



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE  
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E  
TERRITÓRIO (ILATIT)**

**PPGIES – PROGRAMA DE PÓS  
GRADUAÇÃO INTERDISCIPLINAR EM  
ENERGIA E SUSTENTABILIDADE**

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE CITOTÓXICA E GENOTÓXICA EM ÁGUAS  
SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DO LIXÃO DESATIVADO EM  
FOZ DO IGUAÇU – PR.**

**LIZANDRA MARTINS SOARES**

Foz do Iguaçu

2022



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE  
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E  
TERRITÓRIO (ILATIT)**

**PPGIES – PROGRAMA DE PÓS  
GRADUAÇÃO INTERDISCIPLINAR EM  
ENERGIA E SUSTENTABILIDADE**

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE CITOTÓXICA E GENOTÓXICA EM ÁGUAS  
SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DO LIXÃO DESATIVADO EM  
FOZ DO IGUAÇU – PR.**

**LIZANDRA MARTINS SOARES**

Dissertação apresentada ao programa de Pós – Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia e Sustentabilidade.

Orientador: Profº. Drº. Jiam Pires Frigo

Coorientadora: Profª. Drª. Marcela Boroski

Foz do Iguaçu

2022

Catálogo elaborado pelo Setor de Tratamento da Informação  
Catálogo de Publicação na Fonte. UNILA - BIBLIOTECA LATINO-AMERICANA - PTI

S676

Soares, Lizandra Martins.

Avaliação da atividade citotóxica e genotóxica em águas superficiais e subterrâneas na região do lixão desativado em Foz do Iguaçu - PR / Lizandra Martins Soares. - Foz do Iguaçu-PR, 2022.  
89 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana. Instituto Interdisciplinar de Tecnologia, Infraestrutura e Território. Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade. Foz do Iguaçu-PR, 2022.

Orientador: Jiam Pires Frigo.

Coorientador: Marcela Boroski.

1. Ecotoxicologia. 2. Qualidade da água. 3. Lixões. 4. Resíduos sólidos. I. Frigo, Jiam Pires. II. Boroski, Marcela. III. Título.

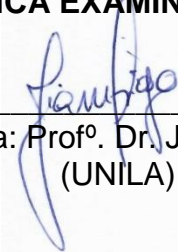
CDU 628.4

LIZANDRA MARTINS SOARES

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE CITOTÓXICA E GENOTÓXICA EM ÁGUAS  
SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DO LIXÃO DESATIVADO EM  
FOZ DO IGUAÇU – PR.

Dissertação apresentada ao programa de Pós – Graduação  
Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade como um dos  
requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia e  
Sustentabilidade.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Orientadora: Prof<sup>o</sup>. Dr. Jiam Pires Frigo  
(UNILA)



---

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Marcela Boroski  
(UNILA)



---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Luíz Henrique Garcia Pereira  
(UNILA)



---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Priscila Ferri Coldebella  
(UDC)

Foz do Iguaçu, 20 de março de 2022.

## **AGRADECIMENTOS**

DEUS sempre virá em primeiro lugar, é ele que guia nossos passos e nos ilumina para que consigamos realizar nossos sonhos.

Em segundo lugar agradeço imensamente á aqueles que nunca mediram esforços para que eu chegasse até aqui, que abririam mão dos próprios sonhos para proporcionar tudo que precisamos, AOS MEUS PAIS, que são minha fortaleza, e mesmo a km de distância sempre estiveram apoiando, ajudando e se preocupando. E o tão esperado título de mestre dedico inteiramente a eles.

Agradeço a minha irmã Nandra, que nesse tempo todo escutou minhas angústias, meus medos e minhas inseguranças, me ajudou muito e “puxou a orelha” quando necessário, sempre presente e nunca deixou o desânimo tomar conta, foram tempos difíceis, dois anos de mestrado atípico, convivendo com as pessoas através da tela de um computador e ela sempre positiva do meu lado motivando nas horas ruins e comemorando as coisas boas, me inspira e sou uma pessoa de muita sorte de ter ela na minha vida.

Ao meu noivo Telmo, que foi guerreiro todo esse tempo, aguentou firme e forte os momentos ruins, a ansiedade, quando o desespero batia por não conseguir seguir a diante com minha escrita, o estresse, mas ele sempre com muita paciência, dedicação e amor, e nos momentos bons, de conquistas, comemoramos juntos, hoje sou uma pessoa feliz e completa por tê-lo comigo.

Ao meu orientador prof. Jiam Pires Frigo pela atenção, por todo o conhecimento e paciência, foram momentos de muito aprendizado. A prof<sup>a</sup> Priscila Ferri Coldebella, que se colocou a disposição e sempre esteve disposta a ajudar quando precisei, vocês foram muito importantes nessa trajetória. Aos demais professores envolvidos, prof<sup>o</sup> Luiz Henrique Garcia Pereira, prof<sup>a</sup> Marcela Boroski, e também meus colegas de trabalho, ninguém largou a mão de ninguém na hora de estudar, de ir a campo fazer coletas e também no desespero.

Agradeço imensamente a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa desde o início do mestrado.

Ao PPGIES pela oportunidade oferecida e a todos os docentes que compõem o programa.

Há todos MEU MUITO OBRIGADA e essa conquista é NOSSA!

## RESUMO

A água é um dos assuntos que sempre está em alta no ranking das grandes preocupações em escala mundial, devido a diversos fatores, dentre eles estão: excesso de uso e má gestão deste recurso e a contaminação de mananciais colocando em risco toda e qualquer tipo de vida existente no meio ambiente. O Brasil, assim como na maioria dos países subdesenvolvidos enfrenta a problemática do descarte inadequado de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), nesse contexto os lixões a aterros controlados se tornam alvos de pesquisa por representarem áreas potenciais de contaminação aos recursos hídricos. Estes, mesmo após seu encerramento, continuam gerando impactos ambientais no solo, no ar e nas águas subterrâneas e superficiais quando instalados onde os solos são vulneráveis à infiltração do lixiviado. Estes depósitos podem levar a alteração das características físico-químicas e biológicas das reservas naturais de determinado local. O lixão Arroio Dourado, localizado na cidade de Foz do Iguaçu (PR), desativado há 28 anos representa para a comunidade local um risco muito grande a saúde devido à exposição a céu aberto de materiais poluentes, podendo comprometer a qualidade da água dos mananciais locais. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo principal analisar a qualidade da água do Arroio Dourado, em uma área sob influência do lixão desativado de Foz do Iguaçu, utilizando como metodologia testes mutagênicos com *Allium cepa* L, investigando o potencial citotóxico e genotóxico de possíveis contaminantes presentes neste recurso hídrico. As coletas foram realizadas nos meses de abril, maio e julho de 2021, totalizando três coletas, sendo seis pontos de coleta (montante, jusante, nascente, poços do tipo cacimba 1 e 2 e poço artesiano comunitário). Analisou-se o índice mitótico (IM) e a presença de aberrações cromossômicas (AC) nas raízes meristemáticas de *Allium cepa*. Em decorrências dessas alterações, estas sugerem a ocorrência de um potencial citotóxico e genotóxico nas amostras de água. Os resultados dessa pesquisa demonstraram algumas alterações relevantes entre os pontos de águas superficiais e subterrâneas e entre os tempos de exposição (T1-24h e T2-48h) em relação ao CO- (Controle negativo). Estes resultados podem ser justificados pelo descarte inadequado de resíduos de origem doméstica e conseqüentemente com uma possível presença de metais pesados e o uso e ocupação do solo também interferem na qualidade da água, pois esse exerce uma forte influência no escoamento superficial contribuindo assim para o carreamento de contaminantes para o manancial. Assim os resultados do presente estudo destacam a importância da utilização de organismos vegetais para realizar testes mutagênicos com o objetivo de avaliar a qualidade ambiental e indicar a necessidade de propostas de retirada do material e tratamento de resíduos para que dessa forma se possa garantir uma boa qualidade da água e uma proteção ativa do meio ambiente e da biodiversidade.

**Palavras – chave:** Ecotoxicologia, qualidade da água, lixões, resíduos sólidos.

## ABSTRACT

Water is one of the subjects that is always high in the ranking of major concerns on a global scale, due to several factors, among them are: excessive use and mismanagement of this resource and the contamination of springs, putting at risk any and all types of water. life in the environment. Brazil, as in most underdeveloped countries, faces the problem of inadequate disposal of Urban Solid Waste (MSW), in this context, landfills and controlled landfills become research targets because they represent potential areas of contamination to water resources. These, even after their closure, continue to generate environmental impacts on soil, air and groundwater and surface water when installed where soils are vulnerable to leachate infiltration. These deposits can lead to changes in the physical-chemical and biological characteristics of natural reserves in a given location. The Arroio Dourado dump, located in the city of Foz do Iguaçu (PR), deactivated for 28 years, represents a very great health risk for the local community due to the open air exposure of polluting materials, which can compromise the water quality of local springs. In this sense, the present study has as main objective to analyze the water quality of Arroio Dourado, in an area under the influence of the deactivated dump of Foz do Iguaçu, using mutagenic tests with *Allium cepa* L as methodology, investigating the cytotoxic and genotoxic potential of possible contaminants present in this water resource. The collections were carried out in April, May and July 2021, totaling three collections, with six collection points (upstream, downstream, source, wells type 1 and 2 and community artesian well). The mitotic index (MI) and the presence of chromosomal aberrations (AC) in the meristematic roots of *Allium cepa* were analyzed. The results of this research showed some relevant changes between the points of surface and groundwater and between the exposure times (T1-24h and T2-48h) in relation to CO- (Negative control). These results can be justified by the inadequate disposal of waste from domestic origin and, consequently, with a possible presence of heavy metals and the use and occupation of the soil also interfere with the quality of the water, as it exerts a strong influence on the surface runoff, thus contributing to the transport of contaminants to the spring. Thus, the results of the present study highlight the importance of using plant organisms to perform mutagenic tests in order to evaluate the environmental quality and indicate the need for proposals for material removal and waste treatment so that good quality can be guaranteed. of water and active protection of the environment and biodiversity.

**Keywords:** Ecotoxicology, water quality, dumps, solid waste.

## RESUMEN

El agua es uno de los temas que siempre ocupa un lugar destacado en el ranking de grandes preocupaciones a escala mundial, debido a varios factores, entre ellos se encuentran: el uso excesivo y el mal manejo de este recurso y la contaminación de los manantiales, poniendo en riesgo todo tipo de de agua vida en el medio ambiente. Brasil, como en la mayoría de los países subdesarrollados, enfrenta el problema de la disposición inadecuada de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), en este contexto, los rellenos sanitarios y los rellenos sanitarios controlados se convierten en objetivos de investigación porque representan áreas potenciales de contaminación de los recursos hídricos. Estos, incluso después de su cierre, continúan generando impactos ambientales en el suelo, el aire y las aguas subterráneas y superficiales cuando se instalan donde los suelos son vulnerables a la infiltración de lixiviados. Estos depósitos pueden generar cambios en las características físico-químicas y biológicas de las reservas naturales en un lugar determinado. El vertedero de Arroio Dourado, ubicado en la ciudad de Foz do Iguaçu (PR), desactivado hace 28 años, representa un riesgo muy grande para la salud de la comunidad local debido a la exposición al aire libre de materiales contaminantes, que pueden comprometer la calidad del agua de los locales. resorts. . En ese sentido, el presente estudio tiene como principal objetivo analizar la calidad del agua de Arroio Dourado, en un área bajo la influencia del vertedero desactivado de Foz do Iguaçu, utilizando como metodología pruebas mutagénicas con *Allium cepa* L, investigando la citotóxica y genotóxica. potencial de posibles contaminantes presentes en este recurso hídrico. Las colectas se realizaron en los meses de abril, mayo y julio de 2021, totalizando tres colectas, con seis puntos de colecta (aguas arriba, aguas abajo, fuente, pozos tipo 1 y 2 y pozo artesiano comunitario). Se analizó el índice mitótico (MI) y la presencia de aberraciones cromosómicas (AC) en las raíces meristemáticas de *Allium cepa*. Como resultado de estos cambios, sugieren la ocurrencia de un potencial citotóxico y genotóxico en las muestras de agua. Los resultados de esta investigación mostraron algunos cambios relevantes entre los puntos de agua superficial y subterránea y entre los tiempos de exposición (T1-24h y T2-48h) en relación al CO- (Control negativo). Estos resultados pueden ser justificados por la inadecuada disposición de residuos de origen doméstico y, en consecuencia, con la posible presencia de metales pesados y el uso y ocupación del suelo también interfiere en la calidad del agua, ya que ejerce una fuerte influencia sobre la escorrentía superficial, contribuyendo así al transporte de contaminantes al manantial. Así, los resultados del presente estudio resaltan la importancia de utilizar organismos vegetales para realizar pruebas mutagénicas con el fin de evaluar la calidad ambiental e indican la necesidad de propuestas de remoción de material y tratamiento de residuos para garantizar una buena calidad. del agua y la protección activa del medio ambiente y la biodiversidad.

**Palabras clave:** Ecotoxicología, calidad del agua, vertederos, residuos sólidos.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO</b> .....	<b>16</b>
3.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA.....	16
3.2 USO MÚLTIPLO DA ÁGUA .....	18
3.3 QUALIDADE DA ÁGUA .....	19
3.4 CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA .....	22
3.4.1 Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água .....	25
3.4.1.1 <i>Temperatura</i> .....	27
3.4.1.2 <i>Turbidez</i> .....	27
3.4.1.3 <i>Cloreto Total</i> .....	27
3.4.1.4 <i>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</i> .....	28
3.4.1.5 <i>Fósforo</i> .....	28
3.4.1.6 <i>Oxigênio Dissolvido</i> .....	28
3.4.1.7 <i>Potencial hidrogeniônico (pH)</i> .....	28
3.4.1.8 <i>Alcalinidade</i> .....	29
3.4.1.9 <i>Condutividade elétrica</i> .....	29
3.4.1.10 <i>Dureza</i> .....	29
3.4.1.11 <i>Sólidos Totais Dissolvidos</i> .....	30
3.4.1.12 <i>Nitrogênio</i> .....	30
3.4.1.13 <i>Coliformes</i> .....	31
3.4.2 Fatores que Influenciam na Qualidade da Água .....	33
3.4.3 Águas Superficiais e Subterrâneas.....	33
3.5 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	35
3.5.1 Destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos .....	36
3.5.2 Impactos após o encerramento dos lixões.....	38
3.6 LIXÃO ARROIO DOURADO – FOZ DO IGUAÇU/PR.....	39
3.7 TOXICOLOGIA AMBIENTAL X ECOTOXICOLOGIA .....	40
3.7.1 Biomarcadores e bioindicadores ambientais .....	42
3.7.2 Testes mutagênicos e organismos-teste .....	43
3.7.3 Teste <i>Allium cepa</i> .....	45
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>49</b>

4.1 TIPO DE ESTUDO.....	49
4.2 LOCAL DO ESTUDO.....	49
4.3 PONTOS E COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA.....	50
4.4 TESTE <i>Allium</i> cepa.....	53
4.4.1 Enraizamento e Preparo das amostras.....	54
4.4.2 Fixação.....	54
4.4.3 Preparo das lâminas.....	55
4.4.4 Análise microscópica.....	55
4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	56
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE “A”.....</b>	<b>86</b>
<b>APÊNDICE “B”.....</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE “C”.....</b>	<b>90</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Fluxograma dos eventos da Ecotoxicologia .....	41
<b>Figura 2</b> Diferença entre bioindicador ( <i>Allium cepa</i> ) e biomarcador (IM e AC).....	42
<b>Figura 3</b> Fases da divisão mitótica .....	47
<b>Figura 4</b> Meristema apical das raízes de <i>Allium cepa</i> .....	48
<b>Figura 5</b> Localização do Estado do Paraná e do município de Foz do Iguaçu .....	49
<b>Figura 6</b> Localização da Microbacia Arroio Dourado e da Bacia do Rio Tamanduá.	50
<b>Figura 7</b> Localização dos pontos de coleta .....	51
<b>Figura 8</b> Pontos de coleta de água superficial.....	52
<b>Figura 9</b> Pontos de coleta de água subterrânea.....	52
<b>Figura 10</b> Etapas do experimento para os testes mutagênicos utilizando <i>Allium cepa</i> .....	53
<b>Figura 11</b> Procedimentos do teste <i>Allium cepa</i> .....	56
<b>Figura 12</b> Dados de controles (CO+ e CO-) para citotoxicidade (IM) da coleta 1.....	60
<b>Figura 13</b> Dados de controles (CO+ e CO-) para citotoxicidade (IM) da coleta 2.....	62
<b>Figura 14</b> Dados de controles (CO+ e CO-) para citotoxicidade (IM) da coleta 3.....	63
<b>Figura 15</b> Aberrações cromossômicas mais frequentes. (A) Prófase normal; (B) Anáfase com fragmento cromossômico (seta); (C) Ponte cromossômica (seta); (D) Perda cromossômica (seta); (E) Anáfase normal; (F) Metáfase normal; (G) Telófase com aderência cromossômica; (H) Anel cromossômico; (I) Telófase normal; (J) Cromossomos isolados (seta); (L) Quebra cromossômica.....	65
<b>Figura 16</b> Dados de controles (CO+ e CO-) para genotoxicidade (AC) da coleta 1 .	66
<b>Figura 17</b> Dados de controles (CO+ e CO-) para genotoxicidade (AC) da coleta 2 .	67
<b>Figura 18</b> Dados de controles (CO+ e CO-) para genotoxicidade (AC) da coleta 3 .	68

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1-</b> Classificação e finalidade da água .....	23
<b>Quadro 2</b> - Parâmetros padrões do Índice de Qualidade da Água (IQA) .....	31
<b>Quadro 3</b> - Classificação dos resíduos sólidos quanto ao objeto de estudo .....	36
<b>Quadro 4</b> Principais parâmetros da sonda .....	53

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> Localização geográfica e características dos pontos de amostragem .....	50
<b>Tabela 2</b> Estatística descritiva de condutividade .....	57
<b>Tabela 3</b> Estatística descritiva de salinidade .....	58
<b>Tabela 4</b> Estatística descritiva de sólidos totais dissolvidos .....	58
<b>Tabela 5</b> Estatística descritiva de pH.....	59
<b>Tabela 6</b> Estatística descritiva de temperatura .....	59
<b>Tabela 7</b> Dados para citotoxicidade e genotoxicidade.....	68

## 1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, um dos principais assuntos abordados mundialmente é questão da qualidade e da quantidade de água que esteja em condições adequadas para ser consumida. Por se tratar de um atributo natural, utilizado por todas as espécies e para múltiplas finalidades, essencial para a existência e a manutenção de todos os seres vivos, o que à torna necessária no ambiente em quantidade e qualidade apropriadas para consumo (BORTOLI, 2017).

