



---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**

Fundação Instituída nos termos da Lei nº 5.152, de 21/10/1966 – São Luís - Maranhão.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO- UFMA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS DE SÃO BERNARDO**

**CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS/QUÍMICA**

*Andreia Souza Brandão*

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO**

São Bernardo- MA

2026

Informações do discente

Nome: Andreia Souza Brandão

Telefone: (98) 991033054

E-mail: [souza.andreia@discente.ufma.br](mailto:souza.andreia@discente.ufma.br)

Informações da Instituição/Departamento

Nome: Universidade Federal do Maranhão/ São Bernardo

Endereço: Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais/ Química

E-mail: [ccnsb.ccsb@ufma.br](mailto:ccnsb.ccsb@ufma.br)

Informações do(a) professor(a) orientador(a)

Nome: Benedicto Augusto Vieira Lima

Telefone: (99) 9 8516-7372

E-mail: benedicto.lima@ufma.br

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Brandão, Andreia Souza.

QUALIDADE QUÍMICA DAS ÁGUAS DO RIO BURITI DA CIDADE DE  
SÃO BERNARDO - MA / Andreia Souza Brandão. - 2026.

13 f.

Orientador(a): Benedicto Augusto Vieira Lima.

Curso de Ciências Naturais - Química, Universidade  
Federal do Maranhão, São Bernardo - Ma, 2026.

1. Qualidade da Água. 2. Parâmetros Físico-químicos.  
3. Rio Buriti. I. Vieira Lima, Benedicto Augusto. II.  
Título.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar comigo durante todo esse processo, me dando forças nos momentos de cansaço e desânimo, e por me sustentar quando pensei em desistir. Foi pela fé e pela Sua presença que consegui seguir firme e concluir esta etapa tão importante da minha vida.

Aos meus pais, Antonio Aldecio e Maria do Amparo, deixo meu profundo agradecimento. Mesmo não estando próximos dos assuntos acadêmicos, nunca deixaram de me apoiar. Esse apoio silencioso foi essencial para que eu continuasse.

Ao meu irmão, Adriano Souza, agradeço por todo o auxílio no início da faculdade, quando muitas coisas pareciam confusas e difíceis. Com paciência, ele me explicou aquilo que só ele conseguia entender, tornando o começo dessa jornada mais leve e possível.

As minhas três amigas, Kaylane Luz, Tâmara Ferreira e Erica Lima, que estiveram comigo principalmente nos anos finais do curso, meu muito obrigada. Vocês tornaram o processo mais leve, mais humano e mais forte. Juntas aprendemos que, unidas, somos mais resilientes e capazes de superar os desafios.

Agradeço também a um amigo, Maycon, que ao longo do caminho, decidiu seguir outro sonho, buscando algo que realmente fizesse seus olhos brilharem. Mesmo assim, até a metade do curso esteve sempre ao meu lado, oferecendo apoio e companhia em momentos importantes dessa trajetória.

Por fim, agradeço de forma especial à minha prima, Evilly Coutinho, que foi um grande suporte emocional tanto na faculdade quanto na vida pessoal. Mesmo enfrentando seus próprios problemas, sempre encontrou formas de me ajudar, me distrair e me fazer enxergar além da pressão acadêmica. Sua presença foi essencial, inclusive para que eu não perdesse o rumo na apresentação final. Ela é uma pessoa maravilhosa, indispensável na minha vida, e contribuiu imensamente para que essa conquista fosse possível.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte dessa caminhada, minha sincera gratidão.

## SUMARIO

Abstract.....	6
Introdução .....	7
Experimental.....	8
Resultados e discussão.....	9
Conclusões.....	15
Contribuições do autor.....	16
Referências .....	16

## Qualidade Química da Água do Rio Buriti do Município de São

### Bernardo-Maranhão, Brasil

Chemical Quality of the Waters of the Buriti River in the City of São Bernardo-Maranhão, Brazil

**Andreia S. Brandão<sup>a</sup>, Karina C. Santos<sup>b</sup>, Natália H. S. dos Santos<sup>b</sup>, Rebeca B. G. Lima<sup>b</sup>, Marcelo F. da Silva<sup>c</sup>, Ulisses M. Nascimento<sup>d</sup>, Benedicto A. V. Lima<sup>a,\*</sup>**

<sup>a</sup>*Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de São Bernardo, CEP 65.550-000, São Bernardo-MA, Brasil.*

<sup>b</sup>*Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Grajaú, CEP 65.940-000, Grajaú-MA, Brasil.*

<sup>c</sup>*Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas, CEP 65.901-480, Imperatriz-MA, Brasil.*

<sup>d</sup>*Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, CEP 65.085-580, São Luís-MA, Brasil.*

