus, Bahia. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, v. 60, n. 1, p. 326-347, mar. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6213>. Disponível em:
<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/6213>. Acesso em: 27 jan. 2024.

SAIMA, S.; FERDOUS, J.; SULTANA, R.; RASHID, R. B.; ALMEIDA, S.; BEGUM, A.; JENSEN, P. K. M. Detecting Enteric Pathogens in Low-Risk Drinking Water in Dhaka, Bangladesh: An Assessment of the WHO Water Safety Categories. **Tropical Medicine and Infectious Disease**, Switzerland, v. 8, n. 321, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/tropicalmed8060321>. Disponível em:
<https://www.mdpi.com/2414-6366/8/6/321>. Acesso em: 15 Ago. 2023.

SANEAGO. Saneamento de Goiás de Goiás S. A. **Água tratada da Saneago obedece todos os padrões de potabilidade**. 2022. Disponível em:
https://www.saneago.com.br/#/noticia_interna/7599/3. Acesso em: 09 set. 2024.

SANTOS, N. G. N.; SILVA, L. C.; GUIDONE, G. H. M.; MONTINI, V. H.; OLIVA, B. H. D.; NASCIMENTO, A. B.; SOUSA, D. N. R.; KURODA, E. K.; ROCHA, S. P. D. Water quality monitoring in southern Brazil and the assessment of risk factors related to contamination by coliforms and *Escherichia coli*. **Journal of Water & Health**, [London], v. 21, n. 10, p. 1550–1561, Oct. 2023. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2023.182>. Disponível em:
<https://iwaponline.com/jwh/article/21/10/1550/97686/Water-quality-monitoring-in-southern-Brazil-and>. Acesso em 29 jul. 2024.

SAXENA, G.; BHARAGAVA, R. N.; KAITHWAS, G.; RAJ, A. Microbial indicators, pathogens and methods for their monitoring in water environment. **Journal of Water**

& Health, [London], v. 13, p. 319-339, Jun. 2015. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2014.275>. Disponível em: <https://iwaponline.com/jwh/article/13/2/319/28316/Microbial-indicators-pathogens-and-methods-for>. Acesso em 25 fev. 2024.

SEO, M.; LEE, H.; KIM, Y. Relationship between Coliform Bacteria and Water Quality Factors at Weir Stations in the Nakdong River, South Korea. **Water**, [S. l.], v. 11, n. 6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/w11061171>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/6/1171#:~:text=The%20results%20showed%20influential%20water,phosphate%20phosphorus%20and%20suspended%20solids>. Acesso em: 15 ago. 2023.

SHARMA, M. D.; GUPTA, P.; CHAUHAN, S.; PANWAR, R.; SINGH, S.; KUMAR, P.; KULSHRESTHA, S. Seasonal impact on microbiological quality of drinking water in Solan City of Himachal Pradesh, India. **Environmental Monitoring and Assessment**, p.195-930, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11510-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-023-11510-4>. Acesso em: 29 fev. 2024

SISTEMA ESTADUAL DE GEOINFORMAÇÃO (SIEG). 2022. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/siegdownloads/>. Acesso em: 10 dez. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Ministério da Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento ambiental (SNSA). **Série Histórica**, 2022. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 6 jul. 2024.

SOARES, A. C. G. M.; SILVA, R. A. S.; JESUS, C. V. F.; SANTANA, R. F.; LIMA ÁLVARO, S.; LIMA SONIA, O.; MARQUES, M. N. Water and health risk assessment in the Aracaju Expansion Zone - SE. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 23, 03 Aug. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170256r1vu2020L4AO>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/rNhnzD6yb5DQMHyKHj4yKss/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 30 jul. 2023.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 2005, 452 p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **A Água**. São Carlos: Scienza, 2020, 130. p. Disponível em: https://sbhsf.com.br/wp-content/uploads/2020/08/novo_A_AGUA.pdf. Acesso em: 07 fev. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Distribution System Indicators of Drinking Water Quality**. Dez. 2006. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-05/documents/issuepaper_tcr_indicators_posted.pdf. Acesso em: 07 ago. 2023.

VIGILÂNCIA SANITÁRIA DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS. **Análises de Água do Município de Quirinópolis, Goiás de 2021**. 2021. [Planilhas fornecidas pela Vigilância Sanitária local, mai. 2023].

VIGILÂNCIA SANITÁRIA DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS. **Análises de Água do Município de Quirinópolis, Goiás de 2022**. 2022. [Planilhas fornecidas pela Vigilância Sanitária local, mai. 2023].

VIGILÂNCIA SANITÁRIA DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS. **Análises de Água do Município de Quirinópolis, Goiás de 2023**. 2023. [Planilhas fornecidas pela Vigilância Sanitária local, dez. 2023].

WAIDEMAN, M. A.; TEIXEIRA, V. P.; UEMURA, E. H.; STAMFORD, T. M.; LEAL, D. A. G.; STANGARLIN-FIORI, L.; FERREIRA, S. M. R.; TACONELI, C. A.; BEUX, M. R. Enterococci used as complementary indicator of fecal contamination to assess water quality from public schools in the city of Curitiba, Paraná, Brazil. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 23, p. e2019155, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15519>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/gzGQxspsdVZF6s6bGbFsR7M/?lang=en#>. Acesso em: 13 dez. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum. Geneva: World Health Organization; v.7, Microbial aspects, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK442381/>. In: **WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee**. Geneva: World Health Organization; 2008. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK132015/>. Acesso em: 20 dez. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; WORLD BANK GROUP; UNICEF. **State of the world's drinking water**. An urgent call to action to accelerate progress on ensuring safe drinking water for all. Geneva: World Health Organization, [electronic resource], 2022. Disponível em: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/water-safety-and-quality/state-of-drinking-water-report-web.2_v-lowres.pdf?sfvrsn=e2479151_3&download=true. Acesso em: 15 jan. 2024.

CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DO CLORO RESIDUAL LIVRE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO EM QUIRINÓPOLIS, GOIÁS

Zênia Moreira de Matos¹
Débora de Jesus Pires²

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás; *e-mail*: zeniamatos@hotmail.com

²Docente do Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás; *e-mail*: debora.pires@ueg.br

RESUMO

A água é essencial para a vida e o uso mais nobre destina-se para atender as necessidades de consumo humano, razão pela qual, é imprescindível que seja tratada e atenda os padrões de qualidade determinados pela norma do Ministério da Saúde. Para isso, o cloro residual livre constitui um dos desinfetantes mais utilizados para inativar microrganismos patogênicos e evitar riscos à saúde. Esta pesquisa teve o objetivo de avaliar dados secundários obtidos na Vigilância Sanitária do parâmetro cloro residual livre da água de abastecimento público de Quirinópolis, comparando as conformidades e eventuais inconformidades com os padrões de potabilidade da Portaria GM/MS nº 888/2021. A metodologia envolveu dados secundários, fornecidos pela Vigilância Sanitária da cidade de Quirinópolis, Goiás, do período de 2021 a 2023. Os resultados das amostras fora do padrão foram maiores nos meses de março, julho e setembro de 2021. Fevereiro, junho e novembro em 2022 e junho em 2023. Além disso, houveram concentrações médias de cloro residual livre abaixo dos limites permitidos pelas especificações legais nos três anos consecutivos, porém, nenhum valor excedeu o teor máximo permitido de 5,0 mg/L. Conclui-se que, quanto as inconformidades encontradas, tal problema, torna-se preocupante, pois o cloro residual livre garante a qualidade microbiológica da água no abastecimento, evita contaminações e previne riscos de doenças.