De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011), cerca de 1,1 bilhões de pessoas ainda não possuem acesso à água potável e 2,4 bilhões de pessoas não possuem acesso a serviços de saneamento básico, portanto, diante dessa análise, a água torna-se um recurso estratégico de uso e interesse coletivo.

Dentre os diversos problemas de poluição ambiental e o uso inadequado das reservas naturais, encontra-se a questão ligada à produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), que em grandes centros envolvem vários aspectos, sendo um deles a disposição e/ou operação inadequada de resíduos sólidos em aterros sanitários. Estes vêm causando efeitos graves para o meio ambiente, e também eleva o índice de contaminação das águas superficiais e subterrâneas devido ao lixiviado produzido na decomposição desses resíduos (SANTOS, 2008).

A forma mais comum de disposição inadequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é em lixões, nos quais, os resíduos são descartados sobre o solo desprotegido e permanece a céu aberto, causando uma vasta degradação ambiental. Além da problemática da poluição ao meio, os lixões provocam impactos sociais e causam danos à saúde das pessoas que vivem nesses locais, muito provavelmente aos catadores de lixos recicláveis que atuam dentro dos lixões de forma insalubre (ARAÚJO, 2019).

De acordo com Albertin (2011) a disposição dos RSU é um grande problema enfrentado, principalmente em países subdesenvolvidos que é o caso do Brasil, lixões e aterros controlados são métodos bastante utilizados, porém inadequados. Os RSUs (Resíduos sólidos urbanos) podem contaminar solos, água e ar devido a presença de materiais perigosos (metais pesados) e matéria orgânica.

O estado do Paraná é rico em reservas de água doce, e seu maior consumo se dá para o abastecimento público (42%), demanda industrial (24%), agricultura

(21%) e pecuária (13%). Possui no total de 16 bacias hidrográficas, dentre elas encontra-se a Bacia do Iguaçu e a Bacia do Paraná 3. Inserido entre essas bacias está localizado o município de Foz do Iguaçu (PR), incluindo a área do Arroio Dourado, onde fica locado o antigo lixão desativado do Arroio Dourado, sendo esta a área da presente pesquisa (ANA, 2017).

Em Foz do Iguaçu, o lixão “Arroio Dourado” desativado em 1992, encontra-se nas proximidades de um afluente do Rio Tamanduá, onde está situado um ponto de captação de água da SANEPAR, órgão responsável pelo abastecimento da cidade. Este fato despertou a preocupação com esse corpo hídrico e subsidiou a problemática com o seguinte questionamento: Os resíduos que ainda se encontram no local, dispostos de forma inadequada influenciam na qualidade da água do Arroio Dourado? Dessa forma, a partir desse questionamento, tem-se a hipótese que a qualidade da água do Arroio Dourado é influenciada pela disposição incorreta dos resíduos sólidos, devido a deterioração do material disposto no solo, material este que pode gerar chorume.

A pesquisa se justifica pelo fato que, mesmo após a desativação dos lixões, os mesmos seguem causando impactos ambientais no solo, no ar e nas águas superficiais e subterrâneas devido ao chorume. Este por sua vez quando entra em contato com as águas pluviais transforma-se em líquido lixiviado e escorre para os corpos d'água mais próximos. Visto isso, percebe-se a importância da análise da qualidade da água localizada próximo à locais de descarte de resíduos sólidos, não apenas com o objetivo de prevenção, mas sim para se obter resultados e caso confirmada a contaminação, futuramente auxiliar em projetos que possam ser usados em uma possível remediação do local.

Contudo, a proposta apresentada no referido estudo, objetiva analisar a qualidade da água do Arroio Dourado, em uma área sob influência de um lixão desativado de Foz do Iguaçu, utilizando testes mutagênicos a partir de células meristemáticas de *Allium cepa* e com isso verificar se há ou não presença de poluentes e quais os possíveis danos que podem causar para o meio ambiente.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a atividade citotóxica e genotóxica das amostras de água sob a influência do lixão Arroio Dourado localizado no município de Foz do Iguaçu/PR a partir de testes mutagênicos em raízes meristemáticas de *Allium cepa*.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar análise ecotoxicológica das amostras de água da região do Arroio Dourado.

Avaliar os índices citotóxicos e genotóxicos das amostras da área de pesquisa.

Verificar a contribuição do Lixão enquanto agente poluidor das águas superficiais e subterrâneas da região.

### 3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

#### 3.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

A água é um recurso natural intensamente utilizado e essencial à manutenção da vida, no entanto os ecossistemas aquáticos vêm sofrendo profundas transformações, na maioria das vezes decorrentes de fontes antrópicas e em diversos níveis. Todos os organismos necessitam dela para sobreviver, visto que esse recurso participa e dinamiza todos os ciclos ecológicos. Os sistemas aquáticos proporcionam ao homem uma variedade de recursos, devido a diversificação das espécies, sendo essa parte ativa e relevante da diversidade biológica do planeta terra (PEIXOTO, 2016).

É importante destacar ainda, que a disponibilidade da água está ligada diretamente com a manutenção dos ecossistemas, e para isso é fundamental que este recurso esteja dentro dos padrões de qualidade e isento de substâncias que possam causar efeitos deletérios aos organismos (BRAGA *et al.*, 2005).

Durante muito tempo, acreditou-se que este seria um bem inesgotável, porém segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997, estabelece uma política, em esfera nacional, elaborando meios que possibilite tornar esse recurso natural disponível em quantidade e qualidade a toda população brasileira (TUNDISI, 2011).

A água encontra-se disponível sob várias formas e é uma das substâncias mais comuns na natureza. A quantidade total deste recurso na natureza é fixa, mas sua distribuição não é uniforme, cerca de 97,5% é salgada (oceanos), de água doce o percentual é muito pequeno, apenas 2,5%, sendo que 68,9% a maior parcela desta se encontra nas calotas polares em forma de geleiras. Desta pequena quantidade de água doce (2,5%), uma parte ainda menor está em condições de ser explorada pelo homem, que são as águas superficiais, cerca de 0,3% (rios e lagos) e as águas subterrâneas em torno de 30%, que estão armazenadas no subsolo, em rochas denominadas de aquíferos (GIAMPÁ, 2005).

Rebouças (2006) destaca que no Brasil a distribuição de água é bastante irregular. De toda água disponível no território brasileiro, 78% está localizada na região Norte (bacia Amazônica e do Tocantins), onde localiza-se a menor densidade

populacional do país, e 6% do total disponível são distribuídos para a região Sudeste (bacia do Rio Paraná), onde concentra-se o maior número de pessoas no Brasil. O autor ainda ressalta que os problemas de abastecimento no Brasil estão diretamente relacionados, com o crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas, em níveis nunca imaginados.

De acordo com Berbert (2018) as atividades agrícolas demandam um percentual de 70% da água disponível no mundo, levando em consideração que isso aumentou duas vezes mais que as taxas de crescimento populacional no último século, dessa forma estima-se que em 2025 aproximadamente 20% da população mundial enfrentará problemas de disponibilidade de recursos hídricos.

Tal realidade eleva ainda mais a grande preocupação pela preservação da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos disponíveis no planeta, dando uma maior atenção para as águas superficiais, que a cada dia se tornam relativamente mais escassas em função de alguns fatores como: acelerado crescimento populacional, da má utilização dos recursos naturais pelo homem e da poluição que afeta diretamente as fontes (GASPAROTTO, 2011).

Segundo Tundisi (2015) gira em torno da crise hídrica mundial muitos problemas tais como: as enchentes e extremos de precipitação, a seca e a deterioração da qualidade da água. Assim como existem os problemas, o autor aponta também para possíveis soluções como, a redução da demanda, o reuso de água, a redução de perda de água na rede, avanços na governança de água, tecnologias, preservação das águas subterrâneas, saneamento básico e gestão integrada de recursos hídricos, educação e capacitação de recursos humanos.

O próprio crescimento demográfico tem afetado os recursos hídricos, que têm se tornado o destino final de diversos tipos de poluentes devido à deterioração sistemática de sua qualidade e de sua potabilidade natural (SILVA, 2011). A disponibilidade de água potável segura e saudável para todos é um dos desafios para os governantes e o meio científico em todo o mundo, já que a potabilidade da água é pré-requisito para a saúde e meios de subsistência (BRASIL, 2011).

Atualmente as atividades humanas têm ocasionado alterações significativas no meio ambiente, devido ao novo estilo de vida e a busca incessante pelo desenvolvimento, o que tem comprometido sua qualidade (BRASIL, 2005). Os efluentes de diversas origens (industrial, doméstico, agrícola), que são,

indiscriminadamente, liberados no meio ambiente, contêm substâncias com características mutagênicas, genotóxicas e citotóxicas, as quais são responsáveis pela poluição dos ecossistemas e, conseqüentemente, afetam a saúde humana (GUIMARÃES, 2018).

A potabilidade da água é definida por meio de um conjunto de parâmetros e padrões de aceitabilidade que são preconizados por normas e legislações sanitárias considerando-se os requisitos que podem oferecer riscos à saúde humana (VIANA *et al.*, 2007). Essa água deve oferecer parâmetros biológicos, físicos, químicos que estejam em concordância com os padrões de potabilidade (BRASIL, 2014).

### 3.2 USO MÚLTIPLO DA ÁGUA

O Ciclo hidrológico responsável por movimentar a água, através de rios, mares, lagos, geleiras, água subterrânea e atmosfera, disponibiliza condições essenciais para a sobrevivência humana. Sua importância está relacionada também ao desenvolvimento de atividades produtivas devido aos seus múltiplos usos, como por exemplo: produção industrial, agropecuária, turismo, transporte fluvial, mineração, geração de energia, manutenção das condições ambientais etc. (STELLATO, 2017).

Para se obter um balanceamento homogêneo do uso da água, é necessário um planejamento integrado dos recursos hídricos, visto que esse, é uma ferramenta indispensável e fundamental para que se possam compatibilizar as diversas finalidades de destino da água, nos diferentes setores produtivos. Para efetivá-lo torna-se necessária a realização de um diagnóstico conjunto da disponibilidade e da qualidade hídrica, o qual é uma das alternativas mais utilizadas para se identificar os impactos que interferem na qualidade da água e na sua disponibilidade hídrica, bem como para propor medidas preventivas ou corretivas, com o objetivo de diminuir os conflitos e viabilizar a utilização do recurso (VIEIRA, 2015).

O uso inadequado da água compromete severamente a sua qualidade, sendo que esta varia muito, pois é influenciada pelo clima, vegetação, ecossistema aquático e pelas ações do homem no meio ambiente. A variação pela ação do homem ocorre devido aos grandes impactos gerados pelos usos múltiplos da água. Os impactos mais decorrentes é a contaminação por metais pesados ou substâncias

orgânicas, aumento do material em suspensão, acidificação e aumento da incidência e dispersão de doenças de veiculação hídrica (TUNDISI, 2006)

Tundisi (2011) ainda reforça que o aumento e a diversificação dos diversos usos da água resultaram em uma multiplicidade de impactos, de diversas magnitudes. Esses exigem diferentes tipos de avaliação qualitativa e quantitativa, além de um monitoramento adequado e de longo prazo. Com o desenvolvimento econômico e social, produziu - se inúmeras pressões sobre o ciclo hidrológico e sobre as reservas de águas superficiais e subterrâneas. Os usos da água para a agricultura intensificaram-se a partir da segunda metade do século XX, tornando-se umas das principais utilizações.

De acordo com Esteves (2011) os múltiplos usos da água são classificados de acordo com a quantidade hídrica demandada e as perdas quali-quantitativas geradas após o uso, denominadas formas de uso consuntiva e não consuntiva.

O uso da água de forma consuntiva baseia-se na retirada de uma certa quantidade de água dos mananciais, que depois de utilizada é devolvida em quantidade menor ou com a qualidade prejudicada, provocando prejuízos quantitativos (SOUZA *et al.*, 2014).

De acordo com Tucci (2006) no Brasil, os usos consultivos de água são distribuídos da seguinte maneira: irrigação (63%), abastecimento humano (18%), setor industrial (14%) e uso animal (5%). Já a outra classificação de acordo com o uso da água é o de forma não-consultiva, que é aquele que utiliza a água em seus próprios mananciais sem precisar retirá-la do sistema de captação, ou caso for captada, retornam integralmente ao seu local de origem, sem danos deletérios ao corpo hídrico, como exemplo: a navegação, a diluição de efluentes, a pesca, a preservação da flora e fauna e a recreação.

### 3.3 QUALIDADE DA ÁGUA

Os diversos conceitos sobre qualidade da água, não estão estritamente ligados à sua pureza, e sim aos seus aspectos físicos, químicos e biológicos. Um acompanhamento periódico desses parâmetros em corpos d'água é fundamental para a análise das condições ambientais das bacias, a fim de planejar estratégias e

tomar decisões que visem a conservação e o uso sustentável das águas (PEIXOTO, 2016).

De acordo com Silva (2013) a grande quantidade de rejeitos que são lançados nos corpos d'água torna-se cada vez mais difícil encontrar reservas hídricas que são capazes de atender os mais diversificados usos. Frequentemente são lançados nos rios toneladas de esgotos domésticos sem nenhum tipo de tratamento, efluentes industriais, resíduos de atividades agropecuárias, além do depósito incorreto de resíduos sólidos. Associado a isso a perda da mata ciliar e o desmatamento favorecem a erosão e o assoreamento, comprometendo a qualidade das águas, provocando poluição dos recursos hídricos.

Nesse contexto Peixoto (2016) explica que as interferências do homem tem sido um grande agravante na qualidade da água.

Em inúmeras bacias hidrográficas a contaminação dos mananciais tem ocorrido em decorrência das diferentes condições de interferência do homem no seu funcionamento natural, tornando indispensável a realização de estudos que considerem a compreensão do funcionamento básico dessas unidades. No Brasil a principal fonte de abastecimento de água para a população são os rios, que em sua maioria não possuem sistemas de monitoramento da qualidade da água. Diante da importância dos recursos hídricos para o desenvolvimento da vida humana e de várias atividades, torna-se fundamental a preservação dessas reservas naturais (PEIXOTO, 2016, p. 17).

O impacto das ações humana na qualidade da água podem ser determinadas por meios de avaliações químicas, análises de bioindicadores e testes de toxicidade. De acordo com Fuzinato (2009) as análises químicas eram muito usadas e predominaram durante os anos 80, com o objetivo de classificar os contaminantes encontrados em efluentes líquidos e serviram como base dos padrões da legislação sobre a qualidade ambiental. Contudo, observa-se que somente as análises químicas não se tornam suficientes quando se quer identificar a fração da substância presente no meio que exerceria efeito tóxico sobre a biota.

A grande parte dos rios brasileiros, que são a principal fonte de abastecimento de água para a população, gera preocupação, quando se leva em consideração a grande importância dos recursos hídricos para o desenvolvimento da vida humana e das atividades agrícolas e industriais. Desse modo, é de fundamental importância o conhecimento da qualidade das águas, pois este permite não somente auxiliar na definição dos usos pretendidos como também avaliar sua qualidade e

indicar quais atividades humanas provoca ou podem causar sua degradação (HADDAD *et al.*, 2010). Nessa direção o monitoramento da qualidade da água insere-se como uma ferramenta que permite investigar, descrever e interpretar dados sobre a verdadeira situação da qualidade dos recursos hídricos, possibilitando fomentar ações no sentido de se restabelecer as condições de equilíbrio e sustentabilidade destes ecossistemas impactados (ARROIO *et al.*, 2011).

Quando se trata de alterações ambientais no ecossistema aquático, Fagundes (2010) destaca que o monitoramento das variáveis físicas e químicas traz algumas vantagens como: identificação imediata nas modificações das propriedades físicas e químicas da água; detecção precisa da variável modificada e determinação das concentrações alteradas. Entretanto, a desvantagem deste sistema é que ele oferece dados momentâneos do que pode ser uma situação altamente dinâmica, levando em consideração a capacidade de autodepuração e o fluxo unidirecional dos ambientes lóticos, os efluentes conduzidos através da drenagem pluvial vão para dentro dos ecossistemas aquáticos e estes por sua vez podem diluir antes da data da coleta das amostras, o que pode causar uma pequena alteração na concentração das variáveis.

Para caracterizar um corpo d'água são determinados diversos parâmetros, que são indicadores da qualidade da água e se constituem não conformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Ao se abordar a questão de qualidade da água, é fundamental ter em mente que para meio líquido apresenta duas características marcantes, que condicionam de maneira absoluta, a conformação desta qualidade: capacidade de diluição e capacidade de transporte (BRASIL, 2014).