\*benedicto.lima@ufma.br

ORCID ID: 0000-0003-3642-7201

## **Abstract**

Water quality is essential for human health, environmental balance and socioeconomic development of populations. In the city of São Bernardo, Maranhão, the lack of basic sanitation, the discharge of untreated domestic sewage, and human intervention create a risk scenario for the Buriti River. In this context, this study aimed to evaluate the chemical quality of the water of the Buriti River. Four sampling areas were defined, and collections were carried out during two distinct periods (rainy and dry seasons). Nitrate levels ranged from 3.31 to 8.88 mg L<sup>-1</sup>, close to the 10 mg L<sup>-1</sup> limit established by Brazilian Council. Phosphate concentrations reached alarming levels (0.64 - 4.79 mg L<sup>-1</sup>), up to 30 times higher than the 0.1 mg L<sup>-1</sup> limit, indicating a risk of eutrophication. Iron (2.73 - 3.02 mg L<sup>-1</sup>) and aluminum (1.14 - 1.42 mg L<sup>-1</sup>) concentrations exceeded the maximum permitted values in the rainy season, compromising the quality of water intended for human consumption. During dry season, a reduction in these metals concentrations was observed; however, nutrient concentrations remained high, demonstrating that pollution is continuous. Overall, the Buriti River shows indicators of anthropogenic contamination, reinforcing the urgency of public policies focused on sanitation, systematic monitoring, and environmental education.

**Keywords:** water quality, physicochemical parameters, buriti river.

## Introdução

A água é um recurso essencial para a vida e sua qualidade influencia diretamente na saúde humana, no meio ambiental e no desenvolvimento socioeconômico. Municípios pequenos, como São Bernardo - MA, enfrentam problemas referentes às questões de saúde, meio ambiente e preservação dos seus recursos hídricos, principalmente no que tange à falta de saneamento básico e a influência de atividades antrópicas, como o agronegócio e o despejo inadequado de rejeitos no rio. A água, cujas características de qualidade variam de acordo com a sua origem, localização, utilização, além de outros fatores, é um dos elementos mais importantes do meio ambiente e é fundamental para a manutenção da vida. Desde o surgimento das primeiras civilizações da humanidade as águas dos rios são utilizadas pelo homem para os mais variados fins, tais como: consumo humano, uso doméstico, agricultura, piscicultura, lazer, geração de energia e muitos outros. Apesar disso, a disponibilidade de água de qualidade tem sido um problema enfrentado pela população, pois a deterioração da sua qualidade está se tornando frequente.

Em 2022, a população de São Bernardo - MA era de 26.943 habitantes e a densidade demográfica era de 26,79 habitantes por quilômetro quadrado. As estatísticas destacam a vulnerabilidade de São Bernardo-MA, apontando que 18,4% da população é atendida com abastecimento de água; 3,5% da população não tem coleta de lixo e 4,5% dos domicílios estão sujeitos a inundações. Além disso, não há informações disponíveis sobre esgotamento sanitário ou sobre drenagem de águas pluviais. São Bernardo-MA apresenta 1,1% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 61,28% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 1,5% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).<sup>1</sup> Segundo o Departamento de Informação e Informática do SUS (DataSUS),<sup>2</sup> foram registradas 556 internações totais por doenças de veiculação hídrica.

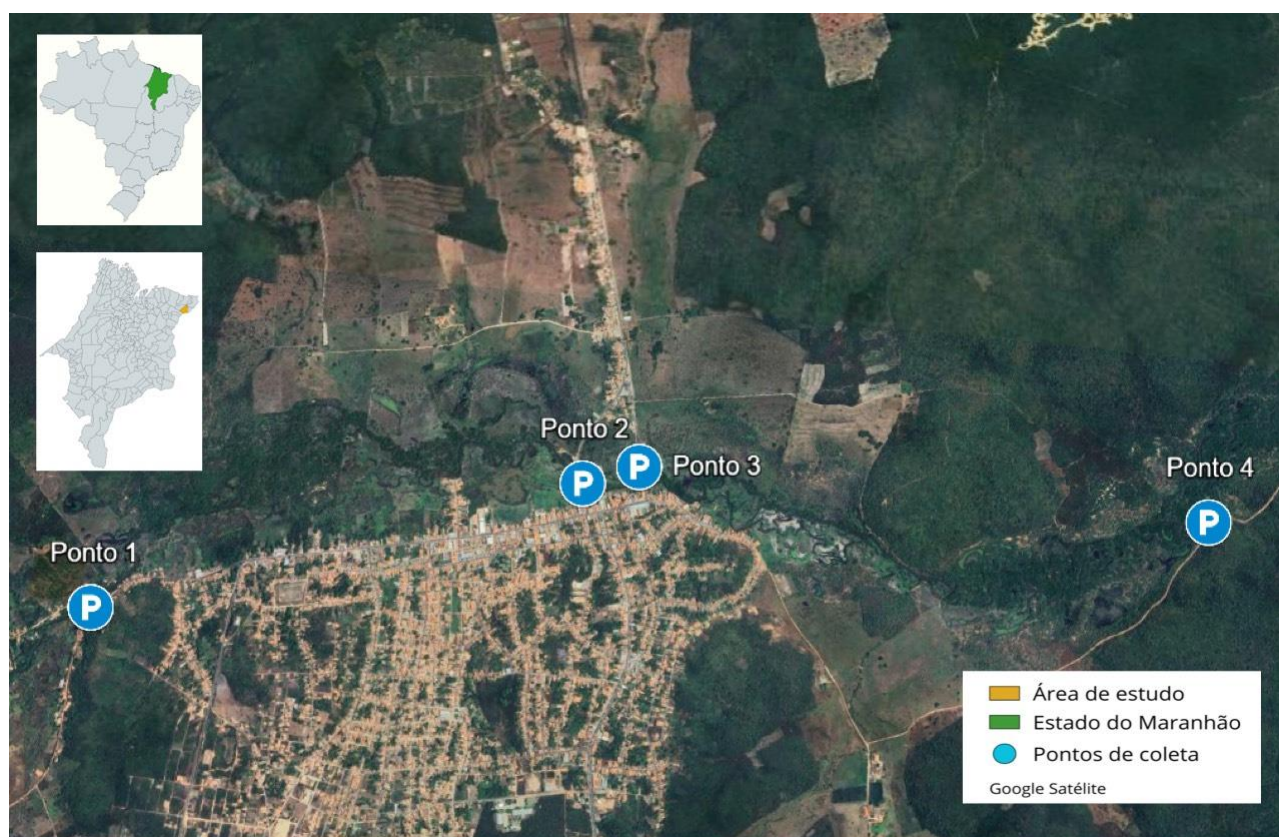
A ação antrópica tem sido apontada como a principal responsável pela deterioração da qualidade da água. Segundo Veiga,<sup>3</sup> as práticas agrícolas como a utilização indiscriminada de agrotóxicos, o lançamento de efluentes urbanos<sup>4</sup> e a falta de conservação do solo<sup>5</sup> podem impactar na qualidade da água. No município de São Bernardo-MA, o abastecimento de água é realizado a partir do rio Buriti e de poços artesianos, fontes que sofrem frequentes pressões ambientais. A inexistência de saneamento básico e o despejo de resíduos domésticos diretamente nas ruas, que conseqüentemente são levados para o rio por meio das chuvas, caracterizam um cenário de risco socioambiental. Além disso, a prática agrícola e o uso de fertilizantes são fatores que podem contribuir para a adição de nutrientes no rio, podendo alterar o funcionamento ecológico. Diante desse contexto, é indispensável a realização de estudos que analisem a composição química da água do rio Buriti, tanto no meio urbano quanto no rural, possibilitando um diagnóstico científico que subsidie ações de gestão pública e promova a educação ambiental da comunidade.

