

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora,
o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 31/05/2024.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR**

**Avaliação da eficiência do processo de tratamento convencional
utilizado em uma ETA e os impactos promovidos pelos seus efluentes
sobre os rios receptores**

LETÍCIA DE SOUZA GIGECK

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR**

**Avaliação da eficiência do processo de tratamento convencional
utilizado em uma ETA e os impactos promovidos pelos seus efluentes
sobre os rios receptores**

Letícia de Souza Gigeck

Orientadora Prof^a. Dr^a. Maria Aparecida Marin Morales

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas Biologia Celular e Molecular.

G459a	<p>Gigeck, Letícia de Souza</p> <p>Avaliação da eficiência do processo de tratamento convencional utilizado em uma ETA e os impactos promovidos pelos seus efluentes sobre os rios receptores / Letícia de Souza Gigeck. -- Rio Claro, 2022</p> <p>152 f. : il., tabs., fotos, mapas</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro</p> <p>Orientadora: Maria Aparecida Marin Morales</p> <p>1. Poluição Hídrica. 2. Efluentes de ETA. 3. Ensaios Ecotoxicológicos. 4. Cultura de Células. 5. Bioindicadores Vegetais. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Avaliação da eficiência do processo de tratamento convencional utilizado em uma ETA e os impactos promovidos pelos seus efluentes sobre os rios receptores.

AUTORA: LETICIA DE SOUZA GIGECK

ORIENTADORA: MARIA APARECIDA MARIN MORALES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR), pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. MARIA APARECIDA MARIN MORALES (Participação Virtual)
Departamento de Biologia Geral e Aplicada / IB Rio Claro



Profa. Dra. LAÍS ROBERTA DEROLDO SOMMAGGIO (Participação Virtual)



Profa. Dra. PATRÍCIA MORAES SINOHARA SOUZA (Participação Virtual)

Rio Claro, 31 de maio de 2022

AGRADECIMENTOS

Acredito que não sou muito boa em expressar os meus sentimentos, mas eu preciso agradecer algumas pessoas que foram extremamente importantes para que eu conseguisse concluir mais essa etapa.

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Vander e Laurindo, por terem me incentivado e apoiado desde o início da graduação e terem me dado um grande suporte durante todo o Mestrado. Ao meu namorado Bruno pelo companheirismo, ajuda e paciência durante esse período.

A Professora Dr^a Maria Aparecida Marin Morales, por ter me recebido no grupo de pesquisa desde a iniciação científica até agora no Mestrado. Agradeço pela paciência, por todos os ensinamentos, conversas, carinho e dedicação na preparação e execução deste projeto.

Preciso agradecer imensamente a Adriana por ter me ajudado durante toda a execução desse projeto, pelos ensinamentos, ter me ajudado em muitas coisas e por todo o suporte para que eu chegasse até aqui. Também preciso agradecer a Laís e a Letícia Rocha por todos os conselhos, ensinamentos, apoio e contribuições para a execução desse projeto.

Tenho que agradecer aos meus amigos e colegas mutagênicos: Letícia Gonçalves, Letícia Rosa, Matheus Gonçalves, Ana Paula, Giovana, Gabriel, Kemellyn, Gabrielly, Nádia, Cleiton, Michele, Maria Tereza, Raquel, Franco pelo convívio mais que especial, convivência, conselhos e momentos maravilhosos que compartilhamos juntos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“A grandeza não está em ser forte, mas no uso correto da força. Grande é aquele cuja força conquista mais corações pela atração do próprio coração”.

Filme Extraordinário

RESUMO

Os recursos hídricos vêm sofrendo diferentes ameaças, a contaminação por uma infinidade de compostos com potencial tóxico. Assim, antes da água ser distribuída para a população, a água bruta precisa ser submetida a um processo de tratamento realizado pelas Estações de Tratamento de Água (ETA). As ETA utilizam etapas, os quais são utilizados compostos químicos, realizados os processos de filtração e desinfecção, para assegurar a qualidade da água a ser distribuída para a população. Contudo, durante o tratamento da água bruta, são gerados resíduos advindos da lavagem dos filtros e dos decantadores, que devem ser tratados, antes de serem descartados em recursos hídricos. A ETA localizada no município de Rio Claro (SP) lança seus resíduos sem tratamento prévio no Córrego Santo Antônio, afluente do Ribeirão Claro. Portanto, o presente estudo avaliou a qualidade da água bruta, captada pela ETA, as águas dos corpos hídricos receptores (pós descarte dos efluentes da ETA), da água destinada ao consumidor. A avaliação da qualidade das águas dos pontos analisados foi baseada em ensaios ecotoxicológicos, e em análises físico-químicos e microbiológicos. Foram realizados ensaios in vivo de fitotoxicidade, com *Lactuca sativa* e de citogenotóxico e potencial mutagênico com o *Allium cepa*; ensaios in vitro de citotoxicidade (MTT); genotóxico (ensaio do Micronúcleo com Bloqueio de Citocinese e ensaio do Cometa) com cultura de células HepG2/C3A. Foram realizadas três amostragens de diferentes pontos (duas no período de seca e uma no chuvoso) nos seguintes pontos: água de captação da ETA (CAP); água do Córrego Santo Antônio sem o lançamento do efluente da ETA (SAS); água do Córrego Santo Antônio com o lançamento do efluente da ETA (SAE); amostra a montante do recebimento do efluente da ETA no Ribeirão Claro; (RCM); amostra a jusante do lançamento do efluente da ETA coletada no Ribeirão Claro no ponto de mistura completa (RCJ); água do cavalete do consumidor (AAP). No Córrego Santo Antônio foram observados elevados níveis de pH e condutividade, baixa concentração de oxigênio, aumento da turbidez e salinidade, elevação da concentração de nitrogênio total, elevado valor de DBO, uma maior presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. Nenhuma das amostras de água foram fitotóxicas para o *L. sativa*, com exceção da RCM, para a primeira coleta. A amostra APP foi genotóxica para *A. cepa*, para a primeira e as amostras SAS, RCM, RCJ e APP para a terceira coleta; todas as amostras foram não citotóxicas para as células HepG2/C3A; o SAS apresentou potencial genotóxico pelo ensaio do Micronúcleo com as células HepG2/C3A na segunda e terceira coleta. O Córrego Santo Antônio mostrou ser extremamente vulnerável a ação antrópica e pelo lançamento do efluente da

ETA. O Ribeirão Claro não foi afetado drasticamente pelo lançamento do resíduo da ETA. A água de abastecimento público ficou dentro da maioria dos padrões físico-químicos estabelecidos pela legislação, sendo que o flúor ficou um pouco abaixo da legislação, na primeira coleta. O APP também apresentou potencial genotóxico, na segunda coleta, para o ensaio do Micronúcleo e na primeira coleta no ensaio do Cometa. Assim, o processo de tratamento da água não se mostrou eficiente, e apresentou um potencial genotóxico, provavelmente, relacionado com a formação de subprodutos da desinfecção por cloro.