Dessa maneira, é possível constatar que a água tem a capacidade de dissolver uma ampla variedade de substâncias, sendo essas que conferem a ela suas características peculiares. Além disso, as substâncias dissolvidas e as partículas presentes no meio da massa líquida são transportadas pelos cursos d'água, mudando continuamente de posição e estabelecendo um caráter fortemente dinâmico para a questão da qualidade da água. Outro aspecto bastante relevante refere-se às comunidades de organismos que habitam o ambiente aquático, quando

observado seu metabolismo é perceptível que alguns desses organismos provocam alterações físicas e químicas na água, enquanto que outros sofrem os efeitos dessas alterações (BRASIL, 2014).

### 3. 4 CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA

A intensificação do crescimento demográfico e econômico do Brasil, além de aumentar o consumo de água, causou efeitos deletérios na qualidade das águas, em virtude do crescimento de atividades industriais, agropecuárias e de mineração. Sendo assim, em regiões onde a disponibilidade de água é mais abundante, o uso para fins nobres tem sido comprometido. Neste contexto em 8 de janeiro de 1997 foi aprovada a Lei nº 9.433 a qual instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH.

O PNRH estabelece que:

A água é um bem de domínio público; recurso natural limitado, dotado de valor econômico; em situações de escassez hídrica, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; a gestão de recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos da água; a bacia é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e comunidades (GUIMARÃES, 2018, p. 4).

O gerenciamento dos recursos hídricos pode ser entendido como um instrumento que tem como objetivo orientar o poder público e a sociedade, em uma estimativa a longo prazo, sobre a utilização o monitoramento dos recursos ambientais naturais, econômicos e socioculturais, na área de abrangência de uma bacia hidrográfica, de forma a promover o desenvolvimento sustentável (VIEIRA, 2015).

A Lei 9.433/97 tem como objetivo gerenciar e monitorar os recursos hídricos de forma a assegurar para as futuras gerações uma água com padrões de qualidade adequada ao uso, proporcionar a utilização consciente e integrada e prevenir que a sociedade enfrente eventos hidrológicos de origem natural ou decorrentes de uso inadequado (GUIMARÃES, 2018).

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua resolução nº 357, de março de 2005, estabelece níveis de qualidade para as águas, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar o uso das águas doces, salinas e salobras (BRASIL, 2005). A referida resolução foi implementada em substituição à Resolução CONAMA nº 20, de 1986 e, no ano de 2011, foi complementada e atualizada com a Resolução CONAMA nº 430, a qual dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Já a Resolução CONAMA nº 396, de abril de 2008 estabelece níveis de qualidade para águas subterrâneas considerando os usos preponderantes (BRASIL, 2008).

Nesse contexto, a Resolução CONAMA nº 357 define, classifica e divide em 13 classes de qualidade as águas doces, salinas e salobras do território brasileiro levando em consideração os usos atuais e futuros. A partir disso, os enquadramentos começaram a ser utilizado como instrumento de monitoramento da qualidade da água pelo Sistema Nacional de Meio Ambiente e pela Política Nacional de Recursos Hídricos, uma vez que são de grande importância, pois determinam o uso da água de acordo com a sua qualidade, seguindo o protocolo segundo suas características físicas, químicas e biológicas (PEIXOTO, 2016).

O Quadro 1 apresenta as classes de qualidade da água e suas finalidades de uso, segundo Brasil (2005).

**Quadro 1- Classificação e finalidade da água**

<b>Águas Doces</b>	
<b>Classe</b>	<b>Finalidade de uso</b>
Especial	Abastecimento para o consumo humano, com desinfecção, preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, preservação dos ambientes aquáticos em unidade de conservação de proteção integral.
I	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
II	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e a atividade de pesca.
III	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário; dessedentação de animais.

IV	Navegação; harmonia paisagística.
<b>Águas Salinas</b>	
Classe	Finalidade de uso
Especial	Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
I	Recreação de contato primário; proteção das comunidades aquáticas; aquicultura e a atividade de pesca.
II	Pesca amadora; recreação de contato secundário.
III	Navegação; harmonia paisagística.
<b>Águas Salobras</b>	
Classe	Finalidade de uso
Especial	Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
I	Recreação de contato primário; proteção das comunidades aquáticas; aquicultura e a atividade de pesca; abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que são ingeridas cruas sem remoção de película, e a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
II	Pesca amadora; recreação de contato secundário.
III	Navegação; harmonia paisagística.

**Fonte:** Autora baseado em Brasil (2005)

A publicação de Resolução CONAMA n° 357, de 2005, ficou marcado como um importante avanço em questões técnicas e institucionais para melhorar a gestão de qualidade da água. Dentre os avanços destaca-se: a inclusão de novos atributos de qualidade de águas e a revisão dos atributos da Resolução CONAMA n° 20, de 1986, a definição de que as metas de qualidade da água devem ser atingidas e a definição do conceito de progressividade para o alcance das metas de enquadramento (VIEIRA, 2015).

Em 13 de maio de 2011, foi publicada a Resolução nº 430, que dispõe sobre os parâmetros, condições, padrões e diretrizes para gestão do descarte de efluentes em corpos de água receptores e altera e complementa a Resolução 357/2005.

Com relação a Resolução CONAMA nº 396 de abril de 2008, encontra-se sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, condições e padrões de qualidade, preservação e controle da poluição das águas subterrâneas, por meio da quantificação de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Em 2010 a Agência Nacional das Águas – ANA – buscando melhorar e integrar o monitoramento da qualidade da água no Brasil criou o Programa Nacional da Qualidade das Águas (PNQA), que objetiva ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil, e assim contribuir com a elaboração de políticas públicas para a recuperação de área ambiental, corpos d'água como rios e reservatórios, possibilitando assim uma gestão sustentável dos recursos hídricos (LIMA *et al.*, 2008).

Dentre as resoluções descritas no contexto acima, ambas determinam os parâmetros qualitativos dos recursos hídricos, atribuindo a eles valores limites, de acordo com cada finalidade de uso da água.

#### 3.4.1 Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água

O conceito de poluição das águas deve relacionar o uso com a qualidade, sendo assim é possível afirmar que suas características físicas, químicas e biológicas quando alteradas, arremeta a um ou mais de seus usos preestabelecidos. O termo preestabelecido é atribuído ao fato de que toda água disponível, para ser utilizada precisa estar associada a usos no presente e no futuro, assim, qualquer forma de destinação de água deverá ser intimamente ligada à sua qualidade (PEIXOTO, 2016). Para Silva (2013), a água é um bom solvente, sendo esta que recebe, dilui e transporta efluentes que são lançados no rio.

De acordo com Lima *et al.*, (2008) os diferentes tipos de poluentes lançados num corpo d'água são divididos em duas classes: pontual e difusa, os resíduos domésticos e industriais fazem parte da fonte pontual, visto que esse tipo de efluente se restringe a um ponto de lançamento, tornando assim o meio de coleta por meio de redes e canais mais acessível, essa por sua vez pode ser reduzida ou eliminada

por meio de tratamento adequado para então ser lançado no rio. Em contrapartida as fontes difusas apresentam vários pontos de descarga, que são resultantes do escoamento em áreas urbanas e/ou agrícolas, ocorrendo nos períodos de chuva, onde a concentração dos poluentes se encontra mais concentrada. É importante ressaltar que a atenuação dessas fontes por vezes requer mudanças na forma como se é manipulado o solo e na melhoria de programas de educação ambiental.

Segundo Peixoto (2016) as análises físico-químicas são as mais comuns quando se fala de avaliação da qualidade da água, ainda que representem somente o estado das águas em um local e momentos determinados, as variações significativas entre dois instantes de amostragem são facilmente perdidas, deixando de ser consideradas. Quando aplicadas longe da fonte poluidora, as análises físico-químicas podem não ser o suficiente para detectar alterações do ecossistema.

Cada sistema possui suas características próprias, para tanto se torna indispensável o conhecimento das mesmas para eleger a melhor forma de monitoramento, sendo assim os parâmetros considerados importantes para um diagnóstico sobre qualidade da água podem ser divididos em categoria:

**1. Características químicas:** quando existe a presença de substâncias químicas (parâmetros orgânicos: benzeno, glifosato, tricloroetano etc, e parâmetros inorgânicos: fósforo, mercúrio, nitrato, cianeto etc.)

**2. Características físicas:** Quando existente a presença de sólidos e gases. Os parâmetros sólidos totais, sólidos dissolvidos, temperatura, turbidez entre outros.

**3. Características biológicas:** atribuídas a presença ou teste com seres vivos (Microbiológicas: coliformes totais, coliformes termotolerantes etc. Hidrobiológicas: clorofila, fitoplâncton, zooplâncton, bentos etc. Toxicológicas: Microcistinas e ensaios de toxicidade (STELLATO, 2017).

Para Peixoto (2016) o monitoramento das variáveis físicas e químicas, são importantes na análise de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, tais como: verificação de modificações nas características da água, identificação da variável modificada e determinação das concentrações alteradas. A seguir são utilizados nos estudos de qualidade da água os parâmetros padrões:

#### 3.4.1.1 *Temperatura*

É a medição da intensidade de calor do meio. A alteração desse parâmetro pode ser causada por fontes naturais, mais precisamente por radiação solar, velocidade da fotossíntese, velocidade do metabolismo dos organismos etc. Sendo assim, a temperatura representa uma condição ambiental que é relevante em estudos sobre qualidade de água, pois ela exerce influência marcante em processos importantes como na velocidade das reações químicas, na solubilidade de substâncias, entre outros (GOMES *et al.*, 2013).

#### 3.4.1.2 *Turbidez*

É definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A turbidez dos corpos d'água é particularmente alta em regiões com solos erosivos, onde a precipitação pluviométrica pode carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo (BRASIL, 2014).

De acordo com Hermes *et al.* (2004), a turbidez é um dos parâmetros típicos das características físicas da água, onde as alterações são observadas com precisão. Um dos problemas relacionados à turbidez é que as substâncias que à causam são substâncias nocivas, ou seja, se a substância em suspensão for em grande quantidade, a água pode ter um sabor desagradável, além disso os sólidos em suspensão podem servir de escudo para microrganismos patogênicos, o que causa a redução da desinfecção.

#### 3.4.1.3 *Cloreto Total*

Os cloretos estão distribuídos na natureza geralmente em forma de sais de sódio (NaCl), de potássio (KCl) e sais de cálcio (CaCl<sub>2</sub>). A presença de íons de cloreto na água pode ser atribuída a diversos fatores, tais como: dissolução dos depósitos de sal, descargas de efluentes das indústrias químicas, exploração de poços petrolíferos e infiltração das águas marinhas em águas costeiras (GOMES FILHO *et al.*, 2013).

#### *3.4.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)*

É definida como a quantidade de oxigênio atribuída para as bactérias estabilizar a matéria orgânica biodegradável em condições aeróbicas. Destaca-se aqui a importância desse critério, sendo o mais utilizado o controle de poluição de corpos receptores, uma vez que a carga orgânica precisa ser restringida para manter níveis desejáveis de oxigênio dissolvido (LIBÂNIO, 2005).

#### *3.4.1.5 Fósforo*

É um macronutriente que se apresenta em forma de fosfatos, e pode ser encontrado na água de três diferentes formas: fosfatos orgânicos, ou seja, o fósforo integra moléculas orgânicas, os organofosfatos que são constituídos pelos radicais, que interagem com os cátions formando sais inorgânicos e os polifosfatos, que em estudos de qualidade de água perdem em parte sua relevância porque se convertem rapidamente em orgânicos nas águas naturais (CETESB, 2015).

#### *3.4.1.6 Oxigênio Dissolvido*

Peixoto (2016), explica que a presença desse gás na água provém tanto da atmosfera como também da ação fotossintética. O oxigênio por sua vez não reage com a água e solubilidade, sua proporção é de acordo com a pressão parcial, sendo assim a concentração diminui quando a temperatura e o nível de cloretos aumentam.

Quando se trata da visão ecológica, o parâmetro OD é uma variável de extrema importância, pois é fundamental para a sobrevivência de organismos aquáticos. Sendo assim este tem de diminuir ou até mesmo desaparecer quando um corpo d'água recebe uma grande quantidade de matéria orgânica biodegradável, como por exemplo os esgotos domésticos. (SILVA *et al.*, 2010)

#### *3.4.1.7 Potencial hidrogeniônico (pH)*

O potencial hidrogeniônico (pH), representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido por meio da medição da presença de íons de  $H^+$ . A alteração desse parâmetro pode ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese), ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Para a manutenção da vida aquática o pH deve estar com seus níveis entre a faixa de 6 a 9 (GASPAROTTO, 2011).

O valor do pH está interfere em vários fatores como: influência na distribuição de formas livres e ionizadas de múltiplos elementos químicos, colabora para um maior ou menor grau de solubilidade de substâncias e indica o potencial de toxicidade de vários elementos (NOGUEIRA *et al.*, 2015).

#### 3.4.1.8 Alcalinidade

A alcalinidade mede a competência da água de neutralizar os ácidos. Tem um papel fundamental no processo de tratamento da água, pois é através do nível na qual se encontra que é feita a dosagem dos produtos químicos utilizados. Os principais componentes que constituem a alcalinidade são os bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Este parâmetro não tem significado sanitário para potabilidade, mas se encontrado em níveis de concentração elevado, confere a água um sabor amargo (SANTOS, 2018).

#### 3.4.1.9 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica representa a capacidade da água natural de transmitir corrente elétrica. A sua origem pode ocorrer pela presença de substâncias dissolvidas e pela dissolução de ânions e cátions. Pode ser um indicador de lançamento de efluentes, porém não faz parte dos parâmetros padrão de potabilidade nas leis brasileira (FUNASA, 2014).

#### 3.4.1.10 Dureza

A dureza da água está relacionada à concentração de cátions multimetálicos em solução, principalmente de cálcio e magnésio. Tal característica imprime à água

a dificuldade em dissolver sabão (fazer espuma) pelo efeito do cálcio, magnésio e outros elementos como ferro, manganês, cobre, bário, etc. A dureza temporária ou de carbonatos é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio, esta resiste aos sabões e provoca incrustações, pois os bicarbonatos, pela ação do calor, se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis, os quais precipitam. Já a dureza permanente ou de não carbonatos é devida à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, que também resiste à ação dos sabões, mas não produz incrustações. A dureza total é a soma das duas (SPERLING, 2005).

#### 3.4.1.11 Sólidos Totais Dissolvidos

Sólidos dissolvidos são formados por partículas que permanecem em solução mesmo após a filtração, a entrada destes na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos). Nas águas naturais os sólidos estão representados na forma de carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos de cálcio, magnésio e potássio (GASPAROTTO, 2011).

#### 3.4.1.12 Nitrogênio

Considerado um dos mais importantes dos parâmetros no metabolismo dos organismos aquáticos, pois participa da formação de proteínas, um componente básico da biomassa. Esse elemento está presente no meio aquático de diversas formas, como: nitrato, nitrito, amônia, íon amônio, óxido nitroso, nitrogênio molecular entre outros, quando encontrado na forma de nitrito, nitrato e amônia, pode ser um indicativo de que há poluição no local (ESTEVES, 2011).

Para Izarias *et al.* (2014) um dos principais problemas relacionados com alta concentração de nitrogênio é a eutrofização, destacando que esse elemento é fundamental para o crescimento das algas, porém em elevadas concentrações em lagos e represas é responsável pelo crescimento exagerado desses organismos provocando interferências aos usos nos quais se destinam os corpos d'água.

O nitrito por sua vez, é solúvel em água, e as principais fontes decorrentes desse componente são os adubos associados ao solo utilizados na agricultura e efluentes de estações de tratamento de esgoto (IAP, 2014).

#### 3.4.1.13 Coliformes

Os parâmetros biológicos compreendem microrganismos indicadores da qualidade ecológica e sanitária de um ambiente (ABREU e CUNHA, 2015).

Segundo Peixoto (2016) os chamados coliformes termotolerantes (CT), são bactérias que estão presentes nas fezes de animais de sangue quente, mas se fazem existentes também na água e em solos não considerados poluídos. A mensuração desses microrganismos pode avaliar a eficácia dos tratamentos da água, a completude do sistema e a sua distribuição. Dentre os representantes desse grupo, destaca-se a *Escherichia coli*, sua detecção em laboratório é simples, e uma vez detectada, é garantida a contaminação fecal no local estudado. A descarga de resíduos de esgotos é um dos mais importantes fatores que influenciam a qualidade da água, pois contém fezes humanas e microrganismos patogênicos e perigosos para a saúde humana.

De acordo com a legislação, a definição da qualidade da água baseia-se no tipo de uso ao qual vai ser utilizada, assim estipula-se um padrão de qualidade, a resolução n° 357/2005 do CONAMA apresenta quais os limites aceitáveis dos parâmetros acima descritos de acordo com o uso da água.

Para análises físico – químicas segue os parâmetros padrões, valores máximos permitidos (VMP) e os métodos utilizados baseados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2017), demonstrado no Quadro 2.

**Quadro 2** - Parâmetros padrões do Índice de Qualidade da Água (IQA)

Parâmetros	VMP (CONAMA n° 357/2005)	Método utilizado
Temperatura (°C)	40	Dispositivo de expansão de líquidos
Turbidez (UNT)	100	Nefelométrico
Cloreto total (mg L <sup>-1</sup> )	250	Titulométrico
Demanda Bioquímica de Oxigênio	5	Wincler

(mg L <sup>-1</sup> )		
Fósforo (mg L <sup>-1</sup> )	0,025	Espectrofotométrico
Oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	>5	Soxhlet
pH	6 a 9	Potenciométrico
Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> )	-	Titulométrico
Condutividade elétrica (μS/cm)	100	Potenciométrico
Dureza (mg L <sup>-1</sup> )	-	Titulométrico
Sólidos Totais Dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )	500	Gravimétrico
Nitrogênio (mg L <sup>-1</sup> )	-	Cromatografia iônica
Coliformes UFC/100 mL	1000	Membranas filtrantes

**Fonte:** Autora baseada no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2017).

A Resolução CONAMA nº 396 de 2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais das águas subterrâneas, considerando o art. 3º o qual especifica que as águas subterrâneas são classificadas em:

I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;

II - Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

III - Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

IV - Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

V - Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo;

VI - Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

#### 3.4.2 Fatores que Influenciam na Qualidade da Água

A degradação dos mananciais, proveniente do deflúvio superficial agrícola, têm causado impactos aos ecossistemas aquáticos, devido ao aumento dos níveis de nutrientes na água pode comprometer sua utilização para abastecimento doméstico, devido a alterações no sabor e odor da água ou à presença de toxinas liberadas pela floração de alguns tipos de algas. Além das implicações causadas pelos nutrientes aos recursos hídricos, é necessário considerar, também, a contribuição dos agroquímicos e dos metais pesados (DUARTE *et al.*, 2014).

