



**WISLEI DE OLIVEIRA RODRIGUES**

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA ÁGUA DO LAGO DO  
PARQUE ECOLÓGICO E RECREATIVO DE PARACATU- MG**

**LAVRAS – MG**

**2023**

**WISLEI DE OLIVEIRA RODRIGUES**

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA ÁGUA DO LAGO DO PARQUE  
ECOLÓGICO E RECREATIVO DE PARACATU- MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Engenharia Ambiental e  
Sanitária, para a obtenção do Título de Bacharel.

Profa. Dra. Luciene Alves Batista Siniscalchi

Orientadora

**LAVRAS- MG**

**2023**

**WISLEI DE OLIVEIRA RODRIGUES**

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA ÁGUA DO LAGO DO PARQUE  
ECOLÓGICO E RECREATIVO DE PARACATU- MG**

**ECOTOXICOLOGICAL EVALUATION OF THE WATER OF THE LAKE OF THE  
ECOLOGICAL AND RECREATIONAL PARK OF PARACATU- MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Engenharia Ambiental e  
Sanitária, para a obtenção do Título de Bacharel.

APROVADO em 28 de fevereiro de 2023.

Prof. Dra. Luciene Alves Batista Siniscalchi UFLA

Me. Mariana Aparecida de Freitas Abreu UFLA

Bela. Isabela Oliveira Batista CAMPO ANÁLISES

Profa. Dra. Luciene Alves Batista Siniscalchi

Orientadora

**LAVRAS- MG**

**2023**

*A todos que me apoiaram nessa trajetória.*

*À minha mãe pelo exemplo de superação e perseverança.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço minha mãe pelos ensinamentos e aos estímulos de seguir estudando.

Aos meus amigos, Ítalo Dantas Neto e Maíra Guimarães Lima, pela ajuda em realizar este trabalho, e a Isabela Batista de Oliveira e Fernanda Pires pelos conhecimentos.

Ao Jairo Rodrigues de Souza pelo companheirismo diário e paciência.

À Campo Análises

Muito Obrigado!

## RESUMO

A ecotoxicologia é uma ciência que estuda a interação dos organismos com substâncias que possuem potencial de causar a degradação do meio ambiente. Neste trabalho objetivou-se avaliar a ecotoxicidade do lago presente no Parque Ecológico e Recreativo de Paracatu-MG, por meio dos organismos bioindicadores *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Danio rerio*. Para tal coletou-se 5 litros de amostras simples de água, em recipiente de plásticos, no período de 16/07/2022 a 18/08/2022. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análises Microbiológicas e Ecotoxicológica da Campo Análises, mantidas a temperatura ambiente. Os ensaios foram iniciados em um intervalo de  $\pm 2$  h após a coleta, sendo as amostras mantidas a uma temperatura de  $25^{\circ} \pm 2^{\circ}$  C até a adição de *C. dubia* e *D. rerio*, e  $20 \pm 2$  até a adição de *D. similis*. Os testes foram realizados conforme as normas da ABNT NBR 12713/2016 para *D. similis*, NBR 13373/2017 para *C. dubia* e 15088/2016 para *D. rerio*. Os resultados não demonstraram letalidade e/ou imobilidade para os testes de toxicidade aguda com *D. similis* e *D. rerio*, sendo que em todos os testes os organismos teve 100% de sobrevivência, ao passo que, o teste de ecotoxicidade crônica com *C. dubia* observou-se uma letalidade de 20%, bem como o número de neonatos menor que 150. Com o presente trabalho não se observou efeito agudo na água do lago, porém com os ensaios crônicos foi possível observa efeito tóxico. Por fim, recomenda-se que mais testes sejam realizados, principalmente em períodos de chuva, no qual há carreamento de contaminantes para os corpos hídricos, bem com a suspensão de matéria orgânica e sedimento no lago.

Palavras- chave: Ecotoxicologia. Bioindicadores. Ensaio Ecotoxicológicos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
2.1. Objetivo geral .....	10
2.2. Objetivos específicos .....	10
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
3.1. Qualidade das águas .....	11
3.2. A importância das águas para o homem .....	11
3.3. Recursos Hídricos de Paracatu- MG .....	14
3.4. Histórico da ecotoxicologia .....	16
3.5. A ecotoxicologia no contexto brasileiro .....	16
3.6. Aplicação da ecotoxicologia para a avaliação da qualidade da água .....	17
3.7. Teste de toxicidade .....	18
3.8. Organismos Bioindicadores .....	20
3.8.1. <i>Ceriodaphnia dubia</i> .....	20
3.8.2. <i>Daphnia similis</i> .....	22
3.8.3. <i>Danio rerio</i> .....	23
3.9. Ensaio de toxicidade aguda .....	24
3.10. Ensaio de toxicidade crônica .....	26
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
4.1. Área de estudo .....	28
4.2. Amostragem .....	28
4.3. Condições de cultivo .....	29
4.4. Condições dos ensaios .....	30
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A degradação dos ecossistemas aquáticos pode ser provocada por contaminantes bióticos e abióticos, os quais podem causar alterações químicas e físicas no ambiente (BEGON, 2019). Os contaminantes podem ser oriundos de diferentes fontes poluidoras, como por exemplo, os resíduos gerados nas atividades da agricultura, indústria, efluentes sanitários, dentre outros, eles podem contribuir com a degradação dos ecossistemas aquáticos. (OLIVEIRA, 2019)

Desde o início da década de 1970, houve um crescente envolvimento da comunidade científica, pela conservação dos sistemas aquáticos. O Brasil possui grande diversidade de ecossistemas, porém com o avanço da industrialização, houve significativa dos ecossistemas (NASCIMENTO, 2022).

Os bioindicadores podem ser seres vivos de diferentes natureza, vegetais ou animais, os quais são utilizados para avaliar a qualidade ambiental de diversas matrizes ambientais, água, sedimento, efluentes (BRAZ, 2019). Eles são utilizados de duas formas, a primeira passiva, a qual é a avaliação dos organismos presentes em determinado meio ou ativa, quando os organismos são previamente preparados e expostos ao agente estudado (CETESB, 2019).

Os organismos bioindicadores, podem ser uma ferramenta complementar do monitoramento ambiental, visto que este tem o propósito de avaliar as respostas biológicas que determinadas substâncias podem causar ao ambiente (SANTOS, 2019). Para melhor acurácia dessas respostas biológicas os organismos bioindicadores devem possuir algumas características, tais como, fácil identificação taxonômica, ampla distribuição, ser encontrado com abundância, possuir sensibilidade bem reconhecida e estudada (CETESB, 2019)

Em Minas Gerais, a ferramenta que regulamenta o controle de lançamentos de efluente e a qualidade ambiental dos corpos hídricos é a Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº 8/2022- Conselho Estadual de Política Ambiental e Conselho Estadual de Recursos Hídricos, a qual dispõem sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, ela ordena sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos recursos hídricos, bem como institui as condições físicas e químicas e padrões de lançamento nestes sistemas. De acordo com essa resolução, os testes de toxicidade são métodos utilizados para detectar e avaliar a possível



capacidade de um agente potencialmente tóxico de provocar efeito nocivo, utilizando bioindicadores dos grandes grupos de uma cadeia ecológica (COPAM-CERH, 2022).

Usar a ecotoxicologia como ferramenta para avaliar a qualidade da água em corpos hídricos é importante, pois estes podem sofrer alterações do seu curso natural bem como os lançamentos de efluentes originados das ações antrópicas. O presente trabalho demonstra a extrema relevância de conhecer a sinergia dos parâmetros físicos, químicos em relação a legislação ambiental vigente, uma vez que, os indicadores destas variáveis podem sinalizar o início de impactos negativos que podem ser minimizados com medidas mitigadoras capazes de reparar o ecossistema do lago do Parque Ecológico e Recreativo de Paracatu- MG.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

- Avaliar a qualidade da água do lago do parque ecológico e recreativo de Paracatu-MG, usando a ecotoxicologia como ferramenta de monitoramento ambiental.

### 2.2. Objetivos específicos

- Realização de ensaios ecotoxicológicos.
- Avaliar a ecotoxicidade aguda do lago do parque ecológico e recreativo de Paracatu-MG, utilizando os organismos bioindicadores *Daphnia similis* e *Danio rerio*.
- Avaliar a ecotoxicidade crônica do lago do parque ecológico e recreativo de Paracatu-MG, utilizando o organismo bioindicador *Ceriodaphnia dubia*

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Qualidade das águas**

A água é o recurso natural mais abundante na Terra, sendo que essa é essencial para todas as formas de vida que a humanidade conhece (CORDEIRO, 2003). Todos os seres vivos dependem de alguma porção de água, desde a absorção de nutrientes até a eliminação de excretas (FERREIRA, 2015). A qualidade das águas é essencial para manutenção da vida, e sobre as diferentes formas de abastecimento humano, seja em áreas urbanas ou rurais (CASTRO, 2019). De acordo com von Sperling (2014) a qualidade das águas é resultante das interações dos fenômenos naturais e das atuações do homem, neste sentido, a qualidade de uma determinada água é função do uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica.

Toda a vida urbana depende de um sistema de abastecimento de água bem como de um para a coleta de efluentes sanitários (SCHERER, 2016). O estabelecimento da humanidade próximo a corpos hídricos altera a qualidade das águas, seja por meio de impactos negativos concentrados, como por exemplo, o lançamento de efluentes sanitários ou industriais, ou de forma difusa, com a aplicação de defensivos agrícolas no solo (BERTOSI, 2014).

A qualidade das águas de um corpo hídrico está ligada às suas condições morfológicas, hidrológicas e hidrodinâmicas, e ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2014b). O crescimento da demanda d'água, somado ao aumento da degradação dos rios, devido ao despejo de efluentes, vem aumentando a escassez desse recurso (BRAGA et al., 2005).

A poluição proveniente do lançamento de efluentes industriais não tratados impacta negativamente a qualidade das águas (DAS et al., 2014). O impacto do despejo de matéria orgânica, por exemplo, causa a redução da concentração de oxigênio dissolvido (OD) além de influenciar as condições bióticas dos ecossistemas, uma vez que a redução da concentração de OD pode causar a morte de organismos (ROBINSON, 2017).

