

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA ATIVIDADE DE AGRICULTURA IRRIGADA NA
QUALIDADE DA ÁGUA EM TRECHO DO RESERVATÓRIO ITAPARICA, SUBMÉDIO
SÃO FRANCISCO**

**ASSESSMENT OF THE IMPACT OF IRRIGATED AGRICULTURE ON WATER QUALITY
IN A SECTION OF THE ITAPARICA RESERVOIR, SUB-MIDDLE SÃO FRANCISCO**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA IRRIGADA SOBRE LA
CALIDAD DEL AGUA EN EL TRAMO DEL EMBALSE DE ITAPARICA, EN EL BAJO-
MEDIO SÃO FRANCISCO**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n7-071>

Data de submissão: 04/06/2025

Data de publicação: 04/07/2025

Ariane Silva Cardoso

Doutora em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco
E-mail: arianecardoso8@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6252-6225>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/5595590568057397>

Maristela Casé Costa Cunha

Doutora em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco
E-mail: maristelacase@gmaill.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9935-7912>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/2064821391086747>

Maria Laura Soares Couto de Carvalho

Graduada em Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural de Pernambuco
E-mail: marialaura.carvalho@ufrpe.br
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5804-2635>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/6852583935346322>

Carlos Alberto Batista Santos

Doutor em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Universidade Federal Rural de Pernambuco
E-mail: cabsantos@uneb.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2049-5237>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/0024544164324027>

Anthony Epifanio Alves

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco
E-mail: anthonyepifanio@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4966-4364>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/1011366225301722>

Astrid Merino Silverio

Doutoranda em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental, Universidade do Estado da Bahia

E-mail: astridmerino2014@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5165-1984>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/0720582948096231>

Thiago Vieira de Aragão

Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco

E-mail: thiagov@chesf.gov.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1730-3418>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/1312893795680392>

RESUMO

Os impactos antrópicos causados aos recursos hídricos de forma descontrolada, sobretudo pelo uso de agroquímicos na agricultura irrigada, trazem muitos prejuízos de ordem ambiental, econômica, social e de saúde pública. Portanto, é indispensável o monitoramento dos ecossistemas aquáticos e controle dos despejos nesses ambientes, com intuito de garantir o seu uso sustentável. A avaliação da qualidade da água associada aos testes ecotoxicológicos são fundamentais para o monitoramento dos impactos das atividades econômicas instaladas em corpos hídricos ou as margens destes. Para tal, foram realizadas análises ecotoxicológicas, utilizando a microalga *Desmodesmus armatus* como organismo-teste, físico-químicas e biológicas, em dois pontos de amostragem no reservatório Itaparica (ITAP EF 01 e ITAP 02), no submédio São Francisco e com o herbicida glifosato, amplamente usado no Brasil e no semiárido nordestino. Os pontos de amostragem encontram-se próximos à região de influência de grandes perímetros públicos irrigados, entre os municípios de Petrolândia e Floresta, Pernambuco. Os ensaios com exposição da microalga *D. armatus* às amostras de água do reservatório não apresentaram efeito tóxico. As análises realizadas com o glifosato mostraram que nas concentrações de 22,082 mg.L⁻¹, 11,583 mg.L⁻¹ e 5,937 mg.L⁻¹ foi observada toxicidade crônica em *D. armatus*, após 96 horas de exposição. A qualidade da água do reservatório é considerada satisfatória durante o período de estudo, mantendo-se dentro dos padrões recomendados pela legislação vigente. Já, a análise dos bioindicadores biológicos, mostrou pouca ocorrência de espécies planctônicas, apresentando baixas densidades, porém com alerta de necessidade de manutenção do monitoramento biológico, uma vez que, foi registrada presença de espécies bioindicadoras de águas eutrofizadas (fitoplâncton e zooplâncton), além da ocorrência de Cyanobacteria potencialmente produtora de cianotoxinas.

Palavras-chave: Defensivos agrícolas. Ecotoxicologia. Semiárido. Monitoramento ambiental.

ABSTRACT

The anthropogenic impacts caused to water resources in an uncontrolled manner, especially through the use of agrochemicals in irrigated agriculture, bring many environmental, economic, social and public health losses. Therefore, it is essential to monitor aquatic ecosystems and control dumping in these environments, in order to guarantee their sustainable use. The assessment of water quality associated with ecotoxicological tests is essential for monitoring the impacts of economic activities installed in water bodies or their banks. To this end, ecotoxicological analyzes were carried out, using the microalgae *Desmodesmus armatus* as a test organism, physical-chemical and biological, at two sampling points in the Itaparica reservoir (ITAP EF 01 and ITAP 02), in the sub-medium São Francisco and with the herbicide glyphosate, widely used in Brazil and the semi-arid northeast. The sampling points are close to the region of influence of large public irrigated perimeters, between the municipalities of Petrolândia and Floresta, Pernambuco. Tests with exposure of the microalgae *D. armatus* to water samples from the reservoir did not show a toxic effect. Analyzes carried out with

glyphosate showed that at concentrations of 22.082 mg.L^{-1} , 11.583 mg.L^{-1} and 5.937 mg.L^{-1} chronic toxicity was observed in *D. armatus*, after 96 hours of exposure. The water quality of the reservoir is considered satisfactory during the study period, remaining within the standards recommended by current legislation. Already, the analysis of biological bioindicators showed little occurrence of planktonic species, presenting low densities, but with a warning of the need to maintain biological monitoring, since the presence of bioindicator species of eutrophicated waters (phytoplankton and zooplankton) was recorded, in addition the occurrence of Cyanobacteria potentially producing cyanotoxins.

Keywords: Pesticides. Ecotoxicology. Semiarid. Environmental monitoring.

RESUMEN

Los impactos antropogénicos incontrolados sobre los recursos hídricos, especialmente mediante el uso de agroquímicos en la agricultura de regadío, causan numerosos problemas ambientales, económicos, sociales y de salud pública. Por lo tanto, es esencial monitorear los ecosistemas acuáticos y controlar las descargas en estos ambientes para asegurar su uso sostenible. La evaluación de la calidad del agua asociada a pruebas ecotoxicológicas es esencial para monitorear los impactos de las actividades económicas instaladas en cuerpos de agua o sus riberas. Para este fin, se realizaron análisis ecotoxicológicos utilizando la microalga *Desmodesmus armatus* como organismo de prueba, así como análisis fisicoquímicos y biológicos en dos puntos de muestreo en el embalse de Itaparica (ITAP EF 01 e ITAP 02), en el bajo río São Francisco, y con el herbicida glifosato, ampliamente utilizado en Brasil y en el semiárido nordeste. Los puntos de muestreo se ubican cerca del área de influencia de grandes perímetros públicos irrigados, entre los municipios de Petrolândia y Floresta, Pernambuco. Las pruebas con exposición de la microalga *D. armatus* a las muestras de agua del embalse no mostraron ningún efecto tóxico. Los análisis realizados con glifosato mostraron que, a concentraciones de 22.082 mg.L^{-1} , 11.583 mg.L^{-1} y 5.937 mg.L^{-1} , se observó toxicidad crónica en *D. armatus*, después de 96 horas de exposición. La calidad del agua del embalse se consideró satisfactoria durante el período de estudio, manteniéndose dentro de los estándares recomendados por la legislación vigente. El análisis de bioindicadores biológicos mostró poca presencia de especies planctónicas, presentando bajas densidades, pero alertando sobre la necesidad de mantener el monitoreo biológico, ya que se registró la presencia de especies bioindicadoras de aguas eutróficas (fitoplancton y zooplancton), además de la presencia de cianobacterias potencialmente productoras de cianotoxinas.