Segundo Soares (2017), a noção clássica de contaminação das águas, e de sua avaliação, envolve a determinação da presença e da concentração de substâncias potencialmente nocivas, baseada na identificação de poluentes específicos em pontos amostrais determinados, por meio de análises físicas, químicas e biológicas, o que fornece informações importantes do estado de integridade dos rios.

#### 3.4.3 Águas Superficiais e Subterrâneas

As águas superficiais e subterrâneas representam os principais componentes do ciclo hidrológico na litosfera e compreendem quase que a totalidade dos aproveitamentos dos recursos hídricos pelo homem (BRASIL, 2005).

Sendo parte integrante do mesmo ciclo hidrológico, as águas superficiais e subterrâneas devem ser gerenciadas de forma integrada. Porém, as peculiaridades de cada fase devem ser observadas, como por exemplo: o tempo de renovação de cada fase (a renovação das águas retiradas dos aquíferos não ocorre na mesma

velocidade da extração das águas superficiais, resultando na exploração de parte das reservas permanentes, com risco de exaustão, quando a captação não é devidamente monitorada), a evaporação, a facilidade de acesso e a contaminação das águas superficiais e as dificuldades de exploração das águas subterrâneas (COSTA, 2008).

De acordo com Silva (2007) as interações entre as águas superficiais e subterrâneas são dependentes de acordo com as características do clima, do solo, da geologia e dos fatores bióticos presentes na bacia hidrográfica.

As águas superficiais entende-se que é a parcela de água alocada sobre a superfície, e que está interagindo com a atmosfera e com o solo continuamente, a sua ocorrência depende de alguns fatores importantes como climáticos, topográficos, cobertura e propriedades hidráulicas do solo e está distribuída espacialmente ou temporariamente como nos rios e lagos (ZAMBONI, 2019).

Os recursos hídricos superficiais representam importante reserva de água, sendo considerada a fonte de mais fácil captação para uso de atividades humanas, contudo esses mananciais se apresentam de forma reduzido na distribuição global de água – apenas cerca de 0,9% do total de água doce, comparando com as águas subterrâneas, que possuem recursos estratégicos no caso de escassez, constituem 30% do total de água doce no planeta (SILVA, 2007).

A constituição das águas subterrâneas se dá através da infiltração resultante do escoamento superficial das águas da chuva, do abastecimento direto dos rios e lagos, e do derretimento de calotas polares, estes estão presentes nos poros das rochas permeáveis (ZAMBONI, 2019). De acordo com Silva (2007) estas desempenham dois importantes papéis no ecossistema, contribuem para o equilíbrio hidrológico e são usadas como fonte imprescindível de água para o uso humano.

Além disso, participam de vários processos geológicos, contribuindo para níveis de rios, lagos, lagoas e banhados; para a manutenção de ecossistemas e para a estabilidade geotécnica de solos e rochas.

No Brasil, o aumento constante no consumo de água subterrânea está ligado a crescente demanda de água, ao comprometimento e à poluição das reservas superficiais. (CABRAL *et al.*, 2006).

### 3.5 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Segundo Fagundes (2010) a geração de resíduos sólidos está diretamente ligada as atividades humanas. Estes podem ser resíduos de origem doméstica, industrial, hospitalar, dentre outros, podendo variar de forma quantitativa e qualitativa, devido aos fatores como: sazonalidade, poder aquisitivo e hábitos da população, e essa produção de RSU difere quando se refere a grandes centros urbanos. Nas grandes cidades o enorme volume de resíduos gerado torna-se um problema, no que diz respeito ao local de disposição, este quando acumulado de maneira inadequada causa efeitos deletérios ao ecossistema.

Os resíduos sólidos presente em todas as fases do sistema produtivo, aliado a exploração descontrolada dos recursos naturais, é um dos impactos socioambientais existentes que causa uma grande preocupação com relação a preservação do meio ambiente e a saúde pública. Para Neves e Mendonça (2015) os RSU apresentam-se como questão-chave na problematização das relações com a sociedade e a natureza, do cidadão com o poder público e deste com o setor privado.

A diversidade de resíduos sólidos é muito grande, e cada tipo possui uma complexidade. As características físicas, químicas e biológicas variam de acordo com sua origem ou da atividade que gerou tal componente. Dentre os diversos fatores que afetam o processo de geração dos resíduos sólidos estão: econômico, social, geográfico, educacional, cultural, etc (SANTOS, 2008).

A Lei Federal 12.305/2010 define resíduos sólidos como:

Todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja, destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviáveis o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (NOGUEIRA, 2015, p. 4).

Os resíduos sólidos podem ser classificados de diversas formas, a depender do objeto de estudo. De acordo com a NBR 10.004, da Associação Brasileira de

Normas Técnicas (ABNT), estes podem ser classificados quanto a sua origem e ao grau de periculosidade. (ABNT, 2004)

Araújo e Pimentel (2016) considerando o objeto de estudo, a classificação dos resíduos sólidos de uma forma simplificada pode ser resumida conforme o Quadro 3.

**Quadro 3** - Classificação dos resíduos sólidos quanto ao objeto de estudo

<b>OBJETO DE ESTUDO</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>			
Quanto à natureza física	Seco Molhado			
Quanto à composição química	Matéria orgânica Matéria Inorgânica			
Quanto ao grau de periculosidade	Classe I – Perigosos			
	Classe II – Não perigosos → Classe II A – Não inertes → Classe II B – Inertes			
Quanto à origem	Resíduo domiciliar; comercial; público; industriais; hospitalares; terminais aéreos, rodoviários; agrícolas e portos.			
Quanto ao grau de biodegradabilidade	Facilmente degradável: Material de origem biogênica.	Moderadamente degradável: Papel, papelão e outros produtos celulósicos.	Difícilmente degradável: couro, borracha e madeira.	Não – degradável: vidros, metal, plástico.
Quanto ao grau de reciclagem	Reciclável	Reutilizável	Não reciclável	Compostável

Fonte - Araújo e Pimentel (2016)

### 3.5.1 Destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos

O vertiginoso crescimento da população nos centros urbanos aliado ao capitalismo industrial de consumo de massa da sociedade e a redução gradativa programada dos produtos, resultou na produção de um volume cada vez maior de resíduos sólidos com características distintas. Em consequência disso, surge a necessidade de melhoria para que se torne eficiente as formas de coleta, transporte e destinação final destes materiais (ARAÚJO, 2019).

Agregado a essa grande demanda de resíduos, está o descarte inadequado destes em lugares inapropriados, acarretando dessa forma diversos problemas em escala ambiental e social.

Nesse contexto segundo Zanta *et al.* (2003) afirma sobre a disposição inapropriada dos resíduos sólidos:

O depósito de resíduos sólidos a céu aberto ou lixão é uma forma de deposição desordenada sem compactação ou cobertura dos resíduos, o que propicia a poluição do solo, água e ar, bem como a proliferação de doenças. Por sua vez, o aterro controlado é outra forma de deposição de resíduo, tendo como único cuidado a cobertura dos resíduos com uma camada de solo ao final da jornada diária de trabalho com o objetivo de reduzir a propagação dos vetores causadores de doenças e os maus odores provenientes da decomposição da massa do lixo (ZANTA *et al.*, 2003, p.10).

As formas mais comuns para a destinação dos RSU na grande maioria dos países são os aterros sanitários ou a prática de incineração. Dessa forma as áreas para onde são destinados todo esse material produzido apresentam características ambientais que não são adequadas para receber esse tipo de depósito, geralmente são áreas de recarga de aquífero e divisores de água, solos com características físicas e químicas desfavoráveis, contribuindo para a mobilidade de contaminantes potencialmente tóxicos e de compostos orgânicos que pode ser caucionada por alguns fenômenos naturais como lixiviação, percolação, entre outros (BCEGATO, 2017).

Ainda nesse contexto, de acordo com Saiane *et al.* (2014) uma das formas de destinação final inapropriada de RSU é o descarte em lixões, visto que estes têm como principal característica o descarte de rejeitos diretamente no solo sem proteção e sem cobertura. Os danos causados por essa prática atingem além do meio ambiente, a economia e a saúde pública, os catadores de lixos recicláveis tornando um trabalho insalubre, expondo essas pessoas a doenças através de animais e insetos que são atraídos pelos materiais em decomposição existentes nos lixões.

Os lixões por sua vez, causam efeitos negativos ao solo e aos reservatórios hídricos, ou seja, as águas subterrâneas são as mais atingidas pelos contaminantes provenientes do chorume (líquido de cor escura e turva com odor desagradável) e a poluição do ar se dá através da emissão dos gases do efeito estufa liberados pelo processo de decomposição dos resíduos. O chorume produzido pela decomposição dos resíduos orgânicos juntamente com a água da chuva (lixiviado) infiltra no solo (percolado) podendo atingir o lençol freático, causando dessa forma a contaminação

das reservas hídricas subterrâneas, em contrapartida quando o lixiviado não infiltra, ele escoar pela superfície acompanhando a topografia comprometendo o solo e as águas superficiais (SEABRA *et al.*, 2016).

Riguetti *et al.* (2015) afirma que o chorume devido à complexidade na sua composição química, o tratamento do mesmo é difícil de ser realizado, pois pode haver uma variação ao que se refere a natureza, maneira de disposição e manejo dos resíduos, a idade do lixão ou aterro, fatores climáticos, entre outros.

Sendo assim, para amenizar os efeitos causados pelos resíduos sólidos, as tecnologias voltadas para o tratamento e destinação final destes, pode-se destacar: aterro sanitário, biodigestor, compostagem, incineração por combustão, gaseificação e pirólise (ARAÚJO, 2019).

### 3.5.2 Impactos após o encerramento dos lixões

Após o encerramento de um lixão, que tinha como atividade o descarte de resíduos sólidos urbanos, os problemas que já eram evidentes, tendem a se tornar ainda mais graves. O processo de decomposição da matéria orgânica dura muitos anos até que fique estável, em consequência disso, a produção de gases e de chorume se mantém ativa, contaminando a atmosfera, as águas superficiais e subterrâneas, e estes efeitos ficam cada vez mais grave ao longo do tempo (NOGUEIRA, 2015).

De acordo com Araújo (2013) com a desativação de um lixão, cessam-se a ação dos catadores e também a mão de obra infantil diminui, porém a produção de gases, chorume e odores continuam, e aumentam cada vez mais, pois enquanto houver atividade biológica no maciço dos resíduos, esses contaminantes seguem sendo gerados, causando a poluição do entorno, degradando solo, recursos hídricos etc.

Dentre os problemas aqui já citados, outro impacto causado pelo encerramento dos lixões é o alto teor de metais pesados no solo e vegetação como níquel (Ni), cobre (Cu), zinco (Zn), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr), estes estão presentes em diversos tipos de resíduos descartados em aterros tais como:

lâmpadas, pilhas, baterias, restos de tintas, latas, e muitos outros materiais tóxicos (FAGUNDES, 2010).

Os metais pesados que são incorporados no solo podem seguir diferentes vias de fixação, liberação ou transporte, eles podem ficar retidos no solo, dissolvidos em solução ou fixados por processos de adsorção, complexação e precipitação. Podem ser também absorvidos pelas plantas, incorporando-se as cadeias tróficas, e podem passar para a atmosfera por volatilização ou mover-se para as reservas de água superficiais e subterrâneas (SANTOS, 2008).

Diante desses problemas que atualmente tornou-se uma preocupação mundial, o simples fechamento ou abandono desses locais não pode ser considerado uma opção, caso seja necessário, cabe ao município adotar uma técnica de recuperação ambiental das áreas degradadas, mitigando os impactos já existentes e evitando novos impactos que ainda podem vir a acontecer.

### 3.6 LIXÃO ARROIO DOURADO – FOZ DO IGUAÇU/PR

O município de Foz do Iguaçu, cidade essa localizada à oeste no estado do Paraná, conta hoje com 258.248 habitantes (IBGE, 2020), enfrenta problemas ambientais graves causados pelas ações descontroladas e infundidas como por exemplo, o descarte de resíduos sólidos em locais inapropriados contaminando as reservas de recursos hídricos, ar, solo etc.

O bairro denominado Arroio Dourado representa atualmente, devido ao seu histórico, um proeminente quadro de passivo ambiental, pois, como serviu de “lixão” para o município por volta de três décadas, apresenta fortes indícios de risco ao meio ambiente e a comunidade em seu entorno.

Em 1992, ocorreu o encerramento das atividades do lixão, e com essa desativação, o lixo que se encontrava exposto foi apenas coberto por uma camada de terra, sendo esta, em muitos lugares, com o adensamento dos resíduos, erosão e lixiviação, tornou-se insuficiente e os resíduos ficaram expostos na superfície, comprometendo a qualidade de vida e pondo em risco a saúde das famílias que moram no local.

Após a desativação do Arroio Dourado, muitas famílias, a maioria formadas pelos próprios catadores construíram suas moradias no local, com isso a contaminação causada pelo lixão que já era eminente, colocando em risco a saúde da pequena comunidade (aproximadamente 70 famílias), também aumentou a carga poluidora sobre o corpo hídrico superficial, devido ao lançamento de dejetos no corpo receptor sem nenhum tipo de tratamento.

De acordo com a Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu (PMFI, 2011), a disposição dos resíduos foi paralisada a muitos anos (hoje aproximadamente 29 anos), porém a produção de gás metano e sulfídrico continua ativa, podendo causar efeitos deletérios as pessoas, pois constituem uma comunidade de baixa renda, desassistida por infraestrutura de saneamento básico e serviços públicos, houve um tempo que essas pessoas captavam água de poços rasos perfurados em cima da própria camada de lixo, além do alto potencial de contaminação do córrego Arroio Dourado, sendo este um afluente do Rio Tamanduá, onde está situado um ponto de captação de água para o abastecimento público.

### 3.7 TOXICOLOGIA AMBIENTAL X ECOTOXICOLOGIA

A ciência que estuda os efeitos funestos causados por substâncias químicas sobre organismos vivos é chamada toxicologia, e esta objetiva identificar os riscos ligados à exposição de determinada substância e determinar em quais condições de exposição estes riscos são induzidos (FUZINATTO, 2009).

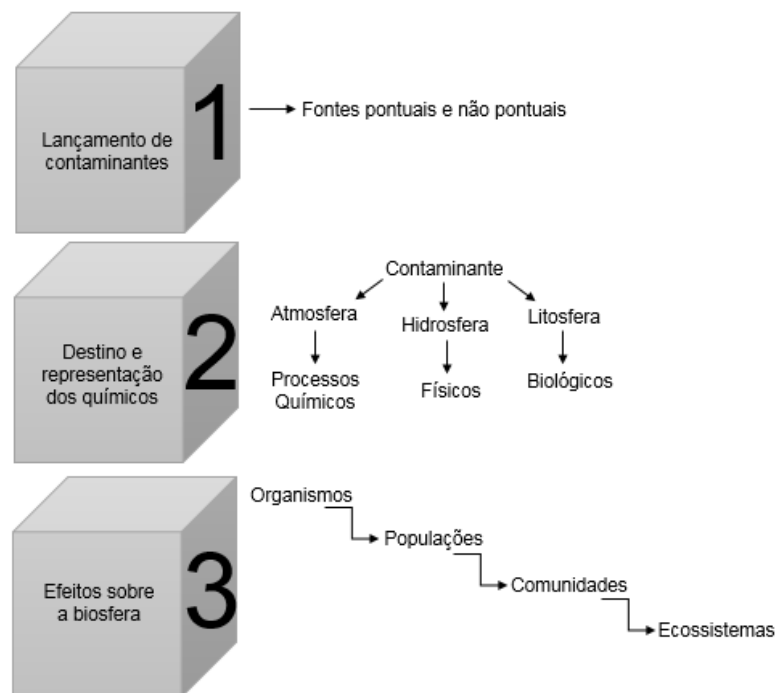
De acordo com Costa *et al.* (2008) a toxicologia por se tratar de uma área bastante ampla, considerada multidisciplinar, subdivide-se basicamente em três classes: toxicologia clínica, que estuda o efeitos de drogas em pacientes humanos; toxicologia forense, utilizada para detectar o uso ilegal de agentes tóxicos para fins judiciais e a toxicologia ambiental, a qual se preocupa com o destino dos agentes tóxicos, seus metabólitos e produtos deletérios para o ambiente e cadeia alimentar e com o efeito desses contaminantes sobre os organismos e as populações.

Zagatto (2006) destaca que assim como a toxicologia subdivide-se em diversos ramos, esses mesmos processos ocorrem em outras áreas, como é o caso da Ecologia, sendo assim na década de 70, toxicologistas e ecologistas perceberam

que havia algo em comum entre estas duas disciplinas, seguindo então essa linha do raciocínio, com a associação dos conhecimentos surgiu a Ecotoxicologia.