#### **3.2. A importância das águas para o homem**

A contaminação das águas pelas atividades antrópicas é um dos fatores mais importantes para a qualidade de vida e saúde pública, sendo bastante conhecida correlação entre a qualidade da água e as diversas enfermidades que acometem as populações, principalmente aquelas que não são

atendidas pelo saneamento básico. A baixa qualidade da água consumida ou que é utilizada por meio do contato direto têm sido responsáveis pela maior parte das doenças endêmicas em diversos países (MENDES, 2016).

Desde os anos 1832 a preocupação em distribuir a água de maneira segura para evitar a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, veio com as descobertas do sanitarista Dr. Snow. A partir desse marco, regulamentações foram criadas com o objetivo de garantir que todas as formas de abastecimento de água passassem a ocorrer de maneira sanitariamente segura para evitar que as doenças de veiculação hídrica ocorressem (CASTRO, 2019). No Brasil, as condições do acesso da população ao saneamento ambiental, apresentaram avanços, porém ainda não atende toda a população. De acordo com dados do Sistema Nacional de Saneamento (SNIS, 2023), atualmente 15,8% da população não tem acesso ao sistema de abastecimento de água, e apenas 55,8% são atendidas pelo sistema de coleta de esgoto (OLIVEIRA, 2021).

De acordo com Oliveira (2021), a qualidade de água é representada por meio de diversos parâmetros que caracterizam as principais características físicas, químicas e biológicas. Os indicadores são utilizados para caracterizar águas de abastecimento humano, águas residuárias, mananciais e corpos receptores. No Quadro 1 apresenta-se alguns dos parâmetros utilizados para classificação da qualidade das águas (CASTRO, 2019).

Quadro 1 – Parâmetros Físicos e químicos de qualidade das águas.

Parâmetros	Conceito	Forma do Constituinte Responsável
Cor	Coloração na água	Sólidos dissolvidos
Turbidez	Grau de interferência com a passagem da luz	Sólidos em Suspensão
Temperatura	Medição da intensidade de calor	-
pH	Concentração de íons $H^+$	Sólidos dissolvidos, gases dissolvidos
Alcalinidade	Quantidade de íons na água que neutraliza os íons $H^+$	Sólidos dissolvidos

Acidez	Capacidade da água resistir às mudanças de pH causadas por bases	Sólidos dissolvidos e gases dissolvidos
Dureza	Concentração de cátions em solução	Sólidos dissolvidos
Ferro e Manganês	Estão presentes nas formas insolúveis numa grande quantidade de tipos de solos	Sólidos em suspensão ou dissolvidos
Cloretos	São advindos da dissolução de sais	Sólidos dissolvidos
Nitrogênio	Dentro do ciclo do nitrogênio é encontrado em diversas formas	Sólidos em suspensão e dissolvidos
Oxigênio Dissolvido	É essencial para os organismos aeróbios. É estabilização da matéria orgânica	Gás dissolvido
Matéria orgânica	Proteínas, carboidratos, gordura e óleos	Sólidos em suspensão e dissolvidos

Fonte: Adaptado von Sperling (2014)

Os microrganismos desempenham variadas funções de primordial importância, principalmente as relacionadas com a transformação da matéria orgânica nos sistemas de tratamento de efluentes. Outro aspecto que vale ressaltar, é a relevância da qualidade microbiológica da água e a possibilidade da transmissão de doenças de (VON SPERLING, 2011). De acordo Oliveira (2021) as doenças são classificadas por meio de suas vias de transmissão e seu ciclo. Nesse sentido, as doenças relacionadas com o saneamento são um instrumento de planejamento das intervenções, com vistas à otimização de seu impacto sobre a saúde. A classificação ambiental das doenças relacionadas com a água, segundo Teixeira et al. (2006) se dá por meio da compreensão dos mecanismos de transmissão, que se classificadas em quatro categorias: transmissão hídrica: o patógeno se encontra na água que é ingerida; transmissão relacionada com a higiene: está relacionada com a higiene pessoal e doméstica; transmissão baseada na água: caracterizada quando o patógeno desenvolve parte de seu ciclo vital em um animal aquático; transmissão através de um inseto vetor.

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2023), doenças relacionadas com sistemas de água e esgotos inadequados são responsáveis pela morte de milhões de pessoas a cada ano. Assim, melhorias na qualidade da água, no saneamento básico e nas condições de higiene da população

poderiam reduzir os casos de doenças, sobretudo em grupos etários mais vulneráveis, como crianças e idosos. Estudos realizados comprovaram a associação entre saneamento inadequado e casos de diarreia no Brasil (TEIXEIRA et al., 2006).

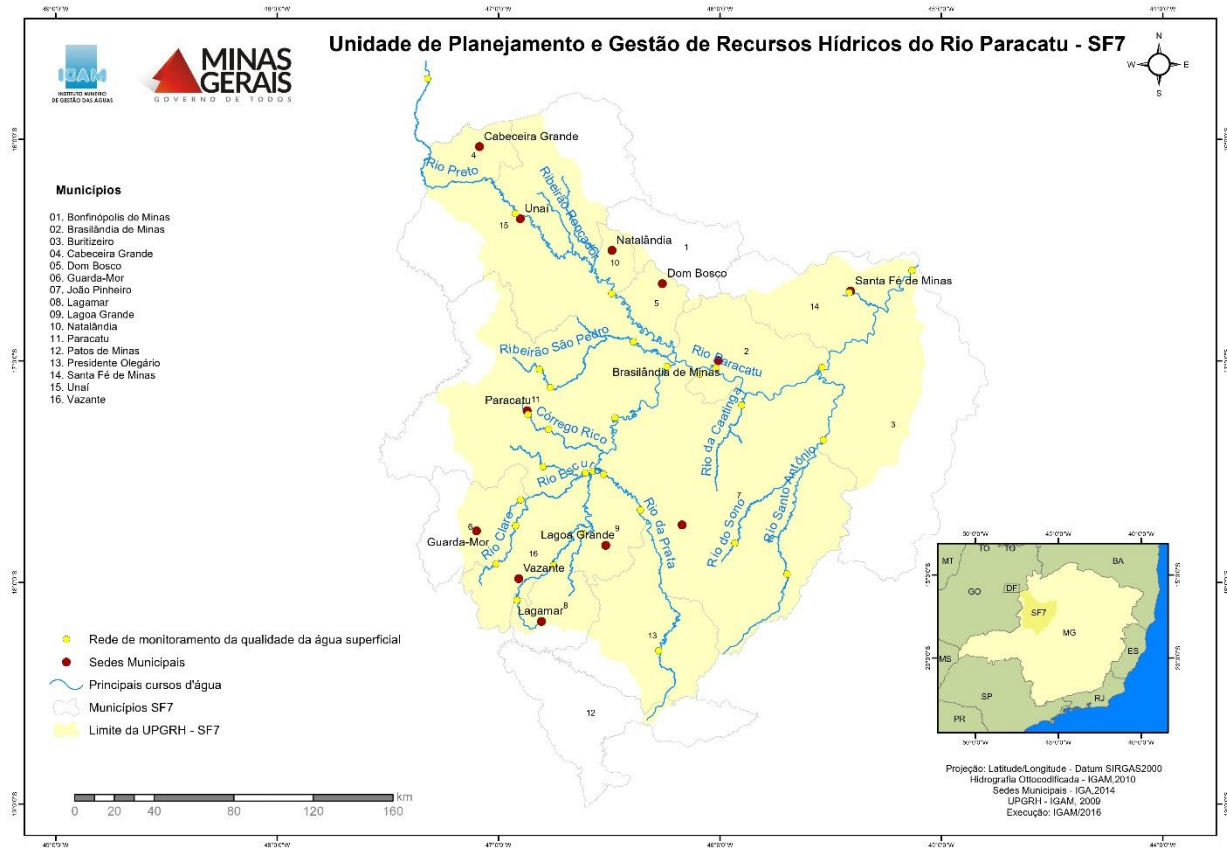
Além das doenças causadas por microrganismos outras características físicas e químicas também alteram a qualidade das águas, por meio das ações antrópicas, tais como microplásticos, agrotóxicos e metais pesados (SANTOS, 2018). Os metais pesados é um grupo de elementos químicos com densidade específica e particularidades de toxicidade. Os metais ocorrem naturalmente nos corpos hídricos e possuem fontes naturais e antropogênicas. As fontes naturais estão fortemente ligadas a geologia de cada região. Algumas áreas podem naturalmente ter altas concentrações de determinados metais, sendo os corpos hídricos ambientes importantíssimos na identificação e quantificação (OLIVEIRA, 2011). Ao passo que fontes antrópicas estão relacionadas aos diferentes tipos de uso e ocupação do solo, com destaque para a mineração. O principal problema do aumento do aporte dos metais pesados no ambiente está relacionado à capacidade de bioacumulação, a qual afeta principalmente os seus níveis mais altos da cadeia trófica. Os efeitos na saúde humana estão correlacionados a problemas no sistema nervoso e possível efeitos cancerígenos (SANTOS, 2018).

### **3.3. Recursos Hídricos de Paracatu- MG**

O município de Paracatu- MG está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu, com uma área de 41.371,71 km<sup>2</sup> de acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco- CBHSF (2023). Ela está quase totalmente dentro do estado de Minas Gerais na Região Noroeste, com pequenas áreas adentrando nos territórios dos estados de Goiás e Distrito Federal. A bacia limita-se, ao sul, com a bacia do rio Paranaíba; a oeste, com a bacia do rio São Marcos; a leste, com as bacias dos rios Formoso e Jatobá; e, a norte, com a bacia do rio Urucuia, conforme figura 1 (CBHSF, 2023).

De acordo com o Boletim Anual Qualidade da Água de 2017, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), há indicativo de contaminação fecal e substâncias tóxicas na Bacia do Rio Paracatu. Estas contaminações estão associadas aos lançamentos de esgotos sanitários, sobretudo dos municípios de João Pinheiro, Paracatu, Lagoa Grande, Lagamar, Guarda-Mor, Vazante e Santa Fé de Minas (IGAM, 2017).

Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu



Fonte: CBHSF (2023)

A qualidade das águas é agravada pelas atividades industriais, principalmente abatedouros, laticínios e destilarias de álcool, bem como pelas atividades minerárias principalmente pela extração de areia e ouro e pelas atividades agrosilvipastoris presente área da bacia. As cargas difusas, os processos erosivos e assoreamento também contribuem para impactar a qualidade das águas (IGAM, 2017)

Em Paracatu- MG, as principais atividades econômicas estão relacionadas com a agropecuária e mineração, e de acordo com Castilhos at. al, (2020), a cidade tem preocupação com a contaminação ambiental por arsênio (As), devido a presença da maior mina a céu aberto de ouro. No Córrego Rico, figura 1, principal rio que passa na cidade, de acordo com o IGAM (2017), os parâmetros Arsênio Total e *Escherichia coli* estão em desconformidade com a legislação vigente.

