

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

 <https://doi.org/10.56238/arev7n2-220>

Data de submissão: 18/01/2025

Data de publicação: 18/02/2025

Zênia Moreira de Matos

Mestre em Ambiente e Sociedade

Universidade Estadual de Goiás (UEG) - Câmpus Sudoeste, Sede Quirinópolis, Goiás

Pedro Rogerio Giongo

Doutor em Ciências - Irrigação e Drenagem

Docente da Universidade Estadual de Goiás (UEG) - Câmpus Sudoeste, Sede Quirinópolis, Goiás

Débora de Jesus Pires

Doutora em Genética

Docente da Universidade Estadual de Goiás (UEG) - Câmpus de Itumbiara, Goiás

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* (*E. 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 *E. 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 *E. coli* em 2021 e 2022. Embora, tenha melhorado a qualidade microbiológica da água com relação a *E. 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 prever 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.

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 fatores que podem comprometer a qualidade da água após o tratamento.

Um dos principais problemas é 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, conexões cruzadas entre uma fonte de esgoto e uma linha de água ou até mesmo falhas na manutenção do desinfetante residual (United States Environmental Protection Agency, 2006). 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 *E. 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 *E. 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.*, *Estamoeba 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 *E. coli*, da água de abastecimento para consumo humano na cidade de Quirinópolis, Goiás, com base nos padrões preconizados pelo Ministério da Saúde.

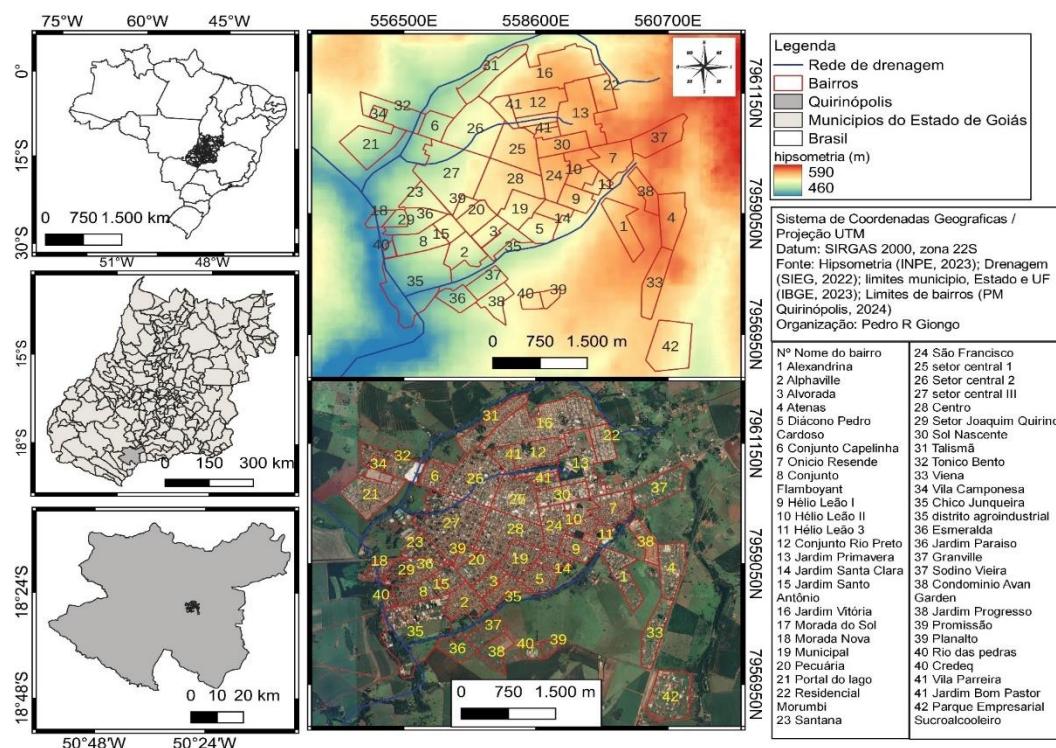
2 METODOLOGIA

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°24'48" S, longitude 50°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 *E. 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

Os dados secundários dos parâmetros de Coliformes totais e *E. 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 *E. 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 *E. 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 *E. 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.