A ecotoxicologia é uma área da toxicologia ambiental segmentada em eventos importantes que estuda os efeitos causados por agentes químicos e físicos em populações e comunidades integrantes de ecossistemas definidos (RONCO *et al.*, 2004), conforme fluxograma abaixo. (Figura 1)

**Figura 1** Fluxograma dos eventos da Ecotoxicologia



**Fonte:** Autora baseada em (COSTA *et al.*, 2008)

As informações representadas acima são importantes para: definir os níveis de contaminantes no ambiente e para onde estão sendo descartados, estimar o grau de periculosidade dos contaminantes e seus metabólitos para os organismos vivos, indicar níveis máximos permitidos dos contaminantes, isto é, os padrões que devem ser mantidos, diagnosticar e prognosticar o efeito dos contaminantes no ambiente para projetar medidas protetivas e preventivas e controlar a emissão de efluentes e avaliar os riscos ecológicos (COSTA *et al.*, 2008).

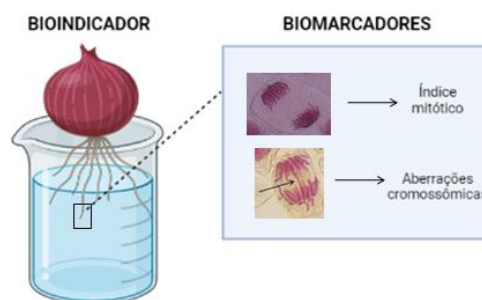
### 3.7.1 Biomarcadores e bioindicadores ambientais

Quando se fala de análise toxicológica é importante destacar que esta permite detectar a toxicidade da amostra como um todo, enquanto que a análise química permite quantificar as substâncias isoladas presentes na amostra e obter dados para a padronização de metodologias, por isso o monitoramento e a avaliação de áreas que sofrem algum tipo de poluição não devem ser observados apenas através de dados das análises químicas, pois estas não avaliam os efeitos causados pelo poluentes nos organismos que vivem e dependem de tal ecossistema (COELHO, 2017).

De acordo com Duarte *et al.* (2017) é importante correlacionar os aspectos físico-químicos com as características bióticas do local ao qual está sendo realizado um estudo, com isso é possível aumentar o potencial de identificação das causas e efeitos dos agentes poluidores do ambiente.

A utilização de biomarcadores tem como objetivo de quantificar o quão prejudicial é a exposição desses organismos a agentes citotóxicos e genotóxicos. A definição de biomarcador é empregada como sendo uma alteração produzida por compostos químicos em processos celulares. Bioquímicos, estrutura ou função, mensurável em um sistema ou em uma amostra, sendo assim, são utilizados com o objetivo de se obter maiores informações sobre os efeitos e respostas fisiológicas de um organismo exposto a poluentes, ou seja, o índice mitótico e as aberrações cromossômicas (DUARTE *et al.*, 2017). Magalhães e Ferrão Filho (2008) destacam a importância de diferenciar biomarcadores de bioindicadores (Figura 2), sendo os bioindicadores os organismos teste utilizados nos testes mutagênicos, nesse caso a cebola (*Allium cepa*).

**Figura 2** Diferença entre bioindicador (*Allium cepa*) e biomarcador (IM e AC)



Fonte: Autora (2022)

De acordo com Silva (2016) existem inúmeras vantagens pela qual se torna relevante o uso de biomarcadores ambientais, dentre essas se destacam as seguintes:

- a) Fornecem uma estimativa dos efeitos letais e subletais;
- b) Medem a toxicidade quando o agente tóxico não é identificado quimicamente;
- c) Podem fornecer um sinal de alarme para os potenciais danos ambientais;
- d) Permitem identificar as interações que ocorrem entre os contaminantes e os organismos vivos;
- e) Permitem a obtenção de uma resposta global aos efeitos de contaminação;
- f) Contabilizam os efeitos das misturas tóxicas podendo um efluente quimicamente complexo ser avaliado genericamente como um poluente;
- g) Os efeitos destes testes são mais facilmente compreendidos e aceitos pelas indústrias e público em geral.

Um efeito tóxico se manifesta na cadeia celular antes de se tornar perceptível em níveis mais elevados de organização biológica. Os biomarcadores por serem sensíveis a essas respostas auxiliam na análise dos riscos a respeito da saúde e a sobrevivência de populações expostas aos componentes tóxicos, e ainda viabilizam informações sobre fatores que agem na monitoração, preservação e recuperação ambiental de um meio (CETESB, 2015).

### 3.7.2 Testes mutagênicos e organismos-teste

Desde a antiguidade, as respostas dos organismos vivos a diferentes tipos de estresse têm sido utilizadas para avaliar a qualidade do meio em que vivem. Há relatos que Aristóteles, considerado o pai da Biologia, submeteu peixes de água doce à água do mar para estudar suas reações. O primeiro teste mutagênico com organismos aquáticos que se tem notícia foi realizado em 1816 com insetos aquáticos (MAGALHÃES, 2008).

Os primeiros bioensaios foram realizados na década de 60, onde se utilizou peixes como organismo-teste, assim se obteve um conhecimento mais preciso sobre os impactos causados por um certo poluente sobre a biota. Foi apenas em 1973 que o *Scientific committee On the Problems of the Environment* cunhou o termo

Ecotoxicologia, ficando conceituada como “o ramo da toxicologia responsável pelos estudos dos efeitos tóxicos, causados por poluentes naturais ou sintéticos e elementos que constituem os ecossistemas, sejam eles animais, vegetais ou microbianos, em um contexto integrado” (SANTOS, 2008).

Santos (2008) ainda ressalta que a partir da década de 70, que agências norte-americanas, europeias e canadenses iniciaram seus trabalhos com testes toxicológicos como uma ferramenta que tinha por objetivo regular a emissão de efluentes e poluentes. A utilização desses bioensaios veio para completar uma lacuna existente na interpretação das análises físicas e químicas, que por sua vez, apontar se um efluente ou amostra ambiental causam danos nocivos aos organismos aquáticos, ou seja, elas não são capazes de realizar uma análise completa e fornecer informações a respeito da toxicidade (seja aguda ou crônica) de um dado poluente despejado no ambiente, e nem se este será capaz de causar efeitos genotóxicos ou carcinogênicos no meio em que serão lançados.

Diante da contaminação dos recursos hídricos a ecotoxicologia surge como uma ferramenta necessária para avaliar a toxicidade destes aos organismos aquáticos. Por meio da utilização de organismos-teste é possível a identificação de compostos que afetam os sistemas biológicos, permitindo a avaliação do potencial de risco ambiental de determinados contaminantes (COSTA, 2008).

Os testes de toxicidade podem ser de efeito agudo ou crônico.

O agudo permite ser realizado em curto período de tempo, cujo objetivo é avaliar os efeitos severos e letais de uma amostra ou contaminante. Já os testes de efeito crônico, é possível observar efeitos subletais, expostos a concentrações que garantem a sobrevivência dos organismos, porém podem causar danos em suas funções biológicas, fisiológicas e morfológicas (SOARES, 2017).

Diferentes organismos podem ser utilizados em estudos ecotoxicológicos, tais como bactérias, algas, protozoários, microcrustáceos, insetos, plantas e peixes. Para escolher quais desses organismos serão utilizados, devem ser considerados diversos fatores como seu valor ecológico e econômico, sensibilidade frente aos fatores envolvidos no estudo, abundância, distribuição geográfica e ciclo de vida (SOARES, 2017). De acordo com Van den Brink *et al.* (2011) diferentes organismos-teste pode responder de maneiras distintas a um determinado fator de estresse devido à diferença na sensibilidade. Portanto, não é possível extrapolar o efeito

tóxico de uma substância sobre organismos de determinada espécie para organismos de outras espécies (CASTILLO, 2015).

Biomarcadores utilizando como organismos-teste vegetais, estão sendo bastante citados na literatura nos testes de toxicidade, pois as sementes dessas plantas superiores avaliam, ao mesmo tempo o efeito fitotóxico dos processos de germinação e desenvolvimento da raiz. Nos primeiros dias de germinação, o embrião da semente pode ter sua fisiologia e morfologia alteradas negativamente por fatores externos tais como: ambientais e substâncias tóxicas, e fatores internos que são: dormência e hormônios inibidores, que influenciam diretamente o desenvolvimento normal da planta (CASTILLO, 2015).

Segundo Coelho (2017) a análise de germinação (GE) e do crescimento radicular (CR) é rápida, segura e tem como principal objetivo quantificar as sementes germinadas e verificar a alongação radicular durante a exposição a poluentes tóxicos, sendo este, um dos testes mais utilizados para se obter uma avaliação do potencial toxicológico de agentes de poluição.

Contudo, ensaios ecotoxicológicos podem ser instrumentos de estudos eficientes e com melhor custo-benefício para detectar sintomas deletérios na biota aquática, para daí então integrar seus resultados com as análises físicas e químicas, estabelecendo relações mais diretas entre os efeitos detectados e contaminantes específicos (SANTOS, 2008).

### 3.7.3 Teste *Allium cepa*

A Resolução CONAMA Nº 357/05 define monitoramento como “mediação ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água”, além disso, “a qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas” (BRASIL, 2005).

Dentre os diversos testes que podem ser aplicados para monitoramento ambiental, encontra-se o de genotoxicidade, os agentes genotóxicos são aqueles que interagem com o DNA causando alterações na sua estrutura e em suas funções, a partir do momento que essas alterações se fixam de um modo que podem ser

transmitidas são denominadas mutações. As mutações são a fonte de variabilidade genética de uma população, se tornando assim indispensável para a manutenção das espécies (SILVA *et al.*, 2018).

De acordo com Fuzinato (2009) devido à complexidade e variabilidade de compostos orgânicos e inorgânicos que podem estar presentes num mesmo efluente ou corpo hídrico, é recomendável que a caracterização dessas águas seja complementada com ensaios biológicos. Dentre os métodos de biomonitoramento da genotoxicidade mais utilizados atualmente estão o teste *Allium cepa* L. (cebola).

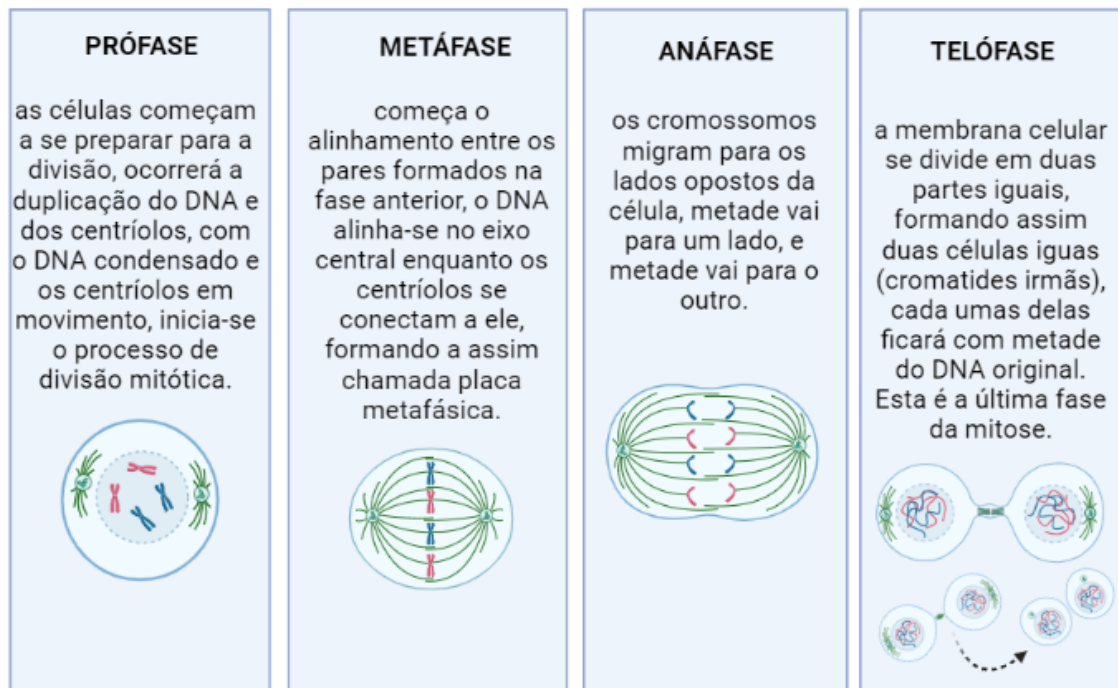
A cebola é uma hortaliça condimentar bastante difundida no mundo, originária provavelmente da Ásia Central, utilizada principalmente como especiaria para consumo humano a fins culinários. Pertencente à família das Liliáceas, gênero *Allium*, espécie *A. cepa* L., é uma planta bianual, herbácea, folhas cerosas, raízes fasciculadas e atinge cerca de 60 cm (MAGALHÃES, 2008).

O *Allium cepa* L. é um dos mais bem conhecidos e utilizados bioindicadores em estudos para detecção de contaminantes, e o mais sugerido como material teste padrão devido a sua sensibilidade, fácil manuseio, resultados rápidos e alta tolerância a diferentes condições de cultivo. Foi introduzido originalmente como organismos teste por Levan, em 1938 (FISKESJÖ, 1985).

O sistema-teste *A. cepa* utiliza sementes ou bulbos de cebola para avaliar a toxicidade por meio de ensaios de germinação, colocando o meristema em contato com a amostra a ser testada. São observados: o crescimento das raízes, o índice mitótico em células meristemáticas (local onde ocorre maior probabilidade de ocorrer alterações) e a presença de alterações cromossômicas ou nucleares em células meristemáticas, a fim de analisar o potencial citotóxico e genotóxico a nível cromossômico das amostras em teste (SOUZA, 2017).

Almeida *et al.* (2021) explica que o biomarcador da citotoxicidade é o índice mitótico (IM), que avalia a proliferação celular das células meristemáticas da raiz da cebola, ele é obtido através da contagem de células que estão em processo de divisão mitótica e de células que estão no período de interfase (período que antecede a divisão celular).

De acordo com Jesus *et al.* (2021) a divisão mitótica compreende as seguintes fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase, descritas e exemplificadas na figura a seguir (Figura 3).

**Figura 3** Fases da divisão mitótica

Fonte: Autora baseada em Jesus *et al.* (2021)

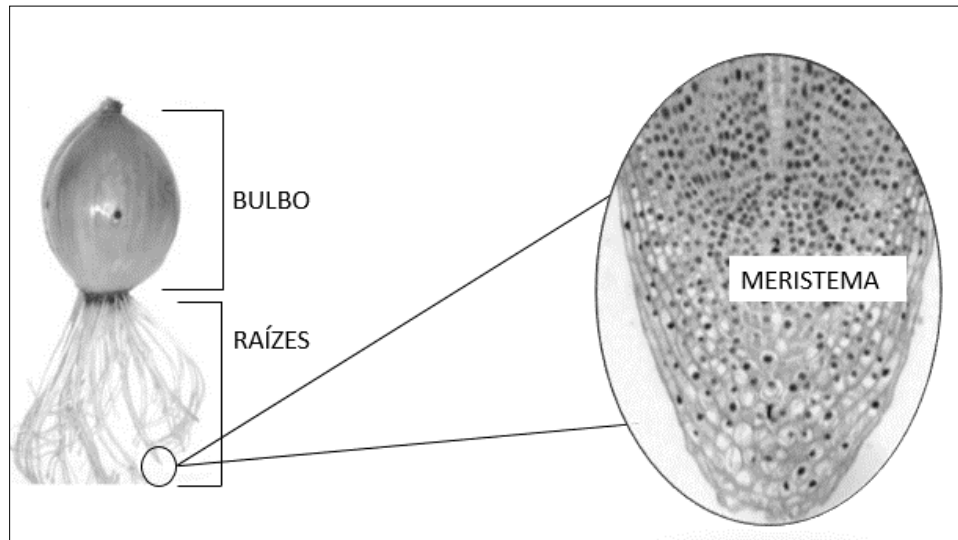
E tratando-se de genotoxicidade, o biomarcador são as aberrações cromossômicas, estas são caracterizadas por modificações estruturais (quebra, inibição da síntese ou replicação do DNA) ou numéricas (poliploidia e aneuploidia) dos cromossomos que podem ocorrer espontaneamente ou como resultado da exposição à alguma substância química. Para realizar a avaliação das AC em *Allium cepa*, diversos tipos de aberrações são considerados nas diferentes fases da mitose supracitadas acima (RIBEIRO *et al.*, 2018).

De acordo com Lessa *et al.* (2017) os ensaios utilizando as raízes da *Allium cepa* é indicado devido as características da espécie, pelo seu potencial de proliferação, rápido desenvolvimento das raízes, elevado número de células em divisão, tolerância a diferentes condições de cultivo, disponibilidade anual, fácil manejo, oito pares de cromossomos ( $2n = 16$ ) de tamanho grande, permitindo uma melhor visualização das alterações que podem ocorrer.

Segundo Silva (2013) vários outros motivos justificam o uso de *Allium cepa* para análise de efeitos citogenotóxico de águas possivelmente contaminadas, além do fato dessa espécie apresentar células em constante divisão mitótica. Dentre eles podemos elencar a facilidade de obtenção de material biológico a ser testado e a rapidez de se obter resultados experimentais. O autor ainda declara que esse tipo de

ensaio laboratorial é efetivo como bioindicador para qualidade da água de rios, ressalta que a ponta das raízes (meristemas) é a parte do corpo da planta que fica em contato com o contaminante, e estas são analisadas em nível microscópico, observando a taxa de alterações celulares (Figura 4).

**Figura 4** Meristema apical das raízes de *Allium cepa*



**Fonte:** Autora (2020)

Alguns autores como Sousa *et al.* (2017), Taniwaki *et al.* (2013), Santos (2018) e Sieklicki *et al.* (2019) dentre outros utilizaram o sistema *Allium cepa* em seus estudos para avaliar a qualidade da água de rios e ambos relataram o teste se mostrou bastante sensível a análise e aos resultados apresentados, tornando-se dessa forma uma excelente ferramenta para realizar trabalhos referentes a monitoramento ambiental.