Quanto ao curso hídrico que passa pelo Parque Ecológico e Recreativo, não há informações da qualidade de sua água, porém, este é afluente do Córrego Rico.

### **3.4. Histórico da ecotoxicologia**

A ecotoxicologia é uma área da ciência que mescla conceitos da ecologia e toxicologia, a sua entrada no campo científico é reflexo dos crescentes efeitos nocivos da poluição ambiental sobre os ecossistemas (WALKER, 2006).

De acordo com Zagatto e Bertoletti (2008), a ecologia é a disciplina que estuda as relações entre os seres vivos e os ecossistemas. Ao passo que, a toxicologia estuda os diversos efeitos de uma determinada substância de interesse em um organismo, e busca entender os mecanismos de ação tóxica no mesmo.

Há autores que defendem que o surgimento da toxicologia, se dá com o início da humanidade, sendo essa utilizada para entender a relação dos venenos de animais e plantas com o intuito de facilitar à caça e pesca e, além da utilização em guerras (FUKUSHIMA, 2008).

O primeiro teste de toxicidade de acordo Buikema (1997), com organismos aquáticos foi realizado em 1816. Os primeiros testes de toxicidade com efluentes industriais foram realizados nos anos de 1863 e 1917, porém somente na década de 1930, os testes de toxicidade tiveram o objetivo de estabelecer a relação causa/efeito de diversas substâncias químicas. No século XX com o avanço das pesquisas, os microcrustáceos passaram a ser mais utilizados devido estes serem mais sensíveis (RAND, 1995).

### **3.5. A ecotoxicologia no contexto brasileiro**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) no Brasil, é uma das principais agência que padronizam os testes ecotoxicológicos além de elaborar as normas aplicáveis aos ensaios, considerando os conhecimentos desenvolvidos por pesquisadores de agências tradicionais, adaptando essas as nossas realidades

No Brasil, devido a Constituição Federal no seu art. 24 estabelecer competência concorrente a União, Estados e o Distrito Federal, podem legislar acerca da proteção ao meio ambiente e controle da poluição, cada estado tem um órgão ambiental responsável pela fiscalização dos recursos naturais, como por exemplo a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), em Minas Gerais e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Porém, vale ressaltar, a importância da CETESB nos estudos de ecotoxicologia, pois



ela elaborou suas próprias normas de testes ecotoxicológicos, as quais servem de referência para a companhia realizar tais ensaios. Além disso, essas normas são usadas como base para os testes realizados em outros estados da Federação (CETESB, 2012). No Quadro 2 a seguir tem-se as normas dos ensaios comumente realizados no Brasil.

Quadro 2 - Exemplos de normas padronizadas pela ABNT e CETESB.

AGÊNCIA	NORMA	DESCRIÇÃO
ABNT	NBR 15469:2007	Ecotoxicologia aquática - Preservação e preparo de amostras
ABNT	NBR 12713:2009	Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda – Método de ensaio com <i>Daphnia spp</i> (Crustacea, Cladocera)
ABNT	NBR 13373:2010	Ecotoxicologia aquática - Toxicidade Crônica – Método de ensaio com <i>Ceriodaphnia spp.</i> (Crustacea, Cladocera)
ABNT	15088:2011	Ecotoxicologia aquática – Toxicidade Aguda – Método de ensaio com peixes
ABNT	NBR 15499:2007	Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade Crônica de Curta Duração – Método de ensaio com peixes
ABNT	NBR 12648:2011	Ecotoxicologia Aquática – Método de ensaio com algas ( <i>Chlorophyceae</i> )
ABNT	NBR 15470:2007	Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade em sedimento – Método de ensaio com <i>Hyalella spp</i> (Amphipoda)
ABNT	NBR 15308:2011	Ecotoxicologia Aquática – Método de ensaio com misídeos (Crustácea)
CESTESB	L5.227:2001	Teste de toxicidade com a bactéria luminescente <i>Vibrio fisheri</i> – Método de ensaio
CETESB	L5.228:2001	Teste de toxicidade aguda utilizando <i>Spirillum volutans</i> – Método de ensaio

Fonte: Adaptado de Oliveira (2008).

### 3.6. Aplicação da ecotoxicologia para a avaliação da qualidade da água

Os ensaios ecotoxicológicos são mundialmente difundidos, os quais são utilizados para avaliar a qualidade das águas e os efeitos nocivos de efluentes sanitários e industriais. Martínez (2022) avaliou os efeitos ecotoxicológicos na fauna do Oceano Pacífico nas Praias da Guatemala, pois estas são ecossistemas com interesse ambiental, estas servem como barreiras entre os ventos fortes e as ondas entre o oceano e a placa continental, além do forte troca de nutrientes graças à atividade das ondas que agregam os sedimentos continentais com os marinhos. No Brasil Avelino

et. al (2023), ao utilizar macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade ambiental dos recifes em Porto de Galinhas- PE, encontraram a prevalência de dois táxons de organismos bioindicadores de qualidade ambiental, relacionados com a ação antrópica, possivelmente devido as atividades de recreação, como por exemplo o pisoteio.

Outro trabalho publicado por Gomes (2020), ao avaliar a ecotoxicidade dos sedimentos do estuário do rio Capibaribe na cidade de Recife-PE, utilizando embriões de *D. rerio*, observou que independentemente do ponto de coleta, as amostras apresentaram efeito tóxico, principalmente em concentrações subletais, as quais causaram alterações na frequência cardíaca e retardo geral no desenvolvimento embrionário.

Tavares (2014), ao avaliar a ecotoxicologia de efluentes sanitários provenientes de estação de tratamento de esgotos do município de Espírito Santo do Pinhal- SP, verificou-se que os efluentes se mostraram incapaz de proporcionar efeitos ecotoxicológicos ao curso d'água em que é lançado. Ao passo que, Queiroz (2017), observou efeito tóxico crônico ao utilizar os organismos bioindicadores *R. subcapitata* e *C. dubia*, e agudo com *D. similis*, no período chuvoso de agosto de 2013 a agosto de 2014, no Rio Paraíba do Sul. Esses achados podem estar relacionados ao arraste de compostos tóxicos para a coluna d'água, devido ao escoamento superficial provocado pelas chuvas, podendo causar impactos negativos à biota aquática. Kohatsu (2018), ao realizar ensaios de fitotoxicidade com *Sinapis alba*, com águas e sedimentos provenientes da represa Billings e de Córregos adjacentes, apresentaram menores níveis de fitotoxicidade quando comparados aos valores obtidos com o extrato do sedimento, de acordo com o autor, em nenhuma amostra de água foi observado efeito tóxico, ao passo que, as de sedimentos foram classificadas como moderadamente tóxicas. Por fim, Lessa (2010), realizou um estudo de ecotoxicologia aguda com *D. similis*, na Represa da Pampulha, com o objetivo de verificar a possível degradação da qualidade da água, porém, em seus resultados, não foi observado efeito tóxico para o organismo utilizado, sendo então recomendado o uso de *C. dubia*, o qual é mais sensível em concentrações subletais.

### **3.7. Teste de toxicidade**

A toxicologia é a ciência que estuda os efeitos das diversas substâncias químicas sobre os organismos vivos, seja esses os humanos ou os animais, sendo essa subdivida em diversas áreas de atuação, sendo a Toxicologia Ambiental uma delas, e tendo como subdivisão a Ecotoxicologia (ZAGATTO, 2008).

De acordo com Walker (2006), a ecotoxicologia é definida como um ramo da ciência que estuda os efeitos das substâncias sintéticas ou naturais em organismos, populações e comunidades, animais ou vegetais, no meio terrestre ou aquático, englobando assim a interação das substâncias com ecossistemas dos diversos organismos em um contexto integrado, sendo esses efeitos agudos ou crônicos, sendo essa uma ferramenta complementar das análises dos impactos ambientais causados por diversas substâncias.

Os ensaios ecotoxicológicos permitem a elaboração de normas de testes de toxicidade, por meio das quais, é possível definir limites de toxicidade. Neste sentido, geram parâmetros fundamentais para a criação de leis, bem como de fiscalização e controle de qualidade dos corpos hídricos. Várias instituições de proteção ambiental estão se concentrando para a elaboração e validação desses testes, que visam a proteção dos ecossistemas (RONCO et al., 2004). São exemplos de tais instituições estrangeiras a American Society for Testing and Materials (ASTM), Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), Association of Analytical Communities (AOAC) e a International Organization for Standardization (ISO), ao passo que, no Brasil os principais órgãos são a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Nos ensaios de ecotoxicidade há detalhes específicos devido ao uso de diferentes espécies de organismos, porém, o princípio básico para todos são similares e requerem condições ambientais específicas, tais como, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, dureza da água, fotoperíodo e duração dos testes (ARAGÃO; ARAÚJO, 2014).

Um estudo realizado por Verbinnen (2014), na bacia hidrográfica do Rio Itapecuru no município de Bacabeira- MA, indicaram que há ocorrência de substâncias causadoras de efeito tóxico, em quantidade suficiente para promover alterações bioquímicas associadas à reprodução em machos da espécie *D. rerio*, principalmente na estação chuvosa, ao passo que em fêmeas da mesma espécie efeitos tóxicos foram observados na estação seca. Outro estudo realizado por Jardim (2004), na bacia do rio Corumbataí, localizado no estado de São Paulo, apresentou toxicidade crônica para o organismo *C. dubia*.

### 3.8. Organismos Bioindicadores

De acordo com Markert (1996), um organismo bioindicador ou comunidade de organismos são seres vivos de diversas naturezas, vegetais ou animais os quais são utilizados para a avaliação da qualidade ambiental. Os organismos bioindicadores em geral respondem a contaminação por meio de alterações em sua fisiologia bem como pela capacidade de acumular elementos e/ou substâncias. As reações dos diversos organismos estão ativamente influenciadas pelas condições físicas, químicas e biológicas do ambiente, bem como pelas condições fisiológicas, morfológicas estruturais e nutricionais (MARTELETO; LOMÔNACO; KERR, 2004).

