



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA  
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE CAXIAS – CESC  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – LICENCIATURA**

**VERÔNICA INÁCIO DE OLIVEIRA**

**EFEITOS BIOLÓGICOS DA POLUIÇÃO HÍDRICA DO RIO ITAPECURU NA  
CIDADE DE CAXIAS- MA**

**CAXIAS- MA  
2023**

**VERÔNICA INÁCIO DE OLIVEIRA**

**EFEITOS BIOLÓGICOS DA POLUIÇÃO HÍDRICA DO RIO ITAPECURU NA  
CIDADE DE CAXIAS- MA**

Monografia apresentada ao colegiado do Curso de Ciências Biológicas Licenciatura, do Centro de Estudos Superiores de Caxias, da Universidade Estadual do Maranhão (CESC/UEMA), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: **Profa. Dra. Deuzuita dos Santos Freitas Viana**

**CAXIAS – MA**

**2023**

O48f Oliveira, Verônica Inácio de

Efeitos biológicos da poluição hídrica do Rio Itapecuru na cidade de Caxias-MA / Verônica Inácio de Oliveira. \_\_Caxias: Campus Caxias, 2023.

52f.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Maranhão – Campus Caxias, Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Deuzuita dos Santos Freitas Viana.

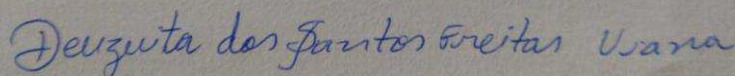
1. Poluição. 2. Danos ambientais. 3. Monitoramento. I. Título.

CDU 628.39

**EFEITOS BIOLÓGICOS DA POLUIÇÃO HÍDRICA DO RIO ITAPECURU NA  
CIDADE DE CAXIAS- MA**

Aprovada em: 19/07/2023

BANCA EXAMINADORA



---

**Profa. Dra. Deuzuita dos Santos Freitas Viana**  
UEMA-CESC



---

**Laíce Fernanda Gomes de Lima**  
UEMA-CESC



---

**Profa. Ma. Anastácia dos Santos Gonçalves**  
UEMA-CESC

Dedico esse trabalho aos meus pais, que me incentivaram e me deram o apoio necessário para realizá-lo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu Deus, por ter me sustentado por todo esse caminho, por ter ouvido todas as noites as minhas preces, durante essa árdua caminhada.

Agradeço grandiosamente a minha orientadora Dr. Deuzita dos Santos Freitas Viana, por ter me acolhido em seu laboratório e ter me proporcionado um grande aprendizado durante todo esse tempo.

A instituição Universidade Estadual do Maranhão-UEMA, por possibilitar a realização desse sonho, também aos demais professores e servidores que contribuíram para minha formação.

Agradeço também aos meus pais, Edna Inácio e Zacarias Oliveira, por ter me incentivado todos os dias a concluir os cinco anos dessa graduação, além de ter me dado todo o apoio sempre que precisei em períodos insistentemente difíceis.

Agradeço imensamente também ao meu namorado Matheus Wilson por toda ajuda durante todo o curso, aos meus amigos mais próximos por sempre estarem comigo me ajudando sempre que precisei, Emyle Vitória, Manoel Vyctor, Gabriela Cynkler e ao meu grupo de estudos GD.

## RESUMO

Na atualidade, vive-se uma séria crise hídrica provocada em massa por questões antropogênicas. É de suma importância entender como as atividades antrópicas influenciam a qualidade de ecossistemas aquáticos na perspectiva de restauração de ecossistemas degradados, visando restabelecer sua integridade ecológica. O objetivo desse trabalho foi analisar os efeitos biológicos da poluição hídrica do rio Itapecuru na cidade de Caxias- Ma. Para a coleta das amostras das águas, foram escolhidos cinco pontos, sendo descritos em P1, P2, P3, P4 e P5, do montante a jusante nas margens do rio Itapecuru. As coletas foram feitas em dois períodos, entre “novembro e dezembro” e período chuvoso “maio”. As amostras das águas foram levadas ao Laboratório de Físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), para as análises físico-químicas. Posteriormente foram realizados os testes microbiológicos utilizando o método dos Tubos Múltiplos, e o teste genotóxico utilizando como bioindicador *Allium cepa*. As águas do Rio Itapecuru estão poluídas nas áreas coletadas. Apresentaram alto teor de ferro, coloração amarelada e turbidez em ambos os períodos analisados. O teste microbiológico mostrou presença de microrganismos como bactérias e fungos. Apesar da ausência de metais pesados e alterações cromossômicas (genotoxicidade) na água analisada não é descartado a possibilidade de seu potencial tóxico.

**Palavras-chaves:** Poluição; Danos ambientais; Monitoramento

## ABSTRACT

Currently, there is a serious water crisis caused by anthropogenic issues. It is extremely important to understand how anthropic activities influence the quality of aquatic ecosystems from the perspective of restoring degraded ecosystems, aiming to restore their ecological integrity. The objective of this work research was to analyze the biological effects of water pollution in the Itapecuru river in the city of Caxias-Ma. For the collection of water samples, five points were chosen, being described in P1, P2, P3, P4 and P5, from the upstream downstream on the banks of the Itapecuru river. The collections were made in two periods, between “November and December” and the rainy period “May”. The water samples were taken to the Physical-Chemistry Laboratory of SAAE (Autonomous Water and Sewage Service) for physical-chemical analysis. Subsequently, microbiological tests were carried out using the Multiple Tubes method, and the genotoxic test using *Allium cepa* as bioindicator. The waters of the Itapecuru River are polluted in the collected areas. They had a high iron content, yellowish color and turbidity in both analyzed periods. The microbiological test showed the presence of microorganisms such as bacteria and fungi. Despite the absence of heavy metals and chromosomal alterations (genotoxicity) in the analyzed water, the possibility of its toxic potential is not ruled out.

**Keywords:** Pollution; Environmental damage; Monitoring.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>12</b>
2.1 Recursos hídricos: importância ambiental e na saúde humana.....	12
2.2 Biomonitoramento da poluição hídrica.....	13
2.3 Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru.....	15
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>16</b>
3.1 Análises Físico-Químicas.....	17
3.2 Análises do crescimento microbiano.....	18
3.3 Teste genotóxico com A. cepa.....	19
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
4.1 Análises Físico- químicas.....	20
4.2 Teste de Crescimento Microbiano - Tubos Múltiplos.....	23
4.3 Teste de Crescimento Microbiano - Meio De Cultura Agar Mueller Hilton.....	25
4.4 Teste genotóxico com Allium cepa.....	27
4.5 Análises Físico- químicas – período chuvoso 2023.....	28
4.6 Teste genotóxico com Allium cepa – período chuvoso 2023.....	32
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>35</b>
<b>7. ANEXO .....</b>	<b>39</b>
<b>8. APÊNDICE.....</b>	<b>49</b>

## INTRODUÇÃO

A água doce é um recurso natural finito, cuja qualidade vem piorando devido ao aumento da população e à ausência de políticas públicas voltadas para a sua preservação. Estima-se que aproximadamente doze milhões de pessoas morrem anualmente por problemas relacionados com a qualidade da água (MERTEN *et al.* 2002). Muito se tem escrito sobre poluição de águas superficiais, principalmente no que concerne a rios urbanos. Embora seja um bem imprescindível à vida na Terra, a maior parte da sociedade brasileira, há tempos, vem fazendo uso da água de forma inadequada, desenvolvendo hábitos de consumo caracterizados pelo desperdício, provocando a degradação ambiental de corpos de água e comprometendo a disponibilidade desse recurso natural.

Desde os primórdios, o ser humano vem causando impactos negativos aos recursos hídricos do planeta e as ações antrópicas têm trazido graves problemas. Quando se pensa ou se fala em poluição, logo vem à mente os diversos tipos de poluição, como lixões a céu aberto, rios e mares poluídos com plásticos, poluentes industriais, fuligem de escapamentos de carros e motos, fertilizantes, agrotóxicos, entre outros. O fato é que a temática *poluição* abrange uma dimensão muito maior do que se imagina, e que está relacionado a um grande problema ambiental que ameaça o futuro da humanidade (LIMA; RODRIGUES; SOUZA, 2018; MELLO; OLIVO, 2016).

Os principais impactos do desenvolvimento de uma área urbana sobre as redes hidrográficas estão ligados à sua forma de ocupação, mais precisamente no que se refere à falta de infraestrutura de saneamento básico, no processo de implantação (SAMPAIO; GOMES, 2020). As ações antrópicas podem ser causas de grandes prejuízos no ambiente e influenciam diretamente na qualidade das águas naturais e na perda da biodiversidade aquática. Os fatores urbanos, tais como poluição industrial e doméstica, elevam gradualmente o impacto ambiental e, por sua vez, acabam por comprometer a qualidade do recurso hídrico (FERREIRA *et al.* 2019).

Muitos poluentes no meio ambiente, como as substâncias ou materiais para os quais a água pode ser a principal via de transporte ou transmissão, e em um estado ecológico poluído ou contaminado, podem fazer com que a água represente problemas à saúde (BOELEEE *et al.* 2019). Vale ressaltar, também, que o uso da água para fins de lazer e higiene pela população é um grande fator da degradação dos recursos hídricos.

Na atualidade, vive-se uma séria crise hídrica provocada em massa por questões

antropogênicas. É de suma importância entender como as atividades antrópicas influenciam a qualidade de ecossistemas aquáticos na perspectiva de restauração de ecossistemas degradados, visando restabelecer sua integridade ecológica.

Doenças como amebíase, esquistossomose, diarreias, cólera e infecção bacteriana com *Escherichia coli* já foram descritas na literatura como patologias transmitidas por águas não tratadas, especialmente em regiões de baixa renda, nas quais a ausência de saneamento e mau gerenciamento dos recursos hídricos são eminentes. Para Pruss-Ustun *et al.* (2008) melhorias na qualidade do ambiente aquático, no saneamento básico e nas condições de higiene da sociedade poderiam atenuar os casos de doenças relacionadas à poluição da água.

Com o exagerado aumento de poluição, resultante das ações do homem, no ambiente aquático é evidente a importância do uso de meios biológicos para a verificação de agentes que possam causar alterações, tóxicas e genotóxicas, no ambiente. Dessa forma, um dos meios biológicos para a análise dessas alterações é o biomonitoramento.

Há diversos modos de verificação da poluição dos corpos aquáticos, dos quais podemos citar as análises físico-químicas, as microbiológicas e genotóxicas, que buscam mostrar de forma precisa os valores dos metais, microrganismos, alterações celulares e moleculares presentes na água e a qualidade da água.

O monitoramento da qualidade da água é um dos principais meios de sustentação de planejamento e gestão de recursos hídricos, tendo em vista o seu funcionamento como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, com o intuito de subsidiar as ações de controle ambiental (GUEDES, DA SILVA, *et al.* 2012).

Atualmente, com os avanços no campo da ecotoxicologia, foram elencados diferentes biomarcadores no organismo, que podem ser usados para estimar a exposição a produtos químicos ou os efeitos resultantes. Nesse sentido, biomarcadores e bioindicadores têm sido amplamente usados como substitutos para determinar respostas em nível individual (ARAÚJO *et al.* 2018).

Para Santos (2019) um bioindicador tem a característica de quantificar alterações ambientais, por acúmulo de elementos em seu interior. Para Morais *et al.* (2016), a utilização de organismos como bioindicadores torna-se importante para avaliar o real risco de exposição a poluentes, especialmente porque esses organismos são avaliados em seu habitat natural.

Bioindicadores são organismos cuja presença e quantidade indicam uma condição

ambiental, que pode ser correlacionada, de forma simples, resumida e confiável a elementos naturais ou antrópicos com um potencial impacto ambiental.

No entanto, mesmo com o aumento de interesse da academia, essa transferência de estudos em relação à biota aquática para o biomonitoramento para área de aplicação ainda é pouco utilizada no meio acadêmico.

Diante dessas perspectivas, o uso de bioindicadores vegetais é bastante utilizado, pois mostra os possíveis riscos à saúde humana. O *Allium cepa* L. (cebola) é um dos mais indicados, por conta do alto índice de desenvolvimento de seus meristemas radiculares, além de ser um teste que possui bastante confiabilidade.

O *Allium cepa* tem sido indicado como um importante organismo-teste de mutagenicidade, devido ao crescimento rápido de suas raízes e por ser bastante sensível à mudança ambiental. É um teste de baixo custo e, além disso, tem benefícios sobre outros testes que precisam de preparação prévia das amostras e a adição de um sistema metabólico exógeno (WANDSCHEER *et al.* 2017 e BERTAN *et al.* 2020).

Com o surgimento de métodos analíticos mais sensíveis, os contaminantes vêm sendo sistematicamente detectados nos meios aquáticos e são considerados um problema eminente, de forma que há um aumento do consumo pela sociedade dos produtos que são fontes de poluição.

