

Avaliação da qualidade microbiológica da água do médio curso do rio Itapecuru, estado do Maranhão, Brasil

Evaluation of the microbiological quality of the water of the middle course of the river Itapecuru, state of Maranhão, Brazil

Evaluación de la calidad microbiológica del agua del curso medio del río Itapecuru, estado de Maranhão, Brasil

Recebido: 04/04/2022 | Revisado: 13/04/2022 | Aceito: 27/04/2022 | Publicado: 30/04/2022

Luciana Rocha Paula

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6264-7876>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: lucianapaula_99@hotmail.com

Daniel Limeira Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9377-9516>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: limeira84@hotmail.com

Francisléia Falcão França Santos Siqueira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7021-3640>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: leiafalcao7@gmail.com

Letícia da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1514-255X>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: lsleticiasilva@hotmail.com

Camila Braga da Conceição

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2028-7443>
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: camilabragabiologacx@gmail.com

Slanna Larissa Olimpio Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9644-3767>
Instituto Federal do Piauí, Brasil
E-mail: slanna12larissa@gmail.com

Leandro Josuel da Costa Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6051-2540>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: leandrosantos.educ@gmail.com

Francisco Laurindo da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6837-4509>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: flspb@yahoo.com.br

Resumo

O monitoramento e avaliação permanente dos corpos hídricos em áreas urbanas e suburbanas são essenciais para controlar a qualidade da água. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a qualidade microbiológica da água do rio Itapecuru no curso que percorre a cidade de Caxias-MA. Para a realização das análises microbiológicas da água, foi utilizada a metodologia dos tubos múltiplos, que é indicada para determinação de microrganismos, tais como coliformes totais e coliformes termotolerantes. Inicialmente foi realizado o teste presuntivo, no qual os tubos positivos dessa etapa (tubos que apresentaram fermentação da lactose e produção de gás) foram registrados e a partir deles sucederam-se o teste confirmativo e o teste complementar. No resultado do teste presuntivo as leituras alternaram entre 240 e >1.600 NMP/100 ml, no teste confirmativo para coliformes totais e no teste complementar (*Escherichia coli*- EC) para coliformes termotolerantes houve uma variação entre 14 e 1600 NMP/100 ml para ambos os testes. Conclui-se que os pontos a montante e central do rio foram classificados como próprio e excelente para balneabilidade e o ponto a jusante como impróprio.

Palavras-chave: Análise da água; Coliformes; Bacia hidrográfica do Itapecuru.

Abstract

Permanent monitoring and evaluation of water bodies in urban and suburban areas are essential to control water quality. The objective of this research was to evaluate the microbiological quality of the water of the river Itapecuru in

the course that runs through the city of Caxias-MA. To carry out the microbiological analysis of the water, the methodology of multiple tubes was used, which is indicated for the determination of microorganisms, such as total coliforms and thermotolerant coliforms. Initially, the presumptive test was performed, in which the positive tubes of this stage (tubes that showed lactose fermentation and gas production) were recorded and from them, the confirmatory test and the complementary test were followed. In the result of the presumptive test, the readings varied between 240 and >1,600 MPN/100 ml, in the confirmatory test for total coliforms and in the complementary test (*Escherichia coli*-EC) for thermotolerant coliforms, there was a variation between 14 and 1600 MPN/100 ml for both the tests. It is concluded that the upstream and central points of the river were classified as suitable and excellent for bathing and the downstream point as inappropriate.

Keywords: Water analysis; Coliforms; Itapecuru watershed.

Resumen

El monitoreo y evaluación permanente de los cuerpos de agua en áreas urbanas y suburbanas son esenciales para controlar la calidad del agua. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad microbiológica del agua del río Itapecuru en el curso que atraviesa la ciudad de Caxias-MA. Para realizar el análisis microbiológico del agua se utilizó la metodología de tubos múltiples, la cual es indicada para la determinación de microorganismos, como coliformes totales y coliformes termotolerantes. Inicialmente se realizó la prueba presuntiva, en la cual se registraron los tubos positivos de esta etapa (tubos que mostraban fermentación de lactosa y producción de gas) ya partir de ellos se siguió la prueba confirmatoria y la prueba complementaria. En el resultado de la prueba presuntiva las lecturas variaron entre 240 y >1.600 NMP/100 ml, en la prueba confirmatoria para coliformes totales y en la prueba complementaria (*Escherichia coli*-EC) para coliformes termotolerantes hubo una variación entre 14 y 1600 MPN/100 ml para ambas pruebas. Se concluye que los puntos aguas arriba y central del río fueron catalogados como aptos y excelentes para el baño y el punto aguas abajo como inadecuados.