Palavras-chaves: poluição hídrica; efluentes de ETA; ensaios ecotoxicológicos; cultura de células; bioindicadores vegetais

ABSTRACT

The water resources come suffering different threats, contamination by an infinity of toxic potential compounds. Therefore, before the water is distributed by the population the raw water needs to be submitted to a process for treatment realized by Water Treatment Plants (WTP). The WTP uses stages that involve chemic compounds, filtration, and disinfection process of water to ensure the quality of the water distributed to the population. But during the process, wastes are generated from washing filters and decanters that need to be treated without are lanch water resources. The WTP from Rio Claro (SP) city releases its wastes without previous treatment in the Córrego Santo Antônio, affluent of Ribeirão Claro. Therefore, the present study test the quality of the raw water, captured by WTP, water from water resources (after receiving the waste from WTP), as well as water destined for the consumer. The assessment of the quality of water at the points are based on ecotoxicology assays, physical-chemical test, and microbiologic assays. The following bioassay were conducted *in vivo* phytotoxicity assay with *Lactuca sativa*, a potential cytogenotoxic and mutagenic assay with *Allium cepa*; *in vitro* cytotoxic assay (MTT), and a genotoxic assay (Micronucleus Cytokinesis Block Assay and Comet Assay) with HepG2/C3A cell culture. Three sample collections were carried out (two in the dry season and one in the rainy season) on the following points: WTP captured water (CAP); water from Córrego Santo Antônio without WTP waste (SAS); water from Córrego Santo Antônio with WTP waste (SAE); sample upstream of the receipt of WTP waste in Ribeirão Claro (RCM); sample downstream of WTP waste release collected in Ribeirão Claro at the complete mixing point (RCJ); water from the consumer's easel (AAP). In Santo Antônio stream it was observed high levels of pH and conductivity, low concentration of oxygen, high turbidity and salinity, high concentration of total nitrogen, high level of BOD, and a greater presence of total coliforms and *Escherichia coli*. None of the samples were phytotoxic to *L. sativa*, except RCM in the first collection. The sample AAP showed genotoxic potential for *A. cepa* in the first collection, and the samples SAS, RCM, RCJ, and AAP for the third collection; all the samples weren't cytotoxic for HepG2/C3A cells culture; SAS showed a genotoxic potential for Micronucleus Assay with HepG2/C3A cells culture. The Córrego Santo Antônio is extremely vulnerable to anthropic action and the release of waste of WTP. Ribeirão Claro wasn't drastically affected by waste from WTP. The public supply of water was within most of the physical-chemical standards established by the legislation. The AAP showed genotoxic potential in the second collection for the Micronucleus assay and in the first collection for the Comet Assay. Thus, the water treatment process wasn't efficient and the

public supply of water presented a genotoxic potential related to the formation of chlorine disinfection by-products

Key-words: water pollution; WTP waste; ecotoxicological tests; cell culture; plant bioindicators

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema ilustrativo do tratamento de água adotado pela Estação de Tratamento de Água da cidade de Rio Claro	37
Figura 2: Imagens dos pontos das coletas de água nas diferentes estações	48
Figura 3: Esquema ilustrativo da localização dos pontos de coleta das amostras	49
Figura 4: Localização geográfica dos pontos de coleta	50
Artigo 1	
Figura 1: Esquema ilustrativo dos pontos de coleta	69
Figura 2: Alterações cromossômicas observadas em células meristemáticas de <i>Allium cepa</i> , após exposição das sementes às amostras de água coletadas em rios que sofrem influência da atividade da ETA, bem como da água destinada ao abastecimento público da cidade de Rio Claro-SP	100
Artigo 2	
Figura 1: Esquema ilustrativo dos pontos de coleta	115
Figura 2: Imagens das alterações do Ensaio do Micronúcleo com Bloqueio de Citocinese com as células HepG2/C3A, expostas às amostras de águas de coleta dos rios sob a influência do descarte do efluente da ETA de Rio Claro	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Etapas do tratamento da água bruta realizado nas ETA 33

Artigo 1

Tabela 1: Dados mensais de precipitação, em mm³, dos anos de 2019, 2020 e 2021 70

Tabela 2: Dados obtidos com a sonda multiparâmetro Horiba ®, para os parâmetros de temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos totais dissolvidos (S.T.D.) e salinidade 74

Tabela 3: Resultados de fluoreto, fosfato, nitrogênio total, DBO e DQO 82

Tabela 4: Resultados de coliformes totais, *Escherichia coli*, bactérias heterotróficas e fungos, para as três amostragens realizadas 87

Tabela 5: Índice (em porcentagem) de germinação de amostras de águas coletadas em rios que sofrem influência da atividade da ETA, bem como da água destinada ao abastecimento público da cidade de Rio Claro-SP, por meio de ensaios realizados com o bioindicador de *Lactuca sativa* (alface) 92

Tabela 6: Avaliação da citotoxicidade (Índice Mitótico), genotoxicidade (Índice de Genotoxicidade) e potencial mutagênico (Índice de Mutagenicidade) de amostras de águas coletadas em rios que sofrem influência da atividade da ETA, bem como da água destinada ao abastecimento público da cidade de Rio Claro-SP, por meio de ensaios com o bioindicador *Allium cepa* 94

Artigo 2

Tabela 1: Resultados do ensaio do MTT das três coletas realizadas 122

Tabela 2: Resultados da avaliação do potencial genotóxico das amostras de água de captação (Ribeirão Claro), do córrego Santo Antônio e do Ribeirão Claro (montante e jusante) e da água de abastecimento público pelo Ensaio do Micronúcleo com Bloqueio

de Citocinese, com cultura de células HepG2/C3A
..... 124

Tabela 3: Resultados de citotoxicidade obtidos com o Índice do CBPI no Ensaio do Micronúcleo com Bloqueio de Citocinese com cultura de células HepG2/C3A
..... 126

Tabela 4: Resultados obtidos para a análise do potencial genotóxico, pelo Ensaio do Cometa (intensidade da cauda), realizado com amostras de água do período seco
..... 129

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETA – Estação de Tratamento de Água

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

UFC – Unidades Formadoras de Colônias

NTU - Unidade Nefelométrica de Turbidez

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

OD – Oxigênio Dissolvido

CN – Controle Negativo

CAP – Amostra da água de captação do Ribeirão Claro coletada na ETA

SAS – Amostra de água do Córrego Santo Antônio sem o efluente da ETA

SAE – Amostra de água do Córrego Santo Antônio com o efluente da ETA, antes da confluência com o Ribeirão Claro