Tais estudos são importantes para que a análise dos impactos provocados pelas atividades antrópicas seja mais ampla, bem como para proporcionar a possibilidade de mostrar o potencial tóxico da água e as reais condições do ecossistema e possibilitar medidas estratégicas de intervenções para a melhoria deste recurso hídrico que abastece toda a cidade de Caxias- MA e povoados próximos.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivos analisar os efeitos biológicos da poluição hídrica do rio Itapecuru na cidade de Caxias- MA; monitorar a qualidade das águas da Bacia Fluvial do Rio Itapecuru; analisar metais tóxicos na água; identificar os microrganismos presente na água e analisar a genotoxicidade no bioindicador através do protocolo de *Allium cepa*.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Recursos hídricos: importância ambiental e na saúde humana**

Os recursos hídricos são de suma importância para o desenvolvimento humano, seja ele social, industrial ou agrícola. Segundo Carvalho *et al.* (2016) os recursos hídricos são importantes para a estrutura socioeconômica por proporcionar oportunidades para o desenvolvimento de atividades agrícolas, industriais, turísticas e relacionadas à aquicultura, aos transportes, à pecuária e, também, atividades recreativas, dentre outras, o que influencia o crescimento econômico e social.

A água tem uma grande utilidade no meio social, mas essa utilização depende da qualidade e da quantidade de alguma substância contida nesse bem natural, o que pode afetá-la negativamente, devido à possibilidade de contaminantes tóxicos. De acordo com Carvalho *et al.* (2016) a qualidade da água desempenha um papel vital em todos os aspectos da vida do ser humano e sobrevivência de ecossistema.

Nos últimos anos o nível de contaminação dos rios e lagos aumentou drasticamente, trazendo consigo diversas problemáticas para muitos dos setores da sociedade. Tal fato tem contribuído para a redução da qualidade ambiental, bem como para o comprometimento da saúde dos seres vivos que habitam esses ecossistemas (CAJARAVILLE *et al.* 2000).

Nos rios e lagos são encontradas algumas substâncias que são derivadas, na maioria das vezes, das atividades humanas. A falta de saneamento básico adequado faz com que os esgotos escoem para os rios e mananciais, entre outras substâncias que são produtos da atividade humana, como os plásticos e hidrocarbonetos halogenados. Segundo Carapeto (1999) muitas outras substâncias com potencial tóxico, ou pelo menos prejudicial, existem naturalmente nos oceanos, rios, estuários, etc.

As matas ciliares também são de suma importância para os recursos hídricos e também sofrem com a constante ação antrópica, sendo um dos impactos ambientais mais graves para os recursos hídricos, pois acarreta em outros problemas ambientais, como assoreamento e erosão. As Matas Ciliares atuam na qualidade da água, na regulação do regime hídrico, na estabilização de margens do rio, na redução do assoreamento da calha do rio e são influenciadas pelas inundações, pelo aporte de nutrientes e pelos ecossistemas aquáticos que elas margeiam (CASTRO *et al.* 2012).

A biota aquática está constantemente exposta a um grande número de substâncias tóxicas lançadas no ambiente, o que repercute diretamente na saúde humana, pois o consumo

de água contaminada pode causar diversas doenças, devido à quantidade de contaminantes nela presentes. Um dos mecanismos de transmissão de doenças mais comumente lembrado e diretamente relacionado à qualidade da água é o da ingestão, por meio do qual um indivíduo sadio ingere água que contém componente nocivo à saúde e a presença desse componente no organismo humano provoca o aparecimento de doença (REBOUÇAS, 1997).

Partindo dessa premissa, a água é considerada um meio veiculador de transmissão de doenças que são causadas por organismos patogênicos. Segundo Nascimento (2015), a água pode abrigar diversos microrganismos que transmitem doenças ao homem, entre eles estão protozoários, bactérias e vírus. Outros parasitas são causadores de doenças que são encontrados em organismos que vivem na água ou por animais vetores com ciclo de vida na água.

São exemplos de tais doenças a amebíase, a esquistossomose, as diarreias, a cólera e a infecção bacteriana com *Escherichia coli*. De acordo com Moura *et al.* (2010) no mundo, doenças de veiculação hídrica são a segunda maior causa de morte na infância, atrás, apenas, das infecções respiratórias. Cerca de sete crianças morrem a cada dia no país vítimas de diarreia, cenário que pode ser alterado com investimentos em saneamento básico, principalmente no fornecimento de água de qualidade.

Segundo Costa *et al.* (2008) sobre a contaminação dos recursos hídricos a ecotoxicologia surge como uma ferramenta necessária para avaliar a toxicidade, devido à contaminação dos recursos hídricos, para que, dessa forma, possa ser detectada a qualidade da água e, assim, analisar se está propícia ao consumo humano, seja bebendo, banhando ou usando para cozinhar.

Devido a todo esse cenário crítico, a preservação dos recursos hídricos requer um monitoramento adequado, através de técnicas que são capazes de identificar a qualidade da água de um determinado local. Com isso, os testes físico-químico e análise de crescimento microbiano estão sendo muito utilizados, além do teste de genotoxicidade, tendo como bioindicador o *Allium cepa*. A caracterização física e química deve ser complementada com análises toxicológicas, utilizando organismos testes vivos ou não, post que estes interagem diretamente com os possíveis poluentes, podendo, assim, obter resultados mais próximos da realidade que se encontra a água que está sendo analisada (MARANHO *et al.* 2017).

## **2.2 Biomonitoramento da poluição hídrica**

Nas últimas décadas o biomonitoramento tem sido utilizado como uma forma de “preservação” de rios. Este tipo de avaliação envolve o uso sistemático dos organismos vivos

ou suas respostas para determinar a qualidade desses recursos hídricos. Como os rios estão sujeitos a inúmeras conturbações, a biota aquática reage a esses estímulos, sejam eles naturais ou antropogênicos. Desse modo, a concepção mais aceita de biomonitoramento é o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antropogênicas (MATTHEWS *et al.* 1982).

O princípio básico do monitoramento biológico é a comparação entre uma área de controle não impactada contra um local onde se quer testar a condição ambiental. Para que a análise tenha resultados significativos, os pontos de coleta deverão ser selecionados em três faixas específicas: acima do local supostamente impactado (pontos a montante), pontos de coleta no próprio local de impacto e pontos de coleta abaixo do local de impacto (pontos a jusante). Além de atuar como medida reguladora, o método é utilizado como uma prova contra ações criminosas causadoras de danos ambientais (SILVEIRA, 2004).

Entre os diferentes métodos de análises ambientais, o biomonitoramento se destaca por fornecer respostas abrangentes (MONTIBELLER-FILHO, 2004). A ideia de que espécies podem ser usadas para indicar certas condições ambientais tem sido analisada com bastante frequência ao longo da história. Bioindicadores são espécies escolhidas por sua sensibilidade ou tolerância a vários parâmetros, como poluição orgânica ou outros tipos de poluentes (WASHINGTON, 1984).

A avaliação biológica apresenta algumas importantes vantagens sobre a físico-química, uma vez que os organismos integram condições ambientais por um longo período de tempo, enquanto os dados químicos são medidos instantaneamente na natureza e, portanto, necessitam de um grande número de medições para que se obtenha uma maior acuidade nos resultados (DE PAUW & VANHOOREN, 1983).

Com o crescimento dos estudos na área da ecotoxicologia demonstra-se que diversos tipos de biomarcadores no organismo podem ser usados para notabilizar a presença de produtos químicos ou os efeitos resultantes. Sendo assim, biomarcadores e bioindicadores têm sido bastante usados como substitutos para estabelecer respostas em nível individual (CUNHA *et al.* 2020).

De acordo com Bolonhesi *et al.* (2018), as plantas vêm demonstrando ser bastante eficazes quando utilizadas como biomarcadores para monitorar se há ou não a ocorrência de compostos tóxicos em corpos hídricos, tal como rios, lagos, etc., demonstrando a eficiência dos testes com *Allium cepa* como bioindicador, ajudando a monitorar os mananciais e determinando

a sua qualidade.

Entre as vantagens da utilização de vegetais como organismos bioindicadores, podemos ressaltar: fácil manipulação e tratamento; amplo registro bibliográfico e autoecologia bem definidas; metodologias padronizáveis, além da total confiabilidade em todos os resultados.

O protocolo do *Allium cepa* utiliza os meristemas radiculares da cebola para avaliar a toxicidade por meio de ensaios de germinação, em contato com a amostra a ser testada. São analisados: o crescimento das raízes, o índice mitótico em células meristemáticas (local onde pode ocorrer mudanças significativas) e a presença de alterações cromossômicas ou nucleares em células meristemáticas, a fim de analisar o potencial tóxico, citotóxico, genotóxico e mutagênico a nível cromossômico das amostras em teste (SOUZA, 2017).

### **2.3 Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru**

A Bacia Hidrográfica do Itapecuru é genuinamente maranhense, abrange os biomas Amazônico, Cerrado e Caatinga, tendo uma ampla composição de ecossistemas. A Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru possui área aproximada de 53.216,84Km<sup>2</sup>, correspondendo a 16,03% da área do Estado. Dentre os sessenta e três municípios, além de áreas na bacia do Rio Itapecuru e 38 sedes municipais que estão incluídas dentro dela, destacam-se os municípios de Mirador e Colinas no alto curso do Rio Itapecuru (onde se encontra a maior parte de suas nascentes), o município de Caxias no médio curso e os municípios de Coroatá, Codó e Rosário no baixo curso (RAIMUNDO *et al.* 2017).

A bacia possui um regime hidrológico com duas estações bem definidas: a das águas máximas cheias de fevereiro a maio; e as mínimas estiagens que se prolongam de agosto a novembro. A região caracteriza-se por pluviometria média de 1.550 mm anuais, volume considerado bom se comparado a outras regiões do Brasil. (PORTO *et al.* 2019). Para Pereira e Moraes (2022), as bacias hidrográficas estão expostas de forma constante às transformações que podem ser decorrentes de fenômenos naturais ou mesmo aquelas derivadas das ações antrópicas.

De acordo com Paula *et al.* (2021), é necessário que o rio Itapecuru apresente condições físicas e químicas adequadas para ser utilizados pelos seres vivos. Logo, com o aumento das ações antrópicas, isso acaba se tornando a cada dia mais difícil. Os principais danos ambientais da bacia hidrográfica do rio Itapecuru são: o desmatamento e o assoreamento, principalmente no médio e baixo curso, resultantes da expansão agropecuária e do extrativismo

vegetal; e a poluição orgânica industrial (IBANEZ; 1997).

Os recursos hídricos da bacia têm múltiplos usos, dos quais se pode destacar: o abastecimento humano inclusive para a capital São Luís; transporte; recreação; dessedentação de animais; irrigação; agricultura de vazante; navegação; dentre outros (SANTOS, 2010).

### **3. METODOLOGIA**

Os pontos de coleta foram selecionados baseando-se no grau de poluição e fator antrópico presente nas proximidades do rio (Figura 1), sendo somente na zona urbana de Caxias- MA. Sendo assim, foram identificados cinco pontos para as coletas, os quais foram dois períodos diferentes para serem colhidas as amostras, considerando um período intermediário e chuvoso. Desse modo, as amostras de água foram coletadas com aproximadamente 30 cm de profundidade.

Os cinco pontos foram nomeados de P1, P2, P3, P4 e P5, cada ponto analisado possuía características relevantes em relação ao grau de poluição. O ponto 1 apresentava um grau de poluição menor que os outros pontos, visto que nas suas margens não existia lixo, nem queda de esgoto e ausência de residências tão próximas. O ponto 2 já apresentava características mais distintas, visto que também não havia residências tão próximas, nem um alto grau de poluição, sendo considerado um ponto também menos poluído.

O ponto 3 se caracterizou como um ponto equilibrado, possuía um certo grau de poluição, mas as margens do rio se mostravam, ainda assim, conservadas, apesar de residências bastante próximas ao rio. Já os pontos 4 e 5 foram considerados os mais poluídos, pois possuíam um alto grau de poluição antrópica, além de dejetos de animais, esgotos domésticos e entre outras características.

Figura 1: Rio Itapecuru, Caxias- MA

## MAPA DOS PONTOS DE COLETA



### Pontos de coleta

- local: Linha do trem, Caldeirão, Caxias-MA - Ponto 1
- local: Parque da cidade, Cangalheiro, Caxias-MA - Ponto 2
- local: Aluisio azevedo, Ponte, Caxias-MA - Ponte 3
- local: Antes do parque da cidade, Ponte, Caxias-MA - Ponto 4
- local: Instituto histórico de caxias, Galiana, Caxias-MA - Ponte 5

Fonte: Dados da pesquisa, 2022

O biomonitoramento da qualidade da água do rio Itapecuru foi realizado com o protocolo do *Allium cepa*. O grupo controle nesta etapa foi a água destilada.

### 3.1 Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas das amostras de águas da bacia do rio Itapecuru foram realizadas no laboratório de Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). O procedimento de análise da água seguiu os protocolos analíticos descritos no manual de **procedimentos de amostragem e análise físico-química de água** da Embrapa elaborado por Parron, Muniz e Pereira (2011).