Os dados foram mapeados utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG). 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 *E. 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 *E. 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 *E. 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 *E. 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).

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 *E. 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).

Tabela 1 - Total de amostras, frequências absoluta e relativa em relação à presença e ausência de Coliformes totais e *E. 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).

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 *E. 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 *E. 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 consequentemente, 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, 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 *E. coli*, medidas de controle devem ser providenciadas imediatamente para adequar a água ao padrão de qualidade para consumo humano.

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 *E. 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 *E. coli* nas amostras de água (Figura 3).

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).

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



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

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

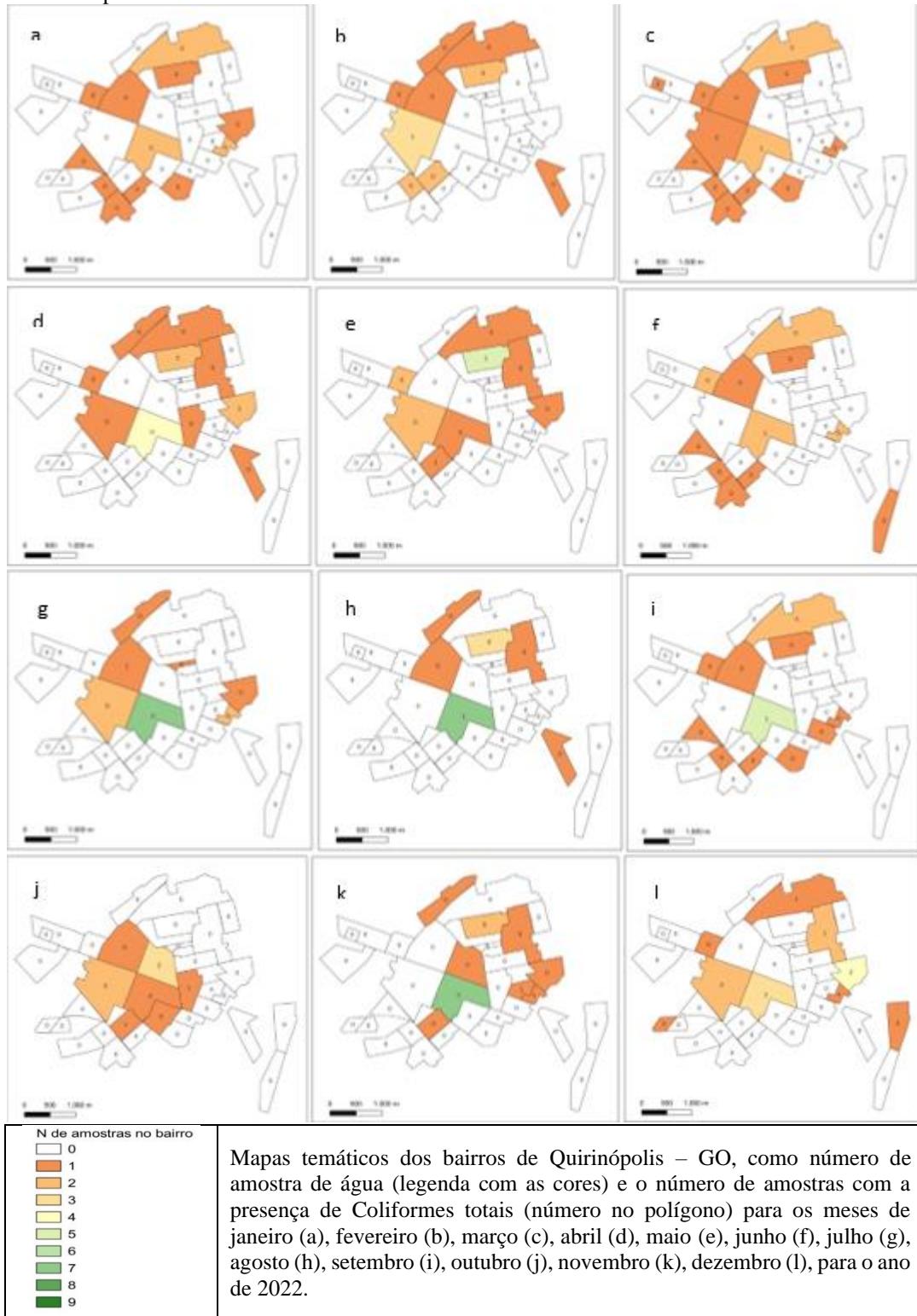
amostragem de água em diversos meses. Em média, apenas 10 bairros (29% do total) foram amostrados por mês, enquanto 24 bairros (71%) não tiveram suas águas coletadas para análise. Essa lacuna na coleta de amostras é preocupante, pois impede a detecção de possíveis problemas na qualidade da água fornecida 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 *E. 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).