RCM – Amostra da água do Ribeirão Claro a montante do recebimento do efluente da ETA

RCJ – Amostra a jusante do lançamento do efluente da ETA, coletada no Ribeirão Claro no ponto de mistura completa

AAP – Amostra de água do cavalete do consumidor (água de abastecimento público)

CP – Controle Positivo

MMS – Metil metano sulfonato

IM – Índice Mitótico

IG – Índice de Genotoxicidade

IMut – Índice de Mutagenicidade

MTT – 3-(4,5-dimetil-2-tiazolil)-2, 5-difenil-2H-tetrazólio

DMSO – dimetilsulfóxido

LMP – Agarose de baixo ponto de fusão

PBS – tampão fosfato salino

MN – Ensaio do Micronúcleo com Bloqueio de Citocinese

TI – Tail intensity

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	18
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	21
2.1	Legislação Brasileira para o Gerenciamento de Recursos Hídricos e Potabilidade da Água de Abastecimento Público.....	21
2.2	Estações de Tratamento de Água (ETA)	24
2.3	Etapas do tratamento de água	25
2.3.1	Pré-cloração	25
2.3.2	Coagulação	26
2.3.3	Floculação.....	28
2.3.4	Decantação	28
2.3.5	Filtração.....	29
2.3.6	Desinfecção	30
2.3.7	Fluoretação	32
2.4	Resíduos Produzidos pelas ETA.....	34
2.5	Estação de Tratamento de Água Estudada	35
2.6	Biomonitoramento para avaliação ambiental	37
2.6.1	Bioindicadores Vegetais	38
2.6.2	Cultura de Células HepG2/C3A	41
2	OBJETIVOS	46
3	MATERIAL E MÉTODO	47
3.1	Estação de Tratamento de Água Estudada	47
3.2	Pontos de Coleta	47
3.3	Parâmetros físico-químicos.....	51
3.4	Ensaio microbiológico	52
3.5	Ensaio com <i>Lactuca sativa</i>	53
3.6	Ensaio com <i>Allium cepa</i>	54
3.7	Ensaio com cultura de células HepG2/C3A.....	56
3.7.1	Preparação das amostras para os ensaios com a linhagem celular HepG2/C3A.....	56
3.7.2	Ensaio do MTT	56

3.7.3 Ensaio de Viabilidade Celular e Ensaio do Cometa.....	57
3.7.4 Ensaio do Micronúcleo com Bloqueio de Citocinese (MN).....	59
4 Resultados	62
Artigo 1: Impactos físico-químicos, microbiológicos e fitotóxicos causados por efluentes não tratados de Estação de Tratamento de Água, sobre os corpos hídricos receptores	63
Artigo 2: Avaliação dos impactos de efluentes não tratados de Estação de Tratamento de Água (ETA) sobre corpos hídricos receptores, por meio de bioensaios com Células HepG2 / C3A ..	110
5 CONCLUSÕES GERAIS	137
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS.....	139

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso extremamente importante para a manutenção da vida da Terra. Portanto, a qualidade dos recursos hídricos está altamente relacionada com a qualidade da vida do planeta. Contudo, algumas atividades humanas têm, sistematicamente, contaminado e poluído os recursos hídricos, cujas consequências vêm sendo danosas à saúde da população e à integridade da biota associada ao local impactado. Assim, é necessário que sejam instituídas, urgentemente, ações que garantam a conservação dos corpos hídricos e, conseqüentemente, a melhoria da saúde humana. Dentre essas ações, podem ser citadas a utilização de boas práticas de saneamento básico; abastecimento público de qualidade; e práticas de redução de doenças de veiculação hídrica, que promovam a redução da carga de patógenos no meio (BOELEE et al., 2019).

As Estações de Tratamento de Água (ETA) são instalações que realizam o tratamento da água destinada ao consumo humano, ou seja, são as responsáveis por tratar a água bruta de um recurso hídrico, antes da mesma ser distribuída à população. O tratamento da água nas ETA deve atender aos requisitos pré-estabelecidos pela legislação, que garantam a distribuição de água segura e de qualidade para a população. Assim, o processo de tratamento deve remover organismos patogênicos e substâncias tóxicas orgânicas ou inorgânicas presentes na água e reduzir a cor, odor, sabor e turbidez da água de abastecimento público (DE PÁDUA, 2010).

Com o tratamento da água são gerados alguns resíduos dentro das ETA como, por exemplo, os resíduos da limpeza ou descartes de decantadores e da lavagem dos filtros. As características destes resíduos estão relacionadas com a própria característica da água bruta utilizada pela ETA e de outros fatores, como: a concentração de produtos utilizados no tratamento, tempo em que o lodo permanece nos tanques, forma de limpeza dos tanques e eficiência da sedimentação (LUSTOSA et al., 2017). De acordo com Rosario (2007), o método adotado pela ETA depende das características da água do corpo hídrico usado para captação.

No Brasil as ETA foram desenvolvidas com a concepção de que os resíduos gerados nos decantadores, lavagem dos filtros ou tanques de preparação das soluções sejam lançados, diretamente, nos corpos d'água ou em galeria pluvial (ROSARIO, 2007). Essa prática comumente realizada tem recebido críticas, já que podem causar danos à

saúde pública e aos organismos aquáticos. Achon, Barroso e Cordeiro (2004) afirmam que a maioria das ETA brasileiras lançam seus resíduos em corpo d'água, sem que os mesmos passem, previamente, por qualquer tipo de tratamento. Contudo, em fevereiro de 1998, foi promulgada a Lei de nº 9605, que considera crime ambiental o lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos que promovam a poluição ambiental (BRASIL, 1998). Dessa forma, mesmo sendo uma prática recorrente, o descarte dos efluentes das ETA em corpos hídricos, sem tratamento prévio, pode se caracterizar como crime ambiental, dependendo das alterações que esses efluentes promovam no corpo receptor.

A ETA localizada no município de Rio Claro, São Paulo, lança seus resíduos, sem tratamento prévio, em corpos hídricos receptores (Córrego Santo Antônio e Ribeirão Claro). Assim, para avaliar se o descarte destes resíduos representa um potencial tóxico para os corpos receptores, é necessária que sejam realizados estudos que monitorem a qualidade das águas e dos sedimentos dos rios envolvidos, pós recebimento dos efluentes. Uma estratégia interessante para ser aplicada nesta avaliação é a utilização de ensaios específicos que estimem os possíveis efeitos adversos desses efluentes sobre a biota e ao ambiente (VAN STRAALLEN, 1998; LI; ZHENG; LIU, 2010).