Palabras clave: Plaguicidas agrícolas. Ecotoxicología. Región semiárida. Monitoreo ambiental.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do desenvolvimento da população mundial ocorreu concomitantemente, o avanço das atividades humanas/econômicas e a degradação dos recursos naturais, de forma descontrolada, sobretudo sobre os recursos hídricos, imprescindível para manutenção da vida na Terra. Portanto, é indispensável cada vez mais à necessidade de dedicar-se a ações de monitoramento desse recurso, tanto em termos de quantidade como de qualidade, e a promoção do seu uso sustentável (CARDOSO *et al.*, 2022).

Dessa forma, o monitoramento da qualidade da água nos ecossistemas aquáticos, é tão importante quanto a garantia da sua quantidade disponível, visto que, quando este recurso se encontra com baixa qualidade, torna-se inviável para sua utilização. As características físico-químicas e biológicas da água fornecem diagnóstico, por meio de parâmetros indicadores, das condições de sua qualidade e indicam se há contaminação (VON SPERLING, 2005).

A contaminação por produtos químicos nos corpos hídricos provenientes de atividades econômicas é um problema ambiental sério e em expansão. Agroquímicos, resíduos industriais e esgoto doméstico sem tratamento contaminam rios, lagos e mares, afetando a qualidade da água e, consequentemente, os ecossistemas aquáticos, prejudicando assim a saúde humana. A biodiversidade aquática sofre diretamente com a toxicidade dessas substâncias com potencial para causar desequilíbrios ecológicos (SCHWARZENBACH, *et al.*, 2010).

O uso intensivo de defensivos agrícolas no Brasil é um dos principais problemas ambientais do país, com significativos impactos negativos para a população humana e ao meio ambiente (SOUZA, 2025). Essa questão é cada vez mais entendida como essencial, não apenas para as políticas governamentais na área de meio ambiente, mas também para as políticas de saúde pública (SILVA-MATOS *et al.*, 2014).

Os países em desenvolvimento são responsáveis por 20% do mercado mundial de defensivos agrícolas, e entre eles o Brasil, vem se destacando como o maior mercado individual (PERES *et al.*, 2001; SOUZA, 2025). Os defensivos agrícolas representam riscos para algumas espécies de organismos aquáticos, mesmo em concentrações baixas, transferindo os efeitos tóxicos para outros organismos da cadeia alimentar (DORES *et al.*, 2001; ANDERSON *et al.*, 2003; VLAMING *et al.*, 2004).

Os testes ecotoxicológicos são fundamentais para o monitoramento dos impactos das atividades econômicas nos corpos hídricos, pois permitem avaliar a toxicidade de substâncias químicas presentes nos efluentes e seus efeitos adversos sobre os organismos aquáticos. Esses testes fornecem dados essenciais a avaliação dos riscos ecológicos associados a poluentes. Através da

ecotoxicologia, é possível detectar alterações biológicas que não seriam identificadas apenas pela análise físico-química da água, promovendo uma abordagem preventiva na gestão ambiental. Sendo assim, se configura como uma ferramenta indispensável para a tomada de decisão e para o uso de políticas de controle e mitigação da poluição (ZAGATTO, 1998; MAGALHÃES *et al.*, 2008).

Em regiões com prolongados períodos de escassez hídrica, como a região do Submédio São Francisco, no semiárido nordestino, devido a sua importância socioeconômica, é fundamental compreender as características qualitativas das suas águas e identificar possíveis fontes de poluição para auxiliar no gerenciamento do rio (BARBOSA, 2020).

Apesar das fortes chuvas que atingem as regiões semiáridas na bacia do São Francisco, entre os meses de junho e julho, há carência de dados históricos sobre a disponibilidade hídrica e a qualidade da água. Ainda que, a bacia apresente reservatórios, como Sobradinho, com alto índice de capacidade de armazenamento, em períodos de estiagem prolongada, outros reservatórios nas regiões do submédio e baixo São Francisco, sofrem com vazões reduzidas, levando a população dependente deles a passar por períodos de crise hídrica (OLIVEIRA, 2019).

A garantia da qualidade da água no submédio São Francisco é essencial para a manutenção da vida aquática, da saúde humana, uma vez que, são utilizadas para o abastecimento público, e para manutenção das atividades econômicas dependentes destas águas nas margens dos reservatórios, como é o caso dos perímetros de atividades agrícolas. A agricultura irrigada é um dos maiores usos consuntivos da água, muitas vezes ocorrendo em bacias com déficit hídrico no país. No semiárido a irrigação é fundamental para expansão agrícola e o desenvolvimento local. Os perímetros de atividades agrícolas são importantes expressões de iniciativas de desenvolvimento regional com representativa geração de emprego e renda, no entanto, a gestão tem sido um desafio. O setor representa maior parcela da demanda de água no semiárido, destacando a bacia do São Francisco, onde a irrigação é responsável por 77,2% da água retirada (ANA, 2019b). Portanto, monitorar a qualidade da água é imprescindível numa região de déficit hídrico, conflitos pelos usos múltiplos da água e dependência deste recurso para o desenvolvimento dos perímetros irrigados (WU *et al.*, 2021).

Com isso, a avaliação da qualidade da água, monitorando indicadores físico-químicos e biológicos e os possíveis efeitos tóxicos causados por efluentes provenientes de cultivos agrícolas, através de ensaios ecotoxicológicos, é indispensável para identificar e quantificar os impactos dessa atividade econômica potencialmente poluidora em trecho do reservatório Itaparica, submédio São Francisco. Assim, contribuindo com a gestão sustentável dos recursos hídricos no reservatório Itaparica, de múltiplos usos, em especial o abastecimento humano e o desenvolvimento de atividades agrícolas, além de ser ponto de captação de água do Projeto de Integração do Rio São Francisco com

Bacias do Nordeste Setentrional.

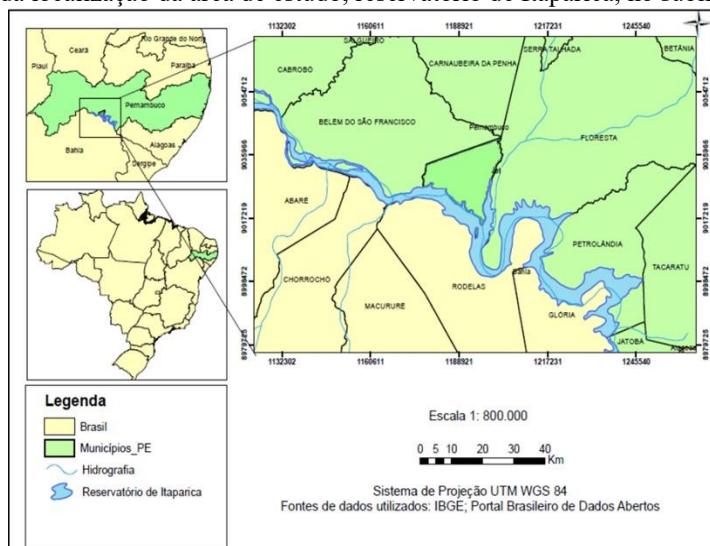
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa possui como área de estudo um trecho da bacia hidrográfica do rio São Francisco, localizada na região semiárida do Nordeste do Brasil. O rio São Francisco percorre vários estados e está dividido nas regiões fisiográficas alto, médio, submédio e baixo São Francisco. Esta bacia possui uma série de seis reservatórios de acumulação de múltiplos usos construídos prioritariamente para a geração de energia elétrica, onde se tem verificado uma série de problemas ambientais decorrentes do uso descontrolado das margens desses reservatórios por atividades agrícolas e ocupações urbanas (Sobral *et al.*, 2007).