Esta etapa do projeto consistiu na identificação e quantificação de elementos e espécies iônicas presentes na água do rio, através dos métodos: potencial Hidrogeniônico (pH), alcalinidade total, Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), turbidez, Carbono Orgânico Total (COT), Demanda Biológica do Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Fósforo total ( $P_{total}$ ), determinação de Fosfatos ( $PO_4^-$ ), determinação de nitrogênio (molecular, orgânico, nitrato, nitrito, amônia e nitrogênio total), dureza total, determinação de enxofre (sulfato, sulfito, sulfeto, etc.), cloreto, fluoreto e ferro. A coleta e a escolha dos frascos estarão de acordo com os dados da (tabela 1) abaixo.

**Tabela 1** - Preservação e armazenamento das amostras de água de acordo com o tipo de análise.

Parâmetro	Tipo de frasco*	Volume por amostra (mL)	Acondicionament o para transporte**	Preservação da amostra	Prazo do ensaio
Alcalinidade	P ou V	200	CT + BG	Refrigeração a 4 °C	24 horas
Ânions	P	100	CT + BG	Filtração de congelament o	90 dias
Cátions	P	100	CT + BG	Filtração e congelament o	90 dias
Dureza	P ou V	200	CT + BG	Adicionar 1,0 mL de $HNO_3$ ou $H_2SO_4$	60 dias
Fósforo total	P	50	CT + BG	Filtração e congelament o	24 horas
Metais	P	100	CT + BG	Adicionar 1,0 mL $HNO_3$	180 dias

Turbidez	P	50	CT + BG	Armazenar no escuro por até 24 horas sobre refrigeração	24 horas
----------	---	----	---------	---	----------

\*Plástico (P) e Vidro (V). \*\*Caixa Térmica (CT) + Bolsa Gel (BG). Fonte: Paron (2011).

### 3.2 Análises do Crescimento Microbiano

Para a realização das análises microbiológicas da água, foi utilizado o método dos Tubos Múltiplos, para 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).

Para a análise do crescimento microbiano foram usados nove tubos contendo amostras das águas coletadas, sendo três com 10 mL, três com 1,0 mL e três com 0,1 mL. Dessas amostras, todos os tubos continham 10 mL de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), é um meio de enriquecimento seletivo usado para a detecção e contagem de *E. coli* e coliformes totais em alimentos e água. O Caldo LST permite que os Coliformes cresçam rapidamente e produzam gás através da fermentação da lactose, mesmo com pouco inóculos.

Os tubos inoculados foram colocados em estufa a 35° C, mais ou menos, 0,5° C por 24 a 48 horas para observação do crescimento com formação de gás dentro do tubo de Durham. Foram considerados positivos os tubos em que houve a formação do gás dentro dos tubos e negativos para os que não formaram.

Para confirmar a formação dos microrganismos foram transferidas dos tubos positivos no LST uma alçada para tubos contendo Caldo Verde Brilhante Bile Lactosado a 2% (VBBL) e foram colocados a 35± 0,5°C por 24 a 48 horas. Para a determinação da atividade microbiana foi usado um meio de crescimento contendo Ágar Muller Hilton.

### 3.3 Teste Genotóxico com *Allium cepa*

O Teste *Allium cepa* seguiu o protocolo sugerido pela Sociedade Brasileira de Mutagênese Carecinogênese e Teratogênese Ambiental (SBMCTA) elaborado por Medeiros *et al.* (2007). As cebolas foram limpas e imersas na água. Para cada concentração 06 bulbos foram colocados em contato com cada amostra coletada, repondo a concentração a cada dia. Após 48 horas as raízes que mediam entre 0,5 e 1,5 cm foram cortadas. Posteriormente, as raízes foram colocadas em solução Carnoy por 24 horas e após esse tempo foram estocadas em etanol 70%

até o dia do preparo das lâminas. Para a preparação das lâminas, as raízes foram lavadas com água destilada (3 banhos de 5 minutos cada para a remoção do fixador e depois foi realizada a hidrólise com HCl IN 60 °C por 1 min). Em seguida, as raízes foram retiradas do ácido e lavadas em água destilada. Com o auxílio de uma pinça, as raízes foram secadas e transferidas para um frasco âmbar com o reativo de Schiff por 2 horas. As raízes foram lavadas com água até a total remoção do corante e as raízes foram secadas. Para a última etapa as raízes foram colocadas sobre uma lâmina, separando a extremidade mais corada de cada uma delas, uma gota de carmim acético foi adicionada e em seguida foi coberta com uma lamínula, após foi realizado uma pressão e levada para observação no microscópio imediatamente.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 Análises Físico- químicas - período de novembro e dezembro de 2022

Foi observado um alto índice de ação antrópica na maioria dos pontos de coletas de água no rio Itapecuru (Figura 2), como perda da mata ciliar, lixo, escoamento de esgotos, dejetos de animais. Segundo Silva e Conceição (2011) um dos fatores que levam ao desmatamento da mata ciliar no rio Itapecuru relaciona-se com o crescimento urbano e consequente lançamento em seus afluentes de resíduos sólidos sem terem passado por nenhuma etapa de tratamento.

**Figura 2:** Resíduos e esgotos próximos as margens do Rio Itapecuru



Fonte: Dados da pesquisa, 2022

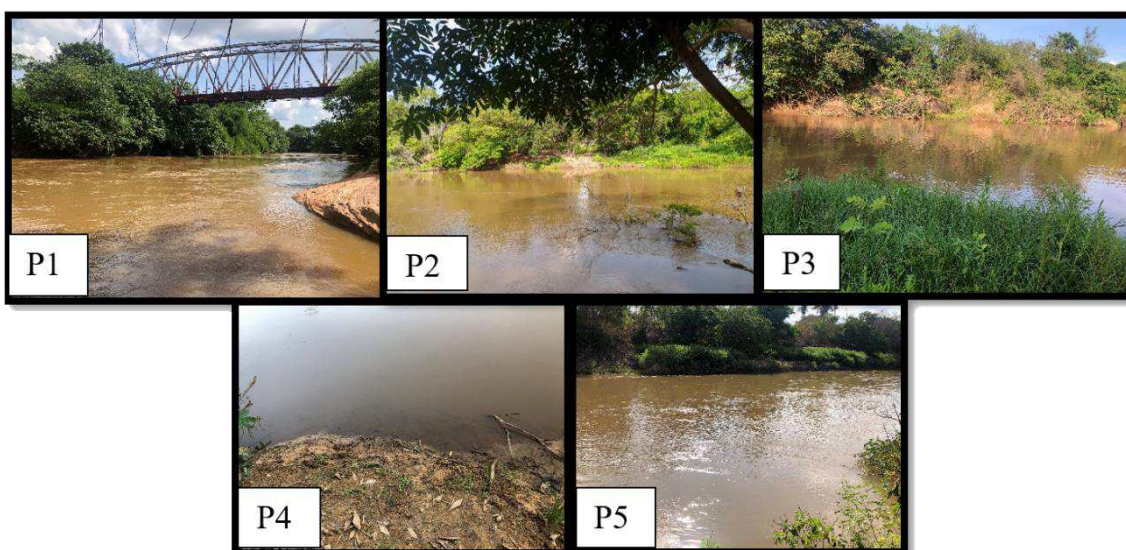
O inadequado descarte dos resíduos nesse ecossistema afeta diretamente a qualidade da água e contribui, também, para os grandes riscos à saúde da população, principalmente para o aparecimento das principais bactérias presentes na água, dentre as principais estão os coliformes totais, coliformes fecais, *Escherichia coli* e até mesmo fungos.

Muitos tipos de doenças podem ser transmitidos pela água, que podem ser causados por organismos ou outros contaminantes disseminados diretamente por meio da água, tais como: Amebíase, giardíase, gastroenterite, febres tifoides e paratifoide, hepatite infecciosa, cólera, dengue, dentre outras, que são as principais doenças de veiculação hídrica (RITA *et*

al. 2016).

Para as análises químicas as águas, como consta na figura 3, foram analisadas conforme a Portaria do Ministério da Saúde de N° 888 de 04/05/2021, mostrando desconformidades. Muitos fatores antrópicos, como o lixo, são uma grande ameaça à saúde das pessoas, pois quando um resíduo é armazenado a céu aberto, este se acumula e se torna um ambiente prolífero para vetores transmissores de doenças (SILVA, 2014).

**Figura 3:** Pontos de coletas no Rio Itapecuru em Caxias- MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2023

De acordo com os parâmetros analisados, observou-se que Turbidez, Cor e Ferro sofrem algumas desconformidades em todos os pontos analisados, sendo os únicos parâmetros a apresentarem essas alterações. Para Pereira e Morais (2022), as bacias hidrográficas estão expostas de forma constante às transformações que podem ser decorrentes de fenômenos naturais ou mesmo aquelas derivadas das ações antrópicas.

**Tabela 2:** Resultados das análises físico-químicas coletadas no Rio Itapecuru em Caxias- MA

PARÂMETRO	P1	P2	P3	P4	P5	PORTARIA N° 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	46,00	44,00	46,00	44,00	25,00	<b>1,0 (uT)</b>
COR	250,00	240,00	245,00	240,00	230,00	<b>15,0 (uH)</b>
FERRO	2,78	2,70	2,43	2,68	3,00	<b>0,3 mg/L</b>

V.M.P (Valor máximo permitido). Fonte: Laboratório de físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) (2022).

De acordo com os parâmetros analisados, observou-se que Turbidez, Cor e Ferro sofrem algumas alterações em todos os pontos analisados. Para Pereira e Morais (2022), as bacias hidrográficas estão expostas de forma constante às transformações que podem ser decorrentes de fenômenos naturais ou mesmo aquelas derivadas das ações antrópicas.

A turbidez indica a não transparência da água, isso se deve à presença de substâncias em suspensão ou coloidais e as medidas são feitas baseando-se na intensidade luminosa que atravessa a água. Do ponto 1 ao 5 observa-se 44 uT, 4 uT, 25 uT, considerando a água imprópria para consumo humano, ultrapassando o valor padrão permitido pela portaria. A alta turbidez da água não a torna inviável somente para o consumo por parte do ser humano e dos animais, mas também pode desencadear muitos problemas ao funcionamento do ecossistema natural (ROBERTO, 2017, p. 10).

Assim como a turbidez, a cor também apresentou inconformidades, apresentando médias entre 250 uH e 230 uH, ultrapassando bastante seu valor padrão permitido. Sendo assim, a cor traz indicadores de alterações no meio que possa estar influenciando a propriedade da água, como a lavagem do solo e carreamento de sólidos dissolvidos para água, influenciando na transparência da água (SOUZA *et al.* 2020). Contudo, as ações humanas acabam sendo um dos muitos fatores causadores dessas alterações, visto que essas ações antrópicas interferem na quantidade e qualidade química desses recursos hídricos.

O ferro também apresentou grandes alterações, apresentando médias entre 2,78 mg/l e 3,00 mg/l, tornando a água totalmente imprópria para o consumo ou outros usos diários. A presença de ferro em elevadas concentrações se caracteriza como o principal problema de qualidade de água (FRANCO *et al.* 2009).

Nos dias atuais sabe-se que o ambiente urbano pode ser considerado como fonte de poluição, pois concentra atividades totalmente dinâmicas (BRUNNER, 2008; POLETO; MARTINEZ, 2011). Contudo, é notório que a poluição nesses determinados ecossistemas nem sempre provém somente das atividades humanas, mas sim de várias fontes de poluição que, agindo todas em conjunto, acabam contribuindo drasticamente para a degradação desse ambiente.

Parâmetros como Nitrato, Dureza e Cobre também foram analisados, apresentando valores de acordo com os dados da Portaria de Nº 888. Constatamos que esses parâmetros continuam instáveis em todos os pontos analisados (Tabela 3).

**Tabela 3:** Resultados das análises físico-químicas coletadas no Rio Itapecuru em Caxias- MA

PARÂMETRO	P1	P2	P3	P4	P5	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
NITRATO	0,12	0,08	0,07	0,07	0,78	10,0 mg/L
DUREZA	18,00	18,00	17,00	18,00	62,00	300 mg/L
COBRE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,0 mg/L

V.M.P (Valor máximo permitido). Fonte: Laboratório de físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) (2022).

Dureza e Nitrato foram os parâmetros que não apresentaram alterações, mas com valores abaixo do limite máximo permitido pela Portaria, assim como Cobre, Manganês, Sulfeto, Zinco e outros parâmetros não apresentaram inconformidades em nenhuma das cinco amostras, como é apresentado nas tabelas em (anexo 1 a 5).

#### 4.2 Teste de Crescimento Microbiano - Tubos Múltiplos

A análise das águas realizada pelo teste dos tubos múltiplos demonstrou presença de microrganismos. Este meio de cultura inibe o crescimento dos microrganismos Gram-positivos e encoraja o crescimento dos microrganismos coliformes, mas, para que isso aconteça, utilizamos o *Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST)*<sup>1</sup> para o teste presuntivo e *caldo verde brilhante*<sup>2</sup> no teste confirmativo para coliformes totais.

Os coliformes usam o oxigênio presente no meio e através da fermentação produzem ácido e gás sob condições anaeróbias. Se não existir produção de gás o resultado do teste é negativo, estabelecendo-se que não existem coliformes na amostra. A formação de gás (resultado positivo) determina a presença de coliformes na amostra (ABELHO, 2011). Constatou-se que as cinco amostras de água coletadas e analisadas apresentaram formação de gás em todos os tubos analisados, como representado na Figura 4.