Para uma avaliação adequada do potencial tóxico de uma substância ou amostra ambiental, é recomendável que sejam realizados alguns testes laboratoriais, utilizando alguns bioindicadores pertencente a níveis tróficos diversos (DE CASTRO, 2013). Dentre as espécies vegetais, a espécie *Lactuca sativa* é um modelo de estudos recomendado por organizações internacionais para a avaliação de fitotoxicidade (LYU et al., 2018) e a espécie *Allium cepa* testes de citotoxicidade e genotoxicidade muito usado em avaliações e monitoramento ambiental. As plantas são bioindicadores interessantes, pois apresentam algumas semelhanças às respostas observadas em mamíferos, com relação a detecção de alterações citogenotóxicas desencadeadas por compostos químicos (LAUGHINGHOUSE et al., 2012).

Além de organismos vegetais, as linhagens celulares são consideradas eficientes modelos *in vitro* para testes que visam avaliar o potencial citotóxico, genotóxico e/ou mutagênico de contaminantes ambientais (PILLON et al., 2005; WESTERINK et al., 2010; MORAIS et al., 2011; LIU et al., 2012).

Frente a isso, foram utilizados diferentes sistemas teste (*L. sativa*, *A. cepa* e cultura de células HepG2/C3A) para avaliar se os resíduos produzidos na ETA apresentam

potenciais tóxicos para os corpos hídricos receptores (Córrego Santo Antônio e Ribeirão Claro). Além disso, também foi avaliada as condições físico-químicas e microbiológicas dos corpos receptores, bem como a qualidade da água de abastecimento público disponibilizada pela ETA estudada. O presente trabalho trará informações extremamente importantes para o município de Rio Claro, quanto aos impactos que os resíduos da ETA possam promover nos seus corpos hídricos receptores (Córrego Santo Antônio e Ribeirão Claro). Considerando que o Ribeirão Claro é afluente do rio Corumbataí, este estudo contribuirá ainda com informações sobre a possível transferência de contaminantes do Ribeirão Claro para o rio Corumbataí, rio esse envolvido com o abastecimento de grande parte da cidade de Piracicaba.

5 CONCLUSÕES GERAIS

A avaliação realizada nas águas do Córrego Santo Antônio e do Ribeirão Claro, para estimar os possíveis impactos promovidos pelo descarte de efluentes, *in natura*, produzidos pela Estação de Tratamento de Água, foi extremamente importante, pois permitiu um melhor conhecimento não só sobre a qualidade, mas também sobre a vulnerabilidade desses recursos hídricos que recebem impactos de diferentes fontes de contaminação.

A ETA estudada do município de Rio Claro-SP vem, por décadas, contribuindo para a distribuição de água potável de qualidade para a população, cumprindo com a resoluções nacionais que preconizam a segurança da água. Contudo, essa mesma ETA, que purifica a água bruta coletada, também promove a contaminação de importantes recursos hídricos da cidade de Rio Claro, pois descarta no Córrego Santo Antônio todos os seus efluentes brutos, portanto sem qualquer tipo de tratamento, o que é considerado, pela legislação de recursos hídricos vigentes no país, como um crime ambiental.

A avaliação realizada no presente estudo, comprova um tipo de contaminação de transferências de compostos tóxicos por via hídrica, pois a contaminação que chega ao Córrego Santo Antônio, é repassada para o Ribeirão Claro que, por ser afluente do Rio Corumbataí, também transfere a contaminação para esse rio, colocando em alerta a qualidade do abastecimento de água também da cidade de Piracicaba/SP.

No presente estudo foram observadas alterações sazonais, quanto aos resultados dos ensaios ecotoxicológicos, realizados com bioindicadores vegetais (*Lactuca sativa* e *Allium cepa*), em testes *in vivo*, e em testes *in vitro* realizados com a cultura celular HepG2/C3A, bem como pela avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos rios. As diferenças observadas nos diferentes períodos de coleta, trouxeram importantes informações sobre as características e sensibilidades dos rios estudados.

Nesta avaliação, foi possível constatar que o Córrego Santo Antônio é um recurso hídrico extremamente impactado por resíduos urbanos, mas também por apresentar maiores dificuldades de depuração, por se encontrar canalizado em, praticamente, todo o seu curso. Esse córrego recebe resíduos urbanos, por meio da galeria de águas pluviais, que descarrega todo o conteúdo neste córrego. Essa contaminação pode ser constatada, principalmente, pelos resultados obtidos no ponto SAS, de presença de coliformes totais

e *Escherichia coli* acima do estabelecido na legislação, como também de alterações em alguns de seus parâmetros físico-químicos, que denotam a possibilidade de haver descarte irregular de resíduo, como aumento do pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, salinidade, nitrogênio total, DBO e DQO. Além disso, foi detectado um potencial genotóxico no ponto SAS pelo ensaio do Micronúcleo com Bloqueio de Citocinese com as células HepG2/C3A. Esse mesmo córrego também está sendo impactado pelo efluente da ETA, observado principalmente pelos resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos (condutividade, oxigênio dissolvido, turbidez, salinidade, nitrogênio total, DBO e DQO), bem como pela presença de coliformes totais e *E. coli* acima do estabelecido na legislação para o SAE, nas três coletas realizadas. Portanto, recomenda-se que a ETA trate o seu efluente, antes do mesmo ser descartado na galeria de água pluvial, para não alterar as características hídricas do Córrego Santo Antônio.

Com relação ao Ribeirão Claro, foram observadas algumas alterações nos parâmetros físico-químicos (pH, condutividade, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, DBO e DQO), bem como uma maior presença de coliformes totais e *E. coli*, nesses rios, que fora dos parâmetros estabelecidos na legislação vigente. Pelos resultados observados, os efluentes da ETA não estão influenciando, de maneira drástica, a qualidade físico-química, microbiológica ou representam potencial tóxico para as águas do Ribeirão Claro.

A água de abastecimento público, oferecida pela ETA à população, não se encontra dentro dos padrões físicos e químicos pré-estabelecidos pela legislação vigente, com exceção de alguns parâmetros analisados com amostra do período chuvoso. Portanto, com relação as características físico-químicas e microbiológicas da água de abastecimento, pode-se afirmar que o processo de tratamento adotado pela ETA não é eficiente. Pelos ensaios com o *Allium cepa* e com cultura de células HepG2/C3A (Ensaio do Micronúcleo com Bloqueio de Citocinese e o Ensaio do Cometa) constatou-se um potencial genotóxico da água de abastecimento público devido, provavelmente, aos efeitos dos subprodutos da desinfecção por cloro. Além disso, no caso da água de abastecimento público ser utilizada em experimentos de avaliação toxicológica, como nos ensaios de CN, é recomendado a sua substituição por água de comprovada ausência de contaminantes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

ABBAS, A. et al. What you extract is what you see : Optimising the preparation of water and wastewater samples for in vitro bioassays. **Water Research**, v. 152, p. 47–60, 2019.

