

Análise Microbiológica do Lago Bolonha (Belém-Pará) e do Sistema de Tratamento e Distribuição de Água

Microbiological Analysis of Lake Bologna (Belém-Pará) and the Water Treatment and Distribution System

Mylena Santos dos Santos¹
Ana Carolina Costa da Silva²
Bárbara Tamires Chaves Ramos³
Lucas Araújo Ferreira⁴
Vanessa Costa Alves Galúcio⁵

RESUMO

O tratamento da água é fundamental para eliminar impurezas e patógenos, prevenindo doenças, mas ainda há risco de contaminação na distribuição devido a problemas na estrutura das tubulações e manutenção. Este estudo visou realizar análises microbiológicas sobre a qualidade da água do Lago Bolonha e da rede de distribuição até o consumidor, fornecendo assim dados úteis para a melhoria de políticas públicas e medidas de controle. Trata-se de um estudo experimental a fim de verificar a eficácia do tratamento e possíveis contaminações no sistema de distribuição, aplicando técnicas de Tubos Múltiplos. As coletas foram realizadas no Lago Bolonha e na entrada e saída da estação de tratamento Bolonha. O estudo ocorreu em duas etapas: coleta e processamento das amostras, com análises físico-químicas e microbiológicas. Os dados indicaram uma redução no pH de 6,0 para 5,0 entre as coletas, indicando aumento na acidez da água, a turbidez também diminuiu de 4 UT para 3 UT na segunda coleta, sugerindo melhoria na limpidez com o aumento das chuvas. quanto a análises microbiológicas mostraram contaminação significativa por coliformes e *E. coli* no Lago. Isso reforça a necessidade de monitoramento no lago e intervenções no sistema de distribuição.

Palavras-chave: Água. Contaminação. Análise de Água. Lago Bolonha.

ABSTRACT

Water treatment is fundamental to eliminating impurities and pathogens, preventing diseases, but there is still a risk of contamination in the distribution system due to problems in the pipeline structure and maintenance. This study aimed to perform microbiological analyses on the water quality of Lake Bolonha and the distribution network to the consumer, thus providing useful data for improving public policies and control measures. This is an experimental study to verify the effectiveness of the treatment and possible contaminations in the distribution system, applying Multiple Tube techniques. Samples were collected from Lake Bolonha and at the

¹ Graduação em Biomedicina. Faculdade Cosmopolita. E-mail: santosmylena.ms@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4187-6905>

² Graduação em Biomedicina. Faculdade Cosmopolita. E-mail: carolinacosta331@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3895-5701>

³ Mestranda em Virologia. Instituto Evandro Chagas. E-mail: barbaratamires12@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3052-8415>

⁴ Doutorado em Saúde e Produção Animal na Amazônia. Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: lucas.parasitologist@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6539-0519>

⁵ Doutora em Biotecnologia. Universidade Federal do Amazonas. E-mail: Vanessa.galucio@faculadec cosmopolita.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5099-307X>

entrance and exit of the Bolonha treatment plant. The study took place in two stages: collection and processing of samples, with physicochemical and microbiological analyses. The data indicated a reduction in pH from 6.0 to 5.0 between collections, indicating an increase in water acidity; turbidity also decreased from 4 NTU to 3 NTU in the second collection, suggesting an improvement in clarity with increased rainfall. Microbiological analyses showed significant contamination by coliforms and *E. coli* in the lake. This reinforces the need for monitoring in the lake and interventions in the distribution system.

Keywords: Water. Contamination. Water Analysis. Lake Bolonha.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental para a vida humana, desempenhando um papel vital na saúde, higiene e desenvolvimento socioeconômico das comunidades. No entanto, a qualidade da água disponível para consumo humano pode ser afetada por diversos fatores, desde a sua fonte de origem até o ponto de consumo final. Nesse contexto, a investigação das suas características ao longo do sistema de distribuição é essencial para garantir a segurança e a saúde da população (CDC, 2021; WHO, 2022; ONU, 2023).

A importância do tratamento da água para a saúde da população é indiscutível, pois remove impurezas, microrganismos patogênicos e substâncias químicas nocivas, garantindo água segura e potável para consumo humano. No entanto, mesmo após o tratamento, existe o risco de contaminação ao longo do sistema de distribuição devido a fatores como materiais de encanamento deteriorados, vazamentos, falhas na manutenção e práticas inadequadas de armazenamento (SILVA et al., 2022; OLIVEIRA E COSTA, 2023).