O reservatório Itaparica encontra-se na região do submédio São Francisco (Figura 1). O submédio do Rio São Francisco estende-se entre os municípios de Remanso – BA (médio São Francisco) e Paulo Afonso – BA (submédio São Francisco), apresentando trecho praticamente todo represado, e inclui no seu trecho os reservatórios de Itaparica, Moxotó, Paulo Afonso I, II, III e Paulo Afonso IV (Soares *et al.*, 2007; CHESF, 2010). A capacidade de armazenamento do reservatório é da ordem de 11 bilhões de m³ de água, com profundidade máxima de 101 m e média de 21 m. Está inserido nas cidades pernambucanas de Belém de São Francisco, Itacuruba, Jatobá, Floresta e Petrolândia, localizado a montante do Complexo Hidrelétrico de Paulo Afonso, tendo como função a geração de energia elétrica e a regularização das vazões afluentes diárias e semanais das usinas do complexo Paulo Afonso (CHESF, 2010).

Figura 1 – Mapa da localização da área de estudo, reservatório de Itaparica, no submédio São Francisco



Fonte: Oliveira (2023).

As áreas-teste escolhidas para este estudo encontram-se próximas a região de influência de grandes perímetros públicos irrigados, entre os municípios de Petrolândia e Floresta, Pernambuco, estas denominadas estação ITAP 01 e ITAP 02 (Tabela 1). Além da influência das atividades econômicas mais expressivas da região nas áreas-teste, a escolha das respectivas estações de amostragem se deu também pelo fato de serem estações monitoradas pela Eletrobras CHESF, através do Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos do Reservatório de Itaparica, com dados físico-químicos e biológicos (indicadores da qualidade da água) disponibilizados para este estudo pela Companhia (Tabela 2).

Tabela 1 – Descrição das estações de amostragem para análise ecotoxicológica e da qualidade da água, na área de estudo, no reservatório Itaparica

Estação de amostragem	ITAP EF 01	ITAP 02
Localização	-8°55'29"S -38°27'41"W	-8°49'8"S -38°25'26"W
Tempo	Ensolarado	Nublado
Condições climáticas (24h)	Nublado	Chuvoso
A água possui tratamento?	Não	Não
Tipo de Ambiente	Lêntico	Lêntico
Profundidade do ponto	4 m	10,5 m
Profundidade da coleta	0,2 m	0,2 m
Altitude	294 m	294 m
Data da coleta	15/03/2024	14/03/2024

Fonte: Cardoso (2024).

Tabela 2 – Indicadores da qualidade da água do Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos do Reservatório de Itaparica, da Eletrobras CHESF, no reservatório Itaparica

Indicadores da qualidade da água Parâmetros físico-químicos	Metodologia
Alcalinidade Total	APHA-AWWA-WEF, 2022
Cloreto	APHA-AWWA-WEF, 2022
Clorofila α	APHA-AWWA-WEF, 2022
Coliformes Termotolerantes	CETESB, 2012
Condutividade Elétrica	APHA-AWWA-WEF, 2022
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias)	APHA-AWWA-WEF, 2022
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	APHA-AWWA-WEF, 2022
Dureza	APHA-AWWA-WEF, 2022
<i>Escherichia coli</i>	APHA-AWWA-WEF, 2022
Feofitina α	CETESB, 1990
Fosfato Total	APHA-AWWA-WEF, 2022
Fósforo Inorgânico	APHA-AWWA-WEF, 2022
Fósforo Total	APHA-AWWA-WEF, 2022
Nitrato	APHA-AWWA-WEF, 2022
Nitrito	APHA-AWWA-WEF, 2022
Nitrogênio Amoniacial	ISO 11732, 2005 (ISO, 2005)
Oxigênio Dissolvido	APHA-AWWA-WEF, 2022
pH	APHA-AWWA-WEF, 2022
Profundidade da Zona Eufótica	APHA-AWWA-WEF, 2022
Salinidade	APHA-AWWA-WEF, 2022
Saturação de Oxigênio	APHA-AWWA-WEF, 2022
Sólidos Dissolvidos Totais	APHA-AWWA-WEF, 2022
Temperatura da Amostra	APHA-AWWA-WEF, 2022

Transparência	APHA-AWWA-WEF, 2022
Turbidez	APHA-AWWA-WEF, 2005
Parâmetros biológicos	Metodologia
Fitoplâncton	Utermöhl (1958)
Zooplâncton	CETESB (2012)

Fonte: Adaptado de Eletrobras CHESF (2024).

A estação de amostragem ITAP EF 01 encontra-se localização em uma área de remanso, com predominância de águas concentradas com maior intervalo de tempo e na área mais próxima a margem pernambucana do reservatório e de influência de atividades de agricultura irrigada (Figura 2 A). A estação ITAP 02, encontra-se localizada aproximadamente na porção central do reservatório, com maior fluxo de água em relação a primeira estação de amostragem, mas também sob influência da atividade agrícola, uma vez que, em ambas as margens do reservatório (Estados da Bahia e Pernambuco) há forte uso da agricultura irrigada (Figura 2 B), além da atividade de piscicultura a montante.

As águas do reservatório Itaparica, com destaque para o município de Floresta-PE, também servem ao Projeto de Integração do rio São Francisco com Bacias do Nordeste Setentrional (PISF). Projeto de grande importância socioeconômica para o Nordeste, com intuito de garantir segurança hídrica a milhões de pessoas em áreas de déficit hídrico. Na porção do reservatório Itaparica que passa pelo município de Floresta-PE estão localizados os pontos de captação de água dos eixos leste e norte do PISF.

A fim de auxiliar na avaliação dos impactos provenientes das atividades agrícolas nos recursos hídricos, também foi realizado teste utilizando um defensivo agrícola herbicida a base de glifosato (N-(fosfonometil)glicina), amplamente utilizado em diversos cultivos no Brasil e no semiárido nordestino (GOMES *et al.*, 2024), com intuito de ampliar a avaliação dos seus efeitos tóxicos sobre os produtores primários nos ecossistemas aquáticos dulcíccola.

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para as análises ecotoxicológicas, foi realizada amostragem única na superfície. Foi utilizado recipiente de polipropileno de 1000 mL e no momento da coleta todo o volume do recipiente foi preenchido de maneira a evitar a presença de ar e acondicionado em caixa térmica sobre refrigeração para transporte, seguindo as recomendações do Guia de Coleta e Preservação de Amostras da CETESB (2011). No momento da coleta foram aferidas as variáveis temperatura da água e do ar (°C), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totais dissolvidos (mg/L), salinidade, oxigênio dissolvido da água (mg/L O₂), potencial hidrogeniônico (pH) e transparência da água (m), mediante o uso de sonda multiparâmetros YSI modelo 556 MPS.