A positividade foi indicada pelo crescimento e presença de gás nos tubos de Duhran. São considerados coliformes os microrganismos que, através desta técnica, sejam capazes de fermentar lactose nos testes presuntivos e confirmativos, com produção de gás

<sup>1</sup> É um meio de enriquecimento seletivo usado para a detecção e contagem de *Escherichia coli* e coliformes totais em alimentos e água.

<sup>2</sup> É um caldo de enriquecimento seletivo e contagem de coliformes a partir de diversas amostras.

a 35 °C a 45 °C. Em todos os testes, sejam eles presuntivos ou testes confirmativos, houve presença de massa celular, além de alteração no odor e coloração da água, deixando-as turvas, como apresentada na Figura 4.

**Figura 4:** Amostras de água com a formação do gás



Fonte: Dados da pesquisa, 2023

É possível observar, nas imagens abaixo, que houve uma mudança significativa na cor, na textura, e na formação de massa celular da solução (Figuras 5 e 6). Dessa forma, isso implica na comprovação da formação do gás nos tubos, apesar de serem amostras distintas, respectivamente dos pontos 2 e 3.

**Figura 5:** Mudança na coloração



Fonte: Dados da pesquisa, 2023

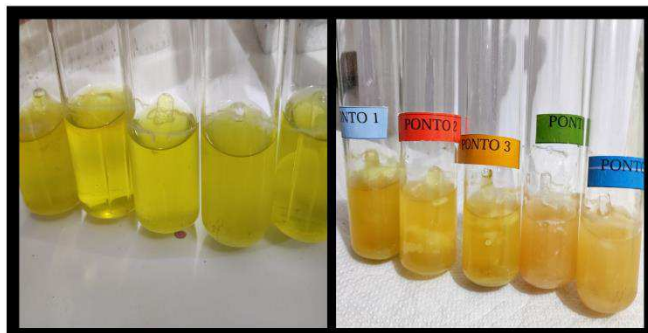
**Figura 6:** Criação de massa celular



Fonte: Dados da pesquisa, 2023

Nas quantidades diferentes das amostras analisadas foram de (0,1 ml ;1,0 ml e 10 ml), mas, somente na quantidade de 10 ml que foi possível observar a formação dos gases maior rapidez. É possível afirmar a presença de coliformes termotolerantes ou fecais, pois houve formação de massa celular, gás e o meio também ficou turvo. Carvalho (2012) afirma que o meio de cultura conhecido como verde brilhante (VB), inibe a presença de bactérias Gram-positivas, possibilitando a visualização das bactérias Gram-negativas.

**Figura 7:** Teste confirmativo e formação de massa celular e gás



Fonte: Dados da pesquisa, 2023

Esses resultados são causados pela contaminação das águas e presença de bactérias. Em todo o planeta, praticamente não existe um ecossistema que não tenha sofrido influência direta e/ou indireta do homem, como, por exemplo, contaminação dos ambientes aquáticos, desmatamentos, contaminação de lençol freático e introdução de espécies exóticas, resultando na diminuição da diversidade de habitats e perda da biodiversidade (GOULART *et al.* 2003).

#### 4.3 Teste de Crescimento Microbiano - Meio de cultura Agar Mueller Hilton

Nas cinco amostras de água, foram identificados microrganismos através do meio de cultura contendo o Ágar Mueller Hilton, como está sendo apresentado na Figura 8.

**Figura 8** Placas de petri minutos após a colocação das amostras nos poços



Fonte: Dados da pesquisa, 2022

Em todas as amostras de águas coletadas, e isoladas por 24 horas, houve um crescimento considerável de microrganismos (bactérias e fungos). Apesar de não serem perceptíveis a olho nu, na identificação desses microrganismos observa-se nitidamente a

formação de algumas colônias (Figura 9).

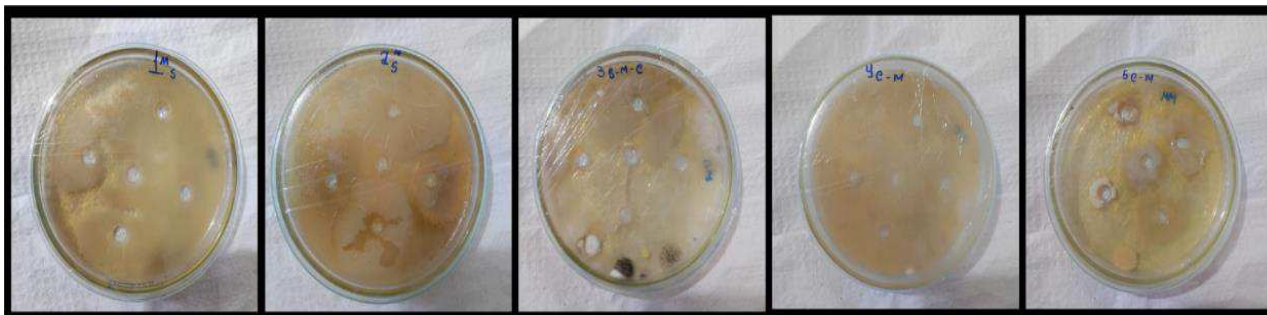
**Figura 9:** Placas de petri 24 horas após a colocação das amostras de água nos poços



Fonte: Dados da pesquisa, 2022

Após isolar por duas semanas as placas, ocorreu um crescimento exponencial das colônias de microrganismos presentes nos poços. Houve mudança na coloração do Ágar, tornando-se amarelada. O crescimento de microrganismos (fungos e bactérias) notados nas bordas das placas, indicam poluição da água tornando um risco a população. Existem muitos riscos à saúde que variam de acordo com a classificação dos microrganismos. Os riscos mais frequentes são induzidos pelas bactérias, seguidas dos vírus, protozoários e fungos (OTSUKA *et al.* 2018).

**Figura 10:** Placas de petri entre duas a três semanas após a adição das amostras nos poços



Fonte: Dados da pesquisa, 2022

Todas as amostras de água analisadas tiveram um crescimento considerável de microrganismos (Figura 10). É de suma importância verificar as possíveis causas dessa contaminação e o que pode estar interferindo na qualidade da água, levando em consideração que cada ponto possui sua característica própria, o que acaba sendo um dos vários motivos causadores dessa contaminação.

As causas da poluição hídrica são bem pontuais, ou seja, são bem localizadas, fáceis de identificar e de monitorar, como consta na figura 2. Um exemplo muito comum dentre os pontos é a queda de esgoto doméstico, lixo e dejetos de animais, aumentando a chance de patogênicos causadores de doenças. Alguns gêneros como *Enterobacter*, *Citrobacter*,

*Klebsiella* e *Serratia*, vivem na água e no solo, como também constituem parte da microbiota intestinal do homem (NASCIMENTO *et al.* 2013).

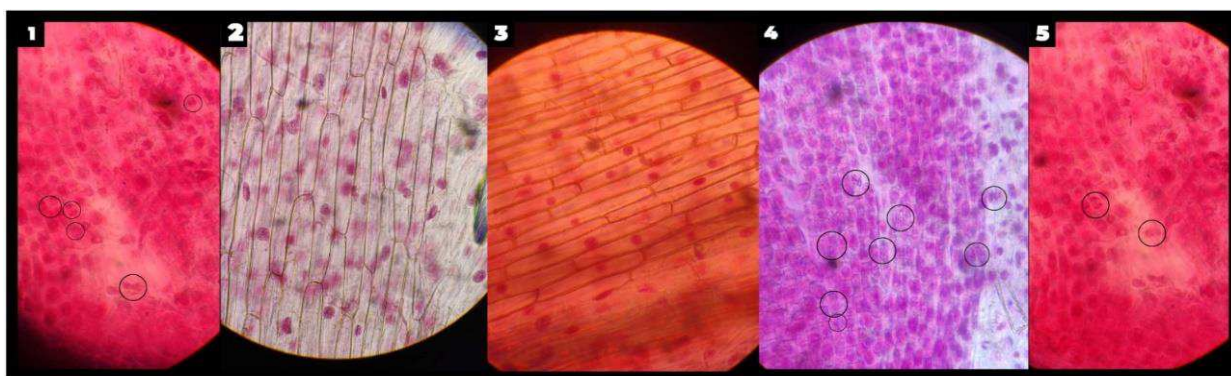
#### 4.4 Teste genotóxico com *Allium cepa*

Os resultados dos índices mitóticos (IM) através dos meristemas radiculares do *Allium cepa* não se apresentaram como significativos, pois o (IM) foi muito baixo, além da ausência de micronúcleos em todos os meristemas radiculares e ausência de aberrações cromossômicas. As águas analisadas não possuem um grau de genotoxicidade.

Se houver um aumento dos índices mitóticos a água pode desenvolver propriedades tóxicas e cancerígenas. Com base nas concepções de quando o IM da amostra é menor do que o controle, o crescimento e desenvolvimento dos organismos expostos àquele ambiente podem ser modificados pelos poluentes presentes na água, porém, quando o IM apresenta valores maiores do que os do controle, pode levar a proliferação descontrolada das células, resultando na formação de tumores (CARITÀ; MARIN –MORALES, 2008).

No entanto, não se deve descartar a possibilidade da água do Rio Itapecuru ser tóxica, pois com as alterações da qualidade da água observadas, traz um alerta em relação à toxicidade dessa água. Embora ocorram mutações espontâneas, a maioria delas é induzida por agentes físicos, químicos ou biológicos, aos quais os organismos e, inclusive, o homem, podem estar expostos (MATSUMOTO; MARIN-MORALES, 2006).

**Figura 11:** Células observadas do meristema radicular do *Allium Cepa*, (1- prófase, anáfase, telófase) ;(4- metáfase, telófase); (5- anáfase, prófase).



Fonte: Dados da pesquisa, 2022

Na figura 11 observa-se algumas fases mitóticas, confirmando o baixo nível de IM. Para a confirmação da genotoxicidade é preciso verificar anormalidades encontradas em células em divisão, principalmente a formação de micronúcleos. Como não foi possível observar nenhuma irregularidade em metáfases (aderência, perdas, C-metáfase), em anáfases

(desorganizadas, multipolares, com pontes, perdas, atrasos cromossômicos, etc), células com fragmentos cromossômicos, infere-se que as amostras analisadas não possuem características genotóxicas que possam tornar a água totalmente inviável para o consumo de qualquer organismo vivo.

#### **4.5 Análises Físico-químicas – período chuvoso 2023**

Nos períodos de coleta de água, foi observada no entorno dos pontos a ação antrópica, especificamente nos pontos 4, onde foi percebido um crescente aumento em relação à poluição do solo (Figura 12). Nos pontos 1, 2, 3 e 5 foi observado uma menor degradação ambiental. Como causador de todo o impacto ambiental foi perceptível a ação do homem, devido ao despejo dos mais variados resíduos sólidos, principalmente o doméstico.

Ao analisar a poluição nas margens do rio Itapecuru, o ponto 4 citado foi o que mais se destacou na poluição do solo, considerando a disposição de várias latas de cerveja, sacos plásticos, restos de bacias quebradas, cacos de vidros, entre outras coisas. Tendo em mente que esses componentes demoram milhares de anos para se decompor, coloca-se em pauta a proliferação de pestes causadores de doenças.

**Figura 12.** Disposição de resíduos ponto 4.



Fonte: Dados da pesquisa 2023

A resolução CONAMA N°357/ 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. Este documento determina as condições necessárias em que a água doce precisa estar para o consumo humano, entre outras perspectivas, como a percepção das regras, para a não contaminação desses locais.

Durante as coletas, observou-se que os pontos 1 e 5 se destacaram em relação à poluição hídrica, percebendo que os esgotos domésticos estão sendo canalizados direto para o rio, e não tendo saneamento básico adequado para seu escoamento (Figura 13). A água contaminada é capaz de colocar em risco a saúde da população devido à presença de vários

agentes patogênicos, sendo esses as bactérias, protozoários, substâncias tóxicas e microrganismos diversos. Diferentemente da água potável, não se deve utilizá-la para consumo humano e nem mesmo para fins recreativos.

**Figura 13.** Esgoto exposto nos pontos de coleta 1 e 5, sendo despejado no Rio Itapecuru



Fonte: Dados da pesquisa 2023.

Com a segunda leva de testes foi possível observar resultados distintos em relação ao teste anterior, como o aumento de alguns dos parâmetros e o surgimento de parâmetros novos, visto que as amostras foram coletadas em um período chuvoso, o que, de certa forma, pode ter contribuído para essas alterações. Na tabela 4 são mostrados os seguintes parâmetros presentes em cada ponto coletado.