## 4 METODOLOGIA

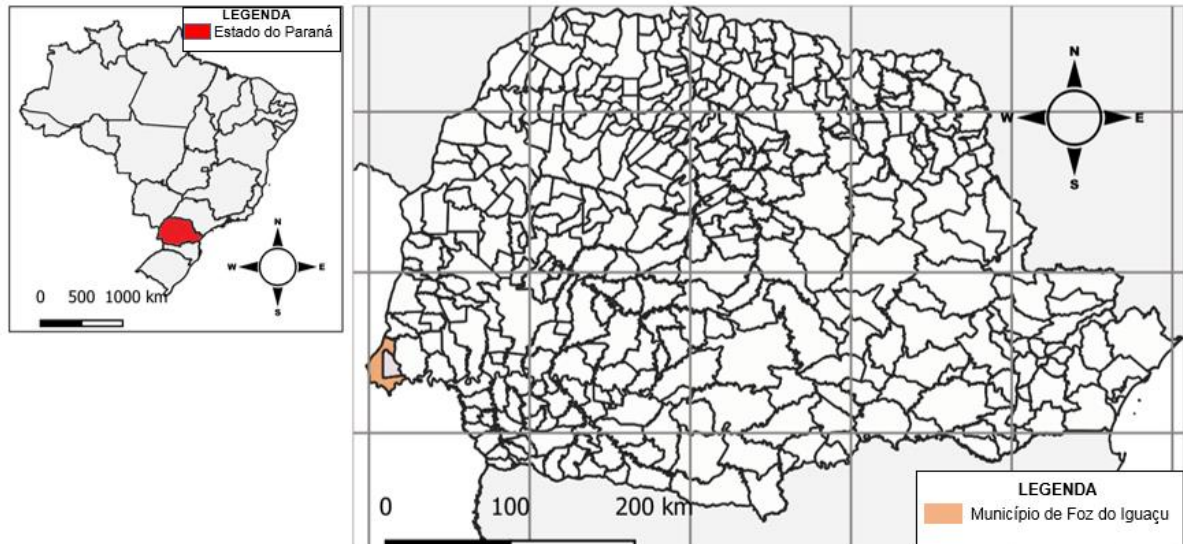
### 4.1 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de um estudo experimental em laboratório sobre a qualidade da água na região do Arroio Dourado, utilizando testes mutagênicos em células meristemáticas de *Allium cepa*.

### 4.2 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi conduzido na porção sudeste de Foz do Iguaçu, na localidade de Arroio Dourado (Figura 5). A Bacia do Rio Tamanduá está localizada nos municípios de Santa Terezinha de Itaipu (onde também é situada sua nascente) e Foz do Iguaçu (onde é situado seu exutório, no Rio Iguaçu).

**Figura 5** Localização do Estado do Paraná e do município de Foz do Iguaçu

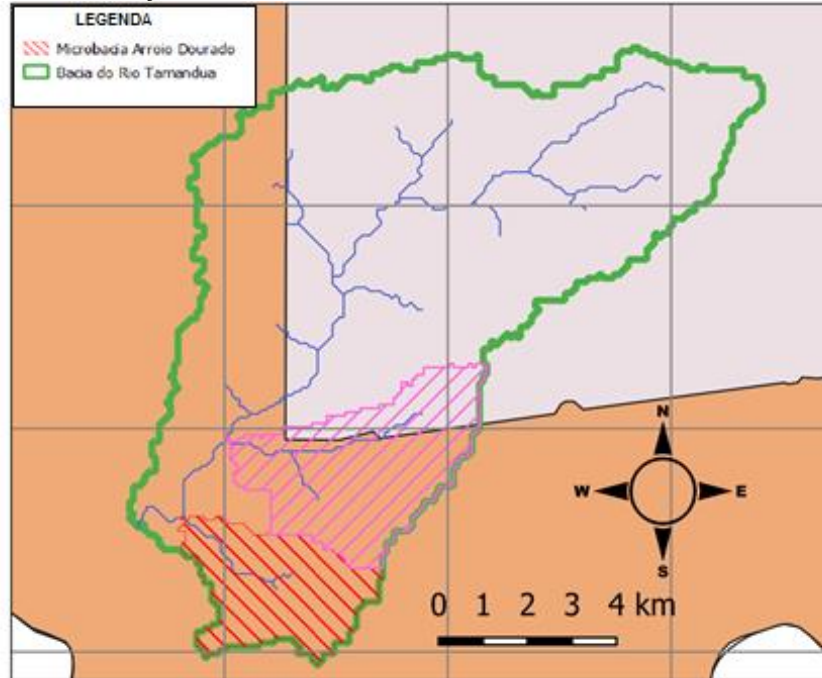


Fonte: Autora (2020)

O Arroio Dourado nasce no município de Foz do Iguaçu, margeia a ocupação que se instalou nas dependências do antigo lixão e deságua no Rio Tamanduá (Figura 6). A Bacia do Rio Tamanduá tem aproximadamente 112,12 km<sup>2</sup> de extensão, e a sub-bacia do Arroio Dourado tem 10,23 km<sup>2</sup>. No local há uma

captação de água utilizada pela Companhia de Saneamento (SANEPAR) a jusante da junção entre o Arroio Dourado e o Rio Tamanduá.

**Figura 6** Localização da Microbacia Arroio Dourado e da Bacia do Rio Tamanduá



Fonte: Autora (2020)

#### 4.3 PONTOS E COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

As localizações geográficas e características dos pontos de amostragem estão apresentadas na Tabela 1.

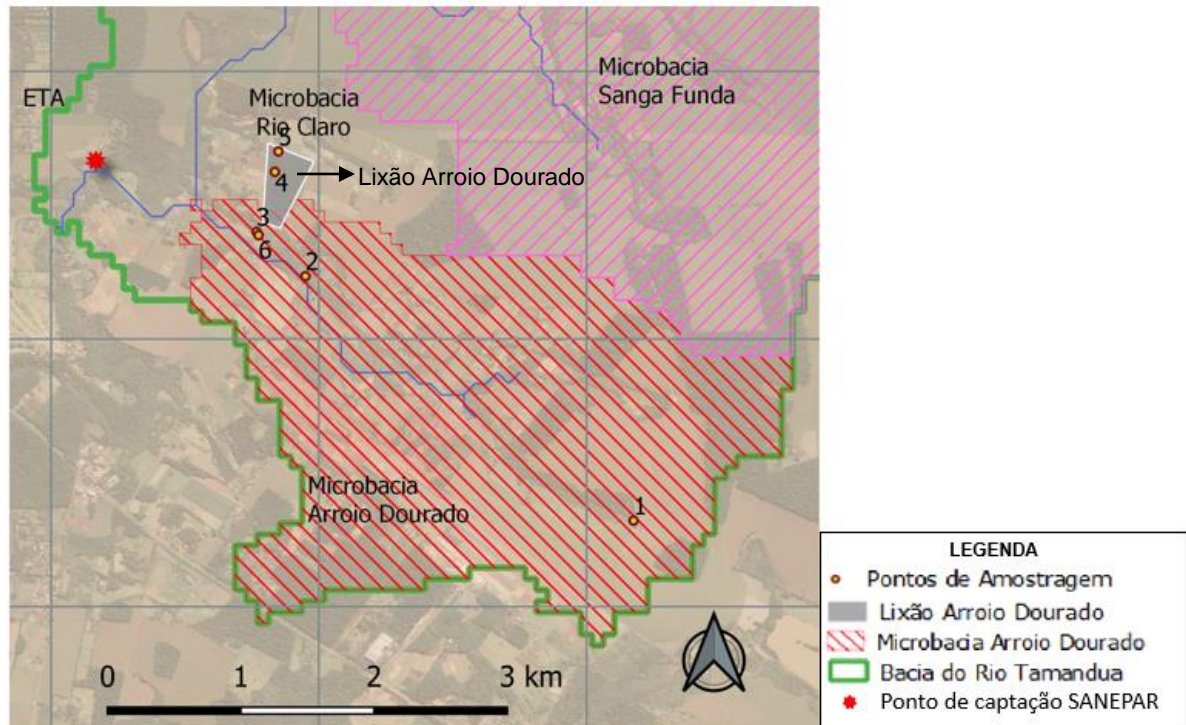
**Tabela 1** Localização geográfica e características dos pontos de amostragem

Pontos de coleta	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<b>Detalhe</b>	Arroio Dourado	Arroio Dourado	Arroio Dourado	Poço	Poço	Poço
	Nascente	Montante do Lixão	Jusante do Lixão	Cacimba 3	Cacimba 2	Artesiano
<b>Tipo da Água</b>	Superficial	Superficial	Superficial	Subterrânea	Subterrânea	Subterrânea
<b>Coord.</b>	S 25 ° 35.614'	S 25 ° 34.518'	S 25 ° 34.319'	S 25 ° 34.050'	S 25 ° 33.959'	S 25 ° 34.334'
<b>Geográfica</b>	W 054 ° 28.589'	W 054 ° 30.060'	W 054 ° 30.279'	W 054 ° 30.197'	W 054 ° 30.181'	W 054 ° 30.270'
<b>Altitude</b>	217 m	208 m	191 m	207 m	197m	194m

Fonte: Autora (2020)

Para a realização da presente pesquisa, foi estabelecido seis pontos de amostragem (Figura 7), destes pontos três localizados no Arroio Dourado (P1, P2 e P3), dois pontos oriundos de poços de monitoramento (P4 e P5) e um ponto oriundo do poço artesiano utilizado pela comunidade local (P6).

**Figura 7** Localização dos pontos de coleta



Fonte: Autora (2020)

Os pontos de coleta de água superficial estão dispostos na figura 8. O ponto de coleta 1 (Nascente), apresenta no seu entorno mata ciliar e presença de agricultura extensiva (soja), considerando a distância deste ponto com a área do lixão Arroio Dourado aparentemente não sofre influências do mesmo, porém não podemos afirmar antecipadamente questões sobre escoamento superficial da cultura da soja, o ponto 2 fica localizado no Arroio Dourado (a montante do lixão), com a presença de mata ciliar preservada, aparentemente com boa conservação e sem indícios de culturas próximas e o ponto 3 está situado também no Arroio Dourado (a jusante do lixão), sem vegetação ao seu entorno e com atividades antrópicas muito próximas, pois trata-se de um local de grande circulação de pessoas e veículos.

**Figura 8** Pontos de coleta de água superficial

Fonte: Autora (2021)

Os pontos 4 e 5 são coletas de água subterrânea de poços do tipo cacimba (Figura 9), são poços rasos, antigos, perfurados pelos próprios moradores e que atualmente são utilizados como poços de monitoramento pela SANEPAR.

**Figura 9** Pontos de coleta de água subterrânea

Fonte: Autora (2021)

O ponto 6 encontra-se situado no poço artesiano utilizado pela comunidade para consumo de água (Figura 9).

As coletas foram realizadas seguindo os Procedimentos Operacionais Padrão (POP), ambos dispostos respectivamente no Apêndice A e B para limpeza dos frascos e procedimento de coleta em campo, foram realizadas 3 coletas, as quais ocorreram em abril, maio e julho de 2021, após cada coleta as amostras foram encaminhadas para o laboratório da Universidade de Integração Latino-Americana- Unidade do Jardim Universitário (JU), onde foi realizada a análise das mesmas.

Foi utilizado *in loco* a sonda de qualidade da água multiparâmetros Aqua Troll 500 para medições em campo e em sistemas telemétricos de medição.

O Quadro 4 mostra alguns dos principais parâmetros compatíveis com a sonda citada.

**Quadro 4** Principais parâmetros da sonda

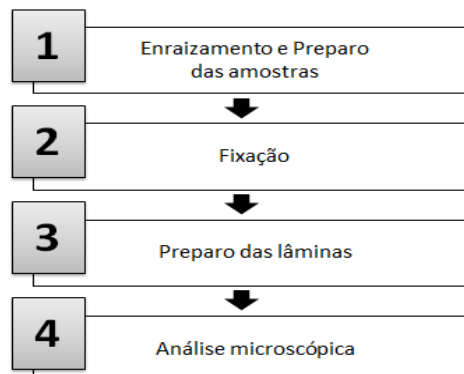
Parâmetros	Faixa de Medição	Precisão	Resolução
Temperatura	-5°C a 50°C	±0,1°C	0,01°C
PH	0 a 14 pH	±0,1pH	0,01pH
Condutividade Atual	0 a 350.000 µS/cm	NA	0,1 µS/cm
TDS	0 a 350 ppt	NA	0,1 ppt
Turbidez	0 a 4.000 NTU	±2% da leitura	0,01 NTU de (0 a 1.000 NTU); 0,1 NTU de (1.000 a 4.000 NTU)

Fonte: Autora (2021)

#### 4.4 TESTE *Allium cepa*

Para a avaliação dos testes mutagênicos foi seguido os procedimentos descritos por Fiskesjö (1985) com algumas adaptações. O experimento é dividido em etapas, conforme a Figura 10.

**Figura 10** Etapas do experimento para os testes mutagênicos utilizando *Allium cepa*



Fonte: Autora (2020)

#### 4.4.1 Enraizamento e Preparo das amostras

Para a realização dos testes mutagênicos foram utilizados bulbos de *Allium cepa* selecionados pela ausência de fungos e manchas, lavados e as primeiras capas removidas. Raízes velhas foram cortadas e a parte inferior do bulbo colocada em contato com a solução de água ultra pura do tipo I, também chamada de “água dura” (protocolo de preparo disposto no Apêndice C) reconstituída até a metade do seu corpo para o enraizamento, utilizando béquers de 50 mL. O experimento foi realizado em triplicata para garantir melhor confiabilidade nos dados. O enraizamento teve durabilidade de 4 dias (72h), com troca diária da água. Para o enraizamento foi utilizado um total de 30 bulbos e após o término das 72h, foi realizada uma seleção, resultando em um total final de 24 bulbos utilizados no teste de citotoxicidade e genotoxicidade.

Após o período de enraizamento, as amostras foram colocadas em contato com a água coletada nos pontos de amostragem, e ficaram em contato por 24h (T1), após a troca da água, ficaram expostas por mais 24h (T2).

Para os controles negativo (-) e positivo (+) foi utilizado as seguintes soluções:

- Controle (CO-): solução de água dura (Composição disposta no apêndice C)
- Controle (CO+): sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) na concentração de 0,0006 mg/L (para os testes de citotoxicidade), concentração esta utilizada por Silva *et al.* (2018).

Sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) na concentração de 0,0002 mg/L ( $\text{CuSO}_4$ ) (para os testes de genotoxicidade) de acordo com Santos *et al.* (2020).

Os preparos das soluções estão dispostos no apêndice C e ambos seguem o mesmo procedimento de exposição das amostras em água.

#### 4.4.2 Fixação

Para a etapa de fixação, tanto para o T1, quanto para o T2, as raízes foram escolhidas de forma aleatória de acordo com o melhor desenvolvimento radicular, com o auxílio de uma tesoura e de uma pinça, 3 raízes de cada indivíduo (3 indivíduos por ponto) foram selecionadas e transferidas para microtubos eppendorf de 1,5 ml, contendo uma solução de fixador Carnoy 3:1 (3 partes de metanol para 1

parte de ácido acético), armazenados em congelador a temperaturas entre – 20°C e – 15°C, até ocorrer o preparo das lâminas (MOURA *et al.*, 2013).

#### 4.4.3 Preparo das lâminas

No preparo das lâminas foi adotada a técnica de coloração seguida de esmagamento.

A raiz é retirada do fixador e imersa em álcool 70% por 5 minutos em temperatura ambiente, posteriormente em um tubo de ensaio é imersa em solução de HCl 1mol/L e orceína acética 2% (corante), em proporção de 1 gota de ácido clorídrico para 9 gotas de corante.

O tubo de ensaio é aquecido a 5 cm da chama de uma lamparina sem alcançar fervura até liberação dos primeiros vapores, em seguida tampou-se o tubo de ensaio com algodão e manteve-se a solução em repouso por 25 minutos.

Após o período de exposição ao corante, os meristemas foram removidos e postos sobre uma lâmina de microscopia, efetuando em seguida um corte para isolar o meristema da raiz, descartando o restante do corpo radicular. Uma a duas gotas da própria solução de orceína acética foi adicionada na lâmina, sobre a amostra foi colocada uma lamínula e cuidadosamente pressionada para que ocorresse o completo esmagamento do meristema, feito isso a lâmina passa para a próxima etapa de análise microscópica.

#### 4.4.4 Análise microscópica

As lâminas foram analisadas em microscópio óptico de campo claro (Primo Star – Zeiss), com objetiva de 40x com 400 vezes de aumento. Na análise microscópica foi realizada a contagem de 1000 células por indivíduo, totalizando 3000 células por ponto de amostragem, a contagem foi feita através do software Zen 2.3 lite.

Após a análise, foi avaliado o Índice mitótico (IM) e as aberrações cromossômicas (AB).