A microalga utilizada como organismo-teste é da espécie *Desmodesmus armatus* (Chodat) E.H. Hegewald 2000:2, foi concedida pelo Laboratório de Produção de Alimento Vivo – LAPAVI-LAMARSU, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O cultivo é mantido no Laboratório de Análises Biológicos e Ecotoxicológicas (LABE) do Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI), sob condições controlados seguindo as normas técnicas estabelecidas pela ABNT NBR 12648 Ecotoxicologia aquática — Toxicidade crônica — Método de ensaio com algas (Chlorophyceae) (ABNT, 2018).

Os procedimentos adotados nos ensaios ecotoxicológicos seguiram a norma técnica ABNT NBR 12648 Ecotoxicologia aquática — Toxicidade crônica — Método de ensaio com algas (Chlorophyceae) (ABNT, 2018), e estes estão detalhados a seguir.

As principais etapas para realização da análise ecotoxicológica consistem na preparação de pré-cultivo para os ensaios e realização de ensaios preliminar e definitivo, o quais estão descritos abaixo. Um pré-cultivo com a microalga *Desmodesmus armatus* foi iniciado três dias antes do ensaio. No pré-cultivo as algas se encontravam em fase exponencial de crescimento, e este foi mantido nas condições do ensaio (temperatura, luminosidade e agitação). O inóculo das microalgas foi adicionado nos recipientes-teste no dia do ensaio foram de concentração inicial entre 10^3 células/mL a 10^5 células/mL. As soluções-teste foram constituídas do meio de cultivo, do inóculo, dos volumes definidos da amostra a ser testada e de água de diluição.

Ensaio preliminar foi realizado para estabelecer um intervalo de soluções-teste a ser utilizado no ensaio definitivo utilizando o defensivo agrícola. As soluções-teste foram preparadas com intervalos amplos de diluição, não sendo necessárias réplicas. Ao final do ensaio, foi determinada a menor concentração da solução-teste que causa inibição do aumento da biomassa algácea e a maior concentração da solução-teste na qual não se observa esta inibição. Para as amostras consideradas efluentes das atividades agrícolas e aquáticas não foi necessária a realização do ensaio preliminar, uma vez que, nestas análises estão sendo consideradas as concentrações sugeridas para efluentes na ABNT (2018).

Para o ensaio definitivo das amostras ITAP EF 01 e ITAP 02 foram utilizadas as concentrações 100%, 75%, 50% e 25% e a amostra controle. Para o teste com o defensivo agrícola herbicida, foi utilizada informações obtidas através do intervalo de concentrações estabelecido no ensaio preliminar e preparadas uma série de soluções-teste com razão de diluição de 1,2 a 2. As concentrações utilizadas no teste com o defensivo agrícola herbicida foram $22,082 \text{ mg.L}^{-1}$, $11,583 \text{ mg.L}^{-1}$, $5,937 \text{ mg.L}^{-1}$, $3,006 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1,513 \text{ mg.L}^{-1}$. Para cada solução-teste e controle foram preparadas no mínimo três réplicas. O pH da solução do controle foi aferido no início e ao final do ensaio, e a variação esteve dentro do

intervalo inferior a 1,5.

Os recipientes-teste foram distribuídos ao acaso no sistema de agitação e a posição desses também foi alternada todos os dias, de modo a minimizar possíveis diferenças espaciais de luminosidade e temperatura. O ensaio foi mantido entre 23 °C a 27 °C durante 72 h ± 2 h, com iluminação contínua (lâmpada fluorescente) aproximadamente 4500 lux e velocidade de agitação entre 100 r/min e 175 r/min (Tabela 3).

Tabela 3 - Requisitos para o ensaio de toxicidade crônica

Requisitos	Condições
Ensaio	Estático
Água de diluição	Meio de cultivo
Inóculo	Cultivo em fase exponencial de crescimento
Número mínimo de Diluições	Cinco, mais o controle
Número mínimo de réplicas por diluição	Três
Temperatura	23°C a 27°C
Iluminação	Contínua e aproximadamente 4.500 lux
Velocidade de Agitação	100r/min a 175 r/min
Efeito observado	Inibição da multiplicação das células algáceas
Expressão dos resultados	CENO, CEO, VC, Cep, FT, tóxico e não tóxico

Fonte: ABNT (2018).

A biomassa algácea foi determinada no início do ensaio, pelo menos no controle e ao final do ensaio em todos os recipientes-teste, por meio de contagem celular ao microscópio óptico. Também foi verificado ao microscópio óptico a ocorrência de anormalidades no tamanho ou no formato das células ao final do ensaio.

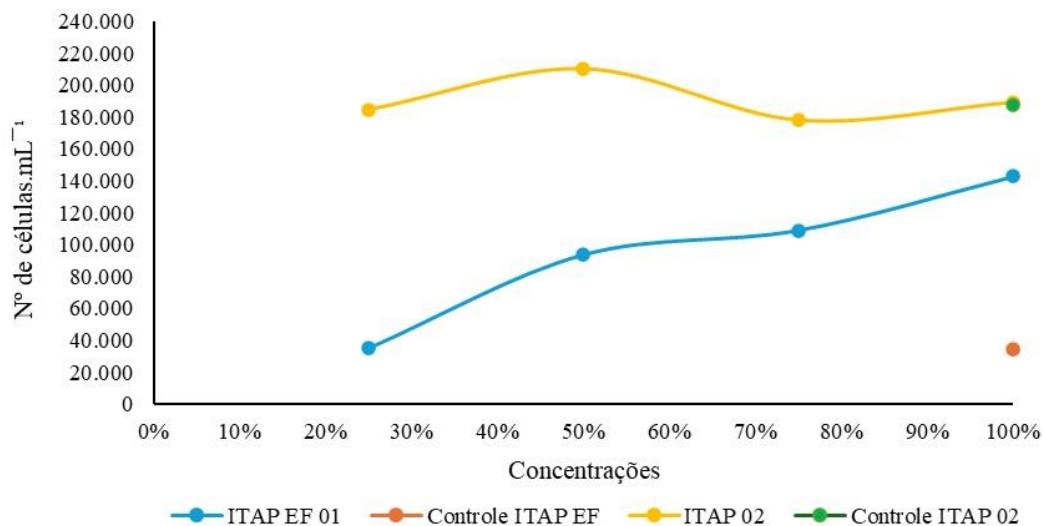
O resultado do ensaio foi expresso em Concentração de Efeito Não Observado (CENO): maior concentração da amostra, nominal (I) ou real, que não causa efeito deletério estatisticamente significativo, em relação ao controle, nas condições de ensaio, e em Concentração de Efeito Observado (CEO): menor concentração da amostra, nominal (I) ou real, que causa efeito deletério, estatisticamente significativo em relação ao controle, nas condições de ensaio. Os valores da análise de variância ANOVA, realizada para verificar possíveis variações estatísticas, assim como, da CENO e da CEO, foram obtidos estatisticamente por meio do programa SigmaPlot®, expressas em porcentagem para efluentes líquidos/água, e em unidade de concentração para o defensivo agrícola.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE TOXICIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS EM ÁREAS DE INFLUÊNCIA DA ATIVIDADE DA AGRICULTURA IRRIGADA NO RESERVATÓRIO ITAPARICA

O resultado do teste para observar o desenvolvimento algáceo da *D. armatus* obtido em exposição a amostra das estações ITAP EF 01 e ITAP 02 mostra que o crescimento algáceo em ITAP EF 01 aumentou após exposição da microalga à amostra, apresentando nas concentrações 100%, 50% e 25%, um aumento da densidade algácea de 311%, 214% e 170%, respectivamente, superior ao observado na amostra controle (Figura 2). Constatando-se então, que não houve efeito tóxico. E sim, possivelmente, um aumento de nutrientes fornecido pela amostra favorecendo o crescimento algáceo. Na concentração 25% não houve diferença estatística em relação ao controle ($p= 1,000$). O mesmo pode ser observado no crescimento algáceo da amostra da estação ITAP 02 nas concentrações testadas, sem apresentar diferença estatística em relação ao controle ($p= 0,372$) (Figura 2).