**Tabela 4:** Resultados das análises físico-químicas coletadas no Rio Itapecuru em Caxias- MA

PARÂMETRO	P1	P2	P3	P4	P5	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
<b>TURBIDEZ</b>	23,00	69,00	29,00	23,00	26,00	<b>1,0 (uT)</b>
<b>COR</b>	120,00	150,00	90,00	90,00	90,00	<b>15,0 (uH)</b>
<b>PH</b>	7,49	7,48	7,47	7,46	7,45	<b>6,0 a 9,5</b>
<b>ALCALINIDADE TOTAL</b>	32,00	28,00	32,00	30,00	26,00	<b>Mg/L</b>
<b>CO2</b>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	<b>Mg/L</b>
<b>CLORETOS</b>	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	<b>250 mg/L</b>
<b>ALUMÍNIO</b>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	<b>0,2 mg/L</b>

<b>FERRO</b>	1,47	2,32	1,66	1,38	1,33	<b>0,3 mg/L</b>
<b>AMÔNIA</b>	0,25	0,10	0,10	0,10	0,50	<b>1,2 mg/L</b>
<b>NITRATO</b>	0,08	0,07	0,06	0,05	0,09	<b>10,0 mg/L</b>
<b>SULFATO</b>	0,95	1,15	1,18	1,4	1,5	<b>250 mg/L</b>
<b>FENOL</b>	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	<b>0,1 mg/L</b>

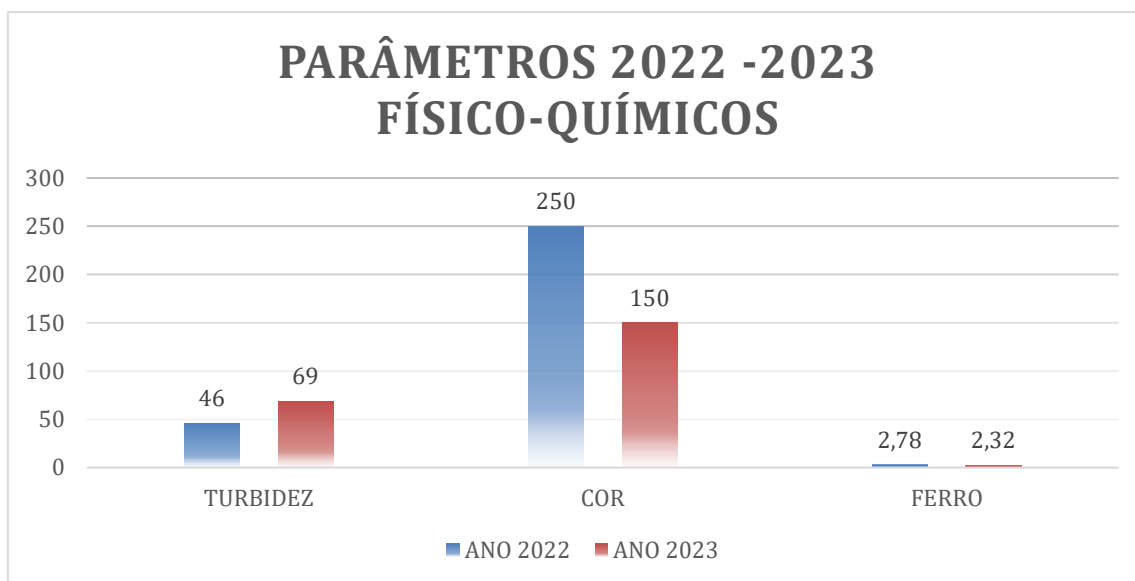
V.M.P (Valor máximo permitido). Fonte: Laboratório de físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) (2023).

Dentre todos os parâmetros analisados foi possível observar que a turbidez, cor e ferro estão em desconformidades em relação ao valor máximo permitido pela portaria de N° 888 de 04/05/2021. Cor apresentou medidas entre 120 uH, 150 uH, 90 uH, confirmando novamente a toxicidade dessa água, a turbidez também apresentou medidas entre 69 uT e 29 uT, ultrapassando o valor máximo permitido. O ferro, assim como nas coletas anteriores, se mostrou com grande presença nesses pontos de coletas, talvez por conta das chuvas ele foi encontrado em menores quantidades, apresentando medidas entre 1,47 mg/L a 2,32 mg/L. É importante ressaltar que outros parâmetros se encontraram presentes nessas análises como fenol, amônia, alumínio, sulfato e outros, sendo que esses não ultrapassaram o valor máximo permitido pela portaria.

Contudo, com esses parâmetros com valores elevados confirma-se a impossibilidade de consumo dessa água. Metais na água como o ferro, em uma grande quantidade, podem trazer problemas à saúde, visto que são absorvidos pelo organismo humano através do trato gastrointestinal, se apresentando de forma aguda ou crônica. A água, em condições de má qualidade, passa a trazer riscos à saúde, servindo de veículo para vários agentes biológicos e químicos (SOUSA, SANTANA *et al.* 2016).

A cor e turbidez são índices de potabilidade da água, visto que se estiverem em quantidades elevadas podem ser um risco para quem irá consumi-la, por ter um grande índice de contaminação. Este parâmetro fornece indícios de contaminação, como a presença de sólidos dissolvidos em suspensão ou material em estado coloidal (orgânicos e/ou inorgânicos); além de poder estar relacionado com a elevada concentração de ferro (SCORSAFAVA *et al.* 2010).

**Tabela 5 - Média dos Parâmetros Físico-Químicos nos anos de 2022 e 2023**



Média dos Parâmetros Físico-Químicos nos anos de 2022 e 2023 Fonte: Laboratório de físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) (2023).

A média dos parâmetros apresentados nos anos de 2022 e 2023 mostra que os resultados tiveram mudanças significativas em todas os parâmetros analisados, visto que no período chuvoso apresentaram-se valores inferiores ao período intermediário, talvez porque o volume de água estivesse maior, o que pode ter interferido nas alterações dos parâmetros. Isso, de certa forma, justifica também o surgimento de parâmetros novos, como a amônia, alumínio, nitrato e fenol, mesmo que estes não tenham ultrapassado o valor estabelecido. Contudo, se estes mesmos metais estiverem em excesso, eles podem alterar as atividades vitais dos organismos (PATRA *et al.* 2004).

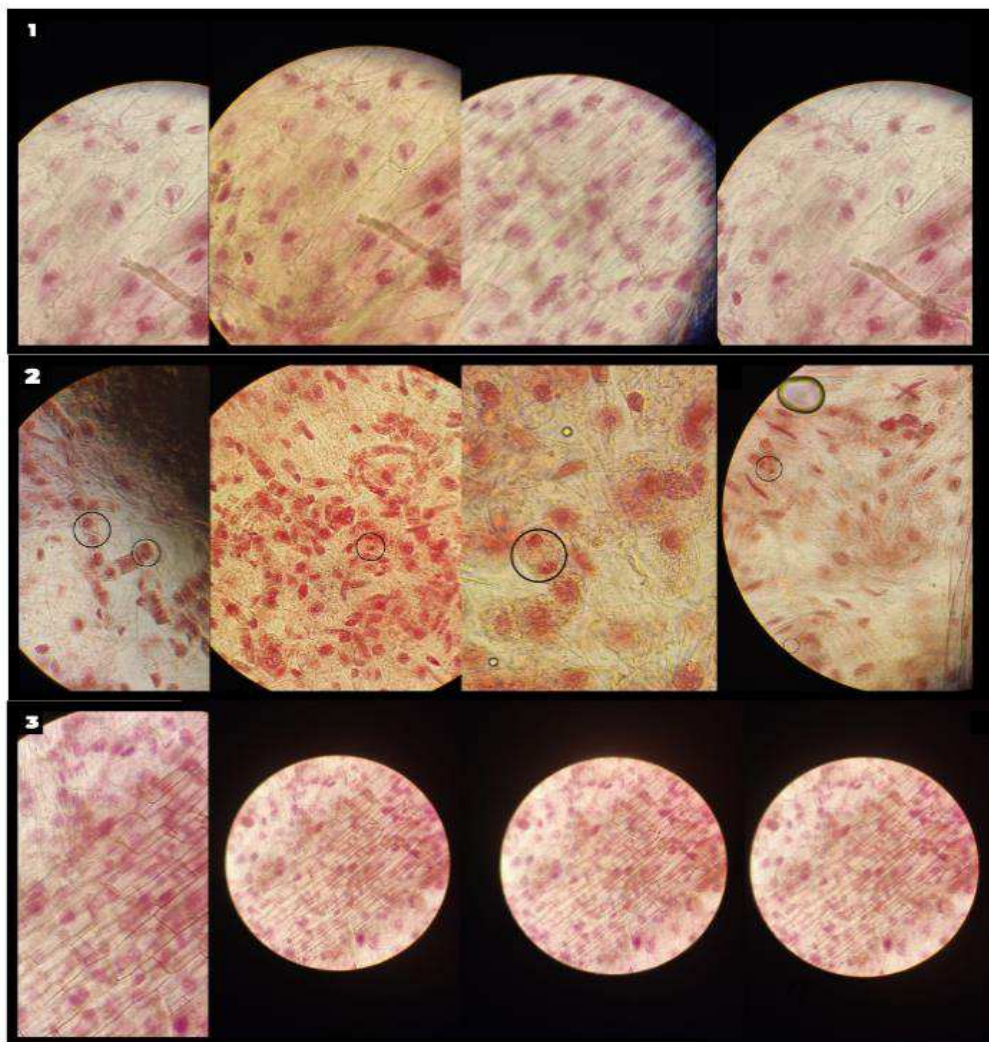
A contaminação por metais pesados no ambiente tem aumentado drasticamente nos últimos anos, seja pelo surgimento de indústrias ou ações antrópicas em geral. Apesar do aparecimento de alguns metais nas amostras, não foi possível observar metais pesados na água, o que de certa forma é algo positivo, pois um dos efeitos mais sérios da contaminação ambiental por metais pesados é a bioacumulação dos poluentes nos organismos vivos. Animais e plantas podem concentrar os metais em níveis extremamente superiores aos encontrados no ambiente, possibilitando o transporte dos contaminantes para diversos níveis da cadeia alimentar (PAPAGIANNIS *et al.* 2004).

#### 4.6 Teste genotóxico com *Allium cepa* – período chuvoso 2023

Houve um aumento de índice mitótico (IM) comparado ao teste anterior, mas, ainda assim, não foi possível observar grandes alterações cromossômicas ou até mesmo presença de micronúcleos, constatando a ausência de genotoxicidade nas amostras analisadas.

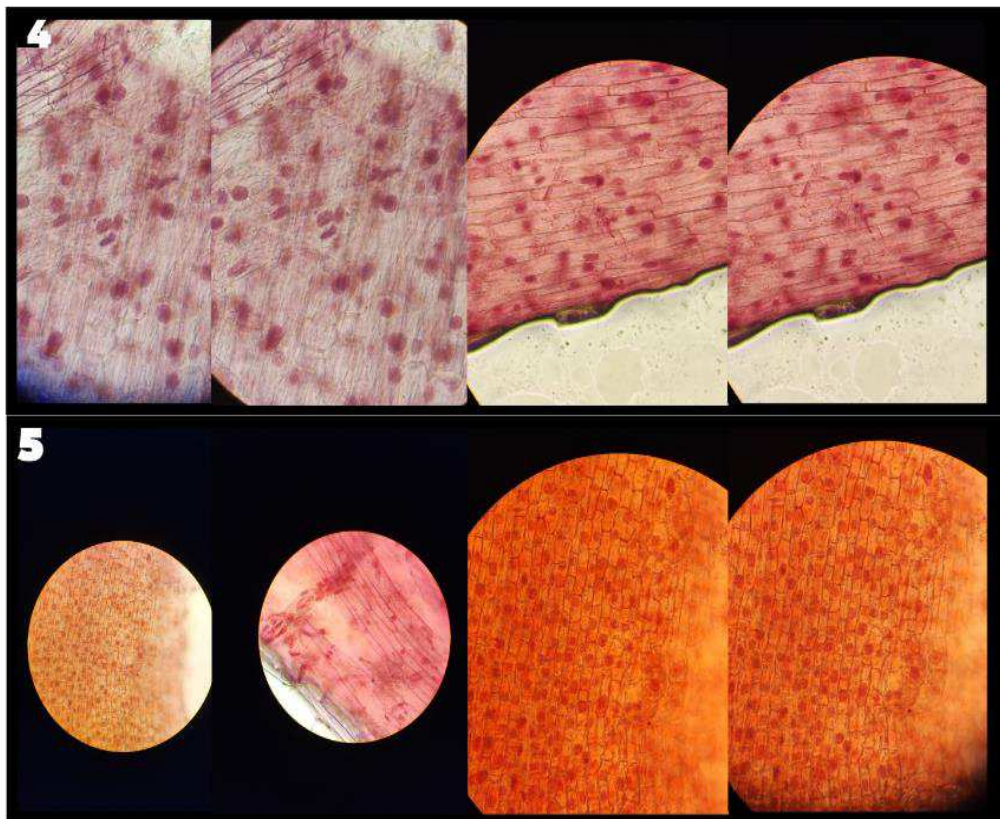
Contudo, é muito arriscado confirmar a ausência total da genotoxicidade desse recurso hídrico somente com base nesses resultados, pois foi observado um grau de toxicidade bastante relevante. A toxicidade é resultante da interação de todos os constituintes do afluente, e não somente daqueles poucos parâmetros químicos analisados (AREZON *et al.* 2011).