O uso de bioindicadores possibilita certificar o impacto da poluição: somente por meio de bioindicadores pode-se inferir que um determinado poluente ou mistura de poluentes provavelmente provoque um efeito nocivo. Isso é possível ao integrar fatores endógenos do organismo, que podem ser influenciados pela poluição, como, por exemplo, o estágio de desenvolvimento e a idade de determinado organismo ao correlacionar com fatores externos, como condições climáticas e outros poluentes que ocorram na área e detectar estresse crônico por níveis baixos de poluição, atuando por períodos prolongados (CETESB, 2019).

Nos ecossistemas aquáticos os peixes e os microcrustáceos são exemplos de organismos bioindicadores utilizados para avaliar a qualidade e o impacto ambiental de resíduos nos ecossistemas. Os microcrustáceos, desempenham um importantíssimo papel na cadeia alimentar, pois eles são consumidores primários, alimentando-se de algas e são alimentos para os consumidores secundários, como os peixes e outros vertebrados. Neste sentido, alterações na população e no comportamento desses organismos, podem afetar níveis tróficos dos ecossistemas aquáticos (CETESB, 2019).

#### 3.8.1. *Ceriodaphnia dubia*

A *C. dubia* (Figura 2) é um microcrustáceo de água doce facilmente encontrado em lagos, represas e lagoas. Ela possui tamanho que varia de 0,8 a 0,9 mm e tem um tempo de reprodução de 3 a 4 crias por semana, sob condições ótimas, pH, temperatura OD e dureza. Elas são arredondadas e não possuem projeção rostral proeminente e exibem certo ciclomorfismo, mas não desenvolvem os capacetes dorsais e os longos espinhos posteriores (CETESB, 2019).

Figura 2: Foto da *C. dubia*



Fonte: do Autor (2022).

Elas são organismos filtradores, alimentando-se de algas, bactérias e detritos orgânicos presentes na água. Sua reprodução é geralmente por meio da partenogênese, em que a fêmeas produzem células diploides que originam novas fêmeas com o mesmo genótipo, resultando, portando, numa população homogênea. A incubação ocorre na câmara existente na parte posterior do organismo, e os neonatos são liberados para o ambiente, sendo esses semelhantes à forma adulta. Os organismos novos geralmente tornam-se reprodutiva de 3 a 4 dias após o nascimento (DODSON; FREY, 1991).

O ciclo de vida da *C. dubia* é variável, sendo esse dependente da temperatura bem como de outras condições ambientais. Comumente, a longevidade aumenta com a diminuição da temperatura, por causa da redução da taxa metabólica. Portanto, a duração média do ciclo de vida desse organismo é de cerca de 30 dias a 25°C e 50 dias a 20°C (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA, 2002).

Quando há condições ambientais estressoras, como por exemplo, superpopulação, falta de alimento, mudança de temperatura, dentre outras, há a possibilidade do aparecimento de macho na cultura, bem como, de fêmeas com óvulos constituídos de células haploides, os quais podem ser fecundados pelos machos presentes na cultura, ou não. Estes quando fecundados, podem formar ovos recobertos por uma carapaça quitinosa escura, chamada de éfipio (CETESB, 2019).

### 3.8.2. *Daphnia similis*

A *D. similis* (FIGURA 3), é um microcrustáceo encontrado em diversos corpos hídricos, tais como lagoas, represas, águas continentais e lagos. Medem de 0,5 a 5,0 mm, são conhecidas também por pulgas d'água. O corpo é protegido por uma carapaça transparente, exceto a cabeça e antenas, ao que tudo indica bivalente, contudo, formada por uma única peça dobrada com uma abertura ventral (PENNAK, 1989). O olho é composto e bem evidente na cabeça, é sensível a mudanças da intensidade e qualidade de luz, sendo que o ocelo localizado junto ao olho é sensível à luz ultravioleta (BUIKEMA; SHERBERGER, 1997)

A reprodução assim como da *C. dubia*, por meio da partenogênese (DODSON; FREY, 1991). De acordo com Buikema (1997), a depender da espécie, essas se tornam reprodutivas entre cinco e dez dias após seu nascimento. O crescimento dá-se após cada muda e enquanto a carapaça é elástica, sendo que a taxa de crescimento é maior na fase jovem (USEPA, 2002).

O ciclo de vida da *Daphnia* é variável, sendo esse dependente da espécie e das condições ambientais. Sendo que, a longevidade aumenta com a diminuição da temperatura da água, por causa de redução da atividade metabólica. No que tange o teor de oxigênio, os organismos não são exigentes quando comparados com outros organismos aquáticos, sendo que elas podem viver em ambientes com concentrações mínimas de 15 a 25% de saturação. Isso só é possível porque esses organismos possui um mecanismo de regulação do teor de hemoglobina, sendo assim, quando o nível de oxigênio dissolvido na água diminui até um determinado limite, elas aumentam a concentração da hemoglobina no sangue (USEPA, 2002).

Figura 3 – Imagem da *D. similis*



Fonte: Lessa (2010)

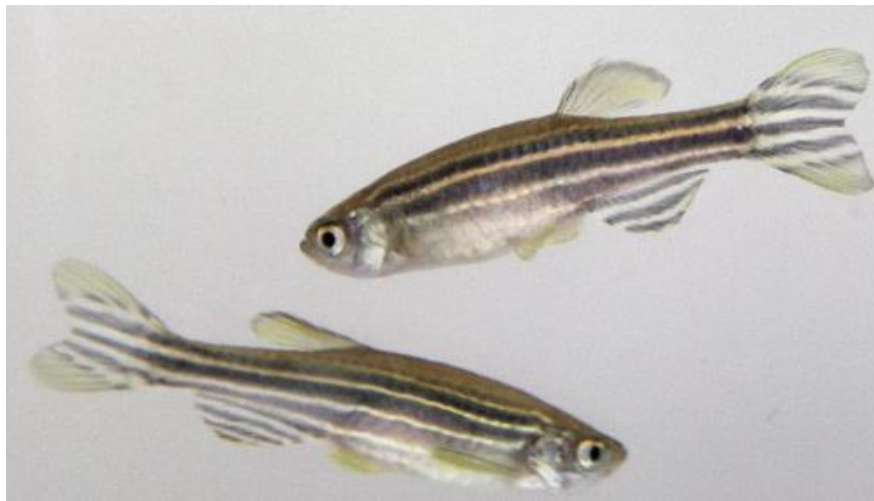
### 3.8.3. *Danio rerio*

O peixe *D. rerio* (FIGURA 4), conhecido popularmente por paulistinha, é um teleósteo da família *Cyprinidae*, amplamente utilizado como modelo para estudos laboratoriais em estudos genéticos e ambientais, isso visto que, estes são vertebrados diploide e com um ótimo equilíbrio entre a complexidade e a simplicidade (STREISINGER et al. 1981).

As características desse peixe o tornam um modelo preciso nas pesquisas em diferentes seguimentos científicos. Com um tamanho de aproximadamente três a quatro centímetros, este pode ser facilmente mantido e distribuído nos laboratórios de pesquisa, necessitando de pouco espaço. Vale ressaltar que eles possuem baixo custo de manutenção e alta taxa de fecundidade, sendo que, um casal pode colocar de 200 a 300 ovos em uma manhã, e em caso de ser mantidos em condições favoráveis, repetir este ciclo a cada 5-7 dias. Seus embriões são transparentes e possuem uma rápida maturação sexual, entre três e seis meses (HILL et al., 2005).

De acordo com Mariano (2019), o *D. rerio* oferece diversas vantagens por ser um modelo vertebrado com um tamanho que facilita o manuseio, possuir uma taxa de reprodução alta e desenvolvimento rápido bem como a fertilização externa e transparência do embrião. Além disso, o *D. rerio* permite o progresso no ramo científico devido à possibilidade de diferentes abordagens para sua aplicação, desde a fase larval ao organismo adulto, para o avanço de pesquisas nas diversas áreas da ciência.

Figura 4– Machos de *D. rerio*



Fonte: CETESB (2019)

Este organismo quando usado como um bioindicador, possui grande sensibilidade quando exposto a produtos químicos, pois, eles são capazes de absorver de forma rápida os compostos que são diretamente adicionados na água e acumulá-los em diferentes tecidos, principalmente no sistema nervoso central, em estudo usando o cobre demonstrado por Grossel e Wood (2002).

### 3.9. Ensaios de toxicidade aguda

Os testes agudos são aqueles que no geral, avalia os efeitos rápidos e severos, sofridos pelos organismos expostos ao agente químico, efluente e sedimento de interesse, por um curto período, mais comumente de um a quatro dias (ARAGÃO; ARAÚJO, 2014). De acordo com Van Leeuwen (1988), os ensaios agudos são os primeiros a serem realizados, sendo esses testes exploratórios, que podem determinar se a substância testada é biologicamente ativa, cujo critérios de avaliação são a mortalidade e a imobilidade dos organismos teste. Usualmente, para os peixes é observada a mortalidade e para os invertebrados a imobilidade. Observa-se esses critérios, pois esses são facilmente determinados e pelo seu significado biológico e ecológico para o ambiente.

As principais condições para a manutenção em laboratório de alguns organismos-testes de ecotoxicidade aguda estão descritas no Quadro 3 e no Quadro 4 a composição da água reconstituída.

Quadro 3- Resumo das condições de ensaios de toxicidade aguda com *D. similis* e *D. rerio*

Condições- teste	<i>D. similis</i>	<i>D. rerio</i>
Sistema de Teste	Estático	Estático, Semi-estático; contínuo
Duração	48 h	48 h- Sistema estático 96h – Sistema Semi-estático ou contínuo
Temperatura	20±2	25±2
Idade dos Organismos	6 a 24 h	> 60 dias
Fotoperíodo	Escuro	16h luz: 8h escuro
Nº de organismos/réplica	5 ou 10	10
Nº de réplica/ solução teste	4 ou 5	1
Água de diluição	Reconstituída ou natural, com dureza de 40 a 48 mg CaCO <sub>3</sub> /L	



Critério de avaliação de efeito	Imobilidade	Mortalidade
Expressão dos resultados	Quantitativo: CE 50 Qualitativo: tóxico ou não tóxico	Quantitativo: CL 50 Qualitativo: tóxico ou não tóxico
Critérios de aceitação dos testes	> 90% de sobrevivência dos organismos controle	> 80% de sobrevivência dos organismos controle

Fonte: Adaptado de Aragão; Araújo (2014).