Figura 2 – Concentração celular (céls. mL^{-1}) de *D. armatus* após 72 horas de exposição a diferentes concentrações das amostras das estações ITAP EF 01 e ITAP 02



Análises feitas em amostras de água coletadas na região do submédio São Francisco, durante os períodos seco e chuvoso, mostraram que algumas amostras ultrapassaram o limite de 0,1 $\mu\text{g/L}$ para defensivos agrícolas estabelecido pela legislação (BARBOSA, 2020). Este dado aponta para a possibilidade de bioacumulação e biomagnificação destes no ecossistema aquático. Mesmo não ocorrendo efeito tóxico na amostra analisada, a ocorrência deste nos corpos hídricos do semiárido representam um potencial risco, uma vez que estas águas são de usos múltiplos, chamando atenção para a sua utilização no abastecimento humano.

Pesquisas realizadas por meio de ensaios ecotoxicológicos mostram resultados apresentando variados níveis de toxicidade em sedimentos que possuem influência de defensivos agrícolas (NAKAGOME, NOLDIN e RESGALLA JR, 2006; CASTRO, 2013), demonstrando assim, que possivelmente, o solo retém as substâncias tóxicas do lixiviado.

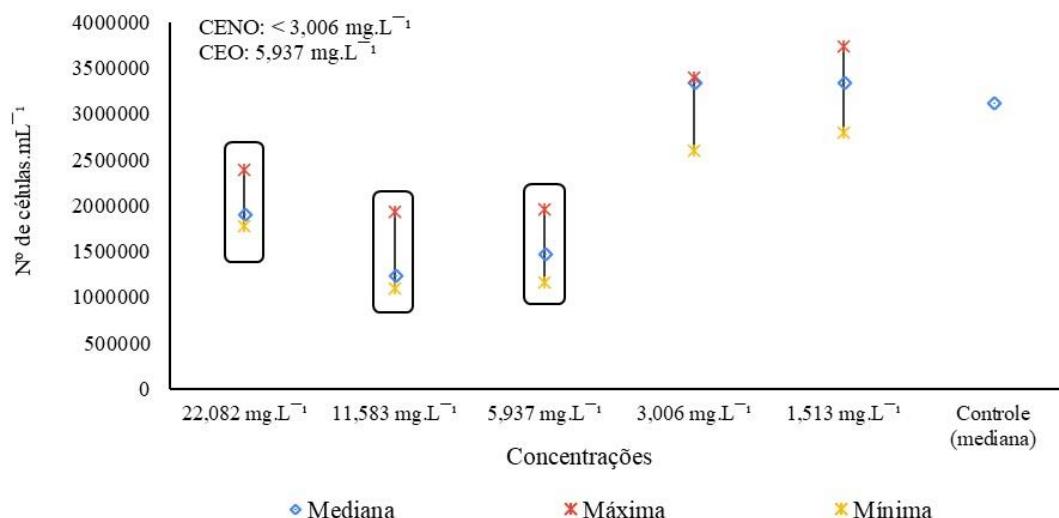
Santos (2013) avaliou o grau de toxicidade de águas de escoamento agrícola através de ensaios ecotoxicológicos, em perímetros irrigados na região do semiárido norteriograndense, e observou toxicidade para o microcrustáceo testado. Os pontos de coleta de amostras foram nos drenos de escoamento dos cultivos, onde provavelmente houve uma grande disponibilidade dos insumos agrícolas, com coleta realizada em período sem ocorrência de precipitação pluviométrica. Diferindo do cenário observado nesta pesquisa, no reservatório Itaparica, onde certamente, a concentração de defensivos agrícolas se encontra com maiores níveis de diluição no corpo hídrico, em relação aos pontos nos drenos de escoamento no trabalho de Santos (2013).

Os resultados encontrados nesta pesquisa durante o período de estudo, não corroboram com muitos trabalhos que identificaram efeitos tóxicos em águas sob influência de atividades agrícolas. Mas, nem sempre o potencial ecotoxicológico, sobretudo dos defensivos agrícolas, se expressão letalmente em determinados períodos. De acordo com Silva et al. (2017), deve-se considerar também, ainda que, apesar da ocorrência de concentrações não letais dos defensivos agrícolas nos corpos hídricos, há possibilidade de existência de efeitos silenciosos, a longo prazo, e estes podem afetar a morfologia, a fisiologia e a bioquímica dos tecidos orgânicos, provocando impactos em vários níveis sistêmicos (SILVA et al, 2017).

3.2 AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE TOXICIDADE DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS HERBICIDA A BASE DE GLIFOSATO UTILIZANDO A MICROALGA *DESMODESMUS ARMATUS* COMO ORGANISMO-TESTE

As análises estatísticas demonstraram que as concentrações do defensivo agrícolas herbicida a base de glifosato utilizadas nesse estudo apresentaram toxicidade crônica em 96 horas de exposição para a espécie *D. armatus* nas concentrações $22,082 \text{ mg.L}^{-1}$, $11,583 \text{ mg.L}^{-1}$ e $5,937 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 3). A Concentração de Efeito não Observado (CENO) foi registrada em $3,006 \text{ mg.L}^{-1}$ e a Concentração de Efeito Observado (CEO) foi apontada na concentração $5,937 \text{ mg.L}^{-1}$.

Figura 3 – Concentração celular (céls. mL^{-1}) de *D. armatus* após 96 horas de exposição a diferentes concentrações do defensivo agrícolas herbicida a base de glifosato, mostrando as densidades máxima, mínima e mediana entre as réplicas e o valor do CENO e CEO:96h.



Estudos com diferentes espécies de microalgas vêm testando o potencial tóxico do glifosato. Arantes (2010) realizou ensaio ecotoxicológico com exposição do glifosato à microalga *Pseudokirchneriella subcapitata*, e verificou que o herbicida glifosato mostrou-se tóxico para as microalgas, interferindo no desenvolvimento dessas, quando em concentrações maiores que 0,994 mg/L. Outra pesquisa, com a microalga *Pediastrum boryanum*, também observou efeito significativo do herbicida sobre o desenvolvimento algal, confirmando sua ação altamente tóxica a este tipo de organismo (DA SILVA et al., 2013).

Pesquisas também têm investigado o impacto do glifosato em relação as respostas biológicas em diversas espécies aquáticas. De um modo geral, essas respostas apontam para os sinais iniciais de perturbação, indicando a necessidade de serem utilizadas em programas de biomonitoramento (SILVA, et al. 2017; ZUANAZZI et al., 2020).

Estudos sobre a toxicidade celular do glifosato para gônadas de *Danio rerio*, observaram que, mesmo na concentração regulamentada pela Resolução CONAMA 357/2005 para os rios do Brasil (BRASIL, 2005), efeitos subletais foram identificados nos ovários das fêmeas de *D. rerio*, indicando que possuem potencial de comprometer a reprodução de peixes (SILVA et al., 2017), e que a exposição a concentrações de 65 $\mu\text{g}/\text{L}$ resulta em um aumento significativo na frequência de micronúcleos e no Índice Gonadossomático, indicando toxicidade e distúrbios reprodutivos nos peixes expostos (CARMO et al., 2020).