Palavras-chave: água potável; desinfecção; tratamento da água; vigilância em saúde.

ABSTRACT

Water is essential for life, and its most vital use is to meet human consumption needs, which is why it must be treated and comply with the quality standards determined by the Ministry of Health's regulations. Free residual chlorine is one of the most commonly used disinfectants to inactivate pathogenic microorganisms and prevent health risks. This research aimed to evaluate secondary data obtained from the Sanitary Surveillance on the free residual chlorine parameter in the public water supply of Quirinópolis, comparing compliance and non-compliance with the potability standards of Ordinance GM/MS No. 888/2021. The methodology involved secondary data provided by the Sanitary Surveillance of Quirinópolis, Goiás, covering the period from

2021 to 2023. The results showed that non-compliant samples were more frequent in March, July, and September of 2021; February, June, and November of 2022; and June of 2023. Additionally, average free residual chlorine concentrations were found to be below the permissible limits set by legal specifications in all three years, although no values exceeded the maximum allowed limit of 5.0 mg/L. It was concluded that the non-compliance identified is concerning, as free residual chlorine ensures the microbiological quality of the water supply, prevents contamination, and reduces health risks.

Keywords: drinking water; disinfection; water treatment; health surveillance.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de extrema importância para a sobrevivência do ser humano e todas as formas de vida existentes na Terra (Silva; Pontes; Barbosa, 2014; Soares *et al.*, 2020; Zang; Xu, 2016). O uso mais nobre da água, se faz pelo consumo humano, associado ao tratamento prévio, respeitando os critérios de qualidade exigidos pela norma do Ministério da Saúde (Sperling, 2005). Nesta direção, o acesso seguro à água potável é crucial para a saúde pública (Faria *et al.*, 2021). Para tanto, é imprescindível controlar e exigir condições adequadas, por meio de regulamentos específicos, para que esse recurso seja distribuído com qualidade e sem riscos à saúde da população (Carmo; Bevilacqua; Bastos, 2008; Morais *et al.*, 2016).

No Brasil, a regulamentação do fornecimento de água segue a Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, que dispõe em seu anexo XX alterado pela atual Portaria GM/MS nº 888 de 04 de maio de 2021, sobre o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano determinando o padrão de potabilidade para toda água destinada para ingestão, preparo de alimentos e higiene pessoal (Brasil, 2021). Desta forma, a água para ser considerada potável deve passar por tratamentos físicos, químicos e microbiológicos para que a mesma, possa estar isenta de substâncias ou organismos patogênicos que não ofereça riscos à saúde (Brasil, 2021).

Dentre os vários parâmetros analíticos, o cloro é o agente químico mais utilizado no mundo para desinfecção da água de abastecimento, com ação germicida e alto poder oxidante, forma compostos que permanecem na água para inativar a ação de microrganismos (Libânio, 2016). Ele é o desinfetante que garante a segurança microbiológica da água durante todo o processo de distribuição até o consumo (Pérez

et al., 2022). A redução do limite mínimo do cloro na água pode incidir em doenças de transmissão hídrica (Soares *et al.*, 2016). Logo, a manutenção do teor de cloro residual livre na água tem função corretiva e preventiva, considerando a possibilidade de contaminação ao longo do percurso até o consumo (Brasil, 2014b). Por esse motivo, a importância de manter o desinfetante em níveis adequados em pontos intermediários da rede de distribuição para garantir o resíduo livre nas suas extremidades (Faria *et al.*, 2021).

Apesar de receber tratamentos prévios, a água na rede de distribuição e durante o abastecimento é alvo de preocupação constante (Pérez *et al.*, 2022), pois a sua qualidade pode ser prejudicada durante o fornecimento e sofrer alterações por fatores que contribuem para a perda de sua qualidade; como baixa pressão, oscilações no sistema de abastecimento, variações da velocidade de fluxo, vazamentos, rupturas de tubulações na rede de distribuição, redução da concentração do cloro residual livre, multiplicação de bactérias, dentre outros (Palmeira *et al.*, 2019). E por isso, até mesmo em sistemas operados corretamente, a água potável pode contaminar-se e transmitir doenças (Faria *et al.*, 2021; Morais *et al.*, 2016).

A perda da qualidade da água pode ocorrer por alterações da concentração de cloro residual livre na rede de distribuição, tempo de percurso ou residência da água dentro dos reservatórios. Além do mais, existe a perda natural do cloro por ser altamente oxidante e ter a capacidade de reagir com substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na água, contato com as paredes internas das tubulações, depósitos de biofilmes que se acumulam nas superfícies dos canos, reações com corrosões, a própria idade da água, tipos de materiais das tubulações e temperaturas elevadas que aumentam a velocidade da reação do cloro, dentre outros. Esses fatores contribuem para perdas do cloro residual livre no trajeto da água e implicam alterações nas características físico-química e microbiológicas (Oliveira, 2018).

A adoção do cloro contribuiu para a redução de doenças transmitidas pela água e ainda hoje continua sendo uma estratégia eficiente para a desinfecção no tratamento da água (Crider *et al.*, 2023) para evitar várias patologias, tanto moderadas quanto severas, como a hepatite infecciosa causada pelo vírus da hepatite A e E, a cólera, febre tifoide, diarreia, doenças como a leptospirose, esquistossomose, amebíase e giardíase. Além das doenças causadas por *Shigella spp.* e *Escherichia coli* O157, dentre muitas outras bactérias, que estão associadas à ingestão de água de má qualidade e que, eventualmente, possam causar danos à saúde, por vezes com

potencial de levar a óbito (Brasil, 2014a; Gomes *et al.*, 2018; Guidelines for Drinking-Water Quality, 2017).

Com base no exposto, esta pesquisa teve o objetivo de avaliar dados secundários obtidos na Vigilância Sanitária do parâmetro cloro residual livre na água de abastecimento público de Quirinópolis, comparando as conformidades e eventuais inconformidades com os padrões de potabilidade da Portaria GM/MS nº 888 de 04 de maio de 2021.