Palabras clave: Análisis del agua; Coliformes; Cuenca hidrográfica de Itapecuru.

1. Introdução

A água é fundamental para vida na Terra, recurso renovável que sustenta a biodiversidade e mantém funcionando ciclos em: ecossistemas, comunidades e populações (Tundisi, 2014). Os rios são importantes fontes de recursos hídricos, os quais são indispensáveis aos seres vivos, apresentando elevada importância econômica, social, cultural e histórica da cidade onde se encontram (Silva Sousa et al., 2016).

O monitoramento e avaliação permanente dos corpos hídricos em áreas urbanas e suburbanas são essenciais para controlar a qualidade da água e adequar os sistemas de tratamento a ela (Tundisi, 2014). O conceito qualidade de água é relativo, pois depende diretamente do uso ao qual se destina como: balneabilidade, irrigação, consumo humano, transporte, uso industrial ou manutenção da vida aquática (Formiga et al., 2019).

No Brasil, as especificações de balneabilidade das águas estão presentes na Resolução Nº 274, de 29 de novembro de 2000 do CONAMA (Brasil, 2000). Conforme esse regulamento, a análise das condições sanitárias é realizada através da detecção de indicadores microbiológicos de poluição fecal. Além de estabelecer critérios, com base em padrões de contaminação, que visam classificar as condições de balneabilidade de um determinado local (Kolm & Miquelante, 2010).

A saúde e o bem-estar humano podem ser influenciados pelas situações que se encontram os corpos hídricos. As águas consideradas próprias para as condições de balneabilidade poderão ser divididas em diferentes classes: 1. Excelente: o ponto máximo que se pode alcançar é de 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros; 2. Muito Boa: o nível mais elevado é de 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros e 3. Satisfatória: com no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros (Brasil, 2000).

Indicadores microbiológicos estão sendo utilizados em nível global para examinar a contaminação de corpos hídricos por rejeitos humanos, comumente são estudados organismos que são encontrados em elevadas concentrações em fezes humanas (Vasconcellos et al., 2022). A análise da qualidade da água para balneabilidade está fundamentada na metodologia de amostragem e avaliação microbiológica, com indicativos do grupo de coliformes fecais (termotolerantes) e *Escherichia coli* (American Public Health Association – APHA, 2017).

Escherichia coli (*E. coli*) é uma bactéria encontrada naturalmente no intestino de humanos e animais de sangue quente, ela é produtora de toxina Shiga (STEC), que pode ser isolada em corpos de água (como lagoas e riachos), poços e calhas de água, além disso, já foi encontrada sobrevivendo por meses em estrume e sedimentos de calhas de água. A transmissão desse organismo tem sido relatada, tanto por água potável contaminada quanto por águas recreativas (Abelho, 2013; WHO, 2018).

Os microrganismos, especialmente bactérias do grupo dos coliformes, são as que melhor respondem às modificações das condições ambientais. São amplamente distribuídos na natureza e se propagam com maior frequência na água, que, dependendo da cepa bacteriana não são patogênicos, mas indicam a potencialidade da água na transmissão de doenças ambiente. A análise bacteriológica da água dos mananciais é relevante, pois a presença em alto nível de bactérias neste ecossistema demonstra que há considerável quantidade de matéria orgânica no ambiente (Babick & Rhoden, 2018).

O rio Itapecuru está sendo afetado constantemente pela poluição de esgotos domésticos e por impactos resultantes de resíduos produzidos por fábricas ou indústrias. Essas substâncias poluidoras podem ser conduzidas para os riachos que são afluentes desse rio, transportando matéria orgânica, fezes, rejeitos, dentre outros compostos que afetam diretamente na qualidade da água (Almeida, 2019). O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade microbiológica da água do rio Itapecuru no curso que percorre a cidade de Caxias-MA, investigando se há contaminação por coliformes nas amostras do corpo hídrico.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Caxias-MA, que fica situado na região Meio-Norte do Brasil e é a quinta cidade mais populosa do estado do Maranhão. Pertence à Zona Fisiográfica do Itapecuru, localizada na mesorregião do Leste Maranhense, e está situado entre as coordenadas 04°51'32" (latitude sul) e a 43°21'22" (longitude oeste), com uma altitude de 66 metros, ao nível do mar (Barros, 2012; Souza et al., 2021).