Os peixes e invertebrados aquáticos são os mais sensíveis a este herbicida, de acordo com Amarante (2002), o herbicida glifosato pode causar sérios danos aos sistemas reprodutivos desses organismos, indicando toxicidade.

3.3 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA POR MEIO DE INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

3.3.1 Parâmetros físico-químicos

A avaliação da qualidade da água das estações ITAP EF 01 e ITAP 02 mostrou que, entre os parâmetros físico-químicos analisados, nenhum excedeu os limites preconizados pela Resolução Conama 357/05 para corpos d'água de Classe 2 (BRASIL, 2005) (Tabela 4). Indicando que, apesar de possuir intensa atividade agrícola nas proximidades do reservatório Itaparica, neste trecho, durante o período de coleta, a qualidade da água encontra-se satisfatória, permanecendo dentro dos padrões de qualidade da água recomendados.

Diversos autores vêm correlacionando a qualidade da água a quantidade disponível e aos índices pluviométricos, que possuem papel relevante nas características dos recursos hídricos no semiárido nordestino. Observado, sobretudo, nos últimos anos de escassez hídrica (2013 – 2016), com diversos reservatórios apresentando grande redução nos índices de qualidade da água (PRATTE-SANTOS *et al.*, 2018; AESA, 2019; ANA, 2019a). Nos anos seguintes, muitos reservatórios do submédio São Francisco recuperaram boa parte dos seus volumes, fato que pode ter auxiliado na diluição dos nutrientes na coluna de água (CARDOSO *et al.*, 2022).

Tabela 4 – Dados físico-químicos de amostra de água nas estações ITAP EF 01 e ITAP 02

Estação de amostragem	ITAP EF 01	ITAP 02	Conama 357/05 Art. 15
Condutividade Elétrica	99,6 µS/cm	97,6 µS/cm	-
Oxigênio Dissolvido	6,98 mg/L	7,32 mg/L	Mín. 5,0 mg/L
Saturação de Oxigênio	92,2%	98,2 %	-
pH	7,75	7,93	6,0 a 9,0
Profundidade da Zona Eufótica	4 m	10,5 m	-
Salinidade	0,05 ppt	0,04 pp	-
Sólidos Dissolvidos Totais	65 mg/L	63 mg/L	Máx. 5000,0 mg/L
Temperatura da Amostra	29,9°C	30,7 °C	-
Transparência	4 m	4 m	-
Turbidez	<1	< 1 UNT	Máx. 100,0 NTU
Alcalinidade Total	33,7 mg/L	33,7 mg/L	-
Cloreto	<5,00 mg/L	<5,00 mg/L	Máx. 250,0 mg/L
Clorofila a	<0,27 µg/L	<0,27 µg/L	Máx. 30,0 µg/L
Demandra Química de Oxigênio (DQO)	101 mg/L	72 mg/L	-
Dureza	35,0 mg/L	33,0 mg/L	-
Feofitina a	<0,27 µg/L	<0,27 µg/L	-
Fosfato Total	<0,0100 mg/L	<0,0100 mg/L	-
Fósforo Inorgânico	<0,0100 mg/L	<0,0100 mg/L	-
Fósforo Total	0,0127 mg/L	<0,0100 mg/L	Máx. 0,030 mg/L
Nitrato	<0,136 mg/L	<0,136 mg/L	Máx. 10,0 mg/L
Nitrito	<0,00500 mg/L	<0,00500 mg/L	Máx. 1,0 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	<0,1 mg/L	<0,1 mg/L	≤3,7 mg/L
Demandra Bioquímica de Oxigênio	<2,00 mg/L	Não houve	Máx. 5,0 mg/L

(DBO 5 dias)

amostragem

Fonte: Eletrobras CHESF (2024).

3.3.2 Parâmetros biológicos: comunidade fitoplanctônica

A comunidade fitoplânctonica vem sendo amplamente utilizada como bioindicador da qualidade da água em monitoramento dos ambientes aquáticos, sobretudo por responder rapidamente aos impactos nos ambientes aquáticos, modificando sua dinâmica e estrutura, a partir da predominância de espécies mais ou menos sensíveis (CETESB, 2021). Estudos monitorando o fitoplâncton em reservatórios observaram que a dinâmica desta comunidade é influenciada por diversos fatores tais como ambientais, climáticos e os diferentes estados de trofa da água com alta disponibilidade de nutrientes (PINEDA et al., 2020; RIVERA et al., 2022; CARDOSO et al., 2023; QIN et al., 2023).

A partir do monitoramento de espécies fitoplânctonicas nos pontos de amostragem foi possível observar apenas a ocorrência da Cyanobacteria *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing 1846, durante o período de estudo, na estação ITAP 02. A Cyanobacteria não apresentou resultados quantificáveis de densidade, porém sua ocorrência chama atenção para a necessidade de constância do monitoramento. Uma vez que, a *M. aeruginosa*, além de pertencer a um grupo considerado bioindicador de águas eutrofizadas, é também potencialmente produtora de cianotoxina (CARDOSO et al., 2023). Especialmente, por se tratar de água proveniente um reservatório de abastecimento público. Que para estes casos, a Portaria de Consolidação nº 5/2017 do MS, incube ao operador do sistema de abastecimento realizar análise semanal de cianotoxinas no ponto de captação de água no manancial (BRASIL, 2017).

Cardoso et al. (2023) enfatizam a necessidade do monitoramento das cianobactérias e cianotoxinas, não somente pelo enfoque ambiental, mas também pelo seu impacto sanitário, pois ocorrências de florações tóxicas em corpos hídricos no Nordeste brasileiro levaram a danos diversos a população, como óbitos pelo contato com cianotoxinas através da água de abastecimento público.

3.3.3 Parâmetros biológicos: comunidade zooplânctônica

Foram identificados organismos zooplânctônicos pertencentes aos grupos Rotifera, Arthropoda e Cladocera (Tabela 5). As ocorrências mais elevadas foram registradas para os estágios juvenis naúplio e copepodito de Copepoda Calanoida. Seguido pelo rotífero *Ptygura* sp., ambos na estação ITAP EF 01, relacionada a proximidade aos cultivos de agricultura irrigada. De acordo com Diniz et al. (2020), geralmente em reservatórios, os organismos zooplânctônicos são mais notadamente representados pelos grupos Rotifera e Crustacea (Cladocera, Ostracoda e Copepoda).

Tabela 5 – Ocorrência e densidade (organismo.m⁻³) da comunidade zooplânctônica de amostra de água nas estações ITAP EF 01 e ITAP 02

Táxons	ITAP EF01	ITAP 02
Rotifera		
<i>Brachionus quadricornis</i>	250	x
<i>Lecane</i> sp.		
<i>Ptygura</i> sp.	2500	40
Subtotal	2750	40
Arthropoda		
Copepoda		
Calanoida		
Diaptomidae	x	10
Naúplio	31750	110
Copepodito	7750	
Subtotal	39500	120
Cladocera		
<i>Daphnia gessneri</i>		10
Subtotal	0	10
TOTAL	42250	170

Fonte: Autores (2025).