Este trabalho tem por objetivo a avaliação qualidade química da água do rio Buriti, situado na cidade de São Bernardo-MA, considerando as variações sazonais e os impactos socioambientais. Para isso foram realizadas coletas de água em pontos estratégicos do rio; análises dos parâmetros físico-químicos relevantes

para a saúde e para o meio ambiente; e estudo comparativo dos resultados obtidos entre os períodos seco e chuvoso, identificando variações sazonais com os padrões estabelecidos pela legislação nacional.

### Experimental

O estudo foi realizado no município de São Bernardo-MA, localizado na região do Baixo Parnaíba Maranhense, tendo como área de investigação o rio Buriti, que é um afluente do rio Parnaíba e a principal fonte de água que compõem o sistema hídrico da cidade. Inicialmente foi realizado o mapeamento para identificar os pontos para realizar as análises, foram selecionados quatro pontos ao longo do curso do rio. Os pontos foram selecionados por meio de observações nas margens do rio e as coordenadas foram marcadas utilizando-se o aplicativo Google maps (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa dos pontos selecionados para análises no município de São Bernardo-MA: Ponto 1- Próximo a bomba no povoado Currais, responsável pelo abastecimento urbano, coordenadas 3°22'02.4"S 42°26'25.1"W; Ponto 2- Ponte Cai N'água, local turístico dentro da cidade, coordenadas 3°21'34.4"S 42°25'13.0"W; Ponto 3- Segunda ponte de São Bernardo, ponte de madeira, área de transição urbana, coordenadas 3°21'30.7"S 42°25'04.5"W; Ponto 4- Povoado Canoa Quebrada, trecho rural do rio, já saindo do centro da cidade de São Bernardo – MA, coordenadas 3°21'29.9"S 42°23'35.6"W.

Foi realizada inicialmente uma coleta piloto com o objetivo de reconhecer o perímetro de estudo e definir os pontos estratégicos de amostragem, totalizando quatro locais distintos. As coletas ocorreram em diferentes períodos sazonais: período chuvoso (abril de 2024) e período seco (novembro de 2024).

Os procedimentos de coleta, preservação e armazenamento das amostras atenderam aos critérios estabelecidos nos métodos padrões para análise de águas e efluentes.<sup>6</sup> Em cada ponto, situado em áreas de correnteza do rio, foram coletados 2 L de água, acondicionados em recipientes esterilizados e armazenados em recipiente térmico refrigerado, a fim de preservar as amostras até o momento das análises. No momento da coleta, realizou-se as medições de temperatura, pH e condutividade elétrica da amostra utilizando-se uma sonda multiparâmetro Akso AK-88. Alíquotas das amostras foram filtradas com membrana e acidificadas com ácido nítrico concentrado (pH 1,0) para posterior determinação das concentrações de metais.

A determinação de alcalinidade total, cloreto, nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal foram realizadas seguindo os métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz<sup>7</sup> e, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.<sup>1-6</sup> As medidas de absorvância para determinação de fosfato, nitrato, nitrito e amônio foram obtidas utilizando um espectrofotômetro UV-Vis de duplo feixe (Quimis Q898DPT)

Posteriormente, a determinação dos metais (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, In, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, V e Zn) foi realizada por espectrometria de plasma induzido (ICP-EAS), utilizando o equipamento ICPE 9000 (Shimadzu), localizado no Laboratório de Química Ambiental da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), campus Imperatriz.