Possui uma área de 5.151 Km², sendo limitado ao norte pelos municípios de São João do Sóter, Parnarama, Matões e Timon; a leste pelo estado do Piauí. Com uma população de aproximadamente 166.159 habitantes, segundo dados do Censo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2021). Sua posição está a 282 km da capital, São Luís/MA, e possui uma área de transição climática do semiárido nordestino para o equatorial amazônico. Caxias apresenta uma precipitação média anual de 1.517,9 mm consoante as normas climatológicas do INMET para o período 1981- 2010 (Barros, 2012; Correia Filho et al., 2011; Souza et al., 2021).

Com clima do tipo sub-úmido seco, temperatura média anual é de 27,6°C, com o mês mais quente sendo outubro (29,8°C) e o mês menos quente em março (26,3°C), umidade relativa do ar com cerca de 70 e 73%, duas estações bem definidas, uma chuvosa que vai de dezembro a junho e outra seca que vai de julho a novembro. Há predomínio de solos do tipo latossolo vermelho-alaranjado, podzólico vermelho-amarelado, areias e solos aluviais. A principal fitofisionomia na cidade é a Floresta Estacional Semidecidual, com predominância de babaquais, em algumas áreas o babaçu deixa de ser encontrado tornando evidente o cerrado e cerradão (Barros, 2012; Souza et al., 2021).

A bacia hidrográfica do rio Itapecuru situa-se na parte centro-leste do estado do Maranhão, abrange uma área de aproximadamente 16% das terras do estado, com uma área de 52.972,1 Km². Demarcado a leste e sul pela bacia do rio Parnaíba mediante a serra do Itapecuru, chapada do Azeitão e outras elevações menores, a sudoeste e oeste pela bacia do Mearim e a nordeste pela bacia do Munim (Alcântara, 2004).

O rio Itapecuru nasce nas fronteiras dos Municípios de Mirador, Grajaú e São Raimundo das Mangabeiras na encosta localizada ao norte da Serra da Croeira, escoando a 1.450 Km depois no Oceano Atlântico, na Baía de São José, a leste da Ilha

de São Luis. Os afluentes de relevância a bacia são: rio Alpercatas, rio Corrente, rio Pucumã, rio Santo Amaro, rio Itapecuruzinho, rio Tapuia, rio Peritoró, rio Gameleira, rio Pirapemas, e rio Codozinho (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba [CODEVASF], 2019).

A bacia do rio Itapecuru é dividida fisiograficamente em três regiões distintas: alto, médio e baixo Itapecuru. O município de Caxias está situado na região do médio Itapecuru. A parte do rio Itapecuru que perpassa a cidade possui vários afluentes, com diversos banhos naturais e demais cursos d'água como: o Rio Itapecuruzinho, os riachos São José e do Inhamum e a Baixa do Bonfim (Alcântara, 2004; Alves, 2010; Barros, 2012; Núcleo Geoambiental [NUGEO], 2016; Souza et al., 2021).

2.2 Coleta das amostras de água

As amostras de água foram coletadas no período de setembro a fevereiro. As coletas foram realizadas entre 07:00 e 08:30h. Para cada ponto, foram coletadas três amostras. Os ensaios foram realizados em triplicata, sendo totalizadas nove coletas ao todo. Os pontos de coletas foram determinados pela autora do trabalho, com a finalidade de avaliar a qualidade da água em diferentes locais do Rio Itapecuru no município de Caxias. Foram definidos três pontos distintos, um a montante (PI) do curso do rio Itapecuru que atravessa a cidade, outro na parte central (PII) e o outro a jusante (PIII), assim como no trabalho de Cantanhede et al. (2015) que realizaram a análise microbiológica das águas do Rio Itapecuru no município de Codó.

As coletas seguiram às exigências contidas no Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS (Lira, 2014). No momento de cada coleta foram feitos registros fotográficos e as coordenadas de cada ponto foram obtidas por aparelho GPS (Sistema de Posicionamento Global) Garmin Etrex (Tabela 1).

Tabela 1- Coordenadas dos pontos amostrais selecionados para este estudo.

Pontos de coleta	Coordenadas Geográficas	
	Latitude	Longitude
PI	04°49.771'	043°22.101'
PII	04°51.449'	043°22.082'
PIII	04°54.919'	043°21.464'

Fonte: Aparelho Garmin Etrex H Handheld GPS Navigator.