O Lago Bolonha (LB), principal fonte de abastecimento hídrico da região metropolitana de Belém, é um recurso natural de grande importância, porém está sujeito a diversas fontes potenciais de contaminação, como, descarga de efluentes industriais e atividades humanas nas áreas circundantes. Assim, analisar a qualidade da água diretamente do LB para identificar possíveis contaminações iniciais e avaliar o impacto das atividades humanas e industriais no ambiente aquático (MACEDO et al., 2024).

Diante desse contexto, é de grande relevância para o conhecimento sobre a qualidade da água, fornecendo informações valiosas para gestores públicos, profissionais da área de saúde e a população em geral, para aprimoramento de políticas públicas e saneamento básico e implementação medidas eficazes de controle e prevenção de

doenças relacionadas à água (PEREIRA et al., 2022). Assim, o presente visa analisar a qualidade microbiológica da água em diferentes postos-chave do Lago Bolonha ao longo do sistema de distribuição, desde a captação até o consumidor.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa é de natureza quantitativa, pois envolve a coleta e análise de dados numéricos sobre a qualidade da água. Além disso, é uma pesquisa experimental e exploratória, já que utiliza experimentos laboratoriais para analisar as amostras de água e explorar a eficácia do tratamento e a presença de contaminações ao longo do sistema de distribuição, utilizando para análises técnicas de Tubos Múltiplos.

Para realização das coletas no Lago Bolonha e na entrada e saída da estação de tratamento e distribuição Bolonha (ETA BOLONHA) foi solicitado autorização na mesma para coletas e autorizado sob seguinte protocolo nº 2024/2103548. O estudo foi realizado em duas etapas, coletas, que foi dividida em duas e processamento das amostras das amostras, com análises físico-química e microbiológica.

Coletas das amostras

Para realização das coletas foram utilizados frascos estéreis de 250 ml com tampa, obedecendo as orientações do manual prático de análise de água (2013). Na primeira etapa as coletas foram subdivididas da seguinte forma: duas coletas em períodos diferentes do ano sendo caracterizados com um período mais chuvoso, mês de maio, e outro menos chuvoso setembro de 2024. Todos os pontos foram georreferenciados para localização mais precisa dos pontos de coleta de água, e as coordenadas geográficas registradas no presente trabalho.

As primeiras coletas foram realizadas no mês de maio de 2024, onde foram obtidos 3 amostras de pontos diferente, sendo o ponto 1 de água bruta coletada diretamente do manancial de abastecimento da ETA Bolonha, Lago Bolonha (-1,4209S - 48,439W 184° S, altitude: -20,0m), o ponto 2 da represa de entrada (-1,4209S -48,439W 83° E, altitude: -17.0m) e o ponto 3 foi coletada água já tratada, retirada diretamente da torneira da sede da COSANPA (-1.4190S -48,4391W 302° NW, altitude: 6.0m) (Figura 1).

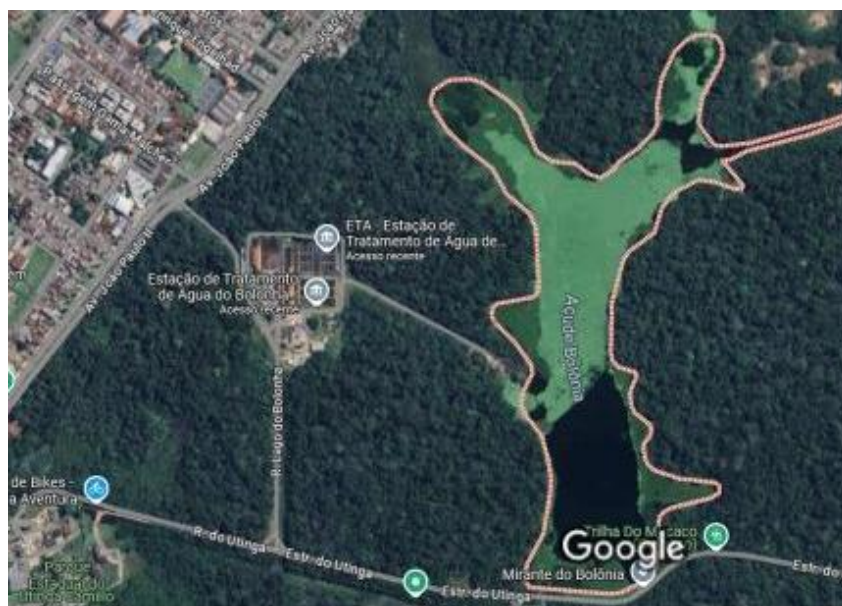


Figura 1: Locais de coleta dos pontos 1, 2 e 3.
Fonte: Google Maps (2024).