## **Resultados e Discussão**

O rio Buriti, que atravessa o município de São Bernardo, estado do Maranhão, representa um corpo hídrico de importância local para abastecimento, pesca e atividades recreativas da população. O município apresenta uma população de 26.943 habitantes, dos quais aproximadamente 50% residem na zona urbana.<sup>1</sup> As atividades urbanas caracterizadas por descarte de efluentes domésticos, escoamento de resíduos sólidos e alterações no uso do solo urbano, aliadas às práticas agrícolas que envolvem aplicação de fertilizantes e manejo de solos, podem introduzir cargas de nutrientes, matéria orgânica, sólidos suspensos e contaminantes emergentes nas águas superficiais. Tais atividades têm forte impactos em sistemas fluviais sob pressão antropogênica, resultando em eutrofização e riscos à saúde pública. O rio Buriti percorre diversas áreas do município de São Bernardo-MA, abrangendo zonas com diferentes pressões antrópicas. Pontos de coleta foram selecionados estrategicamente ao longo do trecho estudado, incluindo o trecho inicial onde se fonte de abastecimento de água pelo sistema público (Ponto 1), o principal balneário da cidade (Ponto 2), um ponto próximo à área urbana central (Ponto 3) e uma zona de menor intervenção humana (Ponto 4). As análises físico-químicas realizadas nos quatro pontos de coleta (Ponto 1 -Currais, Ponto 2-Cai N'água, Ponto 3-Ponte de madeira e Ponto 4-Canoa Quebrada) revelaram variações significativas nos parâmetros de qualidade da água, refletindo a interação entre atividades urbanas e rurais no entorno do rio Buriti.

O rio Buriti pertence à classe 2, de acordo com resolução CONAMA 357/2005,<sup>8</sup> sendo utilizado para abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; recreação de contato primário; irrigação e pesca. Os parâmetros analisados permitem avaliar a qualidade da água nos diferentes pontos selecionados e avaliar sua adequação à Portaria GM/MS nº 888, de 2021,<sup>9</sup> e ainda a observar a influência da atividade humana nas suas variadas formas: seja na zona urbana despelo de esgoto, lixo doméstico, despejo de rejeitos da indústria e comércio, falta de serviço público de saneamento; ou na zona rural, pelos efeitos causados por produtos adicionados ao solo para agricultura. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para as amostras coletadas no período chuvoso.

**Tabela 1.** Resultados de análises químicas de amostras coletadas no período chuvoso.

Parâmetros (°C, (µS.cm <sup>-1</sup> , mg L <sup>-1</sup> )	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	VMP <sup>a</sup>	VMP <sup>b</sup>
pH	7,60	7,05	6,83	7,08	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Temperatura	30,5	31,3	30,8	31,5		
Condutividade	108	100	104	132		
Nitrato	7,8988580	7,670473	8,681892	8,887765	10,0	10,0
Amônio	1,0396505	0,68346774	0,50873656	0,38776882		1,2
Fosfato	3,98648649	3,58108108	3,71621622	3,716216122	0,1	
Cloreto	23,8612871	21,4618281	19,062369	25,6608814	250	250
Alcalinidade	0,00	0,00	0,00	0,00		
Al	1,42	1,27	1,14	1,22	0,1	0,2
Au	0,0183	0,0187	0,0196	0,0187		
Ba	0,024	0,0074	0,0076	0,0309	0,7	0,7
Ca	2,39	2,11	2,36	3,65		
Cu	0	0	0,0017	0,0031	0,009	0,2
Fe	2,86	2,87	2,73	3,02	0,3	0,3
K	0,431	0,396	0,406	0,553		
Mg	0,927	0,674	0,697	1,16		
Mn	0,0025	0	0	0,0058	0,1	0,1
Na	5,5	4,93	4,91	4,2		200
Si	6,48	6,48	6,24	6,09		
Sn	0,0167	0,0114	0,0149	0,0273		

<sup>a</sup>Valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005,<sup>8</sup> <sup>b</sup>Valor máximo permitido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.<sup>9</sup>

Os valores de pH variaram entre 6,83 (Ponto III) e 7,60 (Ponto I). O CONAMA<sup>8</sup> estabelece faixa aceitável de 6,0 a 9,0 para água, desta forma, o pH está dentro dos padrões. Do mesmo modo, as máximas concentrações de nitrato (8,887765 mg L<sup>-1</sup>) e amônio (1,0396505 mg L<sup>-1</sup>) também se encontraram abaixo dos valores máximos estabelecidos, 10 e 1,2 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Embora em todos os pontos as concentrações de nitrato e amônio apresentem valores permitidos pela legislação, encontram-se próximos do limite, o que pode indicar influência antrópica significativa. Uma das principais fontes de N para os ecossistemas aquáticos são efluentes domésticos e industriais não tratados ou parcialmente tratados direcionados aos corpos d'água.<sup>10</sup> As amostras não apresentaram concentrações detectáveis de nitrito.