Iniciou-se o procedimento de coleta retirando-se a tampa do frasco autoclavado com o papel protetor. O frasco foi seguro pela base, mergulhado rapidamente com a boca para baixo, de forma a atingir uma profundidade de 15 a 30 cm. Essa técnica evita a entrada de contaminantes da superfície da água. Com o frasco submerso, virou-se para linha horizontal no sentido contrário a correnteza ou fluxo da água, inclinando o frasco lentamente para cima, a fim de permitir a saída do ar e o enchimento do mesmo, tendo o cuidado de não coletar partículas ou resíduos estranhos que não compõem a constituição natural da água (Lira, 2014).

Trazendo o frasco à superfície, foi desprezada a água e repetiu-se o mesmo processo em um total de 3 (três) vezes. Essa técnica serve para ambientar o frasco com as condições da água do rio. Ao retirar o frasco do corpo de água, desprezou-se uma pequena porção da amostra deixando um espaço vazio para permitir a sua perfeita homogeneização antes do início da análise. Logo após, o frasco foi fechado imediatamente, fixando o papel protetor ao redor do gargalo (Lira, 2014).

Todas as amostras foram identificadas (local, data, horário) e acondicionadas em caixa isotérmica com gelo e levadas diretamente para análise no laboratório de Microbiologia e Imunologia das doenças infecciosas (LAMIDI), da Universidade

Estadual do Maranhão - Centro de Estudos Superiores de Caxias (UEMA/CESC), pois o tempo de coleta e a realização do exame não devem exceder 24 horas.

2.3 Análises microbiológicas da água

Para a realização das análises microbiológicas da água, foi utilizado o método dos Tubos Múltiplos, a fim de se obter o Número Mais Provável/100 mL de amostra de bactérias do grupo coliformes de acordo com as recomendações descritas em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017).

2.3.1 Teste presuntivo

A pesquisa de coliformes a 35° C para cada amostra de água procedeu-se da seguinte forma: foram inoculados com pipeta esterilizada 10 mL, 1,0 mL e 0,1 mL da amostra, em uma bateria de quinze tubos, distribuídos de 5 em 5, contendo 10 mL de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST). A concentração do caldo LST foi duplicada na primeira série de cinco tubos. As demais séries foram de concentrações simples.

Em seguida os tubos inoculados foram incubados em estufa a $35 \pm 0,5^\circ$ C por 24 a 48 ± 2 horas para observação do crescimento com formação de gás dentro do tubo de Durham. No teste presuntivo, foram considerados positivos os tubos que apresentaram crescimento e produção de gás (Figura 1) e após isso se realizou o teste confirmativo. Nos tubos que não houve formação de gás durante o período de incubação, a análise foi encerrada nessa etapa com resultado negativo.

Figura 1- Crescimento microbiano em caldo Lauril Sulfato Triptose com a produção de gás. Caxias-MA, 2022.



Fonte: Autores.

2.3.2 Teste confirmativo

Dos tubos positivos no LST foi transferida uma alçada para tubos contendo Caldo Verde Brillante Bile Lactosado a 2% (VBBL) e incubados a $35 \pm 0,5^\circ$ C por 24 a 48 ± 2 horas. A presença de gás nos tubos de Durham do caldo verde brilhante evidenciou a fermentação da lactose presente no meio (Figura 2). Foi registrado o número de tubos positivos para determinar o Número Mais Provável/ml (NMP/ml).

Figura 2- Crescimento bacteriano em Caldo Verde Brilhante Bile Lactosado a 2% (VBBL) com ausência e presença de crescimento e produção de gás, um sendo negativo e o outro positivo para o teste confirmativo.

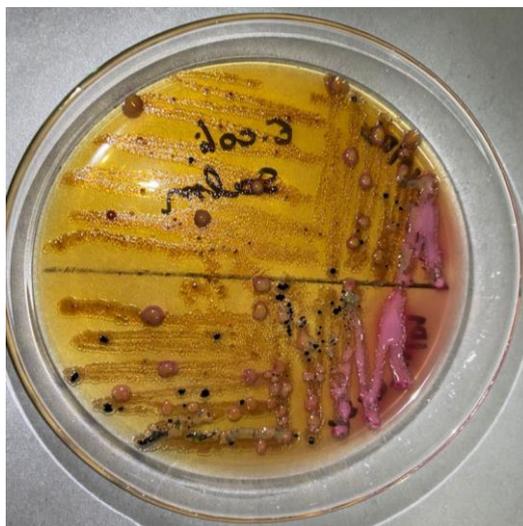


Fonte: Autores (2022).