CE 50 - Concentração Efetiva Mediana: Concentração do agente tóxico que causa efeito agudo (imobilidade) a 50% dos organismos-teste, num determinado período de exposição.

CL50 Concentração Letal Mediana: Concentração do agente tóxico que causa efeito agudo (letalidade) a 50% dos organismos-teste, num determinado período de exposição.

Quadro 4 – Composição da água reconstituída

Solução	Regente	Quantidade e (g)	Preparo	Armazenamento
1	NaNO <sub>3</sub>	10	Dissolver e adicionar água processada para completar 1 000 mL	Até três meses em temperatura ambiente e ao abrigo da luz
	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	1,718 3		
	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1,812 5		
	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2		
2	KCl	2		
	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	5,145 5		
3	CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	24,476 9	Dissolver e adicionar água processada para completar 500 mL	
4a	EDTA	2,5	Dissolver e adicionar água processada para completar 2 000 mL	Até um mês ao abrigo da luz, sob refrigeração
	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2,8		
	FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,966		
	MnCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	0,36		
	LiCl	0,303 5		
	RbCl	0,071		
	SrCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,151 7		
	NaBr	0,032 1		
	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,063		
	CuCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,033 6		
	ZnCl <sub>2</sub>	0,026		
	CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,010 1		
KI	0,003 3			

5	SeO <sub>2</sub>	0,001 4	Dissolver e adicionar água processada para completar 1 000 mL	Até um mês, sob refrigeração
6	NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub>	0,001 1		Até seis meses, sob refrigeração
7	Vitamina B <sub>12</sub>	0,001 0		Máximo de 15 dias, congelada
A solução 4 por conter EDTA não pode ser exposta à luz solar ou radiação ultravioleta, pois é fotodegradável.				

Fonte: ABNT 12713/2016

### 3.10. Ensaios de toxicidade crônica

Em testes de toxicidade aguda, alguns efeitos não são observados, pois devido a fatores de diluição, os organismos são expostos a níveis subletais dos poluentes. Quando isso ocorre, pode ser que os organismos testes não sejam levados à morte, porém, baixas concentrações do agente químico pode causar distúrbios fisiológicos ou comportamentais a longo prazo. Não é possível verificar esses efeitos nos testes de toxicidade aguda, portanto é necessário a utilização dos testes de toxicidade crônica, os quais permitem verificar efeitos adversos mais sutis aos organismos (ARAGÃO; ARAÚJO, 2014).

De acordo com Cooney (1995), o teste crônico é definido como o período de duração do teste, sendo essa uma exposição superior a 10% da duração da vida do organismo, pois uma substância pode bioacumular, causando efeitos nocivos aos organismos, os quais não são observados em períodos mais curtos. Os ensaios crônicos têm três variações: a primeira é quando avalia todo o ciclo de vida de uma espécie, a segunda com parte do ciclo de vida de uma espécie, usualmente utiliza-se os estágios de vida mais críticos e sensíveis e a terceira os testes funcionais, os quais são realizadas medições dos efeitos de substâncias sobre diversas funções fisiológicas dos organismos (VANLEEUEWEN, 1988).

Segundo Aragão (2014), os testes crônicos mais difundidos são os que utilizam a *Daphnia*, com duração de 21 dias, e com *Ceriodaphnia*, com 7 dias de duração. Sendo esse último mais utilizado para avaliação de toxicidade crônica de amostras ambientais, como por exemplo águas e efluentes líquidos, enquanto os ensaios com *Daphnia* são mais utilizados para avaliação de toxicidade de novas formulações químicas. No Quadro 5, é possível observar as principais condições dos ensaios de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia* e larva de *Danio rerio*.

Quadro 5 – Resumo das condições de teste de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia* e larva de peixe *Danio rerio*.

Condições- teste	<i>Danio rerio</i>	<i>Ceriodaphnia dubia</i>
Sistema de Teste	Semi-estático	
Duração	7 dias	7 dias ou obtenção de 3 crias
Temperatura	25±2	
Idade dos Organismos	Larvas com 96-126 horas	6 a 24 horas
Fotoperíodo	16h luz: 8h escuro	
Nº de organismos/réplica	10	1
Nº de réplica/ concentração	4	10
Água de diluição	Reconstituída ou natural, com dureza de 40 a 48 mg CaCO <sub>3</sub> /L	
Critério de avaliação de efeito	Mortalidade	Reprodução Sobrevivência
Expressão dos resultados	Quantitativo: V.C.Est. (Valor Crônico Estimado)	Quantitativo: CENO, CEO; VC, CI Qualitativo: tóxico ou não tóxico
Crítérios de aceitação dos testes	> 80% de sobrevivência dos organismos controle	> 80% de sobrevivência e > 15 jovens produzidos/ fêmea no controle

Fonte: Adaptado Aragão; Araújo (2014).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Área de estudo

O município de Paracatu- MG está localizado no noroeste do estado de Minas Gerais, com as seguintes coordenadas geográficas 17° 13' 21" S 46° 52' 31" O (DATUM/SIRGAS 2000). A cidade conta com o Parque Ecológico e Recreativo de Paracatu-MG, o qual está localizado no bairro Alto do Córrego do município. O parque é utilizado pela população como um local recreativo bem como de prática de atividade física. Este possui um represamento de um corpo hídrico, o qual não há informações disponíveis na base de dados da Agência Nacional de Água e Saneamento sobre a qualidade de sua água, conforme figura 5.

Figura 5 – Espelha d'água do Parque Ecológico e Recreativo de Paracatu-MG.



Fonte: Google Earth Pro (2022).

### 4.2. Amostragem

A coleta das amostras foi realizada no Ponto A, conforme Figura 5. As coletas eram realizadas pela manhã, por volta das 6:30 h, utilizando um recipiente plástico de 5 L, sendo elas amostras simples e no mesmo ponto durante todo o período. Essas foram coletadas nos dias 16/07, 26/07, 02/08, 10/08 e 17/08 do ano de 2022, e posteriormente transportadas a temperatura ambiente para o Laboratório de Análises Biológicas da Campo Análises. Após a coleta as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análises Microbiológicas e Ecotoxicológicas da Campo Análises, e as diluições eram preparadas a temperatura de  $27 \pm 2$  °C em um intervalo de  $\pm 2$  h após a coleta. Após feitas as diluições, estas eram mantidas a uma temperatura de  $25 \pm 2$  °C até a adição

de *C. dubia* e *D. rerio*, e  $20 \pm 2$  até a adição de *D. similis*. Além dos parâmetros físicos e químicos: pH, OD, Condutividade Elétrica serem medidos por um multiparâmetro HANNA HI9829, e a dureza pelo método colorimétrico.

#### 4.3. Condições de cultivo

As condições de cultivo dos adultos de *D. similis* eram de 25 organismos em cristalizadores de vidro de 2 litros, com água reconstituída com dureza 45mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , fotoperíodo de 16 h, temperatura de  $20^\circ\text{C} \pm 2,0^\circ\text{C}$  em incubadoras da marca Ethiktechnology modelo 415D, e pH de 7,30 e aeração constante da água de cultivo. Os organismos eram trocados 3 vezes por semana e alimentados com alga *Raphidocelis subcapitata* e alimento complementar, ração para peixe solubilizada.

As condições físicas e químicas da água de cultivo de *C. dubia* eram as mesmas utilizadas para *D. similis*, porém os organismos adultos eram mantidos em béqueres de 50mL, sendo um organismo adulto por béquer, em bandejas de acrílico que continham 60 béqueres no total. Os organismos eram trocados 3 vezes na semana, e mantidos a  $25^\circ\text{C} \pm 2,0^\circ\text{C}$  e fotoperíodo de 16h em incubadoras Ethiktechnology modelo 415D. Os organismos também eram alimentados com alga *Raphidocelis subcapitata* e alimento complementar (FIGURA 6).

Figura 6 – Bandeja de cultivo de *C. dubia*.



Fonte: do Autor (2022)

Os organismos *D. rerio* (FIGURA 7) eram mantidos em aquários de vidro de 45L, com temperatura da água a  $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , sendo eles alimentados duas vezes ao dia, manhã e tarde, com ração para peixe do tipo TetraMin, fotoperíodo de 12h, dureza de  $30 \text{ mg CaCO}_3\text{L}^{-1}$ , concentração de amônia  $< 0,05 \text{ mgL}^{-1}$  e aeração constante. A água de cultivo era renovada uma vez na semana.

Figura 7 – Aquários de Manutenção de *D. rerio*

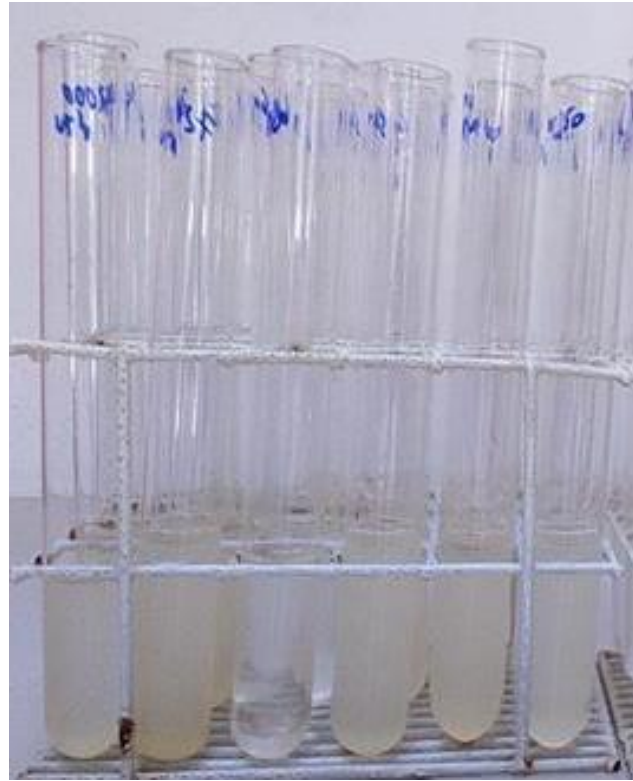


Fonte: do Autor (2022)

#### 4.4. Condições dos ensaios

Os ensaios de *D. similis* (FIGURA 8) foram realizados conforme NBR 12713 (2016), utilizando tubos de ensaio e realizando 5 diluições diferentes e em quadruplicatas, 6,25%, 12,5%, 25,0%, 50%, e 100% de proporção de amostra e controle. Em cada tubo de ensaio contendo um volume final de 10mL, foi adicionado 4 organismos-teste, com no máximo 24 horas de idade, sendo o total de organismos por diluição 20 e no teste 120. A água de diluição utilizada nos testes também tinha as mesmas condições físicas e químicas da água de cultivo. Após o teste ser montado, os organismos não eram alimentados, eram mantidos sem fotoperíodo a uma temperatura de  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  em incubadoras Ethiktechnology modelo 415D, por no máximo 48h. Quando terminado o tempo de exposição dos organismos, eram realizadas observações de mortalidade e imobilidade.