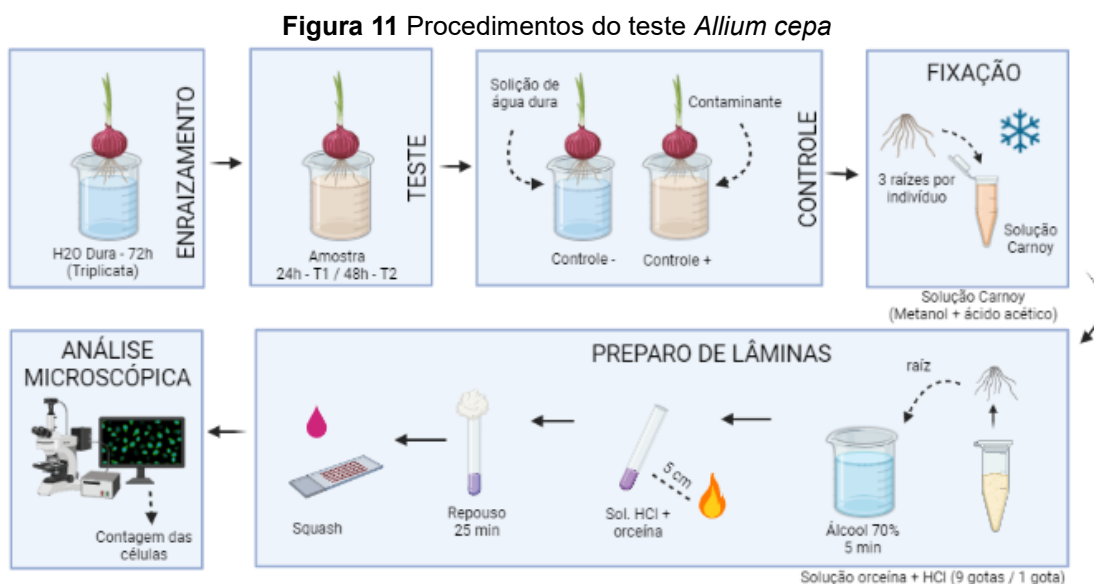
A elaboração do Índice Mitótico, que avalia a citotoxicidade, foi realizada contabilizando a quantidade de células em fases da mitose e calculada a razão:

$$IM = (n^{\circ} \text{ total de células em divisão} / n^{\circ} \text{ total de células analisadas}) \times 100 \quad (1)$$

Para determinar a genotoxicidade, medida através das AC (Aberrações cromossômicas), foi observada as anomalias cromossômicas encontradas durante todas as etapas da mitose, como: pontes anafásica, c-metáfase, anáfase multipolar, atraso, aderência, perda e quebra cromossômica, dentre outras e calculado o índice:

$$AC = (n^{\circ} \text{ total de células com aberrações cromossômicas} / n^{\circ} \text{ total de células analisadas}) \times 100 \quad (2)$$

Resumidamente, todas as etapas do procedimento estão ilustradas na Figura 11.



Fonte: Autora (2021)

#### 4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICA DOS DADOS

Foi realizado uma análise descritiva de alguns dos parâmetros físico-químicos da água dos dados coletados *in loco* pela sonda multiparâmetros Aqua Troll 500. Os resultados de citotoxicidade e genotoxicidade foram submetidos a uma análise exploratória investigativa.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação dos recursos hídricos tem como objetivo a melhoria, a manutenção e a preservação da qualidade ambiental (SCHUTZ, 2020). Desse modo, destacam-se os bioensaios com plantas para o biomonitoramento de poluentes ambientais nos corpos d'água, em especial a *Allium cepa*, devido a sua disponibilidade, sensibilidade, fácil manuseio e baixo custo (DATTA *et al.*, 2018).

Os dados referentes aos parâmetros físico-químicos da água quando submetidos a estatística descritiva, obteve-se os seguintes resultados para condutividade elétrica (Tabela 2), salinidade (Tabela 3), sólidos totais dissolvidos (Tabela 4), pH (Tabela 5) e temperatura (Tabela 6).

**Tabela 2** Estatística descritiva de condutividade

Pontos	Variável					
	Condutiv.( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )					
	1	2	3	4	5	6
<b>Media</b>	15,5620	45,0270	42,2650	255,6300	10,0630	139,4400
<b>Desv.Est.</b>	0,0724	0,0931	0,0718	0,5660	0,0072	5,3400
<b>CoefVar</b>	0,4700	0,2100	0,1700	0,2200	0,0700	3,8300
<b>Mínimo</b>	15,4380	44,9350	42,2070	254,7100	10,0500	130,7500
<b>Máximo</b>	15,6250	45,1810	42,3870	256,1700	10,0670	145,4300

**Fonte:** Autora (2022)

Sendo a condutividade elétrica um possível indicador de lançamento de efluentes observar-se que os pontos 1 (nascente), 2 (montante) e 3 (jusante) os quais trata-se de pontos de água superficial, e os resultados obtidos encontram-se dentro da faixa de valor estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Observa-se também pelo coeficiente de variação que os dados demonstraram variabilidade quase nula entre as coletas.

De acordo com Esteves (2011) a condutividade elétrica é um parâmetro que pode mostrar modificações na composição dos corpos d'água, mas não especifica quantidades e componentes, dessa forma é caracterizada como um importante parâmetro para controlar e determinar o estado e a qualidade da água.

Já os pontos 4 e 6 oriundos de poços cacimba (águas subterrâneas) apresentaram valores acima do permitido pela Resolução Conama nº 357/2005,

sobre coeficiente de variação ainda podemos considerar como baixo (< 10%), segundo classificação de Pimentel Gomes (1985).

**Tabela 3** Estatística descritiva de salinidade

Pontos	Variável					
	Salinidade (PSU)					
	1	2	3	4	5	6
<b>Media</b>	0,0063	0,0244	0,0231	0,1290	0,0035	0,0716
<b>Desv.Est.</b>	0,0000	0,0003	0,0002	0,0004	0,0000	0,0028
<b>CoefVar</b>	0,7100	1,1200	0,8400	0,2800	0,1100	3,8400
<b>Mínimo</b>	0,0062	0,0240	0,0228	0,1283	0,0035	0,0671
<b>Máximo</b>	0,0063	0,0246	0,0232	0,1292	0,0035	0,0746

Fonte: Autora (2022)

De acordo com os resultados obtidos para o parâmetro salinidade, o ponto que se mostrou distinto dos demais foi o 4 (poço tipo cacimba – água subterrânea), resultado esse já esperado, pois nos valores encontrados para condutividade elétrica, também foi o ponto que indicou maior valor. A condutividade elétrica está diretamente relacionada com o parâmetro de salinidade, ou seja, com a quantidade de sais dissolvidos na água. Obteve um coeficiente de variação também considerado baixo entre as amostras.

**Tabela 4** Estatística descritiva de sólidos totais dissolvidos

Pontos	Variável					
	Sólidos D. Total					
	1	2	3	4	5	6
<b>Media</b>	0,0107	0,0351	0,0334	0,1748	0,0068	0,0982
<b>Desv.Est.</b>	0,0001	0,0004	0,0003	0,0005	0,0000	0,0037
<b>CoefVar</b>	0,5800	1,0700	0,8000	0,2800	0,0800	3,7500
<b>Mínimo</b>	0,0106	0,0345	0,0329	0,1740	0,0068	0,0922
<b>Máximo</b>	0,0107	0,0354	0,0335	0,1751	0,0068	0,1023

Fonte: Autora (2022)

Para os dados de sólidos totais dissolvidos, observa-se que tanto os pontos para água superficial e subterrânea encontram-se dentro do valor permitido nas normas vigentes. Além disso a variabilidade dos dados pode se considerar baixa, apresentando coeficientes de variação menores que 10%.

**Tabela 5** Estatística descritiva de pH

Pontos	Variável					
	pH (pH)					
	1	2	3	4	5	6
<b>Media</b>	5,0748	6,9610	7,2910	4,6050	4,8555	8,8542
<b>Desv.Est.</b>	0,1758	0,4390	0,6440	0,0210	0,0368	0,0145
<b>CoefVar</b>	3,4600	6,3100	8,8400	0,4600	0,7600	0,1600
<b>Mínimo</b>	4,9653	6,6220	6,7620	4,5872	4,8130	8,8378
<b>Máximo</b>	5,3870	7,6770	8,3390	4,6337	4,9013	8,8736

Fonte: Autora (2022)

Para os valores de pH, os pontos que se encontram dentro da faixa permitida pela resolução são os pontos 2 e 3 para águas superficiais e o ponto 6 para água subterrânea. O ponto 1 (nascente) apresenta valor 5,07, ponto 4 (4,6) e o ponto 5 (4,8) ambos com tendências ácidas.

O ponto 1 por se tratar de uma nascente com mata ciliar em seu entorno, a acidez apresentada pode estar relacionada com a decomposição de matéria orgânica proveniente da mata (folhas, galhos, etc). Já os pontos 4 e 5 por se tratar de poços, os valores encontrados podem ser devido a composição mineralógica do solo e das rochas da região, porém cabe ressaltar a necessidade de uma investigação mais aprofundada, considerando que esses pontos estão localizados sobre a camada do antigo lixão, desta forma a acidez pode estar relacionada com a decomposição dos resíduos e dejetos orgânicos provenientes da disposição inadequada na época em que o lixão se encontrava ativo.

Importante ainda ressaltar que toda a recarga das águas subterrâneas desse local obrigatoriamente estará submetida a passagem pela camada do antigo lixão, o que torna indispensável o monitoramento dessa região.

**Tabela 6** Estatística descritiva de temperatura

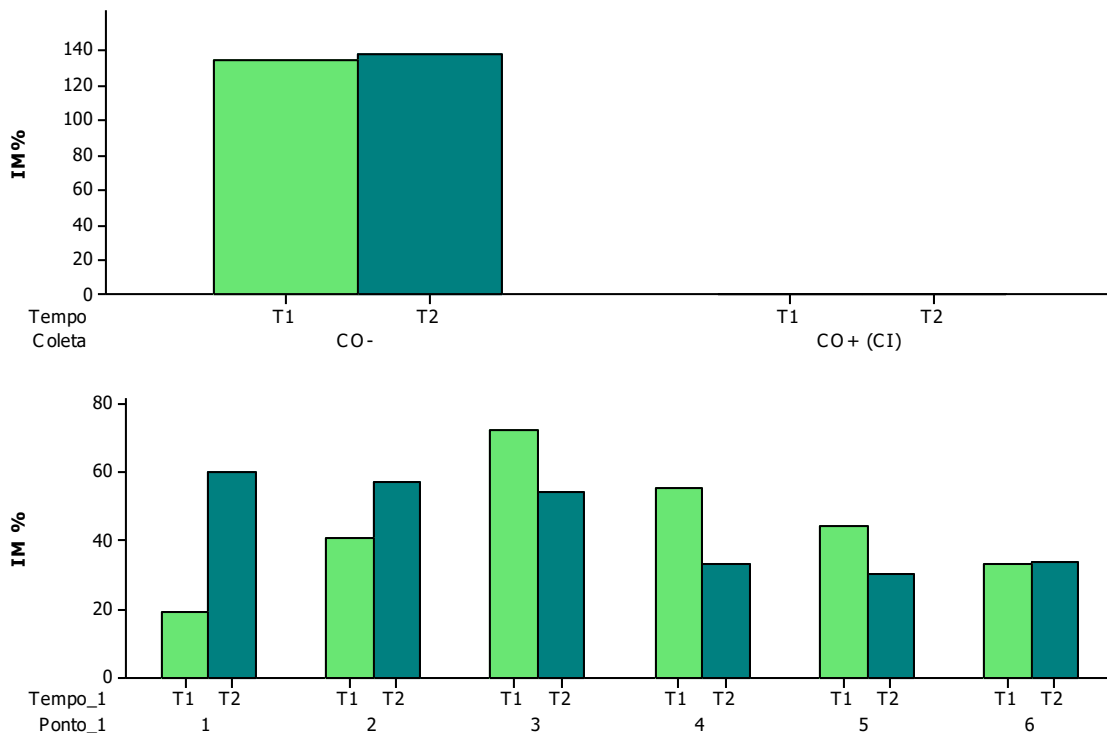
Pontos	Variável					
	Temperatura (°C)					
	1	2	3	4	5	6
<b>Media</b>	22,2780	16,2500	15,7590	22,4140	22,9360	20,9690
<b>Desv.Est.</b>	0,1510	0,5470	0,4190	0,0369	0,0400	0,0453
<b>CoefVar</b>	0,6800	3,3700	2,6600	0,1600	0,1700	0,2200
<b>Mínimo</b>	22,0130	15,9290	15,4960	22,3830	22,9110	20,9180
<b>Máximo</b>	22,3740	17,2160	16,4880	22,4740	23,0070	21,0360

Fonte: Autora (2022)

Para os dados referentes à temperatura observa-se que todos os pontos (águas superficiais e subterrâneas) encontram-se dentro dos valores permitidos pelas resoluções vigentes.

Para os resultados de citotoxicidade neste estudo (Figura 12), a partir do IM (Índice mitótico), obtidos por meio da análise das células meristemáticas de *A. cepa*, nas amostras de água do Arroio Dourado.

**Figura 12** Dados de controles (CO+ e CO-) para citotoxicidade (IM) da coleta 1



Fonte: Autora (2021)

Em relação aos dados apresentados da coleta 1 ao analisar os pontos 3, 4 e 5, ambos tiveram uma diminuição do IM no maior tempo de exposição de 48h (T2), de acordo com Schütz (2020) esse tipo de acontecimento configura-se como sendo um efeito progressivo citotóxico, ou seja, em um primeiro momento as células estavam se dividindo “normal” e com o passar do tempo de exposição algum agente citotóxico presente na água agiu negativamente causando esse decréscimo na divisão celular. Alguns parâmetros físico – químicos como a turbidez, DBO e DQO podem ter contribuído para essa diminuição, fato esse comprovado nos estudos de Schoningger (2020).

O ponto 1 e 2 (coleta 1) no tempo de 48h foram os que apresentaram o maior índice mitótico em relação aos outros pontos, o ponto 1 encontra-se em uma área de mata ciliar em seu entorno. Por se tratar de uma nascente, é um reservatório hídrico relativamente pequeno, porém com fluxo de água constante, estes fatos podem ter contribuído para um maior fornecimento de nutrientes para as células analisadas, principalmente oxigênio dissolvido, o ponto 2 localizado a montante do antigo lixão Arroio Dourado provém das mesmas características do 1, trata-se de um local protegido por mata ciliar em seu entorno, diante do exposto, os fatores mencionados podem ter contribuído para um IM maior. Düsmann *et al.* (2013) avaliou a citotoxicidade das águas do Rio Quatorze em Francisco Beltrão/PR, e apontou nos seus resultados que alguns fatores podem influenciar no aumento do índice mitótico, dentre eles estão os parâmetros DQO e DBO, neste referido estudo não foi avaliado tais parâmetros, porém ambos podem ser um indicativo atuante no acréscimo do IM.

Por mais que alguns pontos demonstraram maior IM do que os outros e vice versa, a diferença entre eles é pequena, e com isso supõe-se que os dados apontam para uma citotoxicidade negativa, nesse contexto podemos fazer uma correlação com o pH, de acordo com Düsmann *et al.* (2013) o efeito negativo da citotoxicidade em alguns pontos pode ser devido ao pH estar dentro da faixa permitida na resolução vigente, fato este observado em seu estudo ao avaliar a qualidade da água de um rio de água doce (classe 2). No caso do Arroio Dourado, também classificado como classe 2, os pontos 2 e 3 (coleta 1) apresentam o pH (P2= 6,9 e P3= 7,29) valores estes enquadrados dentro do limite estabelecido pela CONAMA (2005) Resolução 357/2005, que define pH (6,0 – 9,0) para rios classificados na classe supracitada acima.

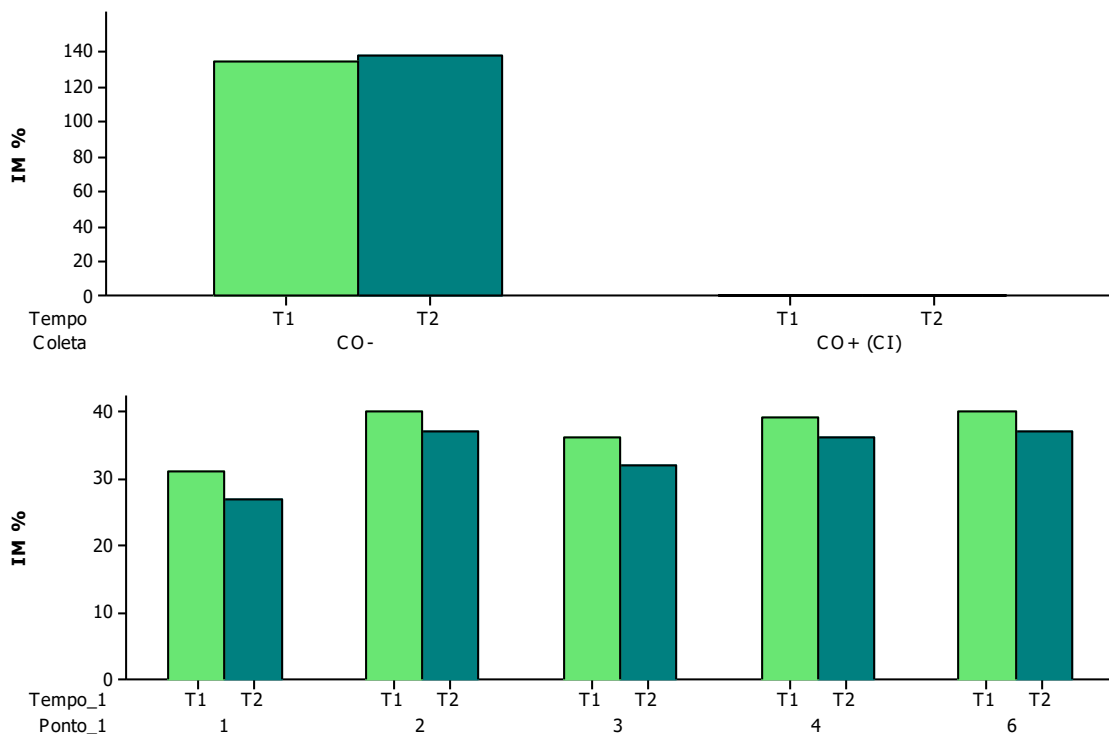
Em contrapartida, em um estudo publicado por Almeida *et al.* (2021) ele ressalta que os resultados do IM podem ser maiores ou menores que o CO-, e em ambos os casos podem apontar para um possível efeito citotóxico. Quando o IM é menor que o IM do CO-, pode-se inferir que as alterações decorrentes são citotóxicas e inibem a divisão celular, já quando o IM é maior que o do CO- pode-se inferir que há possibilidade de alguma substância presente na amostra esteja estimulando a divisão celular, o que pode levar a causar modificação na estrutura celular, caso a divisão seja desordenada e acompanhada por falhas no processo de organização dos cromossomos. Dessa forma, corroborando com o exposto, Bailão

*et al.* (2020) ao investigar a qualidade da água do Rio Extrema localizado em Anápolis – GN, utilizando o teste *Allium cepa*, os resultados obtidos indicam que alguns pontos apresentaram IM maior que o CO-, ou seja, pode ser um indicativo da presença de substâncias que estimulam a divisão celular e estas também podem causar alterações na célula.