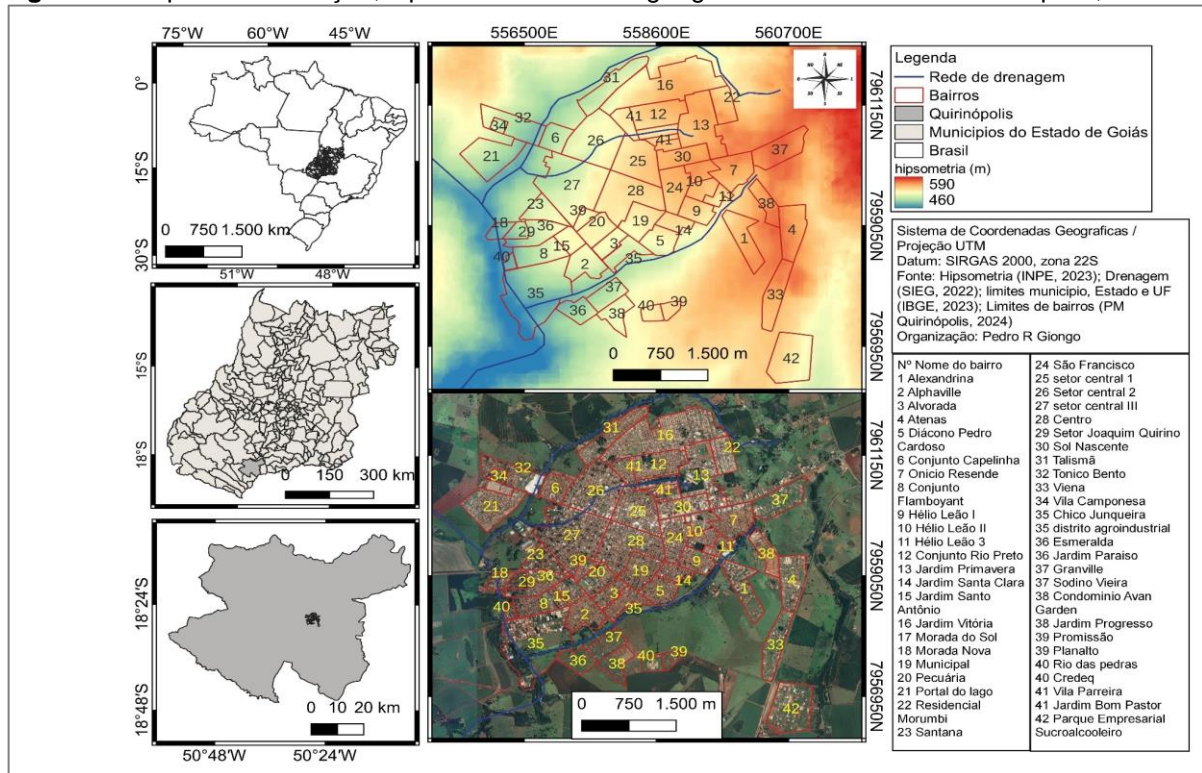
2 MATERIAL E MÉTODOS

O município de Quirinópolis está localizado ao sul do estado de Goiás (Figura 1), pertence à Mesorregião do Sul Goiano e à Microrregião de nome idêntico (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018). Atualmente, a população do município é de 48.447 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022) e cerca de 45.588 habitantes são atendidos com abastecimento de água tratada na área urbana (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, 2022).

A água de abastecimento é captada de manancial superficial, o Ribeirão das Pedras, submetida a processos de tratamentos na Estação de Tratamento de Água (ETA) pela empresa estadual de Saneamento de Goiás S/A, a SANEAGO e, distribuída para o consumo da população na sede urbana (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018).

A área urbana (Figura 1) abrange 42 bairros, incluindo os 34 bairros onde as amostras de água foram coletadas pela Vigilância Sanitária para analisar o parâmetro cloro residual livre.

Figura 1 - Mapa de localização, hipsometria e divisão geográfica dos bairros de Quirinópolis, Goiás.



Fonte: Google Earth (2024); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2023); Sistema Estadual de Geoinformação (2022); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023); Prefeitura Municipal de Quirinópolis (2024). Organização: Pedro R. Giongo (2024).

Nesse contexto, a presente pesquisa trata-se de uma abordagem quantitativa e utiliza dados secundários do cloro residual livre para avaliar a qualidade da água destinada para consumo humano da cidade de Quirinópolis.

Os dados foram fornecidos pela Vigilância Sanitária, referente ao período de 2021 a 2023. E são resultados das coletas de amostras de água de abastecimento público realizadas mensalmente na cidade. Todo mês as amostragens são efetuadas abrangendo 34 bairros, em torneiras que recebem água diretamente da rede de distribuição, objetivando aferir, fiscalizar e monitorar o atendimento da norma de potabilidade da água tratada fornecida à população e avaliar riscos à saúde humana. As amostragens são independentes das realizadas pela empresa fornecedora de água (SANEAGO S/A), a qual faz o controle da qualidade da água.

Os dados do parâmetro cloro residual livre foram processados em planilhas eletrônicas da *Microsoft Excel* para geração de tabelas e gráficos. Com uso desse instrumento, selecionou resultados para identificar os bairros individualmente com e sem coletas de amostras de água, contagem das quantidades dentro e fora do padrão em cada mês considerando três anos consecutivos. Desse mesmo modo, procedeu

para cálculos da média e desvio padrão das concentrações da variável, contemplados em 2021, 2022 e 2023 e apresentá-los em forma de tabela.

Como instrumento normativo para validar a discussão e comparar os resultados, utilizou a Portaria GM/MS nº 888 de 04 de maio de 2021, que determina no Artigo 32, Anexo 9, a obrigatoriedade da manutenção mínima de 0,2 mg/L de cloro residual livre em toda extensão do sistema de distribuição, incluindo, reservatórios, rede de distribuição e pontos de consumo, não podendo ultrapassar o Valor Máximo Permitido em 5,0 mg/L (Brasil, 2021).

Os resultados obtidos a partir do processamento dos dados, foram analisados e comparados com os limites exigidos e aceitáveis preconizados pela Portaria mencionada como instrumento normativo de potabilidade da água potável para consumo humano no Brasil.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 apresenta os bairros contemplados no roteiro de coletas de amostras de água da Vigilância Sanitária de Quirinópolis para o parâmetro cloro residual no período de 2021 a 2023. Nota-se que, nesse período, em média 77% dos bairros foram amostrados e em média 23% dos bairros, não houve coletas de amostras de água para análise desse parâmetro. Diante disso, as coletas de amostras de água são procedimentos simples que constituem um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento do Programa de Controle da Qualidade da Água para consumo humano (Brasil, 2014b).

Quadro 1 - Bairros de Quirinópolis contemplados com coletas e sem coletas de amostras de água para o parâmetro cloro residual livre no período de 2021 a 2023.

Cloro residual livre			
Bairros	Coletas		
	2021	2022	2023
Alexandrina	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Alphaville	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Alvorada I	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Atenas	Com coletas	Com coletas	Sem coletas
Conjunto Diácono Pedro Cardoso	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Conjunto Capelinha	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Conjunto Eldorado/Onício Resende	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Conjunto Flamboyant	Sem coletas	Sem coletas	Com coletas
Conjunto Hélio Leão I	Com coletas	Com coletas	Sem coletas
Conjunto Hélio Leão II	Sem coletas	Com coletas	Sem coletas
Conjunto Hélio Leão III	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Conjunto Rio Preto	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Jardim Primavera	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Jardim Santa Clara	Com coletas	Sem coletas	Com coletas
Jardim Santo Antônio	Sem coletas	Com coletas	Com coletas
Jardim Vitória	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Morada do Sol	Sem coletas	Com coletas	Com coletas
Morada Nova	Sem coletas	Com coletas	Sem coletas
Municipal	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Pecuária	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Portal do Lago	Com coletas	Sem coletas	Sem coletas
Residencial Morumbi	Sem coletas	Sem coletas	Com coletas
Santana	Com coletas	Com coletas	Com coletas
São Francisco	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Setor Central I	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Setor Central II	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Setor Central III	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Setor Centro	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Setor Joaquim Quirino	Com coletas	Sem coletas	Sem coletas
Sol Nascente	Com coletas	Sem coletas	Sem coletas
Talismã	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Tonico Bento I	Sem coletas	Sem coletas	Sem coletas
Vienas	Com coletas	Com coletas	Com coletas
Vila Camponesa	Sem coletas	Com coletas	Com coletas