Figura 8- Diluições prontas para o teste serem rodados.



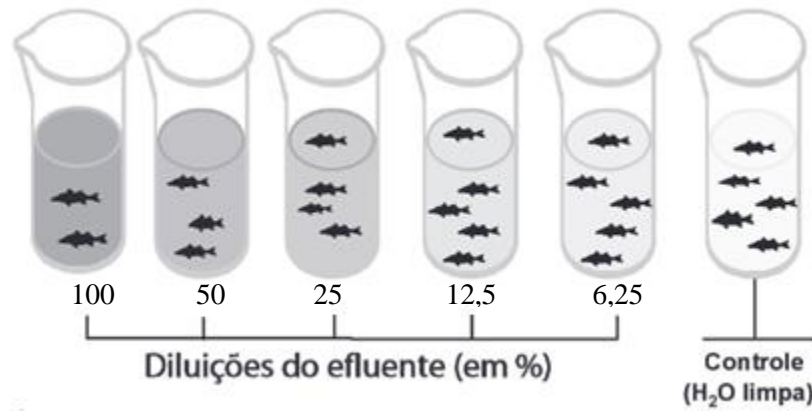
Fonte: do Autor (2022)

Os testes com *C. dubia* foram realizados conforme NBR 13373/2017. Para montagem e troca do teste foi utilizada a mesma água de cultivo com as mesmas condições físicas e químicas. Foram utilizadas 5 diluições das amostras mais controle, sendo que a proporção de amostras era de 6,25%, 12,5%, 25,0%, 50%, e 100% e 10 réplicas por concentração. Para tal, foram utilizadas bandejas de acrílico e béqueres de 50mL, sendo que se adicionava 15mL da solução-teste em cada béquer, 0,1 mL de alga *Raphidocelis subcapitata* e 0,05 mL de alimento complementar. Após montar a badeira com as soluções teste, adicionava-se 1 neonato, com máximo 24h de nascido, em cada béquer, os quais eram mantidos a uma temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 2,0$  e fotoperíodo de 16h. Eram feitas duas renovações da solução-teste, e duração de 7 dias, durante e ao final desse período era observada a mortalidade e reprodução.

Os ensaios com *D. rerio* (FIGURA 9) foram realizados conforme NBR 15088 (2016). Para o preparo das concentrações foi utilizada a mesma água do cultivo, com as mesmas condições físicas e químicas. Eram realizadas 5 concentrações, 6,25%, 12,5%, 25,0%, 50%, e 100%, mais

controle, com apenas uma réplica. As diluições das amostras eram realizadas em béqueres de 2 litros. Após realizadas as diluições da amostra, eram adicionados 10 peixes em cada béquer, sendo esses mantidos a  $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  com 12h de fotoperíodo e por no máximo 48h de exposição. Quando o teste era finalizado observava-se a letalidade.

Figura 9 – Esquema do teste de *D. rerio* montado.



Fonte: Adaptado CETESB (2016)



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, é possível observar os resultados dos ensaios de ecotoxicidade aguda com *D. similis*. De acordo com os resultados, não foi observado efeito tóxico agudo, pois todos os organismos não apresentaram letalidade ou imobilidade. Esses resultados estão de acordo com os achados de Fracácio et al. (2000), o qual realizou testes de toxicidade aguda no Rio Monjolinho, apesar desse corpo hídrico ser receptor de efluente industriais e agrícolas, os autores não observaram efeito tóxico agudo para microcrustáceo

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de ecotoxicidade aguda com o organismo bioindicador *D. similis*.

Concentração %	16/07	26/07	02/08	10/08	17/08
0	20 V	20 V	20 V	20 V	20 V
6,25	20 V	20 V	20 V	20 V	20 V
12,5	20 V	20 V	20 V	20 V	20 V
25,0	20 V	20 V	20 V	20 V	20 V
50	20 V	20 V	20 V	20 V	20 V
100	20 V	20 V	20 V	20 V	20 V

Fonte: do Autor (2022)

Segundo Magalhães (2008), em ambientes aquáticos, é possível que os poluentes sofram transformações, tais como, diluição, fotodegradação e biodegradação, esses poluentes somente causariam efeitos tóxicos em ensaios crônicos, sendo assim, efeitos tóxicos agudos é identificável principalmente em corpos hídricos que recebam grande aporte de efluentes industriais e domésticos. Neste sentido, a realização de ensaios de ecotoxicidade crônica se faz necessária como ferramenta complementar.

Nos testes realizados com *C. dubia*, foi observado uma taxa de 20% de letalidade e/ou imobilidade (TABELA 2), na concentração de 100% de amostra.

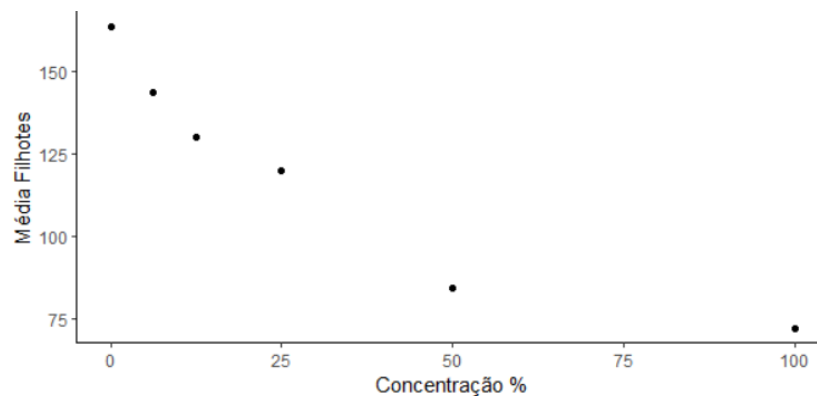
Tabela 2: Resultados dos ensaios de ecotoxicidade crônica com o organismo bioindicador *C. dubia*.

	16/07	26/07	02/08	10/08	17/08
Controle	10	10	10	10	10
[1]	10	10	7	9	10
[2]	10	10	7	9	10
[3]	10	10	10	10	10
[4]	10	9	6	10	10
[5]	8	8	8	8	8

Fonte: do Autor (2022)

Observa-se que em nenhuma das concentrações a quantidade mínima de neonatos ,15 por fêmea foi alcançado, para ser considerada não tóxica. Na concentração de 100%, esse número foi de 7 neonatos por fêmea, ao passo que para a concentração de 50% esse número foi de 8 neonatos por fêmea, Vale ressaltar que, na concentração 6,25%, a qual tem-se a menor alíquota de amostra, o número médio de neonatos foi de 14 por fêmea (FIGURA 10).

Figura 10- Média de neonatos por fêmea em cada concentração



Fonte: do Autor (2022).

Esses resultados estão de acordo com os achados de Coelho (2018), o qual não observou efeito tóxico ao analisar a água e sedimento do reservatório do Lobo em Itirapina-SP e Lagoa Dourada- SP, utilizando *D. similis* e *C. dubia* como bioindicadores.

Na tabela 3, é possível observar os resultados para o organismo *D. rerio*. Devido esse organismo ser menos sensível de acordo com Pinto (2022), este organismo tende a não demonstrar efeitos tóxicos agudos em águas com baixas concentrações de contaminantes.

Tabela 3: Resultados dos ensaios de ecotoxicidade aguda a com o organismo bioindicador *D. rerio*.

	16/07	26/07	04/08	10/08	17/08
Controle	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V
[1]	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V
[2]	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V
[3]	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V
[4]	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V
[5]	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V

Fonte: do Autor

Na tabela 4, tem-se os parâmetros físicos e químicos a NBR 13373 (2017), classifica como críticos para o crescimento e reprodução de *C. dubia*.

Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos das amostras coletadas no período de estudo

	pH	OD mg/L	Dureza mgCaCO <sub>3</sub> /L	Condutividade μS/cm
16/07	8,18	6,59	151	418
26/07	8,40	5,56	148	412
02/08	8,25	6,12	150	423
10/08	8,31	6,07	147	426
17/08	8,10	5,89	145	420

Fonte: do Autor (2022)

Observa-se que o pH das amostras coletadas estão acima do pH ideal dos organismos utilizados no estudo 7,0 a 7,6 (NBR 13373, 2017). Apesar desses valores estarem mais básico do que a NBR recomenda para os organismos aqui estudados, Muniz (2011), não encontrou correlação com o pH e efeito tóxico para *C. dubia*, ao analisar os parâmetros de qualidade de água em uma área urbana e de agricultura no cerrado, ao passo que, Fritzsos (2009) ao estudar a variação de pH

em água fluviais, observou que com o desenvolvimento da mineração o pH tende a ficar mais básico.

A condutividade elétrica, apresentou resultados fora do limite para *C. dubia*, 72 a 212  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ZAGATTO E BERTOLETTI, 2011), sendo que o maior valor 426  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , foi observado em 10/08/2022. Segundo Saraiva et al. (2009), valores altos desse parâmetro indicam ambientes impactados, já que a condutividade representa uma medida indireta da concentração de poluentes, e aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados a água em geral. De acordo com Felipe (2020), ao caracterizar a influência dos fatores ambientais em duas microbacias urbanas do Alto Rio Paraná, concluiu que áreas que se observou valores elevados de CE, maiores que 169  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , obteve menores valores médios de riqueza para o peixe *P. reticulada*.