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).

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).

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 *E. 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 *E. 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.

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

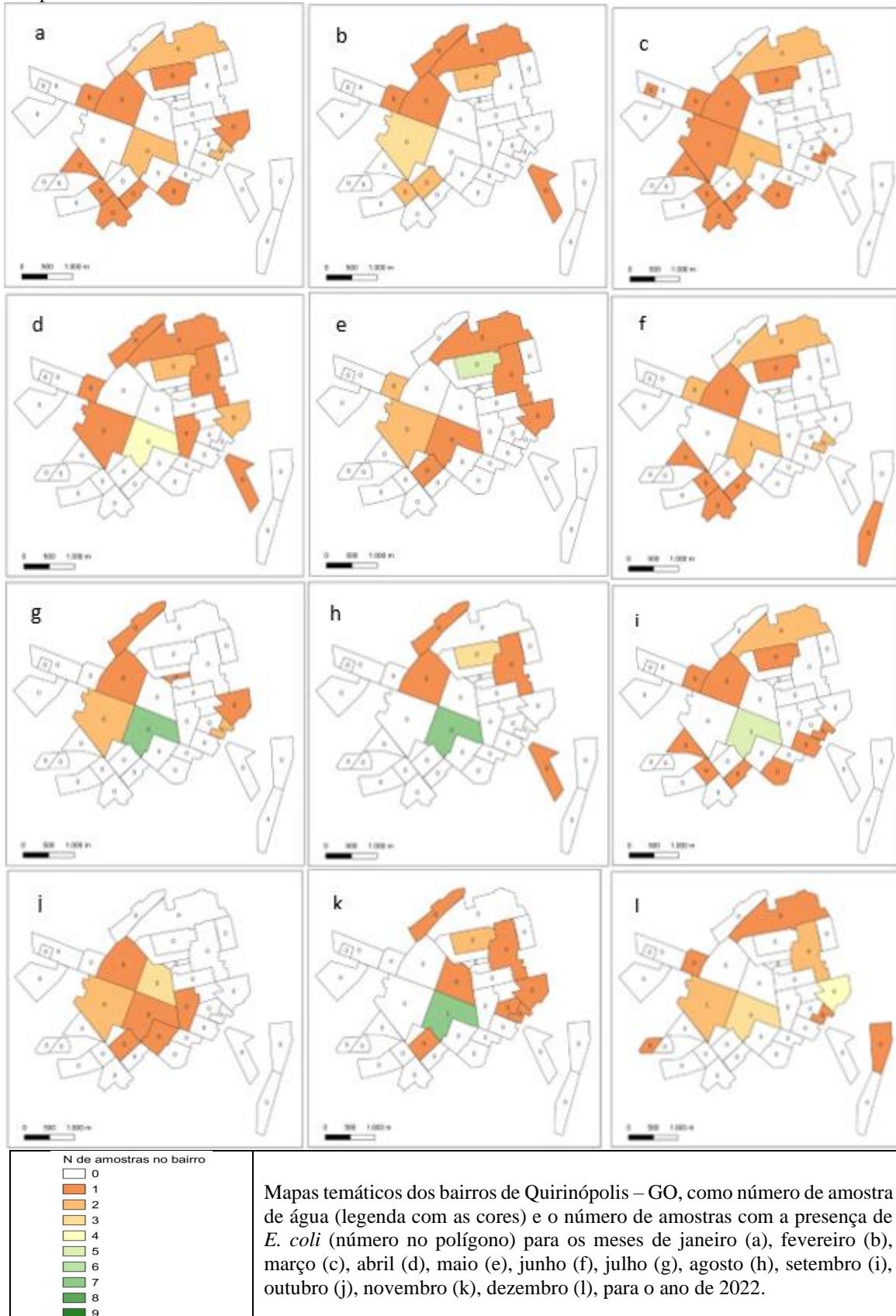
Desta feita, estudos têm confirmado a contaminação microbiológica da água por meio de dados secundários como a pesquisa de Alves *et al.* (2016) sobre o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, constatando em municípios de Goiás no ano de 2014, com tratamento de água geridos por administração pública, a presença de *E. 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 *E. coli* em municípios do Rio de Janeiro e constataram alta prevalência de protozoários em regiões afetadas por coliformes.