LEGENDA

 Com coletas

 Sem coletas

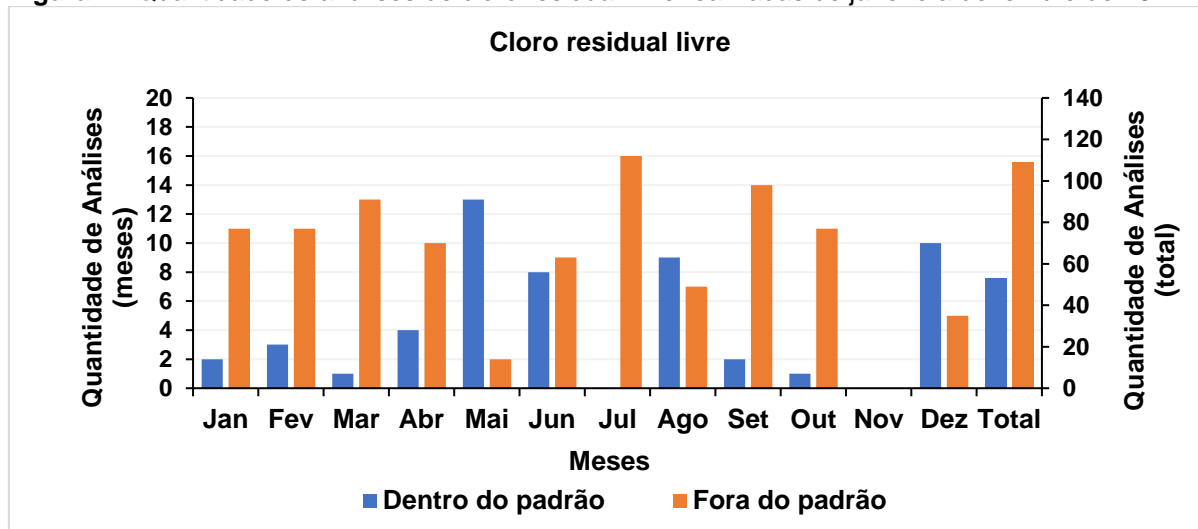
Fonte: Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás (2021; 2022; 2023).

Dessa mesma forma, as Figuras 2 a 4 mostram a quantidade de análises de cloro residual livre da água de abastecimento dentro e fora do padrão, analisadas em cada mês pela Vigilância Sanitária entre 2021 e 2023.

Em 2021 (Figura 2), praticamente todos os meses houve análises de cloro residual livre fora do padrão, com exceção do mês de novembro que não registrou amostra para este parâmetro. O mês de maio apresentou uma redução de 1,8% (2/109) no número de amostras insatisfatórias. Os meses com maior número de análises fora da faixa de concentração recomendada foram: março com 12% (13/109),

julho com 15% (16/109) e setembro, com 13% (14/109) das análises abaixo do mínimo permitido (0,2 mg/L).

Figura 2 - Quantidade de análises de cloro residual livre realizadas de janeiro a dezembro de 2021.

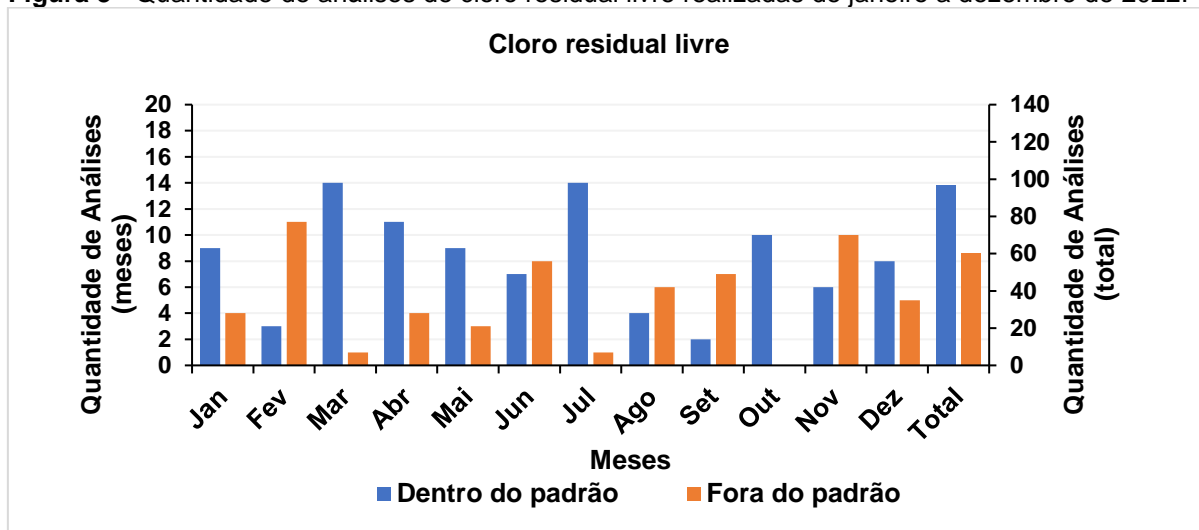


Fonte: Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás (2021).

Esses resultados são similares aos relatados na pesquisa de Alves *et al.* (2017) que, avaliaram dados históricos analisados pela Agência de Vigilância Ambiental de Juazeiro do Norte, Ceará no monitoramento da água distribuída pela Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) e ao comparar os números de amostras fora do padrão em cada mês no período de 2014 a 2015, descobriram percentuais de cloro residual livre variando de 15 a 30%, sendo março o mês com maior detecção.

Já em 2022 (Figura 3), o mês de outubro não registrou análises fora do padrão e foi o único mês em conformidade. Por outro lado, os meses de fevereiro com 18% (11/60), junho 13% (8/109) e novembro 17% (10/60) superaram os demais em quantidade de análises em inconformidades.

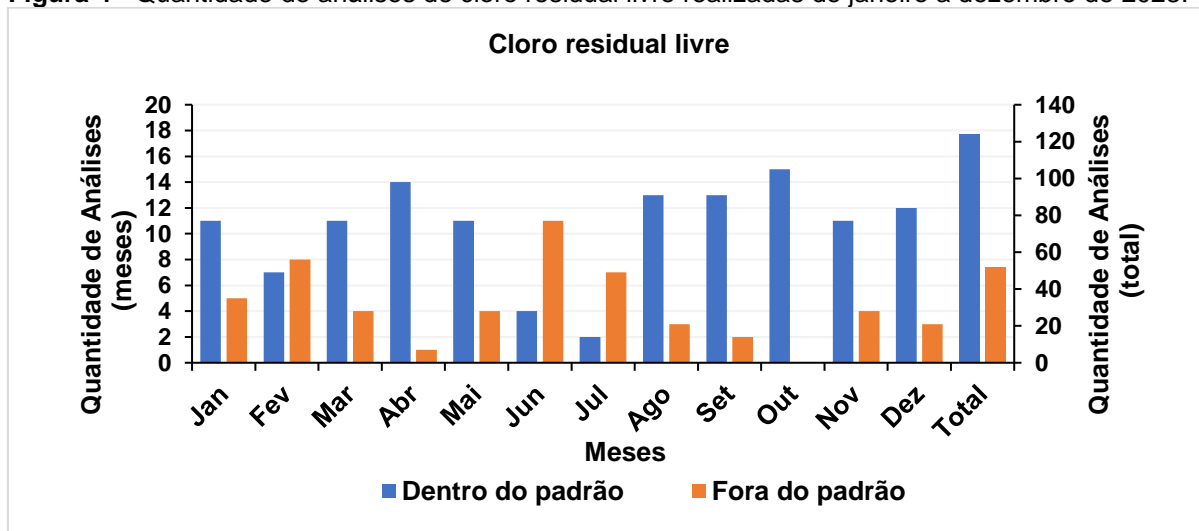
Figura 3 - Quantidade de análises de cloro residual livre realizadas de janeiro a dezembro de 2022.