Por outro lado, as concentrações medidas de fosfato variaram entre 3,58 (Ponto 2) e 3,98 mg L<sup>-1</sup> (Ponto 1), apresentando valores extremamente elevados para corpos hídricos. O CONAMA<sup>8</sup> estabelece limite de 0,1 mg L<sup>-1</sup> para os fósforos totais em ambientes lóticos. A concentração encontrada está quase 40 vezes acima do permitido, indicando risco real de eutrofização. Os problemas de eutrofização são causados por altos fluxos de nutrientes (nitrogênio, N, e fósforo, P) provenientes da pressão populacional e da agricultura intensiva.<sup>11</sup> Além disso, o fósforo contribui para o crescimento descontrolado das algas, diminuindo a qualidade da água.<sup>12</sup> As principais fontes artificiais de fosfato são: esgotos domésticos e industriais e material particulado de origem industrial contido na atmosfera.<sup>13</sup> Considerando que em São Bernardo-MA apenas 1,1% da população possui esgotos por meio de rede, enquanto 56,9% utilizam fossa rudimentar ou buraco,<sup>1</sup> o despejo de esgoto no rio tem um papel importante na concentração excessiva de fosfato.

Embora a concentração de fosfato seja elevada, a concentração de cloreto apresenta valores aceitáveis. A concentração de cloreto em rios não contaminados varia de 10 a 20 mg L<sup>-1</sup>, podendo se originar naturalmente da dissolução de sais solúveis presentes no solo ou por influência das marés. Por ação antropogênica as fontes principais são efluentes da indústria química, petroquímica, farmacêutica, de cimento, de papel, sabão, têxtil, tintas e corantes, e de curtimento de couro. A quantidade de cloreto em águas domésticas residuais e esgotos não são tão elevadas.<sup>14</sup>

Entre os metais analisados, destacam-se ferro e alumínio. As concentrações de variaram entre 2,73 e 3,02 mg L<sup>-1</sup>, acima do limite máximo permitido para consumo humano (0,3 mg L<sup>-1</sup>).<sup>9</sup> Concentrações elevadas podem comprometer as características sensoriais da água (cor, sabor e turbidez) e provocar incrustações em tubulações. Dentre os elementos mais abundantes na crosta terrestre está o ferro, correspondendo a 5,6% de sua constituição. Esse elemento é essencial para a saúde humana e seu baixo nível no corpo pode levar à anemia e mal-estar. Seu excesso, no entanto, pode causar vários males à saúde, como por exemplo; diabetes, cirrose hepática, câncer de fígado, infertilidade, doenças cardíacas etc. Elevadas concentrações de ferro na água alteram algumas de suas propriedades, como: cor, turbidez, sabor e odor. Águas com teor de ferro elevado necessitam de tratamento específico antes da distribuição.<sup>15</sup> A causa da contaminação pode ter origem geológica ou antropogênica, principalmente resíduos domésticos e efluentes industriais.<sup>16</sup>

Do mesmo modo, as concentrações medidas de alumínio se encontraram entre 1,14 e 1,42 mg L<sup>-1</sup>, também muito acima do limite estabelecido pelo CONAMA (0,1 mg L<sup>-1</sup>)<sup>8</sup> e acima do limite permitido para o

consumo humano (0,2 mg L<sup>-1</sup>).<sup>9</sup>

Assim como o ferro, o alumínio é um metal muito abundante na crosta terrestre, constituindo 7,91% da massa da litosfera, estando presente em todas as rochas.<sup>17</sup> O alumínio pode estar associado à lixiviação natural de solos argilosos da região, mas também pode indicar contaminação difusa por resíduos urbanos. Exposições prolongadas a níveis elevados de alumínio têm sido associadas a problemas neurológicos.<sup>18</sup>

Os elementos: prata, arsênio, boro, cádmio, cobalto, cromo, mercúrio, índio, níquel, chumbo, antimônio, selênio, vanádio e zinco não foram detectados nas amostras de água analisadas. Os demais metais (Cd, Pb, Hg, As, Ni) não foram detectados, o que é um resultado positivo, visto que esses metais pesados apresentam toxicidade aguda e crônica. Os macronutrientes minerais, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) apresentaram valores baixos, compatíveis com águas doces, não oferecendo riscos à potabilidade.

Assim como para o período chuvoso foram realizadas coletas no período de estiagem. Os resultados mostraram alterações relevantes nos resultados obtidos em comparação com os obtidos no período chuvoso. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos nesse período.

**Tabela 2.** Resultados de análises químicas de amostras coletadas no período de estiagem.

Parâmetros ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , mg L <sup>-1</sup> )	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	VMP <sup>a</sup>	VMP <sup>b</sup>
pH	6,91	6,65	6,70	6,70	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Temperatura	30,7	30,9	31,1	31,5		
Condututividade	62	64	67	67		
Nitrato	4,16	3,92	5,32	3,31	10,0	10,0
Fosfato	2,36	4,79	2,91	3,31	0,1	
Cloreto	13,26	13,26	13,26	14,13	250	250
Alcalinidade	0,005	0,005	0,005	0,0032		
Al	0,0578	0,0552	0,122	0,0865	0,1	0,2
Ca	0,321	0	0,461	0		
Cu	0,0239	0,0267	0,0317	0,0269	0,009	0,2
Fe	0,213	0,295	0,0127	0	0,3	0,3
In	0,109	0,133	0,234	0,228		
K	0,151	0,152	0,202	0,166		
Mg	0,0809	0,0795	0,127	0,0154		
Mn	0	0	0,0059	0	0,1	0,1
Na	0,598	0,571	0,482	0,428		200
Ni	0	0	0,0567	0	0,025	0,07
S	0,0553	0	0,0403	0		