**Figura 14:** Meristemas radiculares do *Allium Cepa* (2- metáfase, telófase).



Fonte: Dados da pesquisa, 2023

**Figura 15:** Meristemas radiculares do *Allium Cepa*



Fonte: Dados da pesquisa, 2023

Nas figuras 14 e 15 acima, observa-se um maior índice mitótico, mas sem anormalidades cromossômicas, sendo importante ressaltar que o ponto com possíveis fases mitóticas é o ponto considerado “limpo”, pois possui um grau de poluição muito baixo em relação aos outros. Como o ferro, alumínio e a cor foram parâmetros presentes nas amostras, cogita-se a possibilidade de terem induzido o aumento de fases mitóticas, e por ter sido amostras coletadas em um período chuvoso, o que acaba contribuindo ainda mais para essas inconformidades, até mesmo a lavagem do solo pode ter sido a causa dessas mudanças.

Como não houve alterações e nem perda de cromossomos, considerado um fato não mutagênico, pode-se inferir que, de fato, não existe micronúcleos em todos os meristemas radiculares analisados, pois os micronúcleos se originam da perda de cromossomos inteiros. As perdas cromossômicas não podem ser classificadas como mutagênicas, pois a ausência de um cromossomo inteiro pode promover um sério comprometimento à célula, levando-a a morte e, com isso, pode-se inferir que as amostras coletadas nesses pontos não possuem índices claros para considerar a água genotóxica.

## 5 CONCLUSÃO

As águas do Rio Itapecuru mostraram potencial poluição nas áreas coletadas, além do alto teor de ferro, cor e turbidez em ambos períodos analisados durante a pesquisa. Nas águas analisadas do período chuvoso ocorreu o surgimento de alumínio em quantidades equilibradas. Apesar de ser um parâmetro considerado metal, é um metal leve, mas em quantidades maiores pode vir a ocasionar problemas a saúde. Não houve a presença de metais pesados em nenhum dos períodos em que as amostras foram coletadas e analisadas.

Em todos os períodos de água analisadas na estação seca e chuvosa, observou-se a presença de microrganismos, tornando a água imprópria para o consumo. Apesar da ausência de fatores genotóxicos, não se descarta a possibilidade de a água ser tóxica. Por isso, o biomonitoramento precisa ser continuado, pois as substâncias poluentes aumentam e se alteram a cada período e as ações antrópicas aumentam a cada dia. Como a ação antrópica é a principal forma de degradação de corpos hídricos, é importante a sensibilização das autoridades e da comunidade para a preservação e conservação do rio Itapecuru.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Márcia C. Kravetz; FERREIRA, Rafael Lopes. Determinação de contaminantes emergentes no rio barigui em curitiba/paraná. *Revista Saúde e Desenvolvimento*, v. 11, n. 8, p. 27-28, 2017.

APHA. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21ª edição. Associação Americana de Saúde Pública. Washington: APHA. 2017.

AREZON, A; GERBER, W.; NETO, T.J.P. **Manual sobre toxicidade em efluentes industriais**. Porto Alegre: CEP SENAI de Artes Gráficas Henrique d'Ávila Bertaso, 2011. 40.p.

ARAÚJO, F. G.; MORADO, C. N.; PARENTE, T. T. E.; PAUMGARTTEN, F. J. R.; GOMES, I. D. Biomarkers and bioindicators of the environmental condition using a fish species (*Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803) in a tropical reservoir in Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 78, n. 2, p. 351-359, 2018.

BERTAN, A. S.; BAUMBACH, F. P.; TONIAL, I. B.; POKRYWIECKI, T. S.; DÜSMAN, E. Assessment of phytoremediation potential of *Allium cepa* L. in raw sewage treatment. *Brazilian Journal of Biology*, v. 80, n. 2, p. 431-436, 2020.

BOELEEE, E.; GEERLING, G.; VAN DER Zaan, B.; BLAUW, A.; VETHAAK, A. D. **Water and health: From environmental pressures to integrated responses**. *Acta Tropica*, n. 193, p. 217-226, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Programação Pactuada Integrada – parâmetros de programação para ações de epidemiologia e controle de doenças. Brasília: Funasa/MS, 2000.

CUNHA, D. P. R.; BARBOSA, D.M.; HENRIQUE, R.; SILVA, L. K. O.; OLIVEIRA, R. C.; LUZ, J. M. Q.; JUNIOR, R. J. O.; ARRUDA, A. S. Uso de bioindicadores na avaliação da qualidade da água do município de Ipameri –Goiás. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, nº. 12, p. 100812-100825, 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/21984/17551>>. Acesso em: 05 julh 2023.

CARITÁ, R.; MARIN-MORALES, M.A. Induction of chromosome aberrations in the *Allium cepa* test system caused by the exposure of seeds to industrial effluents contaminated with azo dyes. *Chemosphere*, Oxford, v.72, n.5, p.722-725, 2008.

Cajaraville MP, Bebianno JM, Blasco J, Porte C, Sarasquete C, Viarengo A. The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach. *Sci Total Environ* 2000; 247:295-311.

CARAPETO, Cristina. Poluição das águas: causas e efeitos. Universidade Aberta, 1999.

CARVALHO, L. Preparo de Materiais em microbiologia, Meios de cultura usados no laboratório, técnicas de semeadura e Colorações. Juiz de Fora, 2012.

CASTRO, Dilton de; MELLO, Ricardo da Silva Pereira; POESTER, Gabriel. **Práticas para restauração da mata ciliar**. Porto Alegre: Catarse – Coletivo de Comunicação, 2012.

COSTA, C. R., OLIVI, P., BOTTA, C. M., ESPINDOLA, E. L., 2008. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v 7, n 1, pág: 120-130, dezembro de 2008.

DA SILVA SOUSA, Santana et al. Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú-MA. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1615-1625, 2016.

DA SILVA, Raimundo N. Medeiro et al. Caracterização Preliminar da Bacia Hidrográfica do rio Itapecuru. 2017

DE PAULA CARVALHO, Aurean et al. Avaliação da poluição em rios utilizando índices de qualidade da água: um estudo de caso no Ribeirão São João em Porto Nacional-TO. **Geosciences= Geociências**, v. 35, n. 3, p. 472-484, 2016.

DE PAUW, N.; VANHOOREN, G. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, v. 100, p. 153-68, 1983.

REBOUÇAS, A. C. (org.). Panorama da degradação do ar, da água doce e da terra no Brasil. 1997.

FARIA, J. A. P.; LIGEIRO, R.; CALLISTO, M.; JUEN, L. Response of aquatic insect assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia. Springer International Publishing Switzerland. *Hydrobiologia*. 2017

FERREIRA, A. S.; GONÇALVES, G. H.; BIZETO, L.; MOURA, C.; ROCHA-LIMA, A. B. C. Análise de águas destinadas à recreação de contato primário (cachoeira Guaxinduva) utilizando *Tradescantia pallida* como bioindicador de genotoxicidade. **Unisanta Bioscience**, v. 8, n. 3, p. 262-270, 2019.

FRANCO, Renato AM; HERNANDEZ, Fernando BT. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 772-780, 2009.

GUEDES, H. A. S. et al. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 558-563, 2012.

IBANEZ, Maria do Socorro Rodrigues. Limnologia do Rio Itapecuru, Maranhão, Brasil. São Luís, 1997. 80p

JØRGENSEN D. Ecological restoration as objective, target, and tool in international biodiversity policy. *Ecol Soc* 20:art43. 2015.

KABORÉ, I.; MOOG, O.; ALP, M.; GUENDA, W.; KOBLINGER, T.; OUÉDA, A.; OUÉDRAOGO, R.; TRAUNER, D.; MELCHER, A. H. Using macroinvertebrates for ecosystem health assessment in semi-arid streams of Burkina Faso. *Hydrobiologia*; 766: 57. 2016.

LIMA, A. M.; RODRIGUES, J. R. S.; SOUZA, R. R. Poluição e monitoramento ambiental. In: LIMA, A. M.; RODRIGUES, J. R. S.; SOUZA, R. R. (org.). **Poluição & sustentabilidade ambiental: diversas abordagens**. Aracajú: Criação, 2018. p. 185- 198.

MELLO, F. A.; OLIVO, A. M. Recursos hídricos: poluição, escassez, qualidade microbiológica e química da água. **Colloquium Vitae**, Presidente prudente, v. 8, n. especial, p. 36-42, 2016.

MARANHO, L. A. et al. Avaliação da qualidade da água do Ribeirão Samambaia (São Pedro, São Paulo, Brasil) através de parâmetros físicos e químicos, índice de estado trófico e teste de toxicidade com *Daphnia magna*. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 22, n. 1, p.195-201, fev. 2017.

MATSUMOTO, S.T.; MANTOVAN, M.S.; MALAGUTTI, M.I.A.; DIAS, A.L.; FONSECA, I.C.; MARIN-MORALES, M.A. Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluents, as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root-tips. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.29, p. 148-158, 2006.

MATTHEWS, R. A.; BUIKEMA, A. L. & CAIRNS Jr., J., 1982. Biological monitoring part IIA: Receiving system functional methods relationships, and indices. *Water Research*, 16:129-139.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MOURA, Larissa; LANDAU, Elena Charlotte; FERREIRA, A. de M. Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil. **Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em**, 2010.

MORAIS. C. R.; CARVALHO, S. M.; ARAUJO, G. R.; SOUTO, H. N.; BONETTI, A. M.; MORELLI, S.; CAMPOS JÚNIOR, E. O. Assessment of water quality and genotoxic impact by toxic metals in *Geophagusbrasiliensis*. *Chemosphere*, n. 152, p. 328-334, 2016.

MORAIS, Patrick Alecsander de. **Poluição Hídrica no contexto brasileiro: uma análise de produções da Revista Química na nova escola**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química), Florianópolis, Santa Catarina, 2022.

MONTIBELLER-FILHO, G. O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias. Florianópolis: ED. DA UFCS, 2004.

MUGNAI, R.; BAPTISTA, F. D.; BARBOSA, V. J. Transferência didática como problema pedagógico para o ensino em programas de formação em biomonitoramento ambiental. **Educação & Tecnologia**, v. 15, n. 2. 2010.

NASCIMENTO, Cremilda Vidal. Poluição das águas e doenças relacionadas: Educar para a prevenção. 2015.

PAPAGIANNIS, I.; KAGALOU, I.; LEONARDOS, J.; PETRIDIS, D.; KALFAKAKOU, V. Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). *Environment International*, New York, v.30, n.3, p.357-362, 2004.

PATRA, M.; BHOWMIK, N.; BANDOPADHYAY, B.; SHARMA, A. Comparison of mercury, lead and arsenic with respect to genotoxic effects on plant systems and the development of genetic tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, Elmsford, v.52, p.199-223, 2004.

PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, H. de F.; PEREIRA, Claudia Mara. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. 2011.

PASSOS, G. A. Bioindicadores de qualidade da água: uma ferramenta para perícia ambiental criminal. *Acta de Ciências e Saúde*, v. 01, n. 05, p. 135-139, 2016

PORTO, Leila Lopes da Mota Alves; MOTTA, Eduardo Jorge de Oliveira; SOUZA, Camilo Cavalcante de. Plano Nascente Itapecuru: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia hidrográfica do rio Itapecuru. Codevasf, 2019.

PRUSS-USTUN, Annette et al. **Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health**. World Health Organization, 2008.

SAMPAIO, S. A., & GOMES, R. L. **O saneamento básico de ipiaú e sua influência na qualidade das águas do rio de contas**. *Caminhos de Geografia*, 21(74), 68-86. 2020.

SANTOS, C. S. dos.; PEREIRA, I. F. M.; MOTTA, L. S.; SILVA, P.T.S.; VIDAL, A.C.B.; SILVA, D.C.; BORTOLETI, K.C.A. Bioensaio com o sistema-teste *Allium cepa* L. sugere toxicidade em amostras de água coletadas no rio São Francisco (Petrolina/PE). In: **I Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco –5 a 9 junho de 2016 –Juazeiro –Ba**.

SANTOS, N. B. et al. Utilização de *Tradescantia pallida purpurea* como bioindicadora de agentes tóxicos na água. *Unisanta BioScience*, v. 8, n. 3, p. 326-336, 2019.

SANTOS, L.C.A. Reflexões sobre água Subterrânea do Estado do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 16.; **ENCONTRO NACIONAL DE PERFURAÇÃO DE POÇOS**, 17., 2010, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: ABAS: IAH–BR, 2010.

Scorsafava MA, Souza A, Stofer M, Nunes CA, Milanez TV. Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. **Rev Inst Adolfo Lutz**. [Internet]. 2010 [cited 2016 Jul 25];69 (2): 229-32. Available from: <http://ses.sp.bvs.br/lildbi/docsonline/get.php?id=1801>.

SILVEIRA, Mariana Pinheiro. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. 2004.

SILVA, Daiane de Jesus; CONCEIÇÃO, Gonçalo Mendes. Rio Itapecuru: **Caracterização Geoambiental e Socioambiental, Município de Caxias, Maranhão, Brasil**. Scientia. Plena v.7, n 1, 2011.