Fonte: Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás (2022).

No ano de 2023 (Figura 4), a quantidade de análises de cloro residual livre fora do padrão foi menor no mês de abril, com registro de apenas uma análise abaixo do limite exigido. Ao contrário, a quantidade de análises para o mês de junho, com 21% fora do padrão (11/52), foi superior em relação aos outros meses em não atendimento à norma.

Figura 4 - Quantidade de análises de cloro residual livre realizadas de janeiro a dezembro de 2023.



Fonte: Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás (2023).

No geral, praticamente, todos os meses do período de 2021 a 2023 apresentaram resultados de cloro residual livre fora do padrão, exceto o mês de novembro de 2021 que não houve registros de análises e o mês de outubro de 2022 e 2023 que não houve nenhum registro abaixo de 0,2 mg/L ou acima de 5,0 mg/L. No

entanto, em 2021 o total de análises fora do padrão excederam o total de análises dentro do padrão recomendado, o que não ocorreu em 2022 e 2023. Com base nisso, à medida que a água tratada for distribuída aos consumidores, o cloro residual livre deverá permanecer na rede de distribuição (Brasil, 2014a). A esse respeito, Libânio (2016) explica que o cloro na água forma compostos (ácido hipocloroso e íon hipoclorito) que permanecem na água como residual desinfetante ativo para mantê-la livre de microrganismos.

Nessa direção, a Tabela 1 mostra as concentrações das análises únicas e as médias das análises de cloro residual livre e seus respectivos desvio padrão obtidos a partir de amostras de água coletadas na rede de abastecimento público pela Vigilância Sanitária em 34 bairros de Quirinópolis, no período de 2021 a 2023.

É possível verificar que em 2021 (Tabela 1), dos 26 bairros que houve análises de cloro residual livre, quatro bairros apresentaram análises únicas dos quais, dois tiveram concentrações abaixo do limite permitido. E em cinco bairros apresentaram níveis médios inferiores ao mínimo de 0,2 mg/L estabelecido pela norma (Brasil, 2021). As concentrações médias mantiveram dentro do padrão satisfatório em 77% (17/22) dos bairros, sendo que, 23% (05/22) não atenderam as exigências da norma brasileira. Embora, a média para o ano tenha mantido em conformidade (0,26 mg/L), quando considera a variação média do desvio padrão de 0,10 mg/L, isso não ocorre. Ao avaliar individualmente, nota-se variações médias fora do padrão em cinco bairros na faixa de 0,0 mg/L a 0,17 mg/L, revelando a possibilidade de haver pontos frágeis, requerendo maior atenção das autoridades.

Na mesma direção, a Tabela 1 indica que em 2022, o cloro residual livre foi analisado em 27 bairros sendo que, houve apenas uma análise em oito bairros dos quais, cinco estavam com a concentração fora do padrão exigido. Nos demais bairros, 79% (15/19) apresentaram níveis médios em acordo e 21% (04/19) em desacordo com as especificações legais, com teores variando entre a média de 0,10 mg/L a 0,19 mg/L. Apesar disso, o nível médio anual foi de 0,29 mg/L, com desvio padrão de 0,9 mg/L, não podendo descartar a hipótese de que se manteve dentro do limite permitido.

Já em 2023 (Tabela 1), o cloro residual livre foi analisado em 26 bairros, dos quais quatro tiveram apenas um registro de análise, sendo que dois bairros apresentaram teores fora do padrão. Quanto às concentrações médias, em 77% (17/22) dos bairros apresentaram teores médios recomendados pela Portaria GM/MS nº 888/2021 e 23% (05/22) mantiveram níveis médios abaixo do mínimo de 0,2 mg/L,

indicando que a água coletada na rede de distribuição, não atendeu o padrão mínimo obrigatório. No geral, a média anual foi de 0,31 mg/L, com variação média de 0,08 mg/L e teores médios em desacordo variando de 0,07 mg/L a 0,19 mg/L.

Tabela 1 - Concentrações das análises únicas, médias e desvio padrão de cloro residual livre (mg/L) da água de abastecimento coletada em bairros de Quirinópolis no período de 2021 a 2023.

Bairros	Cloro Residual Livre (mg/L)								
	2021			2022			2023		
	Análise única	Média	DP	Análise única	Média	DP	Análise única	Média	DP
Alexandrina	-	0,38	0,28	-	0,10*	0,05	-	0,16*	0,11
Alphaville	-	0,33	0,24	-	0,20	0,13	-	0,26	0,21
Alvorada I	-	0,12*	0,06	-	0,19*	0,10	-	0,32	0,11
Atenas	-	0,00*	0,00	0,18*	-	-	-	-	-
Conj. Diácono Pedro Cardoso	-	0,10*	0,07	-	0,25	0,01	-	0,43	0,33
Conj. Capelinha	-	0,27	0,20	-	0,37	0,28	-	0,33	0,20
Conj. Onício Resende	-	0,28	0,25	-	0,29	0,25	-	0,28	0,23
Conj. Flamboyant	-	-	-	-	-	-	-	0,19*	0,09
Conj. Hélio Leão I	0,01*	-	-	0,05*	-	-	-	-	-
Conj. Hélio Leão II	-	-	-	0,00*	-	-	-	-	-
Conj. Hélio Leão III	-	0,27	0,22	-	0,30	0,14	-	0,35	0,32
Conj. Rio Preto	-	0,30	0,27	-	0,24	0,17	-	0,28	0,21
Jardim Primavera	-	0,33	0,27	-	0,17*	0,12	-	0,07*	0,03
Jardim Santa Clara	-	-	-	-	-	-	-	0,44	0,08
Jardim Santo Antônio	-	0,17*	0,04	-	0,13*	0,06	-	0,34	0,13
Jardim Vitória	-	0,34	0,30	-	0,29	0,22	-	0,24	0,19
Morada do Sol	-	-	-	0,38	-	-	0,25	-	-
Morada Nova	-	-	-	0,15*	-	-	-	-	-
Municipal	0,30	-	-	0,90	-	-	0,01*	-	-
Pecuária	-	0,30	0,24	-	0,39	0,27	-	0,38	0,16
Portal do Lago	-	0,01*	0,01	-	-	-	-	-	-
Residencial Morumbi	-	-	-	-	-	-	-	0,11*	0,08
Santana	-	0,31	0,26	-	0,20	0,11	-	0,44	0,12
São Francisco	-	0,21	0,13	-	0,84	0,20	-	0,53	0,21
Setor Central I	-	0,32	0,28	-	0,44	0,30	0,15*	-	-
Setor Central II	-	0,38	0,22	-	0,27	0,16	-	0,45	0,20
Setor Central III	-	0,33	0,19	-	0,24	0,06	-	0,47	0,25
Setor Centro	-	0,32	0,31	-	0,33	0,30	-	0,33	0,28
Setor Joaquim Quirino	0,98	-	-	-	-	-	-	-	-
Sol Nascente	0,01*	-	-	-	-	-	-	-	-
Talismã	-	0,30	0,27	-	0,35	0,13	-	0,40	0,10
Tonico Bento I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vienas	-	0,37	0,25	0,02*	-	-	-	0,12*	0,08
Vila Camponesa	-	-	-	0,32	-	-	0,52	-	-
Média ± Desvio Padrão	-	0,26 ± 0,10	-	-	0,29 ± 0,09	-	-	0,31 ± 0,08	-