De-Carli et al. (2018), correlacionou a ocorrência dos crustáceos Calanoida a locais eutróficos e com alta concentração de material em suspensão. A maior predominância das formas jovens de copépodes podem estar relacionadas a uma abordagem adaptativa do grupo a alta taxa de mortalidade desses organismos na fase adulta (DE-CARLI et al., 2018; NÓBREGA et al., 2023).

O conhecimento dos organismos aquáticos e da cadeia alimentar de um reservatório, formada principalmente pelos organismos produtores (fitoplâncton e macrófitas), macroconsumidores (peixes) e microconsumidores (zooplâncton), e bactérias e fungos, é de grande importância, pois a presença ou ausência de certas espécies e a composição das comunidades existentes serve como indicadores da qualidade da água (STRASKRABA e TUNDISI, 2013). Assim como o fitoplâncton, a comunidade zooplânctônica também se destacam como bioindicadores da qualidade ambiental, sendo um elo importante na cadeia alimentar, entre os produtores primários e os demais níveis tróficos e promovendo a ciclagem de nutrientes (TUNDISI e MTSUMURA-TUNDISI, 2008).

O uso de espécies bioindicadores zooplânctônicos é de ampla importância para diagnosticar e nortear as medidas mitigadoras para sustentabilidade dos recursos hídricos, voltados a conservação da biodiversidade dos ambientes aquáticos, a qualidade das águas e a redução dos impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos (DINIZ et al., 2020).

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo mostraram que, nos pontos de amostragem próximos a área de influência de atividades agrícolas, no reservatório Itaparica, não foram observados efeitos tóxicos. No entanto, a análise do potencial ecotoxicológico do herbicida a base de glifosato mostrou que este agroquímico possui toxicidade crônica em 96 horas de exposição para a espécie *D. armatus* nas concentrações 22,082 mg.L⁻¹, 11,583 mg.L⁻¹ e 5,937 mg.L⁻¹.

A qualidade da água do reservatório é considerada satisfatória durante o período de estudo, mantendo-se dentro dos padrões recomendados pela legislação vigente. Já, a análise dos bioindicadores biológicos, mostrou pouca ocorrência de espécies planctônicas, apresentando baixas densidades, porém com alerta de necessidade de manutenção do monitoramento biológico, uma vez que, foi registrada presença de espécies bioindicadoras de águas eutrofizadas (fitoplâncton e zooplâncton), além da ocorrência de Cyanobacteria potencialmente produtora de cianotoxinas.

Apesar da qualidade da água encontrar-se satisfatória e as amostras de água não apresentaram toxicidade ao organismo-teste deste estudo, a presença de atividades agrícolas e o uso constante e não fiscalizado de agroquímicos, as margens do reservatório Itaparica, serve de alerta para a necessidade de manutenção do monitoramento ecotoxicológico e da qualidade da água, pois os efeitos tóxicos podem ocorrem a longo prazo e com efeitos de biomagnificação na cadeia trófica. Sobretudo, por se tratar de um reservatório de múltiplos usos, com desenvolvimento de importantes atividades econômicas para a região e responsável pelo abastecimento humano, da região local e de outros estados, por meio do Projeto de Integração do Rio São Francisco.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) através do Projeto nº 88881.692922/2022-01, do Programa de Desenvolvimento da Pós-graduação, Pós-doutorado Estratégico (PDPG POSDOC), no qual foi concedida a bolsa de pós-doutorado da primeira autora e o apoio financeiro para realização das visitas de campo e realização dos testes ecotoxicológicos. Ao Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI) pelo apoio e infraestrutura para realização dos testes e a Eletrobras CHESF pela disponibilização dos dados de qualidade da água.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12648 **Ecotoxicologia aquática — Toxicidade crônica — Método de ensaio com algas Chlorophyceae).** ABNT NBR 12648:2018. 2º ed., 27 p., 2018.

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Termo de Alocação de Água 2019/2020 – Sistema Hídrico Epitácio Pessoa (PB) – Bacia Hidrográfica do rio Paraíba.** Boqueirão, 13 junho de 2019. 13 p., 2019.

AMARANTE JUNIOR, Ozelito Possidônio de; SANTOS, Teresa Cristina Rodrigues dos; BRITO, Natilene Mesquita; RIBEIRO, Maria Lúcia. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores.** Brasília: ANA, 2019a, 94 p.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Manual dos usos consuntivos da água no Brasil. Brasília: ANA, 2019b, 75 p.

ANDERSON, B. S.; HUNT J. W.; PHILLIPS B. M.; NICELY P. A.; VLAMING, V.; CONNOR, V.; RICHARD, N.; TJEERDEMA, R. S. Integrated assessment of the impacts of agricultural drainwater in the Salinas River (California, USA). **Environ. Pollut.** 124, 523–532, 2003.

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 24ª Edição. Washington, DC, dezembro 2022.

ARANTES, Poliana Beatriz. **Influência do Herbicida Glifosato (N-(fosfonometil)glicina) na formação de biomassa da alga *Pseudokirchneriella subcapitata* (Chlorophyceae).** 2010. 92 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ecologia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2010.

BARBOSA, P. S. **Monitoramento e modelagem da qualidade da água no submédio São Francisco.** 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2020.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. **Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017.** Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil: Seção 1, Brasília, DF, p. 1-444, 2017.

CARDOSO, Ariane Silva; MARQUES, Érica Alves Tavares; FERREIRA, André Luiz Nunes; SOBRAL, Maria do Carmo Martins; MÉLLO JUNIOR, Arisvaldo Vieira; ALVES, Anthony Epifanio. Water quality monitoring as a tool for sustainable management of the Upper Paraíba River Course. **Acta Ambiental Catarinense**, v. 19, p. 01-19, 2022.

CARDOSO, A. S.; MARQUES, É. A. T.; CALDAS, H. F. M.; SOBRAL, M. do C. M. Monitoramento da comunidade fitoplânctonica como ferramenta para gestão sustentável da água em bacia integrante do Projeto de Integração do Rio São Francisco. *Revista Humanidades e Inovação*, v.10, n.08, 13p., 2023.

CARMO, Kamilla Bleil do; SILVA, Tainan Filipe da; ARMILIATO, Neide. Análise dos efeitos do glifosato e sua formulação Roundup® nas células e gônadas dos peixes *Danio rerio* (Cyprinidae). *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 41, n. 2Supl, p. 389–402, 2020. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/39710>. Acesso em: 1 nov. 2024.

CASTRO, F. J. Avaliação ecotoxicológica dos percolados das colunas de cinzas de carvão e de solos com cinzas de carvão utilizando *Lactuca sativa* e *Daphnia similis* como organismos teste. *Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais)*. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Universidade de São Paulo- USP, São Paulo, 106 p., 2013.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia nacional de coleta e preservação de amostra: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**/ Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Norma técnica L5.304 - Zooplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo**. CETESB: Caderno Empresarial, v. 123, n. 98, de 25/05 /2013, p. 44 a 46, junho/2012.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **L5.221: coliformes termotolerantes - determinação pela técnica de membrana filtrante: método de ensaio**. 2.ed. São Paulo, 2012, 18p.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**, 2021. <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>

CHESF - COMPANHIA HIDROELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. **Inventário dos Ecossistemas Aquáticos do Baixo São Francisco. Reservatório Itaparica**. 2º Relatório Anual Dezembro/2008 a Novembro/2009. 331 p., Recife, 2010.