A contaminação por *E. 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 *E. coli*, sem atenderem aos padrões de potabilidade.

Observa-se na Figura 5, que a ocorrência de amostras com a presença da bactéria *E. 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 *E. 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 *E. 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 *E. coli* para o ano de 2022.



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 *E. 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 teor mínimo 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.

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.



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

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).

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 *E. 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 *E. 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 *E. coli*, constatando a inexistência de microrganismos patogênicos na água tratada. Em outro estudo realizado por Morais *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 *E. 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 *E. 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 *E. 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 *E. 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 *E. 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 recoleta 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 *E. 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 *E. 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 *E. 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).

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 *E. 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).

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).

Na constatação da presença de Coliformes totais em amostras de água tratada, exige-se análise específica para *E. coli* (Brasil, 2016). Vale notar que, a *E. 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; Morais *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 *E. 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 *E. 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 *E. 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 *E. 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 *E. 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 *E. 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 *E. 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 *E. coli*, é imprescindível para manter a água segura para consumo (Morais *et al.*, 2016). Tradicionalmente, a *E. 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 *E. coli*. Já durante o monitoramento de 2023, nenhuma bactéria *E. 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 *E. 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 *E. 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 *E. 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 *E. coli* no período analisado. Ademais, o uso do 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

A primeira autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado concedida. Os autores também agradecem pelo apoio financeiro da Universidade Estadual de Goiás a esta pesquisa, por meio dos recursos do Pro Programas 2023 e 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 Assem Mae (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: 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](https://doi.org/10.34119/bjhrv6n5-575). Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/64262/46161>. Acesso em: 30 jul. 2024.

BORTOLOTI, 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://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*. Brasília: DF, Ministério da Saúde, 2016. ISBN 978-85-334-2379-4. Disponível em: https://bvsms.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. 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.

FERNÁDEZ, 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-municios/#:~:text=Em%20Goi%C3%A1s%2C%2074%20munic%C3%ADpios%20est%C3%A3o,casos%20em%20todo%20o%20Pa%C3%ADs](https://goias.gov.br/saude-monitora-doenca-diarreica-aguda-que-atinge-74-municios/#:~:text=Em%20Goi%C3%A1s%2C%2074%20munic%C3%ADpios%20est%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. *Iamgem extraída do Google Earth*. 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 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>. 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/siegtorrent/>. 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/issuempaper_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.