Fonte: Vigilância Sanitária de Quirinópolis, Goiás (2021; 2022; 2023).

Nota: * Abaixo do padrão. DP = Desvio Padrão. Conj. = Conjunto.

Ainda conforme a Tabela 1, dentre os bairros do roteiro de coletas de amostras de água, apenas um bairro apresentou-se sem registros de análises para cloro residual livre no período. Portanto, foi verificada uma pequena diferença entre

as proporções de bairros que apresentaram concentrações médias abaixo do padrão recomendado, 23% em 2021, depois 21% em 2022 e 23% em 2023. Além disso, observou-se que nos três anos houve oscilações nos valores abaixo do limite mínimo exigido, com recorrência de níveis abaixo do percentual mínimo de cloro residual livre registrados em 21% (7/34) dos bairros, embora sejam em bairros diferentes, são problemas que demonstram a dificuldade em manter o percentual mínimo nos pontos finais de consumo (Carmo; Bevilacqua; Bastos, 2008).

Com base nos resultados encontrados, as concentrações de cloro residual livre devem estar dentro das determinações da Portaria GM/MS nº 888/2021 que estabelece níveis de 0,2 a 05 mg/L como padrão de potabilidade da água para consumo humano no Brasil e, obrigatoriamente deve estar presente na água em toda extensão do sistema de distribuição, inclusive, nos reservatórios e em qualquer ponto da rede (Brasil, 2021). A perda de cloro residual livre em sistemas de água potável pode estar associada à temperatura ou à idade da água, principalmente se os pontos estiverem distantes do ponto de aplicação do produto ou não houver fluxo de água durante o período, entre outras implicações (Oliveira, 2018).

Nesse sentido, valores de cloro residual livre inferiores a 0,2 mg/L indicam falhas no processo de desinfecção ou consumo excessivo do cloro residual no sistema de distribuição ou ainda a necessidade de pontos secundários de cloração ou recloração devido à extensão da rede de distribuição (Brasil, 2016).

Em contrapartida, níveis de cloro residual livre superiores a 5,0 mg/L (Brasil, 2021), causam alteração do gosto e odor e podem levar o consumidor a buscar fontes alternativas de água para consumo, que na maioria das vezes são inseguras (Brasil, 2016). Portanto, amostras de água com concentrações em inconformidade com a legislação, além de representar riscos, pode prejudicar a saúde da população (Morais *et al.*, 2016), logo, não atende ao padrão de potabilidade para consumo humano (Brasil, 2016; Palmeira *et al.*, 2019). E por isso, não deve ser considerada sanitariamente segura, pois pode colocar a saúde da população dos bairros abastecidos em risco (Morais *et al.*, 2016).

Embora necessite de uma investigação mais criteriosa, sugere-se que fatores como temperaturas elevadas podem ter influenciado na redução de cloro residual livre na água dentro da rede de distribuição em alguns bairros de Quirinópolis no período analisado, pois o município apresenta clima tropical-quente e subúmido com média

de temperaturas anuais acima de 22 °C (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Quirinópolis, 2018).

Na pesquisa realizada por Santana *et al.* (2021), no estado do Amazonas, envolvendo avaliação de dados do Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água (SISAGUA), eles descobriram altas proporções de amostras de água obtidas para a microrregião de Manaus com teores de cloro residual livre abaixo da faixa recomendada para o parâmetro.

Em outro estudo realizado por Palmeira *et al.* (2019), utilizando dados de amostras de água tratada recebidas pelo Instituto Adolfo Lutz em Bauru, São Paulo durante atividades do Programa Estadual de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (PROÁGUA), avaliaram o total de 2.807 amostras de cloro residual livre da água coletada do abastecimento público pela Vigilância Sanitária em 38 cidades. E relataram que 77 (2,74%) das amostras obtidas em 12 (31,6%) das cidades, apresentaram concentrações de cloro residual livre abaixo da faixa mínima aceitável para consumo humano. Além disso, observaram média de 0,8 mg/L, com nível mínimo de 0,0 mg/L e máximo de 5,1 mg/L, portanto, em desacordo com a norma (Palmeira *et al.*, 2019).

Morais *et al.* (2016) também investigaram amostras da água distribuída para abastecimento público em bairros de Rio Verde, Goiás e descobriram que, em dois bairros, valores de cloro residual livre apresentavam inconformidade em relação ao limite mínimo determinado em Lei para esse parâmetro, embora, seus valores médios tenham se enquadrado nas determinações legais. Nesta mesma direção, Silva, Pontes e Barbosa (2014) avaliaram o sistema de abastecimento de água em Catalão, Goiás com água de torneiras de residências e relataram que entre as 216 amostras analisadas, 7,87% estavam abaixo do preconizado pela legislação brasileira.

Em pesquisa de Carmo; Bevilacqua e Bastos (2008) utilizando dados disponibilizados pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto da Zona da Mata Mineira sobre o parâmetro de cloro residual livre, observaram aumento nos percentuais que não atenderam a norma na saída da água da estação de tratamento de 0,03% para 6,5% e redução na rede de distribuição de 20,8% para 3,9%. Apesar de ter havido melhoria do atendimento do padrão de potabilidade no último caso observado, ainda assim, os resultados encontrados podem ter relação com a dificuldade de manutenção de cloro residual livre na rede de distribuição de água.

Em contraste aos resultados desta pesquisa, Soares *et al.* (2016) mostraram, ao avaliar métodos colorimétricos para determinar variações de cloro em torneiras, que recebem água diretamente do abastecimento público em seis setores de Goiânia, Goiás, e que dentre 40 amostras avaliadas, foram encontrados valores entre 0,54 mg/L a 2,0 mg/L, constatando a satisfação das concentrações mínimas de cloro ao comparar com os padrões de potabilidade da água da Portaria nº 2914/2011, vigente naquela época do estudo.

Considerando que o cloro é de baixo custo e altamente eficiente para a inativação de microrganismos (Libânio, 2016; Menezes Junior; Souza, 2021; Palmeira *et al.*, 2019; Silva; Pontes; Barbosa, 2014), teores muito baixos como os encontrados neste estudo e relatados na literatura, tornam-se preocupantes devido às vulnerabilidades dos sistemas em relação à contaminação da água ao longo da rede de distribuição (Palmeira *et al.*, 2019).