ABDA, A. et al. Mutagenicity and genotoxicity of drinking water in Guelma region, Algeria. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 2, 2015.

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CODERIRO, J. S. Leito de drenagem: sistema natural para a redução de volume de lodo de estação de tratamento de água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 54–62, 2008.

ACHON, C. L. **Ecoeficiência de sistemas de tratamento de água à luz dos conceitos da iso 14.001**. 2008. 227f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - São Carlos: Universidade de São Paulo, 2008.

AFANASIEVA, K.; SIVOLOB, A. Physical principles and new applications of comet assay. **Biophysical Chemistry**, v. 238, p. 1–7, jul. 2018.

AGUILHEIRA-PORTILLO, G. et al. Rat brain slices: an optimum biological preparation for acute neurotoxicological studies. In: ASCHNER, M.; COSTA, L. (Eds.). **Cell Culture Techniques**. 2. ed. New York, U.S.A: Springer Science & Business Media, 2019. p. 195–207.

AKHTAR, M. F. et al. Toxicity Appraisal of Untreated Dyeing Industry Wastewater Based on Chemical Characterization and Short Term Bioassays. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 96, p. 502–507, 2016.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; CETESB, COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras - água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília. 2011.

ANDREOLI, C. V. **Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final**. 1. ed. Curitiba, PR: RiMa, ABES, 2001.

ARAÚJO, F. C. et al. Caracterização física do resíduo de uma estação de tratamento de água para sua utilização em materiais de construção. **Cerâmica**, v. 61, p. 450–456, 2015.

ARESPCJ, AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO DAS BACIAS

DOS RIOS PIRACICABA - CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Relatório de Fiscalização Técnica dos Sistemas de Água e Esgoto do Município de Rio Claro** Relatórios de Fiscalização Americana ARESPCJ, , 2015. Disponível em: <<http://www.arespcj.com.br/arquivos/12/relatorios-de-fiscalizacao.aspx>>

ARESPCJ, AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA - CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Relatório de Fiscalização Técnica dos Sistema de Abastecimento de Água do Município de Rio Claro** Americana ARESPCJ, , 2018. Disponível em: <<http://www.arespcj.com.br/arquivos/12/relatorios-de-fiscalizacao.aspx>>

BATISTA, I. F. et al. Potencial contribuição do lodo da estação de tratamento de água (ETA) para a poluição de rios. **Scientia Plena**, v. 17, n. 10, 2021.

BERRIDGE, M. V.; HERST, P. M.; TAN, A. S. Tetrazolium dyes as tools in cell biology: New insights into their cellular reduction. **Biotechnology Annual Review**, v. 11, p. 127–152, 2005.

BIANCHI, J.; ESPINDOLA, E. L. G.; MARIN-MORALES, M. A. Genotoxicity and mutagenicity of water samples from the Monjolinho River (Brazil) after receiving untreated effluents. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, n. 4, p. 826–833, 2011.

BIANCHI, E. et al. Monitoring the Genotoxic and Cytotoxic Potential and the Presence of Pesticides and Hydrocarbons in Water of the Sinos River Basin, Southern Brazil. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 72, p. 321–334, 2016.

BOELEEE, E. et al. Water and health: From environmental pressures to integrated responses. **Acta Tropica**, v. 193, n. March, p. 217–226, maio 2019.

BRASIL. **Lei nº 9605 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**, 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm>. Acesso em: 7 set. 2021.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 - Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde** Brasil, 2017. Disponível em:

<<https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolidacao-n-5-de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2021

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria GM/MM nº 888 de 2021 - Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5 de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade**, 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso em: 18 set. 2021

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução do CONAMA 357 - 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** Brasil, 2005. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 7 set. 2021

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução do CONAMA 430 - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA**. Brasil, 2011. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627>. Acesso em: 10 set. 2021

BRATBY, J. **Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment**. 3^a ed. Londres: IWA Publishing, 2016.

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

CLARK, S. C. **Operation guide to AWWA Standard G100: water treatment plant operation and management**. Denver: Association, American Water Works, 2011.

COLLINS, A. R. The comet assay for DNA damage and repair: Principles, applications, and limitations. **Applied Biochemistry and Biotechnology - Part B Molecular**

Biotechnology, v. 26, n. 3, p. 249–261, 2004.

COLLIVIGNARELLI, M. C. et al. Overview of the main disinfection processes for wastewater and drinking water treatment plants. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 1, p. 1–21, 2018.

COLTMAN, N. J. et al. Application of HepG2/C3A liver spheroids as a model system for genotoxicity studies. **Toxicology Letters**, v. 345, p. 34–45, 2021.

CONTIJO, Á. M. DE M. C.; TICE, R. Teste do cometa para a detecção de danos no DNA e reparo em células individualizadas. In: RIBEIRO, L. R.; SALVADORI, D. M. F.; MARQUES, E. K. (Eds.). **Mutagênese Ambiental**. Canoá: Editora da ULBRA, p. 247–279.

CORROQUÉ, N. A. **Avaliação toxicogenética de amostras ambientais de uma área de mineração de ouro (Paracatu-MG) contaminada com arsênio e outros metais**. 2019. 150f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Biologia Celular e Molecular)—Rio Claro, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2019.

CRITTENDEN, J. C. et al. **MWH’s Water Treatment Principle and Design**. 3. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2012.

CUNHA, M. V. P. DE O. **Importância da frequência de descarte de lodo na eficiência dos decantadores de estações de tratamento de água em ciclo completo**. 2004. 261f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil)—Belém: Universidade Federal do Pará, 2004.

CZENAVE, J.; AMÉ, M. V.; MENONE, M. L. Biomarcadores de Contaminación. In: CARRIQUIRIBORDE, P. (Ed.). **Principios de Ecotoxicología**. 1ª ed. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP), 2021. p. 342.

DAAE, D. A. DE Á. E E. DE R. **Sistema de Tratamento da Água**. Disponível em: <<https://daaeriolclaro.sp.gov.br/sistema-de-tratamento-da-agua/>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

DE CASTRO, F. J. **Avaliação ecotoxicológica dos percolados das colunas de cinza de carvão e de solos com cinza de carvão utilizando *Lactuca sativa* e *Daphnia similis* como organismos teste**. 2013. 106f. Dissertação (Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear)—São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 106f.

2013.

DE PÁDUA, V. L. Introdução ao tratamento de água. In: HELLE, L.; DE PÁDUA, V. L. (Eds.). **Abastecimento de água para o consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. p. 531–583.