A segunda etapa de coletas foi realizada no mês de setembro, onde foram coletadas amostras dos mesmos pontos da coleta anterior e mais três amostras de bairros distintos da região metropolitana de Belém- PA, que são abastecidos diretamente pela ETA Bolonha, nomeados como pontos 1, 2 e 3 (Lago Bolonha), pontos 4, 5 e 6 (rede de distribuição).

Processamento das amostras

Análise físico-químicos: para esta etapa foi realizada a verificação de pH e turbidez de cada amostra coletada, utilizando equipamentos como fita universal de indicador de pH e refratômetro para medir a turbidez da água em unidade de turbidez (UT) todos calibrados e certificados de acordo com os métodos padronizados.

Análise microbiológica: para determinação de presença ou ausência de coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli* nas amostras coletadas foi utilizado o método de determinação de número mais provável (NMP), com a técnica de tubos múltiplos, primeiramente foi realizada a preparação do material, tubos de ensaio com durham investido devidamente esterilizados e dos meios de cultura de acordo com as instruções do fabricante. A técnica é dividida em duas etapas, o teste presuntivo, onde foram inoculadas 10 ml da amostra em tubos com durham invertido e com diferentes diluições, (10ml 1:1, 1ml 1:10, 0,1 ml 1:100) de caldo lactosado que possibilita a verificação da presença de

coliformes totais através da formação de gás e turvação do meio, as leituras foram realizadas nos períodos de 24, 48, e 72 horas incubadas a uma temperatura de 35° C.

A segunda etapa consistiu no repique das amostras positivas (presença de gás e turbidez) no caldo Verde Brilhante Bile 2% (BV) e no caldo EC para pesquisa de coliformes fecais e *Escherichia coli*. Após a incubação, observar os tubos para produção de gás. A presença de gás confirma a presença de coliformes totais (caldo verde brilhante) ou coliformes fecais (caldo EC). Após a incubação foi realizada a leitura dos resultados para calcular o Número Mais Provável (NMP) de coliformes presentes em cada 100 ml de água, utilizando a tabela de NMP, os resultados das análises tanto físico-químicas como a microbiológica entre a água bruta, tratada e nos diferentes pontos do sistema de distribuição foram sistematizados e expressados em tabelas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas amostras no Lago Bolonha, antes e após o tratamento, e do sistema de distribuição em pontos distintos obedecendo um distanciamento e assegurando que o local coletado é abastecido pela ETA Bolonha, levando em conta os seguintes padrões de interesse: PH, turbidez, coliformes totais e termotolerantes e *Escherichia coli*.

Em relação ao pH, houve uma diminuição de 6,0 para 5,0 nos três pontos, indicando aumento na acidez da água entre as coletas, podendo ser um indicativo de presença de fonte de acidificação da água. De acordo com estudos de Bahia et al. (2010) a acidificação pode ser causada principalmente pela abundante vegetação na área., porém, de acordo com os padrões organolépticos da OMS (2021) está dentro das recomendações na faixa de 6,0 a 9,0. Quanto à turbidez notou-se a diminuição de 4 UT (Unidades de Turbidez) para 3 UT na 2ª coleta em todos os pontos, sugerindo uma melhoria na limpidez da água. Que pode ser devido ao início do aumento de chuvas na região resultando da redução de sedimentos (Tabela 1).

Tabela 1: Resultados de pH e turbidez em três pontos distintos, com comparações entre duas coletas realizadas em períodos distintos do ano de 2024.

LOCAL	pH		TURBIDEZ	
	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta

PONTO 1	6,0	5,0	4 UT	3 UT
PONTO 2	6,0	5,0	4 UT	3 UT
PONTO 3	6,0	5,0	4 UT	3 UT

Fonte: Dados da pesquisa.

Nos pontos 4, 5 e 6, o pH registrado foi 5 (Tabela 2), indicando acidez, sugerindo o comprometimento da potabilidade e com risco de prejuízo à saúde da população e nas infraestruturas de distribuição, como abordado pela OMS (2011).

Tabela 2: Resultados de pH e turbidez no ponto final da distribuição da água tratada.