Uma alíquota de 100 µl foi colocada na superfície do ágar Salmonella-Shigella (SS) e utilizou-se a alça de platina para distribuir em forma de estrias na placa, sendo posteriormente incubadas em estufa bacteriológica entre 35-37°C por 18- 24h. Após esse tempo de incubação os microorganismos foram identificados macroscopicamente com base em características fenotípicas (Santos Filho, 2006).

As bactérias foram identificadas seguindo características de cada gênero. Colônias opacas, translúcidas ou transparentes com ou sem o centro preto, são características de *Salmonella* spp. e outros microrganismos não fermentadores de lactose; colônias incolores são aspectos de *Shigella*, e as colônias mucoides avermelhadas evidenciam alguns microrganismos fermentadores de lactose que são capazes de crescerem no meio (Figura 3) (Santos Filho, 2006).

Figura 3. Demonstração do crescimento de *Salmonella* e *Escherichia coli* no meio de cultura Salmonella-Shigella (SS). Caxias-MA, 2022.



Fonte: Autores.

2.3.3 Teste complementar (*Escherichia coli*-EC)

Dos tubos positivos no LST transferiu-se uma alçada para tubos contendo caldo *Escherichia coli* (EC) que foram incubados por 24 a 48 h \pm 2 horas em banho-maria a 44,5 \pm 0,2°C. Foi registrado o número de tubos positivos no caldo EC com produção de gás dentro do tubo de Durham para determinar o Número Mais Provável/mL (NMP/mL). Na Figura 4 observa-se a produção de gás em tubo e no outro a ausência.

Figura 4- Tubos contendo caldo *Escherichia coli* (EC) com presença e ausência de crescimento bacteriano e a produção de gás. Caxias-MA, 2022.



Fonte: Autores.

De cada tubo positivo para o crescimento bacteriano em caldo EC, uma alíquota de 100 μ l foi transferida para uma placa de Petri contendo o meio de cultura ágar eosina azul de metileno (EMB), utilizando-se uma alça de platina, como semente na forma de estrias em placas. Posteriormente as placas foram incubadas de 35 a 37°C por 24 horas. A identificação da cepa bacteriana foi realizada fenotipicamente com base na pigmentação das colônias bacteriana, emitindo o verde brilho metálico com centros enegrecidos (Figura 5), assim, confirmando a presença da bactéria *Escherichia coli* (Santos Filho, 2006).

Figura 5- Placa contendo ágar eosina azul de metileno (EMB) com características fenotípicas macroscópicas da bactéria *Escherichia coli*.



Fonte: Autores (2022).

3. Resultados e Discussão

As análises microbiológicas das nove amostras de água coletadas estimaram a quantidade de coliformes totais através dos testes presuntivos e confirmativos. No teste presuntivo as leituras alteraram entre 240 e >1.600 NMP/100 ml (Tabela 2).

Verificou-se que no PIII todas as amostras foram positivas no caldo LST, isso pode ser observado devido ao fato dessas amostras serem coletadas no período chuvoso. A alta concentração de bactérias identificada no período das chuvas provavelmente pode ser esclarecida devido às águas pluviais ao escoarem pelo solo levam consigo, para o leito do rio, impurezas provenientes dos resíduos sólidos advindas de fezes de animais e elemento tóxico encontrado na superfície da terra, implicando na qualidade das águas do rio (Carvalho Souza, 2016).

Tabela 2 - Densidade de coliformes totais obtida com o teste presuntivo (Número Mais Provável/100 ml), proveniente dos pontos localizados no curso do rio Itapecuru na cidade de Caxias-MA, 2022.

Pontos	Amostragem		
	1	2	3
PI	280	240	920
PII	>1600	280	>1600
PIII	>1600	>1600	>1600

Fonte: Autores.

Os resultados obtidos no trabalho realizado por Formiga et al. (2019) na área do balneário Veneza, variaram entre 9,2 a >16, 0 NMP/100 ml. O PIII encontra-se a poucos metros do balneário citado, essa localidade de é exposta à presença de ações antrópicas e de animais e não apresenta nenhum tipo de tratamento preventivo ou corretivo no corpo hídrico.