Se	0	0	0,166	0,0180	0,01	0,04
Si	3,46	3,36	2,98	0,989		
Sn	0,0457	0,0613	0,230	0,116		

<sup>a</sup>Valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005;<sup>8</sup> <sup>b</sup>Valor máximo permitido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.<sup>9</sup>

O pH é um parâmetro fundamental no tratamento e no controle da qualidade da água, pois interfere na eficiência de processos como coagulação, desinfecção e no controle da corrosão e incrustações em sistemas de abastecimento, sendo essencial para a manutenção do equilíbrio ambiental e da infraestrutura hídrica.<sup>19</sup> Em ambos os períodos de coleta os valores de pH medidos *in situ* situaram-se dentro dos limites máximos permitidos<sup>8,9</sup> (6,0-9,0), Mas observou-se que as águas são mais ácidas no período seco (pH 6,65 e 6,91) que no chuvoso (pH entre 7,05 e 7,60). Variações semelhantes já foram observados anteriormente rios localizados em variadas regiões.<sup>20,21</sup> No Brasil, resultados similares também já foram observados em análises do rio Dourados no Mato Grosso do Sul.<sup>22</sup> Carvalho *et al.*<sup>23</sup> atribuem essa variação ao aumento do nível pluviométrico; que provoca maior lavagem do solo e conseqüentemente maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápidos das águas diminuindo a acidez. Pelo mesmo motivo a condutividade elétrica das amostras analisadas no período seco diminuiu substancialmente em comparação ao período chuvoso. No período chuvoso a condutividade elétrica variou de 100 a 132  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , enquanto no período seco ficou entre 62 e 67  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . A condutividade pode variar bastante e é influenciado por diversos fatores. Não existe valor-limite legal específico para potabilidade e para qualidade da água. Em regiões tropicais, os valores de condutividade nos ambientes aquáticos relacionam-se com as características geoquímicas da região e com as condições climáticas (estação seca e de chuva), mas podem ser também influenciados pelo estado trófico, principalmente em ambientes sobre influência antrópica.<sup>10</sup>

As concentrações de nitrato, observadas entre 3,31 e 5,32  $\text{mg L}^{-1}$ , apresentaram valores inferiores aos observados no período chuvoso, que variaram entre 7,67 e 8,89  $\text{mg L}^{-1}$ . A concentrações de fosfato também seguem a mesma tendência e apresentam valores menores no período seco (2,36-4,79  $\text{mg L}^{-1}$ ). Esse comportamento já era esperado, visto que durante o período chuvoso as águas fluviais são fortemente influenciadas aumento do escoamento superficial de transporta esses nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, oriundos de resíduos domésticos ou industriais, fertilizantes e contaminantes agrícolas aos rios. Pelo mesmo motivo as concentrações medidas de cálcio, cloreto, potássio, magnésio e sódio foram todas menores no período seco em comparação ao período chuvoso. Em ambos os períodos não se observou presença de nitrito nas amostras.

As concentrações de cobre no período seco variaram de 0,0239 a 0,0317  $\text{mg L}^{-1}$ , estando abaixo do valor máximo permitido para o consumo de (0,2  $\text{mg L}^{-1}$ ),<sup>9</sup> mas com base na CONAMA<sup>8</sup> os valores encontram acima do limite máximo de 0,009  $\text{mg L}^{-1}$ . Para o selênio foram detectados no ponto III e IV concentrações de 0,166  $\text{mg L}^{-1}$  e 0,0180  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente. O valor máximo permitido para o com consumo humano é de

0,04 mg L<sup>-1</sup> de selênio.<sup>9</sup> O selênio é um elemento-traço presente naturalmente em águas superficiais e subterrâneas, cuja ocorrência pode estar associada tanto a processos geológicos quanto a atividades antrópicas, como agricultura, mineração e lançamento de efluentes. Apesar de ser um micronutriente essencial ao organismo humano, a ingestão de selênio em concentrações elevadas pode causar efeitos adversos à saúde<sup>24</sup>. Curiosamente, no ponto III as concentrações de selênio e cobre chamam atenção principalmente pelo fato de não ser detectado selênio no período chuvoso, sugerindo deposição de esgoto ricos em compostos desses elementos. No período chuvoso o excesso de água ou a não deposição desses rejeitos diminuiria suas concentrações. Os elementos prata, arsênio, boro, bário, cádmio, cobalto, cromo, mercúrio, índio, níquel, chumbo, antimônio, vanádio e zinco não foram detectados nas amostras de água analisadas no período seco.