Com relação a isso, a quantidade de cloro residual livre mantida na água na faixa de concentração ideal é uma das principais formas de desinfecção da água (Santana *et al.*, 2021), principalmente, para isentá-la da probabilidade de presença de coliformes fecais (Alves *et al.*, 2017). No entanto, valores extrapolados a 5,0 mg/L podem reagir com compostos orgânicos e formar subprodutos perigosos, como os Trihalometanos que podem provocar problemas de saúde para a população (Fortes; Barrocas, 2022). Por outro lado, manter teores abaixo de 5,0 mg/L é fundamental para evitar a formação destes compostos orgânicos (Menezes Junior; Souza, 2021).

Diante disso, quanto aos locais que apresentaram alterações frequentes com níveis abaixo do limite permitido, sugere-se que, a vigilância em saúde de Quirinópolis, intensifique os monitoramentos para garantir o mínimo de cloro residual livre determinado em Lei nos bairros amostrados. Quanto aos valores excedentes de cloro residual livre, o município não apresentou valor médio acima de 5,0 mg/L. No entanto, é imprescindível a manutenção do residual dentro dos limites recomendados pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que não seja inferior a 0,2 mg/L ou superior a 5,0 mg/L (Brasil, 2021).

Portanto, para manter a qualidade da água para consumo humano e atender aos requisitos legais, o ideal é assegurar o limite de residual dentro da faixa recomendada pela Portaria GM/MS nº 888/2021, com concentrações entre o mínimo de 0,2 mg/L e o máximo permitido de 5,0 mg/L (Brasil, 2021), pois a manutenção do residual de cloro no abastecimento é uma das formas mais eficientes de controlar o

crescimento de microrganismos na água potável (Learburch *et al.*, 2022) e não é nocivo ao homem em dosagens requeridas pela legislação (Brasil, 2014b).

Este trabalho visa contribuir com informações para melhorias na qualidade da água fornecida para consumo humano e recomenda-se conforme Morais *et al.* (2016) que a desinfecção da água deve ser uma das etapas operacionalizadas de maneira mais criteriosa durante o tratamento de água para que os níveis de cloro residual livre atenda os limites do padrão de potabilidade determinados em Lei e, assim permaneça presente em teores adequados que assegurem a potabilidade da água distribuída, principalmente, em pontos finais onde a água chega para ser consumida pela população de Quirinópolis.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a avaliação dos dados secundários do parâmetro cloro residual livre na água de abastecimento público de Quirinópolis, apontou que houve valores médios nas concentrações inferiores aos padrões recomendados pela Portaria GM/MS nº 888/2021 nos três anos consecutivos e não foi observado valores médios acima de 5,0 mg/L para Quirinópolis. Contudo, a constatação de valores únicos e concentrações médias de cloro residual livre abaixo do limite mínimo exigido pela norma em alguns bairros, revelaram a dificuldade de manutenção do cloro residual em níveis adequados e possibilidades de vulnerabilidades nos bairros contemplados com as amostragens. Tal problema, torna-se um fator preocupante, pois o cloro residual livre garante a qualidade microbiológica da água no abastecimento, evita contaminações e conseqüentemente, previne riscos à saúde da população.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro com a bolsa de estudo e a Vigilância Sanitária de Quirinópolis pelo fornecimento dos dados da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES, W. S.; SILVA, T. L.; MARROM, D. A. S.; SANTOS TAINÁ, M.; SANTOS HERNANDES, R. Avaliação da Qualidade da Água do Abastecimento Público do Município de Juazeiro do Norte, CE. **Revista Desafios**, Palmas, v. 4, n. 02, 2017. DOI: DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2017v4n2p112>. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/3268/9708>. Acesso em: 09 jul. 2024.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades**: Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa. Brasília: Funasa, 2014a, 36 p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf. Acesso em: 01 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: DF, Funasa, 2014b, 112 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_controle_qualidade_agua_tecnicos_trabalham_ETAS.pdf. Acesso em: 09 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5 de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: ed. 85, seção 1, Brasília, DF, Ministério da Saúde, p. 127, 07 mai. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 14 de jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano** [recurso eletrônico]. Brasília: DF, Ministério da Saúde, 2016, 51 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf. Acesso em: 26 jan. 2024.

CARMO, R. F.; BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [Rio de Janeiro], v. 13, n. 4, p. 426-434, out. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522008000400011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/B8mmJqNLDRpNHtVvhHrzYcm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 09 fev. 2024.

CRIDER, Y. S.; TSUCHIYA, M.; MUKUNDWA, M., RAY, I.; PICKERING, A. J. Adoption of Point-of-Use Chlorination for Household Drinking Water Treatment: A Systematic Review. **Environmental Health Perspectives**, [S. l.], Jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1289/EHP10839>. Disponível em: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/epdf/10.1289/EHP10839>. Acesso em: 27 Mai. 2023.

FARIA, C. P.; ALMENDRA, R.; DIAS, G. S.; SANTANA, P.; SOUSA, M. C.; FREITAS, M. B. Evaluation of the drinking water quality surveillance system in the metropolitan region of Rio de Janeiro. **Journal of Water Health**, [London], v. 19, n. 2, p. 306–321, Apr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2021.217>. Disponível em: <https://iwaponline.com/jwh/article/19/2/306/80954/Evaluation-of-the-drinking-water-quality>. Acesso em: 12 abr. 2024.

FORTES, A. C. C.; BARROCAS, P. R. G. Padrões de Potabilidade. In: FELTMANN, C. (org.). **Vigilância da qualidade da água para consumo humano**. 23 ed. Rio de Janeiro, RJ: Coordenação de Desenvolvimento Educacional e Educação a Distância. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, ENSP, Fiocruz, 2022, 240 p.

GOMES, M. A.; RAMOS, E. V. S.; SANTOS, L. C.; GOMES JÚNIOR, D.; GADELHA, A. J. F. Investigação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade da água de poços no município de Sousa-PB para fins de potabilidade. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, n. 43, p. 88-98, nov. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n43p88-98>. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1901>. Acesso em: 23 fev. 2023.

GOOGLE EARCH. **Imagem extraída do Google Earch**. 2024. Disponível em: https://earth.google.com/web/@-18.45288545,-50.4282694,1960.84078765a,9.96396884d,35y,321.25612366h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBKDQj_____8BEAA. Acesso em: 2024.

GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY: Fourth Edition Incorporating the First Addendum. Geneva: **World Health Organization**; 7, Microbial aspects, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK442381/>. Acesso em: 20 dez. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. Quirinópolis. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/quirinopolis.html>. Acesso em: 28 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**: Topodata. 2023. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 11 mar. 2023.

LEARBURCH, K. L. G.; SMIDT, H.; VAN DER WIELEN, P. W. J. J. Water and biofilm in drinking water distribution systems in the Netherlands. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 831, 20 Jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154940>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722020332?via%3Dihub>. Acesso em: 08 jun. 2023.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos da qualidade e tratamento da água**. 3. ed. Campinas, SP: Átomo, 2016, 628 p.

MENEZES JUNIOR, M. Q.; SOUZA, C. A. Avaliação da formação de trihalometanos na água de abastecimento público da cidade de Cárceres (MT), Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, [Rio de Janeiro], v. 26 n. 5, p. 927-934, set/out. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200142>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/dztDB34zvnpxsd4dQZvkNF/?lang=pt>. Acesso em: 28 mai. 2023.