Paula et al. (2021) classificou esse local (PIII) como receptor de contaminantes diretamente em seu curso hídrico, e apontou que dos dez pontos do rio Itapecuru pesquisados, a maior condutividade aferida foi nesse local com: 62,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 60,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 59,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Essa área recebe esgoto *in natura* em seu leito e está localizado próximo ao balneário Veneza, que é uma área de lazer bastante freqüentada pela comunidade do município de Caxias.

Com o teste confirmativo pode-se observar que os coliformes totais apresentaram uma variação entre 14 e 1600 NMP/100 ml (Tabela 3). Os locais que apresentaram maior e menor número de coliformes totais foi o PII (1600 NMP/100 ml) e o PI (14 NMP/100 ml), respectivamente.

Tabela 3 - Densidade de coliformes totais obtida com o teste confirmativo (Número Mais Provável/100 ml), proveniente dos pontos localizados no curso do rio Itapecuru na cidade de Caxias-MA, 2022.

Pontos	Amostragem		
	1	2	3
PI	24	27	14
PII	1600	280	1600
PIII	540	920	920

Fonte: Autores.

No estudo realizado por Vasconcelos et al. (2018) no riacho Lamego (situado na bacia do rio Itapecuru) foram encontrados coliformes totais entre 240 a >1.100 NMP/100 ml. Esses dados podem estar relacionados aos pontos de coleta que os autores escolheram para o estudo, pois, três locais estão situados dentro do perímetro da instituição de ensino IFMA-Campus Caxias e um a jusante do IFMA. Essas áreas sofrem constantes alterações oriundas de ações antrópicas, além disso, a nascente do riacho Lamego fica localizada próximo ao Residencial Eugenio Coutinho que provavelmente vem contribuindo com poluição e conseqüentemente ocasionando impacto ambiental neste corpo hídrico.

O PI é localizado no início do curso do rio Itapecuru que atravessa a cidade, o que pode justificar ele apresentar o menor quantitativo de coliformes totais. Paula et al. (2021) caracteriza essa região como não receptora de contaminantes em seu leito, com uma temperatura média de 27,9 e potencial hidrogeniônico (pH) com média de 7,32.

As bactérias encontradas no meio SS apresentaram as seguintes porcentagens dos gêneros: no PI *Salmonella* (57%), *Klebsiella* (29%) *Escherichia* (9%) e *Proteus* (5%); no PII *Escherichia* (70%), *Salmonella* (17%) e *Klebsiella* (13%); no PIII *Klebsiella* (43%), *Salmonella* (41%) e *Enterobacter* (16%). Formiga, Câmara & Sousa (2019), encontraram em suas análises nos balneários Veneza e Maria do Rosário em Caxias-MA, os gêneros: *Escherichia* (50%), *Salmonella* (18%), *Klebsiella* (15%), *Enterobacter* (11%) e *Proteus* (6%), os mesmos gêneros de bactérias encontrados no presente estudo.

O teste complementar (EC) apresentou uma variação de 14 e 1600 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes (Tabela 4), o PIII apresentou os maiores valores analisados. No PIII que é localizado nas proximidades da Veneza, observou-se no período das coletas, diminuição da vegetação ripária, uma volumosa quantidade de resíduos sólidos em suas margens, além da presença de casas que o encanamento escoar diretamente seus dejetos no rio, somado a isso, há criação de aves e suínos a poucos metros do local, características que influenciam diretamente na qualidade da água.

Tabela 4-Densidade de coliformes termotolerantes obtida com o teste complementar (Número Mais Provável/100 ml), proveniente dos pontos localizados no curso do rio Itapecuru na cidade de Caxias-MA, 2022.

Pontos	Amostragem		
	1	2	3
PI	24	17	14
PII	49	6,8	14
PIII	1600	350	430

Fonte: Autores.

Na análise de Costa et al. (2016) os três pontos selecionados no rio em Caxias tiveram como resultado ≥ 1600 NMP/100 ml. Os três locais possuem uma grande influência da ação antrópica, P1: Matadouro – Raiz, nesse local há uma grande incidência de animais mortos lançados no rio; P2: Adjacências da ponte velha – Trezidela, nesse local tem um elevado descarte de lixo e esgoto doméstico no leito do rio e P3: Avenida beira rio – Ponte nova, na cidade de Caxias – MA, a presença de lava-jatos nas margens dos rios que lançando sabão, óleo e outros produtos provenientes das lavagens de carros e motos diretamente no corpo hídrico sem nenhum tratamento, podem explicar a elevada taxa de coliformes encontrada em seu trabalho.