DEUTSCHMANN, B. et al. Longitudinal profile of the genotoxic potential of the River Danube on erythrocytes of wild common bleak (*Alburnus alburnus*) assessed using the comet and micronucleus assay. **Science of the Total Environment**, v. 573, p. 1441–1449, 2016.

DIAS, C. G.; LIBRANTZ, A. F. H.; DOS SANTOS, F. C. R. Modelagem e simulação de um sistema inteligente para controle de dosagem da pós-cloração em estações de tratamento de água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 323–332, 2020.

DÖRR, F. et al. Ecotoxicologia. In: OGA, S.; CAMARGO, M. M. DE A.; BATISTUZZO, J. A. DE O. (Eds.). **Fundamento da Toxicologia**. 4. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2014. p. 135–147.

EPA, UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Seedling emergence and seedling growth**, 2012.

FARIA, M. L. C. DE et al. Potencial de citotoxicidade e mutagenicidade das águas do Rio Jaru, Estado de Rondônia, em células de *Allium cepa*. **Gaia Scientia**, v. 11, n. 2, p. 104–114, 2017.

FENECH, M. The in vitro micronucleus technique. **Mutation Research - Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**, v. 455, n. 1–2, p. 81–95, 2000.

FENECH, M.; CROTT, J. W. Micronuclei, nucleoplasmic bridges and nuclear buds induced in folic acid deficient human lymphocytes - Evidence for breakage-fusion-bridge cycles in the cytokinesis-block micronucleus assay. **Mutation Research - Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**, v. 504, n. 1–2, p. 131–136, 2002.

FENECH, M. et al. HUMN project: Detailed description of the scoring criteria for the cytokinesis-block micronucleus assay using isolated human lymphocyte cultures. **Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 534, n. 1–2, p. 65–75, 2003.

FISKESJÖ, G. The Allium test as a standard in environmental monitoring. **Hereditas**, v. 102, n. 1, p. 99–112, 1985.

FJÄLLBORG, B. et al. Toxicity identification evaluation of five metals performed with two organisms (*Daphnia magna* and *Lactuca sativa*). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 50, n. 2, p. 196–204, 2006.

FREITAS, C. M. O. DE et al. Teores de flúor em mananciais e na rede de abastecimento público de municípios de Pernambuco, Brasil. **Ciências & Saúde Coletiva**, v. 26, n. 2, p. 3647–3656, 2021.

GADZAŁA-KOPCIUCH, R. et al. Some Considerations About Bioindicators in Environmental Monitoring. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 13, n. 5, p. 453–462, 2004.

GILCA, A. F. et al. Emerging disinfection byproducts : A review on their occurrence and control in drinking water treatment processes. **Chemosphere**, v. 259, p. 127476, 2020.

GOMES, L. DA S. **Redes neurais artificiais aplicadas à inferência dos sinais de controle de dosagem de coagulantes em uma estação de tratamneto de água por filtração rápida**. 2012. 97f. Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica)—Fortaleza: Universidade Federam do Ceará, 97f. 2012.

GUO, L. et al. Similarities and Differences in the Expression of Drug-Metabolizing Enzymes between Human Hepatic Cell Lines and Primary Human Hepatocytes. **Drug Metabolism and Disposition**, v. 39, n. 3, p. 528–538, 2011.

HAN, Y. et al. Evaluatiion of genotoxic effects of surface waters using a battery of bioassays indicating diferrent mode of action. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 133, p. 448–456, 2016.

HARA, R. V.; MARIN-MORALES, M. A. In vitro and in vivo investigation of the genotoxic potencial of waters from rivers under the influence of a petroleum refinery (São Paulo - State - Brazil). **Chemosphere**, v. 174, p. 321–330, 2017.

HARIRI, M. et al. In situ assessment of Karaj River genotoxic impact with the alkaline comet assay and micronucleus test, on feral brown trout (*Salmo trutta fario*). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 58, p. 59–69, 2018.

HE, W.; NAN, J. Study on the impact of particle size distribution on turbidity in water. **Desalination and Water Treatment**, v. 41, n. 1–3, p. 26–34, 2012.

HEMACHANDRA, C. K.; PATHIRATNE, A. Combination of physico-chemical analysis, *Allium cepa* test system and *Oreochromis niloticus* erythrocyte based comet assay/nuclear abnormalities tests for cyto-genotoxicity assessments of treated effluents discharged from textile industries. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 131, p. 54–64, 2016.

HOW, Z. T. et al. Organic chloramines in chlorine-based disinfected water systems: A critical review. **Journal of Environmental Sciences (China)**, v. 58, p. 2–18, 2017.

JAGTAP, S. et al. Fluoride in Drinking Water and Defluoridation of Water. **Chemical Reviews**, v. 112, n. 4, p. 2454–2466, 2012.

JARVIS, P. et al. Comparison of coagulation performance and floc properties using a novel zirconium coagulant against traditional ferric and alum coagulants. **Water Research**, v. 46, n. 13, p. 4179–4187, 2012.

JIN, Y. **Use of a high resolution photographic technique for studying coagulation/flocculation in water treatment**. 2005. 139f. Dissertação (Mestre em Ciências)—Saskatoon: University of Saskatchewan, 139f. 2005.

JOHNSON, P. N.; AMIRTHARAJAH, A. Ferric chloride and alum as single and dual coagulants. **American Water Works Association**, v. 75, n. 5, p. 232–239, 1983.

JOHNSTON, N. R.; STROBEL, S. A. Principles of fluoride toxicity and the cellular response: a review. **Archives of Toxicology**, v. 94, n. 4, p. 1051–1069, 2020.

KASHYAP, S. J.; SANKANNAVAR, R.; MADHU, G. M. Fluoride sources, toxicity and fluorosis management techniques – A brief review. **Journal of Hazardous Materials Letters**, v. 2, p. 100033, 2021.

LAUGHINGHOUSE, H. D. et al. Biomonitoring genotoxicity and cytotoxicity of *Microcystis aeruginosa* (Chroococcales, Cyanobacteria) using the *Allium cepa* test. **Science of the Total Environment**, v. 432, p. 180–188, 2012.

LEME, D. M. et al. Cytotoxicity of water-soluble fraction from biodiesel and its diesel blends to human cell lines. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, n. 8, p. 2148–2155,

2011.

LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application. **Mutation Research - Reviews in Mutation Research**, v. 682, n. 1, p. 71–81, 2009.

LÉO, P. et al. Células Animais: conceitos básicos. In: MORAES, Â. M.; AUGUSTO, E. F. P.; CASTILHO, L. R. (Eds.). **Tecnologia do Cultivo de Células Animais de Biofármacos a Terapia Gênica**. São Paulo: Editora Roca, 2014. p. 15–41.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3ª ed. Campinas, São Paulo: Editora Átomo, 2010.