SILVA, Rafaela Cristiane da. **Identificação de Impactos Ambientais e sociais de uma área de disposição inadequada de resíduos sólidos na qualidade de vida dos moradores**. 2014. 43f. Monografia (Especialização). – Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Paraná, 2014.

SOUZA. V. C. Avaliação citogenotóxica da efluente têxtil tratado por processo biológico e físico –químico. 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) –Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2017.

WANDSCHEER, A. C. D.; MARCHESAN, E.; TEDESCO, S. B.; FRESCURA, V. DAL-SOUTO.; SOARES C. F.; LONDERO, G. P.; TELÓ, G. M.; HANSEL, D. S. S.

Cytogenotoxicity of rice crop water after application of the tricyclazole fungicide. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 89, n. 2, p. 1251-1258, 2017.

WASHINGTON, H. G., 1984. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*, 18:653-694.

## 7. ANEXO

### ANEXO 1: tabela do ponto de coleta 1 - 2022



**SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO**  
AUTARQUIA MUNICIPAL CRIADA PELA LEI Nº 474 DE 07/12/1961  
CNPJ: 06.088.900/0001-19 / INSCRIÇÃO ESTADUAL: ISENTA



#### LAUDO DE ANÁLISES DE ÁGUA

**LOCAL: LINHA DO TREM, CALDEIRÕES, CAXIAS-MA**

DATA DA COLETA: 16/05/2023 HORA: 10:25 h  
DATA RECEBIDA: 17/05/2023 HORA: 08:52 h  
DATA DO EXAME: 17/05/2023 HORA: 11:00 h  
DESCRIÇÃO DA FONTE: RIO ITAPECURÚ, P1  
COLETADA POR: VERÔNICA INÁCIO DE OLIVEIRA  
ANALISTA RESPONSÁVEL: FRANCISCA ADRIANA LIMA FEITOSA

#### LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

PARÂMETROS	RESULTADOS	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	23,00	1,0 (uT)
COR	120,00	15,0 (uH)
pH	7,49	6,0 a 9,5
CLORO	0,00	0,2 a 2,0 mg/L
FLUORETOS	0,00	1,5 mg/L
ALCALINIDADE TOTAL	32,00	mg/L
CO <sub>2</sub>	4,00	mg/L
CLORETOS	18,00	250 mg/L
ALUMÍNIO	0,04	0,2 mg/L
FERRO	1,47	0,3 mg/L
AMÔNIA	0,25	1,2 mg/L
NITRATO	0,08	10,0 mg/L
NITRITO	0,00	1,0 mg/L
SULFATO	0,95	250 mg/L
MANGANÊS	0,00	0,1 mg/L
SULFETO	0,00	0,05 mg/L
SURFACTANTES	0,00	0,5 mg/L
FENOL	0,03	0,1 mg/L
ZINCO	0,00	5,0 mg/L
CROMO	0,00	0,05 mg/L

#### CONCLUSÃO:

Em função dos resultados apresentados acima e tomando como referência a Portaria do Ministério da Saúde de Nº 888 de 04/05/2021, que trata sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, constata-se que a água analisada, encontra-se com os parâmetros **TURBIDEZ, COR E FERRO** estão em desconformidade aos recomendados pela Portaria.

ISAIAS DE MATOS MOURAO NETO  
RESPONSÁVEL TÉCNICO  
Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE  
CRQ Nº 11200613

*Isaias de Matos Mourao Neto*  
Responsável Técnico  
SAAE - Caxias  
CRQ nº 11200613

## ANEXO 2: tabela do ponto de coleta 2 - 2022



**SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO**  
AUTARQUIA MUNICIPAL CRIADA PELA LEI Nº 474 DE 07/12/1961  
CNPJ. 06.088.900/0001-19 / INSCRIÇÃO ESTADUAL: ISENTA



### LAUDO DE ANÁLISES DE ÁGUA

**LOCAL: PARQUE DA CIDADE, BAIRRO: CANGALHEIRO CAXIAS-MA**

DATA DA COLETA: 16/05/2023 HORA: 09:21 h

DATA RECEBIDA: 17/05/2023 HORA: 08:52 h

DATA DO EXAME: 17/05/2023 HORA: 11:00 h

DESCRIÇÃO DA FONTE: RIO ITAPECURÚ, P2

COLETADA POR: VERÔNICA INÁCIO DE OLIVEIRA

ANALISTA RESPONSÁVEL: FRANCISCA ADRIANA LIMA FEITOSA

### LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

PARÂMETROS	RESULTADOS	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	69,00	1,0 (uT)
COR	150,00	15,0 (uH)
pH	7,48	6,0 a 9,5
CLORO	0,00	0,2 a 2,0 mg/L
FLUORETOS	0,00	1,5 mg/L
ALCALINIDADE TOTAL	28,00	mg/L
CO <sub>2</sub>	4,00	mg/L
CLORETOS	18,00	250 mg/L
ALUMÍNIO	0,04	0,2 mg/L
FERRO	2,32	0,3 mg/L
AMÔNIA	0,10	1,2 mg/L
NITRATO	0,07	10,0 mg/L
NITRITO	0,00	1,0 mg/L
SULFATO	1,15	250 mg/L
MANGANÊS	0,00	0,1 mg/L
SULFETO	0,00	0,05 mg/L
SURFACTANTES	0,00	0,5 mg/L
FENOL	0,04	0,1 mg/L
ZINCO	0,00	5,0 mg/L
CROMO	0,00	0,05 mg/L

### CONCLUSÃO:

Em função dos resultados apresentados acima e tomando como referência a Portaria do Ministério da Saúde de Nº 888 de 04/05/2021, que trata sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, constata-se que a água analisada, encontra-se com os parâmetros **TURBIDEZ, COR E FERRO** estão em desconformidade aos recomendados pela Portaria.

ISAIAS DE MATOS MOURAO NETO  
RESPONSÁVEL TÉCNICO  
Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE  
CRQ Nº 11200613

*Isaias de Matos Mourao Neto*  
Responsável Técnico  
SAAE - Caxias  
CRQ nº 11200613

### ANEXO 3: tabela do ponto de coleta 3 - 2022



**SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO**  
AUTARQUIA MUNICIPAL CRIADA PELA LEI Nº 474 DE 07/12/1961  
CNPJ: 06.088.900/0001-19 / INSCRIÇÃO ESTADUAL: ISENTA



#### LAUDO DE ANÁLISES DE ÁGUA

**LOCAL: ALUIZIO AZEVEDO, BAIRRO: PONTE, CAXIAS-MA**

DATA DA COLETA: 16/05/2023 HORA: 09:21 h  
DATA RECEBIDA: 17/05/2023 HORA: 08:52 h  
DATA DO EXAME: 17/05/2023 HORA: 11:00 h

DESCRIÇÃO DA FONTE: RIO ITAPECURÚ, P3  
COLETADA POR: VERÔNICA INÁCIO DE OLIVEIRA  
ANALISTA RESPONSÁVEL: FRANCISCA ADRIANA LIMA FEITOSA

#### LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

PARÂMETROS	RESULTADOS	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	29,00	1,0 (uT)
COR	90,00	15,0 (uH)
pH	7,47	6,0 a 9,5
CLORO	0,00	0,2 a 2,0 mg/L
FLUORETOS	0,00	1,5 mg/L
ALCALINIDADE TOTAL	32,00	mg/L
CO <sub>2</sub>	4,00	mg/L
CLORETOS	18,00	250 mg/L
ALUMÍNIO	0,04	0,2 mg/L
FERRO	1,66	0,3 mg/L
AMÔNIA	0,10	1,2 mg/L
NITRATO	0,06	10,0 mg/L
NITRITO	0,06	1,0 mg/L
SULFATO	1,18	250 mg/L
MANGANÊS	0,00	0,1 mg/L
SULFETO	0,00	0,05 mg/L
SURFACTANTES	0,00	0,5 mg/L
FENOL	0,04	0,1 mg/L
ZINCO	0,00	5,0 mg/L
CROMO	0,00	0,05 mg/L

#### CONCLUSÃO:

Em função dos resultados apresentados acima e tomando como referência a Portaria do Ministério da Saúde de Nº 888 de 04/05/2021, que trata sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, constata-se que a água analisada, encontra-se com os parâmetros **TURBIDEZ, COR E FERRO** estão em desconformidade aos recomendados pela Portaria.

ISAIAS DE MATOS MOURAO NETO  
RESPONSÁVEL TÉCNICO  
Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE  
CRQ Nº 11200613

*Isaias de Matos Mourao Neto*  
Responsável Técnico  
SAAE - Caxias  
CRQ nº 11200613

## ANEXO 4: tabela do ponto de coleta 4 - 2022



SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO  
AUTARQUIA MUNICIPAL CRIADA PELA LEI Nº 474 DE 07/12/1981  
CNPJ: 06.088.900/0001-19 / INSCRIÇÃO ESTADUAL: ISENTA



### LAUDO DE ANÁLISES DE ÁGUA

LOCAL: ANTES DO PARQUE DA CIDADE, BAIRRO: PONTE, CAXIAS-MA

DATA DA COLETA: 16/05/2023 HORA: 09:21 h

DATA RECEBIDA: 17/05/2023 HORA: 08:52 h

DATA DO EXAME: 17/05/2023 HORA: 11:00 h

DESCRIÇÃO DA FONTE: RIO ITAPECURÚ, P4

COLETADA POR: VERÔNICA INÁCIO DE OLIVEIRA

ANALISTA RESPONSÁVEL: FRANCISCA ADRIANA LIMA FEITOSA

### LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

PARÂMETROS	RESULTADOS	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	23,00	1,0 (uT)
COR	90,00	15,0 (uH)
pH	7,46	6,0 a 9,5
CLORO	0,00	0,2 a 2,0 mg/L
FLUORETOS	0,00	1,5 mg/L
ALCALINIDADE TOTAL	30,00	mg/L
CO <sub>2</sub>	4,00	mg/L
CLORETOS	18,00	250 mg/L
ALUMÍNIO	0,04	0,2 mg/L
FERRO	1,38	0,3 mg/L
AMÔNIA	0,10	1,2 mg/L
NITRATO	0,05	10,0 mg/L
NITRITO	0,00	1,0 mg/L
SULFATO	1,04	250 mg/L
MANGANÊS	0,00	0,1 mg/L
SULFETO	0,00	0,05 mg/L
SURFACTANTES	0,00	0,5 mg/L
FENOL	0,04	0,1 mg/L
ZINCO	0,00	5,0 mg/L
CROMO	0,00	0,05 mg/L

### CONCLUSÃO:

Em função dos resultados apresentados acima e tomando como referência a Portaria do Ministério da Saúde de Nº 888 de 04/05/2021, que trata sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, constata-se que a água analisada, encontra-se com os parâmetros **TURBIDEZ, COR E FERRO** estão em desconformidade aos recomendados pela Portaria.

ISAIAS DE MATOS MOURAO NETO  
RESPONSÁVEL TÉCNICO  
Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE  
CRQ Nº 11200613

*Isaias de Matos Mourao Neto*  
Responsável Técnico  
SAAE - Caxias  
CRQ nº 11200613

Prça Magalhães de Almeida, 191 - Centro | CEP: 65.816-050 | Caxias - MA | FONE: (99) 3422-1750  
www.saae.caxias.ma.gov.br

## ANEXO 5: tabela do ponto de coleta 5 - 2022



**SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO**  
AUTARQUIA MUNICIPAL CRIADA PELA LEI Nº 474 DE 07/12/1961  
CNPJ: 06.088.900/0001-19 / INSCRIÇÃO ESTADUAL: ISENTO



### LAUDO DE ANÁLISES DE ÁGUA

**LOCAL: INSTITUTO HISTÓRICO DE CAXIAS, BAIRRO: GALIANA, CAXIAS-MA**

DATA DA COLETA: 16/05/2023 HORA: 10:03 h

DATA RECEBIDA: 17/05/2023 HORA: 08:52 h

DATA DO EXAME: 17/05/2023 HORA: 11:00 h

DESCRIÇÃO DA FONTE: RIO ITAPECURÚ, P5

COLETADA POR: VERÔNICA INÁCIO DE OLIVEIRA

ANALISTA RESPONSÁVEL: FRANCISCA ADRIANA LIMA FEITOSA

### LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

PARÂMETROS	RESULTADOS	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	26,00	1,0 (uT)
COR	90,00	15,0 (uH)
pH	7,45	6,0 a 9,5
CLORO	0,00	0,2 a 2,0 mg/L
FLUORETOS	0,00	1,5 mg/L
ALCALINIDADE TOTAL	26,00	mg/L
CO <sub>2</sub>	4,00	mg/L
CLORETOS	18,00	250 mg/L
ALUMÍNIO	0,04	0,2 mg/L
FERRO	1,43	0,3 mg/L
AMÔNIA	0,50	1,2 mg/L
NITRATO	0,09	10,0 mg/L
NITRITO	0,00	1,0 mg/L
SULFATO	1,05	250 mg/L
MANGANÊS	0,00	0,1 mg/L
SULFETO	0,00	0,05 mg/L
SURFACTANTES	0,00	0,5 mg/L
FENOL	0,04	0,1 mg/L
ZINCO	0,00	5,0 mg/L
CROMO	0,00	0,05 mg/L

### CONCLUSÃO:

Em função dos resultados apresentados acima e tomando como referência a Portaria do Ministério da Saúde de Nº 888 de 04/05/2021, que trata sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, constata-se que a água analisada, encontra-se com os parâmetros **TURBIDEZ, COR E FERRO** estão em desconformidade aos recomendados pela Portaria.