Euba Neto et al. (2012) ao analisar as águas do balneário Veneza, em quatro pontos de estações diferentes (A, B, C e D) a quantidade de coliformes fecais variaram de 240 a 1600 NMP/100 ml, valores bem próximos aos coletados pelo atual

artigo. Já no estudo de Silva et al. (2011), os resultados obtidos em três localidades amostradas (A, B e C) evidenciaram uma oscilação entre 90 a >1.600 NMP/100 ml.

As bactérias encontradas no meio EMB no atual estudo apresentaram as seguintes porcentagens dos gêneros: no PI *Escherichia* (40%), *Enterobacter* (25%), *Salmonella* (20%), *Enterococcus* (5%), *Proteus* (5%) e *Klebsiella* (5%); no PII 100% das amostras foram *Escherichia*; e no PIII *Klebsiella* (55%), *Escherichia* (28%), *Salmonella* (10%), *Enterobacter* (5%) e *Proteus* (2%). Notou-se uma elevada porcentagem de *Escherichia coli* nas amostras analisadas, o que indica uma contaminação fecal, pois essa bactéria está presente no trato intestinal de homens e animais homeotérmicos. Vale ressaltar que a presença de cepas de *Klebsiella* e *Enterobacter* evidencia termotolerância, sendo encontradas normalmente em águas poluídas (Andrade & Barros, 2019).

De acordo com a Resolução CONAMA nº274 de 2000 o PI e PII estão dentro da categoria própria e excelente para águas de recreação e contato primário, pois o resultado não ultrapassou o limite de 250 coliformes termotolerantes por 100 ml. Já PIII está caracterizado como impróprio, pois ultrapassou o limite máximo de 1.000 coliformes fecais termotolerantes por 100 ml (Brasil, 2000).

Conforme a Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005 o PI e PII estão classificados na classe 1 pois não excederam o limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 ml. Nessa classificação o recurso hídrico pode ser destinado: (i) ao fornecimento de consumo humano, depois de tratamento de modo simples; (ii) como maneira de proteger as comunidades aquáticas; (iii) no lazer de contato primário, como por exemplo: natação, esqui aquático e mergulho, de acordo com a Resolução CONAMA nº 274, de 2000; (iv) para regar hortaliças que são ingeridas cruas e de frutas que cresçam rentes ao solo e que sejam consumidas cruas sem serem descascadas; (v) e na proteção de comunidades aquáticas nas Terras Indígenas (Brasil, 2005).

O PIII encontra-se classificado como classe 3, pois não excedeu o limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 ml. Podendo assim a água desse ponto ser empregada: (i) no fornecimento para consumo humano, depois de tratamento maneira convencional ou avançada; (ii) para regar culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; (iii) na pesca não profissional; (iv) no lazer de contato secundário; (v) e para suprir a sede de animais (Brasil, 2005).

4. Conclusão

As análises microbiológicas realizadas mostraram a presença de bactérias dos grupos coliformes totais e fecais em todas as amostras, contudo, conclui-se que os pontos a montante e central do rio são classificados como próprio e excelente para balneabilidade e o ponto a jusante como impróprio.

Os valores apresentados de *Escherichia coli* detectados nos pontos de coleta e os gêneros de bactérias encontrado nos ágar SS e EMB servem de alerta para que sejam realizados estudos microbiológicos periódicos no rio Itapecuru, visto que esse rio possui grande importância para o município de Caxias-MA, e a população caxiense o utiliza para diversas finalidades.

Agradecimentos

A CAPES pela concessão de bolsa a primeira autora.

À Universidade Estadual do Maranhão – CESC-UEMA e ao Programa de Pós Graduação PPGBAS

Ao Laboratório de Microbiologia e Imunologia das Doenças Infecciosas – LAMIDI (CESC-UEMA).

Referências

- Abelho, M. (2013). Protocolo de Microbiologia Ambiental parte 3: Microbiologia Aplicada. *Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Coimbra*.
Alcântara, E. H. (2004). Caracterização da Bacia Hidrográfica do rio Itapecuru, Maranhão-Brasil. *Caminhos de Geografia*, 5(11).