MORAIS, W. A.; SALEH, B. B.; ALVES, W. S.; AQUINO, D. S. Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 361-367, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-462X201600030143>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cadsc/a/3NF56QxLSXm9zRW6dryvhJs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 out. 2022.

OLIVEIRA, L. **Decaimento da concentração de cloro residual livre nas redes de abastecimento de água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Goiânia, 2018, 144 p. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/teseserver/api/core/bitstreams/63211f06-8539-4352-8174-906a022f8e42/content>. Acesso em: 02 abr. 2023.

PALMEIRA, Á. R. O. A.; SILVA, V. A. T. H.; DIAS JÚNIOR, F. L., STANCARI, R. C. A.; NASCENTES, G. A. N.; ANVERSA, L. Physicochemical and microbiological quality of the public water supply in 38 cities from the midwest region of the State of São Paulo, Brazil. **Water Environment Research**, [United States], v. 91, p. 805-812, 2019. DOI:10.1002/wer.1124. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta1/resource/pt/mdl-31004532>. Acesso em: 09. fev. 2024.

PÉREZ, R.; MARTÍNEZ-TORRENTS, A.; MARTÍNEZ, M.; GRAU, S.; VINARDELL, L.; TOMÀS, R.; MARTÍNEZ-LLADÓ, X.; JUBANY, I. Chlorine Concentration Modelling and Supervision in Water Distribution Systems. **Sensors**, [Switzerland], v. 22, n. 5578, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22155578> Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/15/5578>. Acesso em: 12 abr. 2024.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE QUIRINÓPOLIS (PMSB). **Quirinópolis, GO**. 2018. Disponível em: https://sapl.quirinopolis.go.leg.br/media/sapl/public/documentoacessorio/2018/1/pmsb_quirinopolis_v.apresentacao_audiencia_publica_fxsc14L.pdf. Acesso em 18 fev. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIRINÓPOLIS. 2024. [Arquivos fornecidos pelo Departamento de Superintendência de Habitação da Prefeitura Municipal de Quirinópolis, Goiás, ago. 2024].

SANTANA, A. B. C.; LOPES, A. F.; MENDES, A. P.; YAMAGUCHI, K. K. L. Análise de dados do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua) no estado do Amazonas, 2016-2020, **Vigilância**

Sanitária em Debate, [Rio de Janeiro], v. 9. 25-34, 2021. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.22239/2317-269x.01936>.
<https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/1936/1377>
. Acesso em: 10 jul. 2024.

SILVA, J. C.; H. P.; PONTES, G. J.; BARBOSA. Sistema de abastecimento de água do município de Catalão-GO: Avaliação da turbidez, cloração e qualidade bacteriológica. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, [São Paulo], v. 73, n. 3, p. 280-286, 2014. DOI: 10.18241/0073-98552014731616. Disponível em: https://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/10/rial73_3_completa/artigos-separados/1616.pdf. Acesso em: 13 jan. 2024.

SISTEMA ESTADUAL DE GEOINFORMAÇÃO (SIEG). 2022. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/siegdownloads/>. Acesso em: 10 dez. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Ministério da Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento ambiental (SNSA). **Série Histórica**, 2022. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 3 abr. 2024.

SOARES, A. C. G. M. SILVA, R. A. S.; JESUS, C. V. F.; SANTANA, R. F.; LIMA ÁLVARO, S.; LIMA SONIA, O.; MARQUES, M. N. Avaliação da água e o risco à saúde na Zona de Expansão de Aracaju - SE. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170256r1vu2020L4AO>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/rNhnzD6yb5DQMHyKHj4yKss/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 dez. 2022.

SOARES, S. S.; ARRUDA, P. N.; LOBÓN, G. S.; SCALIZE, P. S. Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 119-130, 2016. DOI: 10.5433/1679-0375.2016v37n1p119. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/21599/18097>. Acesso em: 10 abr. 2024.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 2005, 452 p.

VIGILÂNCIA SANITÁRIA DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS. **Análises de Água do Município de Quirinópolis, Goiás de 2021**. 2021. [Planilhas com os dados fornecidas pela Vigilância Sanitária local, mai. 2023].

VIGILÂNCIA SANITÁRIA DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS. **Análises de Água do Município de Quirinópolis, Goiás de 2022**. 2022. [Planilhas com os dados fornecidas pela Vigilância Sanitária local, mai 2023].

VIGILÂNCIA SANITÁRIA DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS. **Análises de Água do Município de Quirinópolis, Goiás de 2023**. 2023. [Planilhas com os dados fornecidas pela Vigilância Sanitária local, dez. 2023].

ZHANG, Y.; XU, Z. Efficiency evaluation of sustainable water management using the HF-TODIM method. **International Transactions in Operational Research**, [S. l.], 2016. DOI: 10.1111/itor.12318. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley-com.ez163.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1111/itor.12318>. Acesso em: 10 fev. 2024.

4 CONCLUSÃO GERAL

O desenvolvimento deste trabalho visou compreender as condições da qualidade da água de abastecimento público da cidade de Quirinópolis, Goiás por meio das análises dos dados secundários dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos fornecidos pela Vigilância Sanitária no período de 2021 a 2023.

Com esse propósito, foi realizada uma revisão integrativa sobre os microrganismos relacionados à contaminação da água utilizada para consumo humano e concluiu que houve maior volume de publicações em 2015 e 2017 e os países com maior produção científica sobre a temática foram os Estados Unidos e o Paquistão. As bactérias *Escherichia coli* enteropatogênicas, tiveram maior evidências nas pesquisas como os microrganismos relacionados à contaminação da água utilizada para consumo humano e às Doenças Diarreicas Agudas (DDA).

Ao realizar a avaliação dos dados microbiológicos de Coliformes totais e *Escherichia coli*, por meio de mapeamento, para mostrar a distribuição das amostras em escala espacial-temporal, nota-se que a distribuição espacial-temporal das coletas de amostras de água em 34 bairros de Quirinópolis, com número de presenças de Coliformes totais persistindo ao longo dos meses de 2021 a 2023 e *Escherichia coli* entre 2021 e 2022. Embora a região central tenha sido a mais amostrada no período, também foi a que detectou maior número de presenças para *Escherichia coli* em dois anos consecutivos, exceto 2023, sugerindo ser um problema pontual nessa área da cidade.

Além disso, foram avaliados dados do cloro residual livre para verificar conformidades e eventuais inconformidades em relação aos padrões normativos de potabilidade da água para consumo humano que apontou um único bairro periférico e localizado nas proximidades do cemitério da cidade, sem registros de amostragens no período de 2021 a 2023. Além do mais, houve pouca representatividade com amostras únicas em alguns bairros, dificuldade de manutenção da concentração do desinfetante dentro do limite mínimo permitido. Em sete bairros houve recorrência de teores únicos e médios abaixo do exigido e nenhum valor excedeu o teor máximo de 5,0 mg/L. Portanto, a qualidade da água potável é imprescindível para a manutenção da saúde humana, precisa ser tratada, mantida dentro dos teores mínimos aceitáveis de cloro residual livre e isenta de agentes microbiológicos, para que ela seja segura e possa ser consumida sem riscos à saúde.