ISAIAS DE MATOS MOURAO NETO  
RESPONSÁVEL TÉCNICO  
Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE  
CRQ Nº 11200613  
*Isaias de Matos Mourao Neto*  
Responsável Técnico  
SAAE - Caxias  
CRQ nº 11200613

## ANEXO 6: tabela do ponto de coleta 1 - 2023



**SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO**  
AUTARQUIA MUNICIPAL CRIADA PELA LEI Nº 474 DE 07/12/1961  
CNPJ: 06.088.900/0001-19 / INSCRIÇÃO ESTADUAL: ISENTO



### LAUDO DE ANÁLISES DE ÁGUA

**LOCAL: BAIRRO CALDEIRÕES – PRÓXIMO A LINHA DE TREM - CAXIAS – MA.**

DATA DA COLETA: 14/12/2022 HORA: 14:20 h  
DATA RECEBIDA: 15/12/2022 HORA: 09:15 h  
DATA DO EXAME: 16/12/2022 HORA: 07:30 h

DESCRIÇÃO DA FONTE: RIO ITAPECURU.

COLETADA POR: VERÔNICA INÁCIO DE OLIVEIRA.

E-MAIL: veronicainacioliveira@gmail.com.

#### LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

PARÂMETROS	RESULTADOS	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	46,00	1,0 (uT)
COR	250,00	15,0 (uH)
pH	7,68	6,0 a 9,5
CLORO	0,00	0,2 a 2,0 mg/L
FLUORETOS	0,00	1,5 mg/L
ALCALINIDADE TOTAL	14,00	mg/L
CO <sub>2</sub>	3,00	mg/L
DUREZA	18,00	300 mg/L
CLORETOS	12,00	250 mg/L
ALUMÍNIO	0,00	0,2 mg/L
FERRO	2,78	0,3 mg/L
NITRATO	0,12	10,0 mg/L
SULFATO	0,00	250 mg/L
MANGANÊS	0,00	0,1 mg/L
SULFETO	0,00	0,05 mg/L
SURFACTANTES	0,00	0,5 mg/L
FENOL	0,00	0,1 mg/L
ZINCO	0,00	5,0 mg/L
COBRE	0,00	2,0 mg/L

#### CONCLUSÃO:

Em função dos resultados apresentados acima e tomando como referência a Portaria do Ministério da Saúde de Nº 888 de 04/05/2021, que trata sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, constata-se que a água analisada, encontra-se com os parâmetros TURBIDEZ, COR e FERRO em conformidade aos recomendados pela Portaria.

Edson Mauro V. de Carvalho  
Coordenador de Qualidade  
Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE  
CRQ Nº11200456

## ANEXO 7: tabela do ponto de coleta 2 - 2023



**SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO**  
AUTARQUIA MUNICIPAL CRIADA PELA LEI Nº 474 DE 07/12/1961  
CNPJ: 06.088.900/0001-19 / INSCRIÇÃO ESTADUAL: ISENT0



### LAUDO DE ANÁLISES DE ÁGUA

**LOCAL: BAIRRO CANGALHEIRO – PARQUE DA CIDADE - CAXIAS – MA.**

DATA DA COLETA: 14/12/2022 HORA: 14:41 h  
DATA RECEBIDA: 15/12/2022 HORA: 09:15 h  
DATA DO EXAME: 16/12/2022 HORA: 07:30 h

DESCRIÇÃO DA FONTE: RIO ITAPECURU.

COLETADA POR: VERÔNICA INÁCIO DE OLIVEIRA.

E-MAIL: veronicainacioliveira@gmail.com.

#### LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

PARÂMETROS	RESULTADOS	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	44,00	1,0 (uT)
COR	240,00	15,0 (uH)
pH	7,53	6,0 a 9,5
CLORO	0,00	0,2 a 2,0 mg/L
FLUORETOS	0,00	1,5 mg/L
ALCALINIDADE TOTAL	14,00	mg/L
CO <sub>2</sub>	3,00	mg/L
DUREZA	18,00	300 mg/L
CLORETOS	12,00	250 mg/L
ALUMINIO	0,00	0,2 mg/L
FERRO	2,70	0,3 mg/L
NITRATO	0,08	10,0 mg/L
SULFATO	0,00	250 mg/L
MANGANÊS	0,00	0,1 mg/L
SULFETO	0,00	0,05 mg/L
SURFACTANTES	0,00	0,5 mg/L
FENOL	0,00	0,1 mg/L
ZINCO	0,00	5,0 mg/L
COBRE	0,00	2,0 mg/L

#### CONCLUSÃO:

Em função dos resultados apresentados acima e tomando como referência a Portaria do Ministério da Saúde de Nº 888 de 04/05/2021, que trata sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, constata-se que a água analisada, encontra-se com os parâmetros TURBIDEZ, COR e FERRO em conformidade aos recomendados pela Portaria.

Edson Mauro V. de Carvalho  
Coordenador de Qualidade  
Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE  
CRQ Nº11200456

## ANEXO 8: tabela do ponto de coleta 3 - 2023



**SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO**  
AUTARQUIA MUNICIPAL CRIADA PELA LEI Nº 474 DE 07/12/1961  
CNPJ: 06.088.900/0001-19 / INSCRIÇÃO ESTADUAL: ISENTO



### LAUDO DE ANÁLISES DE ÁGUA

**LOCAL: BAIRRO PONTE – PRÓXIMO A ESCOLA ALUIZIO AZEVEDO - CAXIAS – MA.**

DATA DA COLETA: 14/12/2022 HORA: 16:23 h  
DATA RECEBIDA: 15/12/2022 HORA: 09:15 h  
DATA DO EXAME: 16/12/2022 HORA: 07:30 h

DESCRIÇÃO DA FONTE: **RIO ITAPECURU.**

COLETADA POR: **VERÔNICA INÁCIO DE OLIVEIRA.**

E-MAIL: **veronicainacioliveira@gmail.com.**

#### LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

PARÂMETROS	RESULTADOS	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	46,00	1,0 (uT)
COR	245,00	15,0 (uH)
pH	7,42	6,0 a 9,5
CLORO	0,00	0,2 a 2,0 mg/L
FLUORETOS	0,00	1,5 mg/L
ALCALINIDADE TOTAL	17,00	mg/L
CO <sub>2</sub>	3,00	mg/L
DUREZA	17,00	300 mg/L
CLORETOS	11,00	250 mg/L
ALUMINIO	0,00	0,2 mg/L
FERRO	2,43	0,3 mg/L
NITRATO	0,07	10,0 mg/L
SULFATO	0,00	250 mg/L
MANGANÊS	0,00	0,1 mg/L
SULFETO	0,00	0,05 mg/L
SURFACTANTES	0,00	0,5 mg/L
FENOL	0,00	0,1 mg/L
ZINCO	0,00	5,0 mg/L
COBRE	0,00	2,0 mg/L

#### CONCLUSÃO:

Em função dos resultados apresentados acima e tomando como referência a Portaria do Ministério da Saúde de Nº 888 de 04/05/2021, que trata sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, constata-se que a água analisada, encontra-se com os parâmetros TURBIDEZ, COR e FERRO em conformidade aos recomendados pela Portaria.

Edson Mauro V. de Carvalho  
Coordenador de Qualidade  
Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE  
CRQ Nº11200456

## ANEXO 9: tabela do ponto de coleta 4 - 2023



**SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO**  
AUTARQUIA MUNICIPAL CRIADA PELA LEI Nº 474 DE 07/12/1961  
CNPJ: 06.088.900/0001-19 / INSCRIÇÃO ESTADUAL: ISENTO



### LAUDO DE ANÁLISES DE ÁGUA

**LOCAL: BAIRRO PONTE – PRÓXIMO AO PARQUE DA CIDADE - CAXIAS – MA.**

DATA DA COLETA: 14/12/2022 HORA: 16:05 h  
DATA RECEBIDA: 15/12/2022 HORA: 09:15 h  
DATA DO EXAME: 16/12/2022 HORA: 07:30 h

DESCRIÇÃO DA FONTE: RIO ITAPECURU.

COLETADA POR: VERÔNICA INÁCIO DE OLIVEIRA.

E-MAIL: veronicainacioliveira@gmail.com.

#### LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

PARÂMETROS	RESULTADOS	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	44,00	1,0 (uT)
COR	240,00	15,0 (uH)
pH	7,36	6,0 a 9,5
CLORO	0,00	0,2 a 2,0 mg/L
FLUORETOS	0,00	1,5 mg/L
ALCALINIDADE TOTAL	14,00	mg/L
CO <sub>2</sub>	3,00	mg/L
DUREZA	18,00	300 mg/L
CLORETOS	12,00	250 mg/L
ALUMÍNIO	0,00	0,2 mg/L
FERRO	2,68	0,3 mg/L
NITRATO	0,07	10,0 mg/L
SULFATO	0,00	250 mg/L
MANGANÊS	0,00	0,1 mg/L
SULFETO	0,00	0,05 mg/L
SURFACTANTES	0,00	0,5 mg/L
FENOL	0,00	0,1 mg/L
ZINCO	0,00	5,0 mg/L
COBRE	0,00	2,0 mg/L

#### CONCLUSÃO:

Em função dos resultados apresentados acima e tomando como referência a Portaria do Ministério da Saúde de Nº 888 de 04/05/2021, que trata sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, constata-se que a água analisada, encontra-se com os parâmetros TURBIDEZ, COR e FERRO em conformidade aos recomendados pela Portaria.

Edson Mauro V. de Carvalho  
Coordenador de Qualidade  
Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE  
CRQ Nº11200456

## ANEXO 10: tabela do ponto de coleta 5 - 2023



**SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO**  
AUTARQUIA MUNICIPAL CRIADA PELA LEI Nº 474 DE 07/12/1961  
CNPJ: 06.088.900/0001-19 / INSCRIÇÃO ESTADUAL: ISENT0



### LAUDO DE ANÁLISES DE ÁGUA

**LOCAL: BAIRRO GALIANA – PRÓXIMO AO INSTITUTO HISTORICO DE CAXIAS  
- CAXIAS – MA.**

DATA DA COLETA: 14/12/2022 HORA: 15:44 h

DATA RECEBIDA: 15/12/2022 HORA: 09:15 h

DATA DO EXAME: 16/12/2022 HORA: 07:30 h

DESCRIÇÃO DA FONTE: RIO ITAPECURU.

COLETADA POR: VERÔNICA INÁCIO DE OLIVEIRA.

E-MAIL: veronicainacioliveira@gmail.com.

#### LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

PARÂMETROS	RESULTADOS	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	25,00	1,0 (uT)
COR	230,00	15,0 (uH)
pH	7,34	6,0 a 9,5
CLORO	0,00	0,2 a 2,0 mg/L
FLUORETOS	0,00	1,5 mg/L
ALCALINIDADE TOTAL	72,00	mg/L
CO <sub>2</sub>	15,00	mg/L
DUREZA	62,00	300 mg/L
CLORETOS	47,00	250 mg/L
ALUMINIO	0,00	0,2 mg/L
FERRO	3,00	0,3 mg/L
NITRATO	0,78	10,0 mg/L
SULFATO	5,00	250 mg/L
MANGANÊS	0,00	0,1 mg/L
SULFETO	0,00	0,05 mg/L
SURFACTANTES	0,00	0,5 mg/L
FENOL	0,00	0,1 mg/L
ZINCO	0,00	5,0 mg/L
COBRE	0,00	2,0 mg/L

#### CONCLUSÃO:

Em função dos resultados apresentados acima e tomando como referência a Portaria do Ministério da Saúde de Nº 888 de 04/05/2021, que trata sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, constata-se que a água analisada, encontra-se com os parâmetros TURBIDEZ, COR e FERRO em conformidade aos recomendados pela Portaria.

Edson Mauro V. de Carvalho  
Coordenador de Qualidade  
Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE  
CRQ Nº11200456

## 8. APÊNDICE

**Figura 1:** Amostras coletadas dos 5 pontos selecionados



Fonte: Dados da pesquisa, 2023

**Figura 2:** Amostras de 2022



Fonte: Dados da pesquisa, 2022

**Figura 3:** Identificando as amostras



Fonte: Dados da pesquisa, 2023

**Figura 4:** Coletando as amostras



Fonte: Dados da pesquisa, 2023

**Figura 5:** Cebolas em processo de desenvolvimento **Figura 6:** Macerando as raízes da cebola



Fonte: Dados da pesquisa, 2023



Fonte: Dados da pesquisa, 2023

**Figura 7:** Observando as raízes da cebola



Fonte: Dados da pesquisa, 2023