LOCAL	PH	TURBIDEZ
PONTO 4	5	3 UT
PONTO 5	5	3UT
PONTO 6	5	3UT

Fonte: Dados da pesquisa.

A turbidez registrada nos pontos 4, 5 e 6 embora não estejam altas de acordo com parâmetros para água potável, indica que a água que chega ao consumidor apresenta partículas de suspensão e sedimentos que podem ser de uma falha no processo de tratamento ou de problemas na tubulação. Segundo Oliveira et al. (2019) a turbidez elevada pode interferir na eficácia da desinfecção e camuflar microrganismos patogênicos, dificultando o controle da qualidade microbiológica da água.

Quanto a análise microbiológica, no ponto 1 houve um aumento significativo entre as duas coletas, em todas os intervalos de leituras, sugerindo um aumento das fontes de contaminação, o que já era esperado neste ponto. No ponto 2 notou-se uma diminuição em todas as leituras comparadas ao ponto 1, porém ainda com índices considerados de contaminação. Segundo Andrade et al. (2023) no monitoramento realizado nos anos de 2010 a 2023 evidencia a aumento de fontes poluidoras no perímetro do ponto de monitoramento. O ponto 3 apresentou contaminação mínima ou inexistente, em todas as leituras, resultado satisfatório e esperado devido este ponto ser logo após a passagem da água por todo processo de tratamento da ETA Bolonha (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados das análises microbiológicas do Lago Bolonha através da técnica de tubos múltiplos.

LOCAL	24 h		48h		72h	
	NMP/100 ml		NMP/100 ml		NMP/100 ml	
	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta
PONTO 1	30	50	60	70	60	70
PONTO 2	170	110	220	110	280	110
PONTO 3	2	<2	2	<2	2	<2

Fonte: Dados da pesquisa.

Na tabela 4 destaca-se o ponto 4 com contagem constante de 90 NMP/100 ml em todas as medições, indicando presença significativa de coliformes fecais, sugerindo uma possível fonte contínua de contaminação no sistema de distribuição, indicando uma possível falha no sistema de distribuição ou recontaminação da água tratada. A contagem no ponto 5 demonstra uma contaminação leve em relação ao ponto 4, porém ainda considerável para os parâmetros de potabilidade a presença de coliformes podem indicar uma recontaminação leve no sistema de distribuição, isto tem sido documentado em estudos sobre a recontaminação de água tratada, muitas vezes devido à deterioração das infraestruturas de distribuição, como tubulações e reservatórios malconservados, algo abordado por Mendes et al. (2022). Já no ponto 6 os índices de contaminação foram insignificantes, demonstrando que o sistema de distribuição neste local está operando adequadamente.

Tabela 4. Apresenta resultados das análises microbiológicas do sistema de distribuição de água através da técnica de tubos múltiplos.

LOCAL	24h NMP/100 ml	48h NMP/100 ml	72h NMP/100 ml
PONTO 4	90	90	90
PONTO 5	9	9	9
PONTO 6	<2	2	2

Fonte: Dados da pesquisa.

O relevante número de tubos com resultados positivos em caldo EC na tabela 5, evidencia a presença de *Escherichia coli*, de acordo com Jones et al. (2020) *E. coli* é amplamente utilizada como marcador de risco sanitário, e a presença no Lago Bolonha responsável pelo abastecimento de água na região metropolitana Belém- PA, e no sistema de distribuição de água até a chegada no consumidor são claras evidências de fontes de contaminação, Gonçalves et al. (2019), destacam a importância de inspeções periódicas e manutenção da infraestrutura de distribuição para evitar a recontaminação da água, principalmente em áreas mais periféricas ou com estruturas mais antigas, além disso segundo a OMS (2021), o monitoramento de *Escherichia coli* de ser mensal nos pontos de captação de água.

Tabela 5. Apresenta análises microbiológicas em caldo EC, a partir do teste confirmativo em caldo verde brilhante.