LI, L.; ZHENG, B.; LIU, L. Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: Definitions, approaches and trends. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, p. 1510–1524, 2010.

LIU, J. et al. Toxicology in vitro Polychlorinated biphenyl quinone metabolites lead to oxidative stress in HepG2 cells and the protective role of dihydrolipoic acid. **Toxicology in Vitro**, v. 26, n. 6, p. 841–848, 2012.

LUSTOSA, J. B. et al. Tratamento e aproveitamento de água de lavagem de filtro em estação de tratamento de água. **Revista DAE**, v. 65, n. 206, p. 44–61, 2017.

LYU, J. et al. Testing the toxicity of metals, phenol, effluents, and receiving waters by root elongation in *Lactuca sativa* L. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 149, n. November 2017, p. 225–232, 2018.

MA, M. et al. Effects and mechanisms of pre-chlorination on *Microcystis aeruginosa* removal by alum coagulation: Significance of the released intracellular organic matter. **Separation and Purification Technology**, v. 86, p. 19–25, 2012.

MANTOVANI, M. S. et al. Teste de Microcnúcleos: in vitro e in vivo. In: SALVADORI, D. M. F. et al. (Eds.). **Da Toxicogenética a Toxicogenômica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Atena Editora, 2021. p. 139–168.

MANZANO, B. C. **Avaliação dos potenciais citotóxico, gemotóxico e mutagênico das águas do Ribeirão Tatu, Região de Limeira/SP, após o recebimento de efluentes**

urbanos. 2010. 124f. Dissertação (Mestre em Ciências Biológicas - Biologia Celular e Molecular)—Rio Claro, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 124f. 2010.

MANZANO, B. C. et al. Evaluation of the genotoxicity of waters impacted by domestic and industrial effluents of a highly industrialized region of São Paulo State, Brazil, by the comet assay in HTC cells. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 2, p. 1399–1407, 2015.

MATSUMOTO, S. T. et al. Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluents , as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root-tips. **Genetics and Molecular Biology**, v. 29, n. 1, p. 148–158, 2006.

MENDES, S. A. **Avaliação da toxicidade dos Rios do Campo e KM 119 no município de Campo Mourão-PR, sob influência de atividades antrópicas**. 2019. 92f. Dissertação (Mestre em Inovações Tecnológicas)—Campo Mourão - PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 92f. 2019.

MOIMAZ, S. A. S. et al. Health surveillance: public water supply fluoridation in 40 municipalities of São paulo, Brazil. **Ciência e Saude Coletiva**, v. 25, n. 7, p. 2653–2662, 2020.

MONTEIRO, S. N. et al. Incorporation of sludge waste from water treatment plant into red ceramic. **Construction and Building Materials**, v. 22, n. 6, p. 1281–1287, jun. 2008.

MORAIS, C. R. et al. Assessment of water quality and genotoxic impact by toxic metals in *Geophagus brasiliensis*. **Chemosphere**, v. 152, p. 328–334, 2016.

MORAIS, D. et al. Ecotoxicology and Environmental Safety Cytotoxicity of water-soluble fraction from biodiesel and its diesel blends to human cell lines. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, n. 8, p. 2148–2155, 2011.

MOSMANN, T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays. **Journal of Immunological Methods**, v. 65, n. 1–2, p. 55–63, dez. 1983.

OECD, ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT.

OECD Guidelines for the testing of chemicals - Terrestrial plant teste: seeding emergence and seedling griwth test, 2006.

OECD, ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD Guideline for the testing of chemicals - In vivo Mammalian Alkaline Comet Assay**, 2016a.

OECD, ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD Guideline for the testing of chemicals - In vitro Mammalian Cell Micronucleus Test**, 2016b.

PARK, J. et al. The sensitivity of an hydroponic lettuce root elongation bioassay to metals, phenol and wastewaters. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 126, p. 147–153, 2016.

PAULI, J. G. **Influência da ação combinada do movimento inercial e da sedimentação diferencial no tamanho dos agregados na floculação e sedimentação**. 2020. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental)—Bauru: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2020.

PELLEGRI, V.; GORBI, G.; BUSCHINI, A. Damage detection by Comet Assay on *Daphnia magna*: Application in freshwater biomonitoring. **Science of the Total Environment**, v. 705, 2020.

PEREIRA, I. F. M. **Genotoxicidade como parametro de monitoramento ambiental do Rio São Francisco no Polo Petrolina (PE) / Juazeiro (BA)**. 2017. 88f. Dissertação (Mestre em Genética)—Recife, Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco, 88f. 2017.

PHILIPPEOS, C. et al. Introduction to Cell Culture. In: MITRY, R. R.; HUGHES, R. D. (Eds.). **Human Cell Culture Protocols Methods in Molecular Biology**. 3. ed. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2011. p. 1–13.

PILLON, A. et al. Binding of Estrogenic Compounds to Recombinant Estrogen Receptor- α : Application to Environmental Analysis. **Environmental Health Perspectives**, v. 113, n. 3, p. 278–285, 2005.

PIZZO, G. et al. Community water fluoridation and caries prevention: a critical review.

Clinical Oral Investigations, v. 11, n. June 2006, p. 189–193, 2007.

PORTAL SIGRH, SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Identificação dos Municípios por UGRH/CBH**. Disponível em: <<https://sigrh.sp.gov.br/municipios>>. Acesso em: 6 jun. 2022.

PRIAC, A.; BADOT, P. M.; CRINI, G. Évaluation de la phytotoxicité d'eaux de rejets via *Lactuca sativa* : paramètres des tests de germination et d'élongation. **Comptes Rendus - Biologies**, v. 340, n. 3, p. 188–194, 2017.

QI, J. et al. Prechlorination of algae-laden water: The effects of transportation time on cell integrity, algal organic matter release, and chlorinated disinfection byproduct formation. **Water Research**, v. 102, p. 221–228, 2016.

RAMIRES, I.; BUZALAF, M. A. R. A fluoretação da água de abastecimento público e seus benefícios no controle da cárie dentária - cinquenta anos no Brasil. **Ciências & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 4, p. 1057–1065, 2007.

REALI, M. A. P.; PAZ, L. P. S.; DANIEL, L. A. Tratamento de água para o consumo humano. In: CALIJURI, M. DO C.; CUNHA, D. G. F. (Eds.). **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2013. p. 402–453.

REIS, E. L. T. DOS et al. Identificação da influência do descarte de lodo de estações de tratamento de água. **Química Nova**, v. 30, n. 4, p. 865–872, 2007.

RENAULT, F. et al. Chitosan for coagulation/flocculation processes - An eco-friendly approach. **European Polymer Journal**, v. 45, n. 5, p. 1337–1348, 2009.