O maior valor de dureza observado foi de 151  $\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ , no dia 16/07, de acordo com a norma da ABNT 13373 (2017) a dureza ideal para o microcrustáceo varia entre 40 mg e 48  $\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ . A dureza da água segundo Rattner e Heath (2003), pode afetar a toxicidade de vários poluentes, principalmente dos metais. Em geral, metais são menos tóxicos em águas mais duras, desde que o pH seja mantido constante. O efeito varia em função do tipo de metal e da água. O cádmio, por exemplo, se precipita em água dura, reduzindo significativamente sua toxicidade, ao passo que, o cobre, o zinco e o níquel são intermediários em sua interação com a dureza. De acordo com Magalhães (2003), a dureza é influenciada principalmente por cálcio e magnésio, sendo que a o excesso de cálcio na água retira o oxigênio da água, portanto, podendo ter um efeito letal nos organismos testes. Por último tem-se o oxigênio dissolvido, o qual o menor valor foi de 5,56  $\text{mg}/\text{L}$ , o qual está de adequado para a sobrevivência dos organismos, que de acordo com a ABNT 13373 (2017), é de 3  $\text{mg}/\text{L}$ .

A área de estudo possui expansão da área urbana e não possui local de despejos industriais, e segundo Oliveira et al. (2011) a presença de produtos químicos na água é o principal fator para a ocorrência de efeitos tóxicos crônicos em *C. dubia* e *Danio rerio*. De acordo com Hu et al. (2012) a sinergia das substâncias químicas pode ter efeito tóxico em espécies aquosas, como *C. dubia*, por meio da captação de partículas.

Em um estudo feito por Castilhos et. al, (2020), a água utilizada para abastecimento humano mostrou teores de As abaixo do Valor Máximo Permitido de  $10\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ . De acordo com a Portaria

GM/MS 888/2021, do Ministério da Saúde, ao passo que, os teores dele estão nos limites esperados para áreas urbanas, porém mais elevados nas áreas adjacentes a mineração. Apesar dos resultados encontrados por Castilhos et. al (2020), estarem de acordo com legislações vigentes, há no material particulado, uma tendência de maior teor de as em localizações próximo a mina e a favor da direção predominante dos ventos, os quais podem depositar em diferentes localidades (SILVA, 2020). Apesar dos níveis serem aceitáveis, a sinergia do material particulado atmosférico em conjunto com a deposição atmosférica, pode alterar a qualidade dos corpos hídricos afetando o ecossistema local (SARDINHA, 2022).

## 6. CONCLUSÃO

As análises com os organismos bioindicadores *D. similis* e *D. rerio*, não apresentaram efeitos tóxicos agudos, durante o período estudado, isso se dá principalmente devido ao tempo de exposição e concentrações subletais dos poluentes. Os testes de toxicidade crônica apresentaram efeito tóxico, causando em média 20% de letalidade/imobilidade dos organismos adultos, bem como afetando a taxa de natalidade do bioindicador *C. dubia*.

Neste estudo, as amostras foram coletadas em um período principalmente de seca, portanto, a qualidade das águas nesse período tende a terem melhores qualidade, neste sentido, como complementação, pode-se englobar um período mais longo, estação chuvosa, bem como fazer as coletas das amostras em diferentes pontos. Por fim, os estudos ecotoxicológicos que visam à proteção dos ecossistemas aquáticos, bem como para estabelecer critérios de qualidade de água, é preciso levar em consideração a dureza da água, pois esta exerce grande influência no ciclo de vida dos organismos utilizados nesse estudo.

## REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, M. A.; ARAÚJO, R. P.A. Métodos de Ensaios de Toxicidade com Organismos aquáticos. In: ZAGATTO, A. P.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos: Editora RiMa, 2014. cap. 6, p.117-147.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR **12713**. Ecotoxicologia aquática- Toxicidade aguda- Métodos de ensaio com *Daphnia spp.* (Crustacea, Cladóceras). Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR **13373**. Ecotoxicologia aquática- Toxicidade crônica- Métodos de ensaio com *Ceriodaphnia spp.* (Crustacea, Cladóceras). Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR **15088**. Ecotoxicologia aquática- Toxicidade aguda- Métodos de ensaio com peixes (*Cyprinidae*). Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR **15469**. Ecotoxicologia – Coleta, Preservação e Preparo de Amostras. Rio de Janeiro, 2021.
- AVELINO, D. F. G Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade ambiental dos recifes de arenito da praia de Porto de Galinhas (Pernambuco). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.11, n.1, p.182-201.
- BARBOSA, et. al. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água em um Trecho do Rio Apodi-Mossoró. **HOLOS**, [S. l.], v. 7, p. 121–132, 2016. DOI: 10.15628/holos.2016.4183.Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4183>. Acesso em: 17 fev. 2023.
- BEGON, M. et. al., 2019. Ecologia: de indivíduos e ecossistemas. 4 ed., Porto Alegre: Artmed.
- BELLIDO, J. G et. al., Saneamiento ambiental y mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica en Brasil. **Rev Panam Salud Pública**, v.28, p.114-20, 2010
- BERTOSSI, A. P. Cobertura do solo e qualidade de águas para fins de irrigação **Comunicata Scientiae**, vol.5, no.2, apr. -June 2014, pp. 178.
- BONADA, N. et. al., Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 495-523, 2006.
- BRAGA, B. et al. Introdução à Engenharia Ambiental. 2005.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA n ° 357/2005, de 17 de março de 2005**- Dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, Ministério do Meio ambiente, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA 430/2011, de 13 de maio de 2011**. Dispõem sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução nº357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2011.

BRAZ, S. N.; LONGO, R. M. Bioindicadores de Poluição Ambiental: Um Estudo Bibliométrico. **Revista Científica ANAP Brasil**, [S. l.], v. 12, n. 27, 2019. DOI: 10.17271/19843240122720192239. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap\\_brasil/article/view/2239](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap_brasil/article/view/2239). Acesso em: 1 mar. 2023.

BUIKEMA, A. L.; SHERBERGER, S. R. *Daphnia*. **Carolina Tips**, v15. n.10, p. 1-5, 1997.

CAGNI, GILSEMARA DOS SANTOS, et al. “Organismos Bioindicadores De Metais Pesados: Uma Revisão.” **Revista Ibero-Americana De Ciências Ambientais**, vol. 13, no. 1, 2022, pp. 179–194.

CASTILHOS, ZULEICA CARMEN et al. Avaliação da contaminação ambiental por arsênio e estudo epidemiológico da exposição humana em Paracatu-MG - Brasil. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 9, n. 1, p. 186-211, 2020.

CASTRO, R. S. de; CRUVINEL, V. R. N.; OLIVEIRA, J. L. da M. Correlação entre qualidade da água e ocorrência de diarreia e hepatite A no Distrito Federal/Brasil. **Saúde em Debate**. v. 43, n. spe3, p. 8-19, dez. 2019.

CETESB. Implementação de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos. **Série manuais**. São Paulo: CETESB. 2019. 7p.

COELHO, K.S. E ROCHA, O. Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento do reservatório do Lobo (Itirapina, SP) e Lagoa Dourada (Brotas, SP). **Holos Environment**. 8, 2 (set. 2008).

COONEY, J. D. Freshwater tests. In: RAND, G.M. **Ed Fundamentals of aquatic toxicology**. 2 th ad. 1125 p.1995.

Cordeiro, A. D. J., Abundância e escassez da água: a cobrança pelo uso - um modelo de formação de preços aplicável à bacia hidrográfica gl-1, **Pernambuco**. Disponível em <[https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/4170/1/arquivo5765\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/4170/1/arquivo5765_1.pdf)> Acesso 4 de março de 23.

DAS, D. N. et al. A study of the impact of urban and industrial waste disposal on the bacteriological parameters of Tunia River, Bongaigaon, Assam. **The Clarion**, v. 3, n. 1, p. 33–42, 2014.

DE SOUSA, E.L., PEREIRA, N.J., GOMES, J.B. et al. Ecotoxicological Analyses of Springs of a Brazilian Northeast Conservation Unit. **Bull Environ Contam Toxicol** 104, 27–34 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02757-0>



- DODSON, S. I.; FREY, D. G. Cladocera and other branchiopoda. In: Thorp, J. H.; Covich, A. P. **Ecology, and classification of North American freshwater invertebrates**. San Diego, California, Academic Press. 1991. p. 723-786.
- DOMINGUES, D. F.; BERTOLETTI, E. Seleção, manutenção e cultivo de organismos aquáticos. In: ZAGATTO, A. P.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos: Editora RiMa, 2008. cap. 8, p.153-184.
- FAN, K.; MASTELOTO DA ROSA, G.; PRETTO, A.; RIZZO DE MATOS, F.; NAOMI KURODA, C.; FREDERICO CECCON LANES, C. Resultados preliminares do impacto ambiental causado pela atividade aquícola no córrego felizardo, Uruguaiana, RS. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 9, n. 2, 3 mar. 2020.
- FELIPE, T. R. A.; SÚAREZ, Y. R. Caracterização e influência dos fatores ambientais nas assembleias de peixes de riachos em duas microbacias urbanas, Alto Rio Paraná. **Biota Neotropica**, v. 10, n. Biota Neotrop., 2010 10(2), abr. 2010.
- FERREIRA, C. S. et al. “Eutrofização: Aspectos Conceituais, Usos Da Água e Diretrizes Para a Gestão Ambiental.” **Revista Ibero-Americana De Ciências Ambientais**, vol. 6, no. 1, 2015, pp. 65–77.
- FRACÁCIO, R.; RODGHER, S.; ESPINDOLA, E.L.G.; PASCHOAL, C.M.R.B.; LIMA, D.; NASCIMENTO, A.P. & RODRIGUES, M.H. 2000. Abordagem ecotoxicológica. Pp. 131-144. In: E.L.G. Espíndola, J.S.V Silva, C.E. Marinelli & M.M. Abson (eds.), **A bacia hidrográfica do Rio do Monjolino**. Rima, São Carlos, SP. 188p.
- FRITZSONS, E. et al. A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviais: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. Eng. Sanit. Ambient., 2009 14(3), jul. 2009.
- FUKUSHIMA, A. R.; AZEVEDO, F. A. História da toxicologia. Parte I: breve panorama brasileiro. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 1, n. 1, p. 2-32, out 2008.
- GOMES, S.S., et al. Efeitos Tóxicos Dos Sedimentos Do Estuário Do Rio Capibaribe Em Embriões De Zebrafish (Danio Rerio).” **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 72, no. 2, 2020, pp. 623–632.
- GROSELL, M., WOOD, C.M. Copper uptake across rainbow trout gills: mechanisms of apical entry. **J. Exp. Biol.** 205, 1179-1188.
- GUIMARÃES, R. M.; ASMUS, C. I. R. F.; OLIVEIRA, S. A.; MAZOTO, M. L. Acesso ao saneamento básico e a internação por doença diarreica aguda: um estudo da vulnerabilidade infantil. **Revista de Saude Ambiental**, v.13, p.22-9, 2013.
- HILL, A. J., TERAOKA, H., HEIDEMAN, W., & PETERSON, R. E. 2005. Zebrafish as a model vertebrate for investigating chemical toxicity. **Toxicol Sci.** 86, 6-19.