CALDO EC	POSITIVO (TUBOS)	NEGATIVO (TUBOS)	TOTAL (TUBOS)
1ª COLETA	8	15	23
2ª COLETA	13	18	31

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados obtidos neste estudo são consistentes com estudos anteriores, como Souza et al. (2018) que já apontavam a presença de coliformes e *E. coli* na água bruta. No entanto, a eficiência do tratamento da ETA Bolonha, como evidenciado pela ausência de contaminação no ponto 3, confirma a importância dos processos de coagulação, floculação, filtração e desinfecção para garantir a potabilidade da água, segundo recomendações da OMS e conforme descrito por Santos et al. (2021). Entretanto, o monitoramento microbiológico do sistema de distribuição revelou que a água tratada ainda apresenta índices de contaminação quando chega ao consumidor final.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo fornece uma contribuição importante para o entendimento das condições de qualidade da água na região metropolitana de Belém, especialmente no que diz respeito à monitorização da água ao longo de todo o sistema de distribuição. O levantamento de dados físico-químicos e microbiológicos em pontos estratégicos do sistema possibilita identificar áreas críticas e falhas no processo de distribuição, informações essenciais para o aprimoramento das políticas de saneamento básico e saúde pública.

Apesar das contribuições, algumas lacunas foram identificadas, principalmente relacionadas à dinâmica de contaminação nas redes de distribuição. A presença de *Escherichia coli* em alguns pontos de distribuição sugere a necessidade de mais estudos focados na deterioração das infraestruturas de distribuição e na recontaminação da água tratada. Além disso, a análise das fontes externas de poluição do Lago Bolonha e o impacto das atividades industriais e urbanas nas características da água são temas que demandam mais atenção em futuras investigações. Estudos longitudinais sobre a qualidade da água ao longo do ano também podem ser necessários para identificar variações sazonais mais precisas e avaliar a eficácia dos processos de tratamento durante diferentes condições ambientais.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, W. F. **Avaliação da alteração histórica e dos riscos associados à qualidade da água de mananciais localizados na Amazônia brasileira.** In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2024, ABES, 2024.

BAHIA, V.; FENZL, N.; PIRATOBA M, G. **Caracterização da qualidade das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Utinga/Belém (PA) - a partir de dados hidrogeoquímicos.** *Águas Subterrâneas*, 2008. Disponível em: < <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23413> >. Acesso em: 30 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 nº 5/GM/MS, 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: seção 1, Brasília, DF, 7 maio 2021.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF. 2011.

CDC. **Doenças relacionadas à água e contaminantes em sistemas públicos de água. Centros de Controle e Prevenção de Doenças, 2021.** Disponível em: < <https://www.cdc.gov/healthywater/disease/public.html> > . Acesso em: 14 abr. 2024.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual prático de análise de água.** 4.ed. Brasília: FUNASA, 2013.

GONÇALVES, L. et al. **Recontaminação da água potável: causas e soluções.** Revista de Saneamento de Água, v. 12, n. 1, pág. 47-58, 2019.

JONES, S. et al. ***Escherichia coli* como indicador de qualidade microbiológica da água: uma revisão crítica da literatura.** Pesquisa sobre Água, v. 174, p. 115-123, 2020.

MENDES, T. et al. **Falhas na infraestrutura de distribuição de água e suas implicações na qualidade da água.** Revista Brasileira de Saúde Ambiental, v. 19, n. 3, pág. 235-249, 2022.

OLIVEIRA, A.; COSTA, B. **Monitoramento da qualidade da água em sistemas de distribuição.** Journal of Water Research, v. 123-134, 2023.

OLIVEIRA, M. et al. **Impacto das chuvas na qualidade da água dos sistemas de abastecimento.** Revista Brasileira de Engenharia Ambiental, v. 33, n. 2, pág. 301-310, 2019.

ONU. **Relatório das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Mundial da Água 2023: água e mudanças climáticas.** Nações Unidas, 2023. Disponível em:<<https://www.unwater.org/publications/world-water-development>> .Acesso em: 28 abr. 2024.

PEREIRA, L. et al. **Análise da Qualidade Microbiológica da Água.** Revista de Saúde Pública, v. 112-125, 2022.

SANTOS, A. et al. **Eficácia do tratamento de água na remoção de coliformes fecais e *E. coli* em sistemas de abastecimento público.** Ciência e Tecnologia da Água, v. 63, n. 2, pág. 56-63, 2021.

SILVA, C. et al. **Contaminação de águas em redes de distribuição.** Revista de Gestão Ambiental, v. 284, p. 112040, 2022.

SOUZA, D. et al. **Monitoramento da qualidade da água no Lago Bolonha: resultados e desafios.** Revista Brasileira de Qualidade Ambiental, v. 1, pág. 71-80, 2018.

OMS. **Diretrizes para qualidade da água potável.** Organização Mundial da Saúde, 2022. Disponível em:< <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>.>Acesso em: 30 abr. 2024.