- Almeida, U. S. D. (2019). Avaliação da qualidade da água do rio Itapecuru: Análise Físico-Química e Impactos Antrópicos.
- Alves, L. M. C. (2010). Qualidade da água de múltiplos usos na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA.
- Andrade G. F., & Barros D. B. (2019). Bioindicadores Microbiológicos para Indicação de poluição Fecal. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, (34), e1099. <https://doi.org/10.25248/reas.e1099.2019>
- APHA (2017). American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21ª edição. Associação Americana de Saúde Pública. Washington: APHA.
- Babick, L. & Rhoden, A. C. (2018). Avaliação de macroinvertebrados bentônicos, qualidade físico-química e microbiológica da água do Lajeado Rickia. *Revista Ciências Agroveterinárias e Alimentos*, n. 3, 2018.
- Barros, M. C. (2012). Biodiversidade na Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum. *São Luís: UEMA*, 142.
- Brasil. (2000). Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. *Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras*. Brasília.
- Brasil. (2005). 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.
- Cantanhede, E. D. K. P., de Aguiar, A. D. M., Sobrinho, O. P. L., da Silva Moraes, P. S., dos Santos Oliveira, L., dos Santos Xavier, R., & Pereira, A. I. S. (2015). Análise microbiológica das águas do Rio Itapecuru no município de Codó (MA), Brasil. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 6(1), 7-13.
- Carvalho Souza, I. O. (2016). Avaliação da condição de balneabilidade da Praia de Porto Real no município de Porto Nacional–Tocantins. Porto Nacional-TO.
- Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF. (2019). *Plano Nascente Itapecuru: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia hidrográfica do rio Itapecuru*.
- Correia Filho, F. L., Gomes, É. R., Nunes, O. O. & Lopes Filho, J. B. (2011). *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Caxias*. CPRM.
- Costa, C. F., de Azevedo, C. A. S., de Souza Ferreira, S., & da Silva Moura, E. P. (2016). Análise microbiológica da água do Rio Itapecuru em Caxias-MA, Brasil. *Revista Interface (Porto Nacional)*, (10), 274-283.
- Euba Neto, M., da Silva, W. O., Rameiro, F. C., do Nascimento, E. S., & Alves, A. D. S. (2012). Análises físicas, químicas e microbiológicas das águas do balneário Veneza na bacia hidrográfica do médio Itapecuru, MA. *Arquivos do Instituto Biológico*, 79, 397-403.
- Formiga, L. D. A. S., Câmara, J.T., Sousa, A.A.T. (2019). Integração do conhecimento científico biológico. *Curitiba: Brazil Publishing*, 202.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. (2021). *Censo 2020*. Acessado Abril 1, 2022 em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/caxias/panorama>
- Kolm, H. E., & Miquelante, F. A. (2010). Indicadores microbiológicos de poluição fecal na desembocadura da gamboa olho d'água, Paraná: subsídio para o monitoramento da balneabilidade no Brasil. *Publication UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde*, 17(1), 21-35.
- Lira, O. O. (2014). Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS: *Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde*. Brasília: Funasa, 112 p.
- Núcleo Geoambiental-NUGEO. (2016). *Bacias hidrográficas e climatologia no Maranhão*.
- Paula, L. R., Cesar, K. K. F. A., Batista, A. K. R., Siqueira, F. F. F. S., da Silva, L., Limeira Filho, D., ... & da Silva, F. L. (2021). Análise físico-química da qualidade da água do rio Itapecuru no município de Caxias-MA. *Research, Society and Development*, 10(15), e551101521973-e551101521973. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.21973>
- Santos Filho, L. *Manual de Microbiologia Clínica*, 4ª ed.-João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2006.
- Silva Sousa, S., Silva, W. S., Miranda, J. A. L., & Rocha, J. A. (2016). Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú-MA. *Ciência e Natura*, 38(3), 1615-1625.
- Silva, E. O., Silva Freitas, C. F., & Carvalho, L. C. F. (2011). Análise microbiológica da água do balneário Veneza no município de Caxias-MA, Brasil. *Acta Tecnológica*, 6(1), 35-44.
- Souza, C. D. D., Fernandes, R. J. A. R., & Matos, A. J. S. (2021). *Mapeamento de manchas de inundação: Caxias/MA*. CPRM.
- Tundisi, J. G. (2014). Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro. *Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências*, 76.
- Vasconcellos, F. D. S., Iganci, J. R. V., & Ribeiro, G. A. (2022). Qualidade microbiológica da água do rio São Lourenço, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul. *Arquivos do Instituto Biológico*, 73, 177-181.
- Vasconcelos, W. R., da Silva, J. P., & da Paixão Soares, J. (2018). análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do riacho lamego no município de caxias-ma. *RETEC-Revista de Tecnologias*, 11(1).
- WHO (2018). World Health Organization. *E. coli*. <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>>.