HU, J.; WANG, D.; WANG, J.; WANG, J. Toxicity of lead on *Ceriodaphnia dubia* in the presence of nano-CeO<sub>2</sub> and nano-TiO<sub>2</sub>. **Chemosphere**, v. 89, p. 536–541, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.05.045>

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Boletim Anual Qualidade da água 2017. Disponível em <<http://repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/2414>> Acesso em 04 de março de 23.

JARDIM, GLAUCIA MARIA. **Estudos ecotoxicológicos da água e do sedimento do rio Corumbataí, SP**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Ecologia de Agroecossistemas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. doi: 10.11606/D.91.2005.tde-20062005-172838. Acesso em: 2022-12-27

KOHATSU, M. Y.; JESUS, T. A.; COELHO, L. G.; PEIXOTO, D. C.; POCCIA, G. T.; HUNTER, C. Avaliação da fitotoxicidade da Água da represa Billings E Do Córrego Ribeirão Pires (Rmsp) Utilizando Sementes De Mostarda (*Sinapis Alba*) E Suas Relações Com A Condutividade Elétrica E Sólidos Totais Dissolvidos. In: **8a Reunião de Estudos Ambientais**, 2018, Porto Alegre, RS. Anais da 8a. Reunião de Estudos Ambientais, 2018. v. 1. p. 204-211.

LESSA, H. F. D. O uso do bioindicador *Daphnia similis claus*, 1876 (Crustacea, Cladocera) para avaliação da toxicidade aguda da água superficial do reservatório da Lagoa da Pampulha. <Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-izabela/index.php/aic/article/view/543>> Acesso 17 de fevereiro de 2022.

MAGALHÃES, DANIELLY DE PAIVA; FERRÃO FILHO, ALOYSIO DA SILVA. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecol. Bras.**, v.12, n.3, p.355-381, 2008.

MAGALHÃES, N. P. **Teste de toxicidade com organismos aquáticos, *Daphnia similis*: uma ferramenta para avaliação do impacto ambiental, dos afluentes nas águas do rio Paraíba do Sul**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2003.

MARIANO, M.; MARIANO, M.; GOMES PEREIRA, L.; LUIS FRANCO, J.; DE BRUM VIEIRA, P. Peixe Zebra (*Danio rerio*) como um modelo alternativo para pesquisas. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 11, n. 1, 14 fev. 2020.

MARKERT, B. Instrumental element and multi-element analysis of plant samples. **Weinheim: Wiley**, 1996.

MARKERT, B.; BREURE, T.; ZECHMEISTER, H. (eds.). Bioindicators and biomonitors: principles, concepts, and applications. Amsterdam: **Elsevier**, 2003.

MARTELETO, P.B., LOMÔNACO, C., KERR, W.E. Resposta fisiológicas, morfológicas e comportamentais de *Zabrotes subsciatus* (Boheman) (*Coleoptera: Bruchidae*) associados ao consumo variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Neotrop. entomol**; 178- 185, mar-abr.

2009.graf, tab. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000200003> acessado **27 dez. 2022**.

MARTINEZ, J. Ecotoxicología ¿Cómo afecta a las comunidades faunísticas de las playas del Pacífico de Guatemala? *Ciencia, Tecnología Y Salud*, 2022, 116–122. <https://doi.org/10.36829/63CTS.v9i1.1108>

MENDES, A. E. A.; MENDES H. T. A. e; ANJOS, D. N. dos; LOPES, V. S. V. B. V.; Qualidade das águas do Rio Vieira após implantação da estação de tratamento de efluentes. *Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre*, v. 8, n. 2, p. 25-33, jun. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v8n22016791>

MUNIZ, D. H. DE F. et al. Evaluation of water quality parameters for monitoring natural, urban, and agricultural areas in the Brazilian Cerrado. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 23, n. **Acta Limnol. Bras.**, 2011 23(3), jul.

NASCIMENTO, ANNY KELLY, AND JASIELI CARLA BORTOLINI. Diversidade fitoplanctônica e traços funcionais em ecossistemas aquáticos de área de preservação do cerrado brasileiro. *Revista de Biologia Neotropical*, vol. 19, no. 1, 2022, pp. 9–12.

OLIVEIRA, J. L.; MARQUES, R. F. P. V.; BORGES, D. S.; SANTOS, E. M. N.; ALCANTRA, E.; OLIVEIRA, A. S. Correlação da qualidade de água bruta e doenças de veiculação hídrica em Três Corações/MG. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.4, p.337-352, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0027>

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; RAMOS, M. G.; FREIRE, I. S.; MUNIZ, D. H. F. Comparison between the efficiency of two bioindicators for determining surface water quality in an urban environment. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 33, n. 3, p. 311-317, 2011.

PENNAK, R. W. **Freshwater invertebrates of the United States**. 3 ed. New York. John Wiley & Sons Inc. 1989. 628p.

QUEIROZ, L. G., et al. “Caracterização Estacional Das Variáveis Físicas, Químicas, Biológicas e Ecotoxicológicas Em Um Trecho Do Rio Paraíba Do Sul, SP, Brasil.” *Revista Ambiente & água*, vol. 12, no. 2, 2017, pp. 238–248.

QUEIROZ, L. G.; SILVA, F. T. DA.; PAIVA, T. C. B. DE. Caracterização estacional das variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas em um trecho do Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v. 12, n. Rev. Ambient. Água, 2017 12(2), p. 238–248, mar. 2017.

RAND, G. M. **Fundamentals of aquatic toxicology: effects, environmental fate and risk assessment**. 2. ed. Washington: Taylor & Francis, 1995. 1125 p.

RASELLA, D. Impacto do Programa Água para Todos (PAT) sobre a mortalidade por diarreia em crianças do Estado da Bahia, Brasil. *Cad Saúde Pública*, v.29, p.40-50, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2013000100006>

RATTNER, BARNETT & HEATH, A.G. Environmental factors affecting contaminant toxicity in aquatic and terrestrial vertebrates. *Handbook of Ecotoxicology*. 679-702.

- RIBEIRO, O. M., PINTO, M. Q., FÉLIX, L., MONTEIRO, S. M., FERNANDES, A. F., CARROLA, J. S. O peixe-zebra (*Danio rerio*) como modelo emergente na ecotoxicologia, *Rev. Ciência Elementar.*, V10(2):021
- ROBINSON, M.; WARD, R. *Hydrology: Principles and Processes*. London: **IWA Publishing**, 2017. ISSN 1476-1777.
- RONCO, A.; BÁEZ, M. C. D.; GRANADOS, Y. P. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de águas - Estandarización, Intercalibración, Resultados y Aplicaciones; Morales, G. C., ed.; **Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo**, Ottawa, 2004.
- ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (eds.). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: **Chapman and Hall**, 1993.
- SANTOS, GILMAR OLIVEIRA, et al. “Monitoramento da Água em Bacia Hidrográfica com Diferentes Usos do Solo no Município de Rio Verde (Go).” **Revista Em Agronegócio e Meio Ambiente**, vol. 12, no. 1, 2019, pp. 249–271.
- SARAIVA, V. K.; NASCIMENTO, M. R. L.; PALMIERI, H. E.; JACOMINO, V. M. F. Avaliação da qualidade de sedimentos - estudo de caso: sub-bacia do ribeirão Espírito Santo, afluente do rio São Francisco. **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2009.
- SCHERER, K. G., Camille, S., SIMONE, S., R. Avaliação bacteriológica e físico-química de águas de irrigação, solo e alface (*Lactuca sativa L.*). **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. 11. 10.4136/ambi-água.2019.
- SIMÕES SANTOS, M.; BAGGIO FILHO, H.; ARAÚJO, A. D. .; FREITAS, M. de O. .; COSTA, T. M. da .; HORN, A. H. . Análise da concentração e distribuição de metais pesados na água do Rio das Velhas entre a cidade de Várzea da Palma e o distrito de Barra do Guaicuí—MG. **Revista Cerrados**, [S. l.], v. 16, n. 01, p. 130–158, 2018. DOI: 10.22238/rc2448269220171601130158. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/1281>. Acesso em: 18 fev. 2023.
- SOININEN, J.; KÖNÖNEN, K. Comparative study of monitoring South-Finnish rivers and streams using macroinvertebrates and benthic diatom community structure. **Aquatic Ecology**, v. 38, p. 63-75, 2004.
- STREISINGER, G., WALKER, C., DOWER, N., KNAUBER, D. & SINGER, F., 1981. Production of clones of homozygous diploid zebra fish (*brachydanio rerio*). **Nature**. 291, 293–296.
- TAVARES, R. D. Avaliação físico-química e ecotoxicológica de efluentes provenientes de estações de tratamento de esgoto.” **Revista Ibero-Americana De Ciências Ambientais**, vol. 5, no. 1, 2014, pp. 303–318.
- TEIXEIRA, J. C.; GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados Indicadores e Dados Básicos para a Saúde - IDB 2003. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, p.277- 82, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000300011>

USEPA (Estados Unidos). **Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms**. 5. Ed. Washington, D.C. USEPA. 2002a. 266. (EPA-821-R-02-012).

VAN LEEUWEN, C. J. Long-term toxicity testing and GLP. In: KRUIJF, H. A. M.; ZWART, D.; VISWANATHAN, P. N.; RAY, P.K. (Eds.). **Manual of aquatic ecotoxicology**. 332 p. 1988 b.

VERBINNEN, RAPHAEL TEIXEIRA. **Avaliação da atividade estrogênica das águas do rio Itapecuru no município de Bacabeira\_MA**. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. Acesso em: 27 dez. 2022.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014b.

WALKER, C. H. et al. Principles of ecotoxicology. 3. ed. **New York**: CRC Press, 2006.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. 2. ed. São Carlos, RIMA, 2011.

ZORTÉA, T. T., SILVA, M. Avaliação da Toxicidade do Cobre em dois Solos Naturais com Diferentes Faixas de pH – Uma Abordagem Com Plantas e Organismos Edáficos. **Scientia Agraria**. 17. 10.5380/rsa. v17i1.47554.