RIBEIRO, D. L.; BARCELOS, G. R. M.; D'ARCE, L. P. G. Genotoxic effects of water from São Francisco River, Brasil, in *Astyanax paranae*. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 93, p. 274–279, 2014.

RICHTER, C. A. Sedimentação e Decantação. In: HEMFIBRA, T. EM S. (Ed.). **Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento**. São Paulo: Editora Blucher, 2009. p. 159–218.

ROSARIO, C. G. A. **Avaliação da disposição de lodo gerado numa estação de tratamento de água em reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo**

(UASB). 2007. 116f. Dissertação (Mestre em Engenharia)—São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 116f, 2007.

SADIQ, R.; RODRIGUEZ, M. J. Disinfection by-products (DBPs) in drinking water and predictive models for their occurrence: A review. **Science of the Total Environment**, v. 321, n. 1–3, p. 21–46, 2004.

SANTOS, R. A. DOS et al. Ensaio do Cometa. In: SALVADORI, D. M. F. et al. (Eds.). . **Da Toxicogenética a Toxicogenômica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 2021. p. 117–145.

SARITHA, V.; SRINIVAS, N.; VUPPALA, N. V. S. Analysis and optimization of coagulation and flocculation process. **Applied Water Science**, v. 7, n. 1, p. 451–460, 2017.

SILVA, C. A. DA et al. Classificação dos lodos formados durante o processo de coagulação/floculação da água com os coagulantes PAC e Moring Oleifera. **Engevista**, v. 14, n. 3, p. 302–309, 2012.

SILVA, G. H. DA et al. Mutagenicidade e genotoxicidade em águas superficiais e subterrâneas antes e após o tratamento da água. **HOLOS Environment**, v. 13, n. 1, p. 64–73, 2013.

SILVA, B. R. B. DA. **Avaliação da genotoxicidade como parâmetro de monitoramento ambiental do Rio Ipojuca - Caruaru (PE)**. 2019. 71f. Dissertação (Mestre em Ciências Biológicas)—Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 71f, 2019.

SILVA, M. T. P. **Avaliação dos efeitos tóxicos e genotéticos de microcistinas sob sistemas testes animais e vegetais**. 2017. 140f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Biologia Celular e Molecular)—Rio Claro, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2017.

SILVEIRA, G. L. et al. Toxic effects of environmental pollutants : Comparative investigation using *Allium cepa* L . and *Lactuca sativa* L . **Chemosphere**, v. 178, p. 359–367, 2017.

SIMONYAN, A. et al. Genotoxicity of Water Contaminants from the Basin of Lake Sevan, Armenia Evaluated by the Comet Assay in Bibel Carp (*Carassius auratus gibelio*) and *Tradescantia* Bioassays. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 96, p. 309–313, 2016.

SOBRERO, M. C.; RONCO, A. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L). In: MORALES, G. C. (Ed.). **Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas**. México: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 2004. p. 71–80.

SOBRINHO, M. A. DA M. et al. Geração , tratamento e disposição final dos resíduos das estações de tratamento de água do estado de Pernambuco. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 761–771, 2019.

SONG, Y. et al. Comparative Evaluation of Aluminum Sulfate and Ferric Sulfate-Induced Coagulations as Pretreatment of Microfiltration for Treatment of Surface Water. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 12, p. 6700–6709, 2015.

SOUZA, L. L. **Avaliação in vivo e in vitro do potencial citotóxico, genotóxico e mutagênico da água e do sedimento do Rio Corumbataí - São Paulo, Brasil**. 2014. 123f. Dissertação (Mestre em Ciências Biológicas - Biologia Celular e Molecular)—Rio Claro: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 123f, 2014.

SOUZA, F. H. DE et al. Diagnóstico e discussão sobre uso da Filtração Lenta para abastecimento público em Santa Catarina , Brasil. **Revista DAE**, v. 66, n. 209, p. 37–50, 2018.

SOUZA, T. DA S. et al. The use of diplopods in soil ecotoxicology – A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 103, p. 68–73, 2014.

SRIVASTAV, A. L.; PATEL, N.; CHAUDHARY, V. K. Disinfection by-products in drinking water: Occurrence, toxicity and abatement. **Environmental Pollution**, v. 267, p. 115474, 2020.

ŠTAMPAR, M. et al. Science of the Total Environment Hepatocellular carcinoma (HepG2 / C3A) cell-based 3D model for genotoxicity testing of chemicals. **Science of the Total Environment**, v. 755, 2021.

TAGHIZADEH, MOHAMMAD. Pre-Sedimentation Tank Effects on Water Treatment Unit Operation. **Environmental quality**, v. 28, n. March, p. 35–42, 2018.

TIGRE, R. C. et al. Allelopathic and bioherbicidal potential of *Cladonia verticillaris* on the

germination and growth of *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 84, p. 125–132, 2012.

TRINTINAGLIA, L. et al. Cytotoxicity assays as tools to assess water quality in the Sinos River basin. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 2 suppl, p. 75–80, maio 2015.

VALENTIN-SEVERIN, I. et al. Use of HepG2 cell line for direct or indirect mutagens screening : comparative investigation between comet and micronucleus assays. **Mutation Research**, v. 536, p. 79–90, 2003.

VAN STRAALLEN, N. M. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, v. 9, n. 1–3, p. 429–437, 1998.

WANG, Z. et al. Effect of the micro-flocculation stage on the flocculation/sedimentation process: The role of shear rate. **Science of the Total Environment**, v. 633, p. 1183–1191, 2018.

WATANABE, Y. Flocculation and me. **Water Research**, v. 114, p. 88–103, 2017.

WESTERINK, W. M. A. et al. The development of RAD51C, Cystatin A, p53 and Nrf2 luciferase-reporter assays in metabolically competent HepG2 cells for the assessment of mechanism-based genotoxicity and of oxidative stress in the early research phase of drug development. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 696, n. 1, p. 21–40, fev. 2010.

YOUNG, B. J. et al. Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 76, n. 1, p. 182–186, 2012.

YU, Y. et al. Control of disinfection byproducts in drinking water treatment plants: Insight into activated carbon filter. **Chemosphere**, v. 280, n. February, p. 130958, 2021.

ŽEGURA, B. et al. Combination of in vitro bioassays for the determination of cytotoxic and genotoxic potential of wastewater, surface water and drinking water samples. **Chemosphere**, v. 75, n. 11, p. 1453–1460, jun. 2009.

ZHANG, X. et al. Effect of hydrodynamic breakage on floc evolution and turbidity reduction in flocculation and sedimentation processes. **Water Supply**, v. 22, n. 2, p. 1409-1420,

2021.