DA SILVA, Daniele Gomes; DA LUZ, Daniéli Saul; SOUZA, Marta Marques; MARTINS, Camila. Metodologias para avaliar a viabilidade da microalga *Pediastrum boryanum*. **Anais: 12ª Mostra de Produção Universitária**. Rio Grande/RS, Brasil, 2013.

DE-CARLI, Bruno P.; ALBUQUERQUE, Felícia P. de; MOSCHINI-CARLOS, Viviane; POMPÊO, Marcelo. Comunidade zooplânctonica e sua relação com a qualidade da água em reservatórios do Estado de São Paulo. **Iheringia**, Série Zoologia, 108: 13p., 2018.

DINIZ, Leidiane P.; MORAIS JÚNIOR, Cláudio S. de; MEDEIROS, Italo L.s.; SILVA, Alef J. da; ARAÚJO, Alan P.; SILVA, Tâmara A.; MELO JÚNIOR, Mauro de. Distribution of planktonic microcrustaceans (Cladocera and Copepoda) in lentic and lotic environments from the semiarid region in northeastern Brazil. **Iheringia**. Série Zoologia, v. 1, n. 100, p. 1-12, 2020.

<http://dx.doi.org/10.1590/1678-4766e2020002>.

DORES, E. F. G. C.; FREIRE, E. M. L. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso - análise preliminar. **Química Nova**, v. 24, n. 1 p. 24, 27, 2001.

GOMES, F. F. S.; PARAÍBA, L. C.; AMARAL, A.; MACIEL-NETTO, A. Assessing the Gray Water Footprint Impact of Pesticide Use in Tommy Atkins Mango Cultivation: A case study in the Semi-Arid Region of São Francisco Valley, Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.17, n.3, p. 2132-2154, 2024.

ISO. 11732:2005. **Water quality -- Determination of ammonium nitrogen -- Method by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection**. 2. ed. Switzerland: ISO, 18p., 2005.

MAGALHÃES, D. P.; FERRÃO FILHO, Aloysio da Silva. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecol. Bras.**, v.12, n.3, p.355-381, 2008.

NAKAGOME, F.K.; NOLDIN, J.A.; RESGALLA JR., C.; Toxicidade aguda e análise de risco de herbicidas e inseticidas utilizados na lavoura de arroz irrigado sobre o cladócero *Daphnia magna*. **Pesticidas: Recotoxicol. e Meio ambiente**, Curitiba, v.16, p.93-100, jan./dez. 2006.

NÓBREGA, Rafael Fidélis Brilhante da et al. **VARIABILIDADE DOS MICROCRUSTÁCEOS DO ZOOPL NTON NO RESERVATÓRIO DE TAPACURÁ, PERNAMBUCO**. In: XXI Encontro de Zoologia do Nordeste - Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2023. Disponível em: <<https://doity.com.br/anais/resumosezn2023/trabalho/310183>>. Acesso em: 17/10/2024 às 22:18

OLIVEIRA, C. R. **Modelagem espaço-temporal e análise de cenários do uso da água para irrigação no trecho submédio da bacia hidrográfica do Rio São Francisco**. 2019. 193 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

PINEDA, A., IATSKIU, P., JATI, S., PAULA, A. C. M., ZANCO, B. F., BONECKER, C. C., MORESCO, G. A., ORTEGA, L. A., SOUZA, Y. R.; RODRIGUES, L. C. Damming reduced the functional richness and caused the shift to a new functional state of the phytoplankton in a subtropical region. **Hydrobiologia**, 847, 3857-3875, 2020.

PRATTE-SANTOS, Rodrigo; TERRA, Vilma Reis; AZEVEDO JUNIOR, Romildo Rocha. Avaliação do efeito sazonal na qualidade das águas superficiais do rio Jucu, Espírito Santo, Sudeste do Brasil. **Revista Sociedade & Natureza**, v.30, n.3, p.127-143, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n3-2018-7>

QIN, M., FAN, P., LI, Y., WANG, H., WANG, W., Liu, H., MESSYASZ, B., GOLDYN, R.; LI, B. Assessing the ecosystem health of large drinking-water reservoirs based on the phytoplankton index of biotic integrity (P-IBI): a case study of Danjiangkou Reservoir. **Sustainability**, 15 (6), 5282, 2023.

RIVERA, C. A., ZAPATA, A., VILLAMIL, W.; LEÓN-LÓPEZ, N. Trophic assessment of four tropical reservoirs using phytoplankton genera. **Acta Limnologica Brasiliensis**, 34, 2022.

SANTOS, M. N. R. dos. Avaliação do potencial tóxico de águas oriundas de irrigação agrícola no Baixo-Açu/RN: um problema socioambiental. *Dissertação (Programa de Desenvolvimento de Meio Ambiente)*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 80 p., 2013.

SCHWARZENBACH, R. P.; EGLI, T.; HOFSTETTER, T. B.; VON GUNTEN, U.; WEHRLI, B. Global water pollution and human health. **Annual Review of Environment and Resources**, 35, 109-136, 2012.

SILVA-MATOS, R. R. S.; LOPES, P. R. C.; SOUZA, G. M. M.; OLIVEIRA, I. V. M.; OLIVEIRA, J. E. M. Racionalização do uso de defensivos agrícolass na produção integrada de manga no Submédio do Vale do São Francisco. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 372-379, Mar./Apr. 2014.

SILVA, Tainan Filipe da. BARP, Eliete Ana; ARMILIATO, Neide. Avaliação da toxicidade celular do glifosato sobre as gônadas de *Danio rerio* (Cyprinidae). **Saúde Meio Ambient.** v. 6, n. 1, p. 85-95, 2017.

SOBRAL, M. C.; OLIVEIRA, R. M. C. M.; FIGUEIREDO, R. C. Management of environmental risks from multipurpose use of reservoirs in semiarid areas of São Francisco River. In: GUNKEL, G. & SOBRAL, M.C. (Org.). **Reservoirs and River Basins Management: Exchange of Experience from Brazil, Portugal and Germany**. Berlin: TUB Verlag, 2007.

SOUZA, Israel Vieira de. Avaliação do uso de equipamentos de proteção individual na aplicação de defensivos agrícolass por agricultores familiars em Juazeiro, Bahia. **Revista Principia**, v. 62, 16 p., 2025. <https://doi.org/10.18265/2447-9187a2024id8509>

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. **Diretrizes para o gerenciamento de lagos: Gerenciamento da qualidade da água de represas**. International Lake Environment Committee. Instituto Internacional de Ecologia. Ed. Oficina de Textos, v. 9, 3^a ed., 300 p., 2013.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. Oficina de Textos. 632 p., 2008.

VLAMING, V.; DIGIORGIO, C.; FONG, S., DEANOVIC, L. A. , CARPIO-OBESO, M. L. P. , MILLER, J. L., MILLER, M. J., RICHARD, N. J., 2004. Irrigation runoff insecticide pollution of rivers in the Imperial Valley, California (USA). **Environ. Pollut.**, 132 (2), 213–229, 2004.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos** – 3. Ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 452 p., 2005.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkommer der quantitativen phytoplankton methodic. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 9: 1-38. 1958.

WU, Tao; WANG, Shengrui; SU, Boalin; WU, Huaxin; WANG, Guoqiang. Understanding the water quality of the Yilong Lake based on comprehensive assessment methods. *Ecological Indicators*, n. 126, 107714, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107714>

ZAGATTO, P. A. **Ecotoxicologia aquática**. In: Congresso Brasileiro de Limnologia. Florianópolis, 1999. Mini-curso, Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina. 124p., 1999.