A análise conjunta dos resultados das campanhas de coleta em abril (período chuvoso) e novembro de 2024 (período seco) demonstra que o rio Buriti sofre pressões ambientais contínuas, variando em intensidade conforme a sazonalidade (Figura 2). No período chuvoso, observou-se aumento expressivo de nutrientes e metais, reflexo do escoamento superficial que carrega fertilizantes agrícolas e resíduos domésticos para o leito do rio. Essa situação eleva o risco de contaminação da água destinada ao abastecimento, especialmente pela presença de ferro e alumínio em níveis até dez vezes superiores aos limites legais.<sup>9</sup> Esses elementos, além de afetarem características sensoriais da água, podem provocar danos crônicos à saúde e demandam tratamento específico para potabilização. Já no período seco, houve redução nos teores de ferro e alumínio, indicando menor lixiviação do solo e menor aporte de poluentes pelas chuvas. Por outro lado, mesmo em condições de estiagem, as concentrações de fosfato permaneceram muito acima do limite legal, revelando que a quantidade de nutrientes é permanente, sustentado por esgotos domésticos e atividades agrícolas. Essa condição configura risco de eutrofização crônica, com consequências como proliferação de cianobactérias, redução do oxigênio dissolvido e impacto direto sobre a biota aquática.<sup>10</sup>

Esses resultados evidenciam a combinação de dois vetores de poluição: descargas urbanas (esgoto *in natura*) e uso intensivo de insumos agrícolas. Mesmo quando a chuva diminui, a poluição por nutrientes se mantém, demonstrando que o problema não é apenas sazonal, mas estrutural.

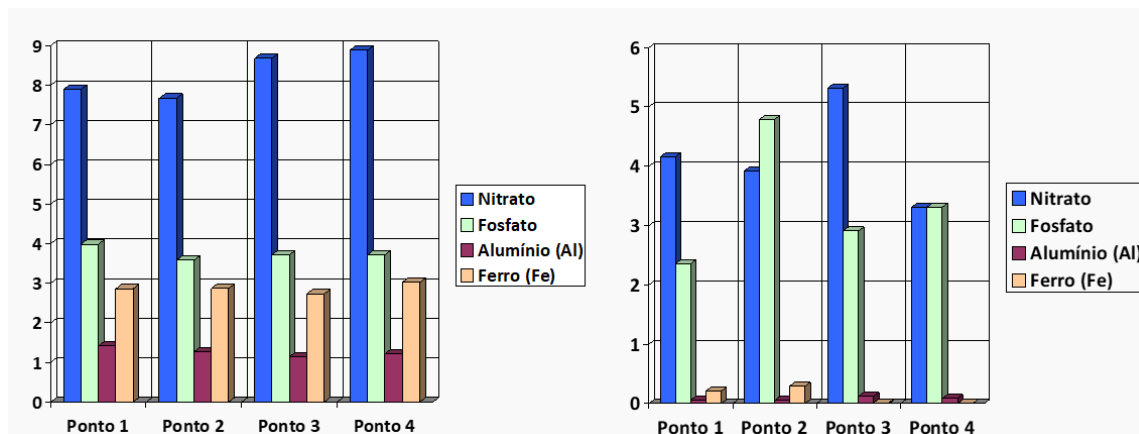


Figura 2: Variação das concentrações de nitrato, fosfato, ferro e alumínio nos períodos chuvoso

(esquerda) e seco (direita).

A qualidade da água é resultado da interação entre fatores naturais e ações antrópicas, estando diretamente relacionada às condições naturais e ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. Mesmo em ambientes preservados, processos como escoamento superficial, infiltração da água da chuva e o contato com o solo contribuem para a incorporação de partículas e substâncias dissolvidas na água, dependendo da cobertura e da composição do solo.<sup>19</sup>

A Lei 11.445/2007 estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, que define as diretrizes nacionais para os serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário. Essa legislação estabelece princípios fundamentais, como o acesso, a qualidade dos serviços, a proteção da saúde pública e do meio ambiente, além da admissão de práticas que assegurem a qualidade dos recursos hídricos. A ausência desses serviços contribui significativamente para a degradação ambiental dos corpos d'água, favorecendo para o excesso de nutrientes e contaminantes.<sup>25</sup> Portanto, a qualidade da água do rio Buriti encontra-se comprometida tanto por fatores químicos (nutrientes e metais) quanto por fatores socioambientais (ausência de saneamento básico, pressão agrícola e uso diverso da água). A persistência de fósforo em níveis alarmantes é o principal ponto crítico, indicando que o rio apresenta processo de eutrofização em curso.

## **Conclusões**

O presente estudo demonstrou que a qualidade da água do rio Buriti, principal fonte de abastecimento do município de São Bernardo - MA, encontra-se sob forte pressão antrópica, e a situação se agrava pela a inexistência de saneamento básico no município. A análise físico-química revelou que, embora parâmetros como pH, cloretos e temperatura estejam dentro dos limites estabelecidos pela legislação, compostos críticos especialmente fósforo, nitrato, ferro e alumínio apresentaram valores elevados, configurando um quadro de risco para a saúde pública e para o equilíbrio ambiental. As diferenças sazonais confirmaram que, no período chuvoso, há intensificação do aporte de nutrientes e metais por meio do escoamento superficial, enquanto no período seco a concentração de sais dissolvidos se mantém significativa, indicando que a poluição não é apenas sazonal, mas estrutural. A análise espacial mostrou que os pontos urbanos (Currais, Cai N'água e Ponte de madeira) sofrem maior impacto do esgoto doméstico, enquanto o ponto rural (Canoa Quebrada) apresenta influência direta de práticas agrícolas.

Diante desse cenário, conclui-se que a qualidade da água do rio Buriti pode está comprometida, exigindo medidas urgentes para solucionar os problemas presente no rio Buriti. Entre as ações necessárias destacam-se: a implantação de um sistema de esgoto eficiente; o monitoramento organizado da qualidade da água; apoio para práticas agrícolas sustentáveis; e o fortalecimento da educação ambiental na comunidade. Apenas com estratégias articuladas entre poder público e a sociedade será possível diminuir os

impactos identificados e assegurar a população de uma água adequada, de acordo com os padrões de saúde pública e sustentabilidade socioambiental. Os resultados obtidos reforçam a necessidade de ações imediatas do poder público e também da comunidade. São fundamentais investimentos em saneamento básico, implantação de políticas públicas, vistorias, educação ambiental e preservação hídrica, desta forma, conscientizar a população para o uso sustentável da água.

### Contribuições do autor

A coleta das amostras e realização das análises químicas foram realizadas por Andreia S. Brandão, Karina C. Santos, Natália H. S. dos Santos, Rebeca B. G. Lima, Ulisses M. Nascimento e Benedicto A. V. Lima. As análises por ICP-EAS foram realizadas pelo professor Marcelo F. da Silva. Todos os autores contribuíram na concepção, análise dos resultados e escrita do artigo.

### Referências

1. BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo Demográfico 2022. *Esgotamento sanitário por rede geral, rede pluvial ou fossa ligada à rede*. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/4714>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2026.
2. Ministério da Saúde, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS 2023. BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS. Disponível em: <<https://datasus.saude.gov.br/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2026.
3. VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. C.; Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. *Cadernos de Saúde Pública* **2006**, 22, 11, 2391. [[Crossref](#)]
4. PEREIRA, R. D. S.; Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Revista eletrônica de recursos hídricos* **2004**, 1(1), 20. [[Link](#)]
5. MERTEN, G. H.; MINELLA J. P.; Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável* **2002**, 4, 3, 33. [[Link](#)].
6. APHA – American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association; WEF – Water Environment Federation. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21. ed. Washington, D.C.: APHA/AWWA/WEF, 2005.
7. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos*. 4ª ed., 2008.

8. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução 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. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2005.
9. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo 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*: seção 1, Brasília, DF, 4 maio 2021.
10. Esteves, F. D. A.; *Fundamentos de limnologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, **2011**.
11. Jarvie, H. P.; Sharpley, A. N.; Withers, P. J. A.; Scott, J. T.; Haggard, B. E.; Neal, C.; Phosphorus Mitigation to Control River Eutrophication: Murky Waters, Inconvenient Truths, and “Postnormal” Science. *J. Environ. Qual.* **2013**, 42, 295. [\[Crossref\]](#).
12. Smith, V. H.; Schindler, D.W.; Eutrophication science: Where do we go from here? *Trends Ecol. Evol.* **2009**, 24, 201. [\[Crossref\]](#)
13. Owodunni, A. A.; Ismail, S.; Kurniawan, S. B.; Ahmad, A.; Imron, M. F.; Abdullah, S. R> S.; A review on revolutionary technique for phosphate removal in wastewater using green coagulant, *Journal of Water Process Engineering* **2023**, 52, 103573. [\[Crossref\]](#).
14. Hong, Y.; Zhu, Z.; Liao, W.; Yan, Z.; Feng, C.; Xu, D.; Freshwater Water-Quality Criteria for Chloride and Guidance for the Revision of the Water-Quality Standard in China. *Int J Environ Res Public Health* **2023**,20(4), 2875. [\[Crossref\]](#)
15. Piskin, E.; Cianciosi, D.; Gulec, S.; Tomas, M.; Capanoglu, E.; Iron Absorption: Factors, Limitations, and Improvement Methods. *ACS Omega* **2022**, 7(24), 20441. [\[crossref\]](#)
16. Kumar, V.; Bharti, P. K.; Talwar, M.; Tyagi, A. K.; Kumar, P.; Studies on high iron content in water resources of Moradabad district (UP), India, *Water Science* **2017**, 31, 44. [\[Crossref\]](#)
17. Senze, M.; Kowalska-Góralaska, M.; Czyż, K.; Aluminum Bioaccumulation in Reed Canary Grass (*Phalaris arundinacea* L.) from Rivers in Southwestern Poland. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, 2; 19(5), 2930. [\[Crossref\]](#), [\[PubMed\]](#)
18. Igbokwe, I. O.; Igbokwe, E.; Igbokwe, N. A.; Aluminium toxicosis: a review of toxic actions and effects. *Interdiscip Toxicol* **2019**. 12, 2, 45. [\[Crossref\]](#)
19. SPERLING, M. V. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
20. PEHLIVAN, R.; The effect of weathering in the Buyukmelen River basin on the geochemistry of suspended and bed sediments and the hydrogeochemical characteristics of river water, Duzce, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* **2010**, 39, 62. [\[Crossref\]](#)
21. Yu, S.; Xu, Z.; Wu, W.; Zuo, D.; Effect of land use types on stream water quality under seasonal variation and topographic characteristics in the Wei River basin, China. *Ecological Indicators* **2016**,

- 60, 202. [\[Crossref\]](#)
22. KOTTWITZ, J.; Avaliação espacial e sazonal da qualidade da água do rio Dourados, *Dissertação de mestrado*, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, 2012.
  23. CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L.; Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água, *Química Nova* **2000**, 23, 5, 618. [\[Crossref\]](#)
  24. World Health Organization. *Selenium in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. World Health Organization, 2003.
  25. BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2007.