Christofoletti (2008) e Amaral *et al.* (2007) em seus trabalhos, utilizando o teste *Allium cepa*, discutem em seus resultados que a inibição da divisão celular pode ser acarretada devido à presença de compostos químicos na água, e já o estímulo da divisão celular pode ser consequência dos dejetos ricos em fósforo e nitrogênio, presentes em esgotos domésticos.

Ao comparar os resultados obtidos na coleta 2 (Figura 13) pontos e tempo de exposição, com o CO- observou-se que todos obtiveram o IM inferior, visto que no CO- os meristemas foram expostos apenas à água dura, e também está presente o mesmo decréscimo (em todos os pontos 1 a 6) do IM no maior tempo de exposição (T2 – 48h) já observado na coleta 1.

**Figura 13** Dados de controles (CO+ e CO-) para citotoxicidade (IM) da coleta 2



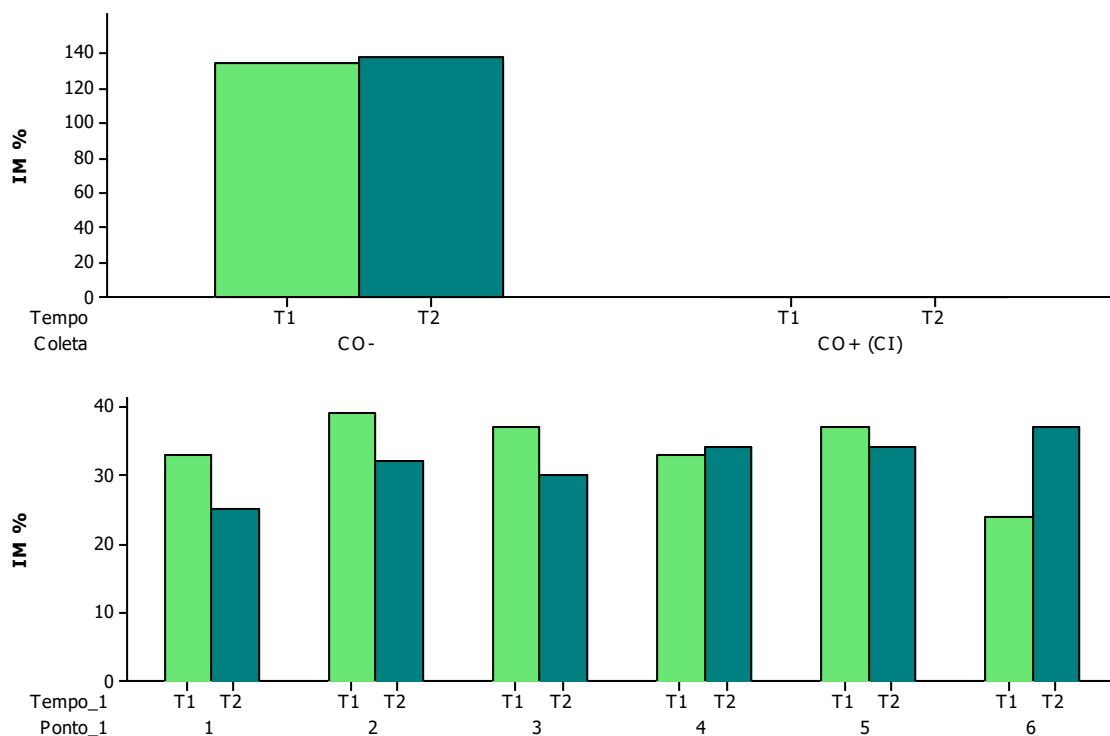
Fonte: Autora (2022)

Esses dados estão de acordo com os resultados obtidos por Faria *et al.* (2017) os quais não encontraram citotoxicidade por meio da análise de índice mitótico nas águas de dois ribeirões no estado do Paraná. Oliveira *et al.* (2011) em estudo realizado no rio Paraíba do Sul (SP) constataram que o índice mitótico não se mostrou distinto quando comparado ao grupo controle. Ambos os autores utilizaram como organismo teste bulbos de *A. cepa*.

Rodrigues *et al.* (2016), analisaram a toxicidade do Rio da Ilha, no estado do Rio Grande do Sul e os resultados não se mostraram distintos entre os pontos e grupo controle em ambas as coletas realizadas.

Ao que se refere a coleta 3 (Figura 14), os resultados obtidos não diferem-se das coletas 1 e 2. Observa-se o IM inferior quando comparado ao CO-, não demonstrando nenhuma diferença entre pontos e tempos de exposição.

**Figura 14** Dados de controles (CO+ e CO-) para citotoxicidade (IM) da coleta 3



Fonte: Autora (2021)

Um estudo que corrobora com os resultados encontrados nessa pesquisa é o de Yamada *et al.* (2017) onde foi avaliada a citotoxicidade das águas superficiais do córrego Mandacaru, na área urbana de Maringá/PR. Os resultados não

demonstraram nenhuma alteração com relação aos índices de divisão das células meristemáticas das raízes, portanto, não apresentaram potencial citotóxico. Porém os autores sugerem que é necessário que monitoramento ambiental deve ser realizado de forma contínua, pois as áreas estão em constante pressão antrópica, e com isso podem sofrer alterações em seu meio.

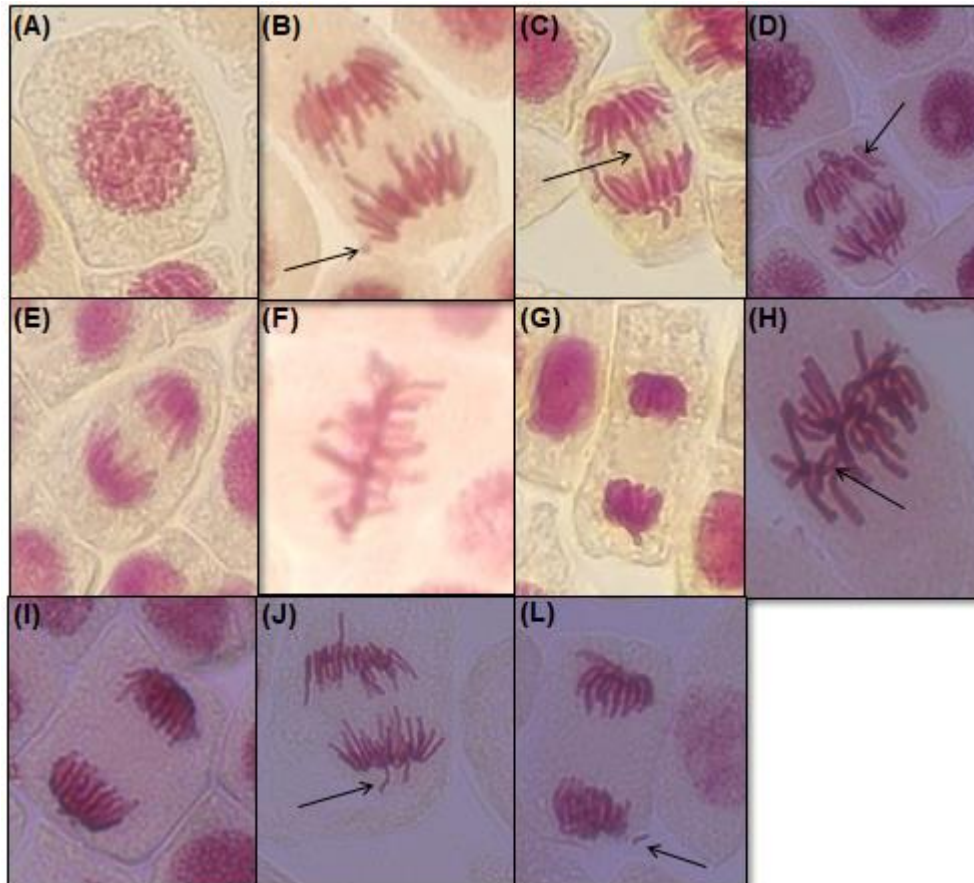
Com relação ao controle positivo (CO+) para os testes de citotoxicidade, a concentração utilizada (sulfato de cobre 0,0006 mg/L) inibiu 100% o índice mitótico. Fiskesjö (1985) conduziu estudos sobre os efeitos de crescimento e de aberrações cromossômicas sobre *A. cepa* após exposição a alguns compostos, dentre eles o cobre, este demonstrou que em altas concentrações reduziram significativamente o índice mitótico. Costa (2016) em seu estudo relata que o acúmulo lento dos contaminantes nos tecidos ao longo do tempo podem desenvolver características de toxicidade sub letal até alcançar níveis que irão causar danos no organismo. Dessa forma, a inibição total na divisão das células constatadas nesse estudo comprova o efeito citotóxico do sulfato de cobre quando presente na água.

Com relação aos resultados de genotoxicidade (AC), esses podem fornecer dados quantitativos sobre os efeitos de exposição a um agente tóxico, nessa perspectiva um dos principais objetivos do uso de cromossomos como sistema de monitoramento é determinar se há presença de elementos poluidores em determinada amostra que seja capaz de causar danos na estrutura do DNA da célula.

Cabe ressaltar que o simples fato da presença do elemento não o caracteriza como poluente, mas sim a concentração do mesmo.

As aberrações cromossômicas (AC) que foram mais encontradas neste estudo estão apresentadas na Figura 15, elas ocorreram nas seguintes fases da mitose: Prófase, Anáfase, Metáfase e Telófase.

**Figura 15** Aberrações cromossômicas mais frequentes. (A) Prófase normal; (B) Anáfase com fragmento cromossômico (seta); (C) Ponte cromossômica (seta); (D) Perda cromossômica (seta); (E) Anáfase normal; (F) Metáfase normal; (G) Telófase com aderência cromossômica; (H) Anel cromossômico; (I) Telófase normal; (J) Cromossomos isolados (seta); (L) Quebra cromossômica.

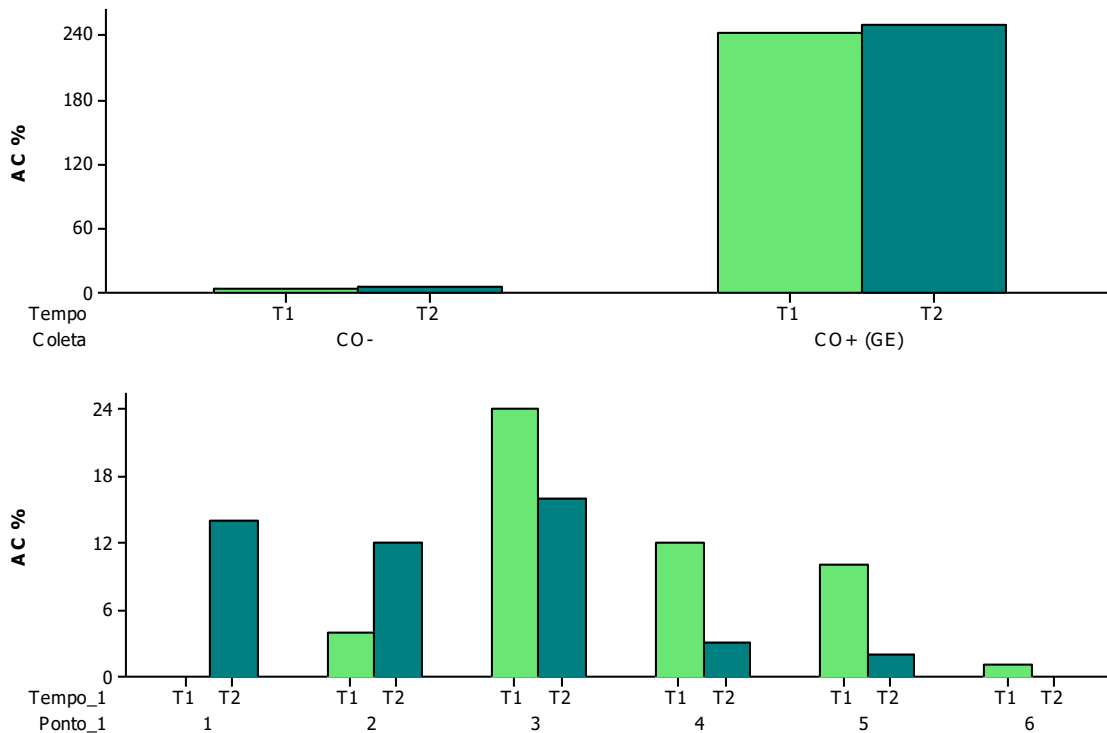


Fonte: Autora (2021)

Ribeiro *et al.* (2018) em seu estudo onde avaliou a atividade citogenotóxica em extrato aquoso, ressaltou em seus resultados que a análise dos diferentes tipos de AC, em todas as fases do ciclo celular, possibilita uma avaliação ampla e objetiva e promove uma melhor investigação dos agentes testados, quanto a seus efeitos clastogênicos e/ou aneugênicos no DNA do organismo teste. Ele enfatiza ainda de maneira mais clara, que AC com pontes cromossômicas e quebras, são indicadores de ação clastogênica, enquanto que as perdas cromossômicas, atrasos, poliploidia (duplicações), adesão (*stickiness*), multipolaridade e C-metáfases resultam de efeitos aneugênicos. AC estas presentes nesse estudo.

Porém com relação aos dados acima apresentados quando comparados os pontos analisados e os tempos de exposição com o CO- observa-se algumas alterações relevantes a serem discutidas (Figura 16).

**Figura 16** Dados de controles (CO+ e CO-) para genotoxicidade (AC) da coleta 1



**Fonte:** Autora (2021)

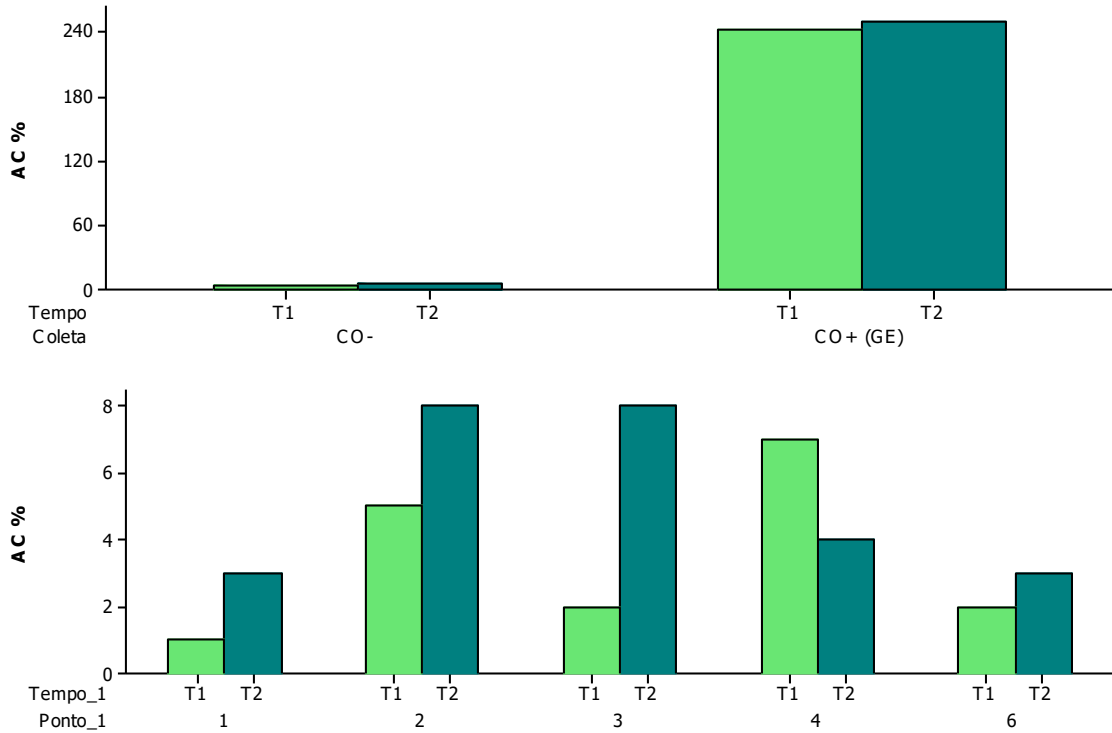
É notável que na coleta 1, o ponto 3 foi o que apresentou maior índice de AC comparados ao CO- tanto no T1 (24h) e no T2 (48h), o referido ponto está localizado a jusante do Lixão Arroio Dourado, local aberto, com circulação de pessoas, propenso a receber diversos tipos de resíduos de origem doméstica, como latas, plásticos etc.

De acordo com Sousa *et al.* (2017) avaliando a genotoxicidade das águas do Rio Guaribas (Piauí-Brasil), os danos genéticos observados podem ser correlacionados positivamente com a presença de metais pesados, que podem causar estresse oxidativo, danos ao DNA e inibir o sistema de reparo do mesmo ou promover a desregulação da proliferação celular, eventos que podem ter ocorrido no presente estudo.

Outros estudos que corroboram com tal inferência são Taniwaki *et al.* (2013), Santos (2018) e Sieklicki *et al.* (2019) ambos relacionaram as alterações genéticas nos testes realizados em amostras de água com grande quantidade de matéria orgânica e metais pesados, oriundas de atividade antrópicas, e salientaram a

importância das área de preservação permanentes na conservação e qualidade dos recursos hídricos. Resultados semelhantes podem ser observados neste estudo, com os dados dispostos na Figura 17.

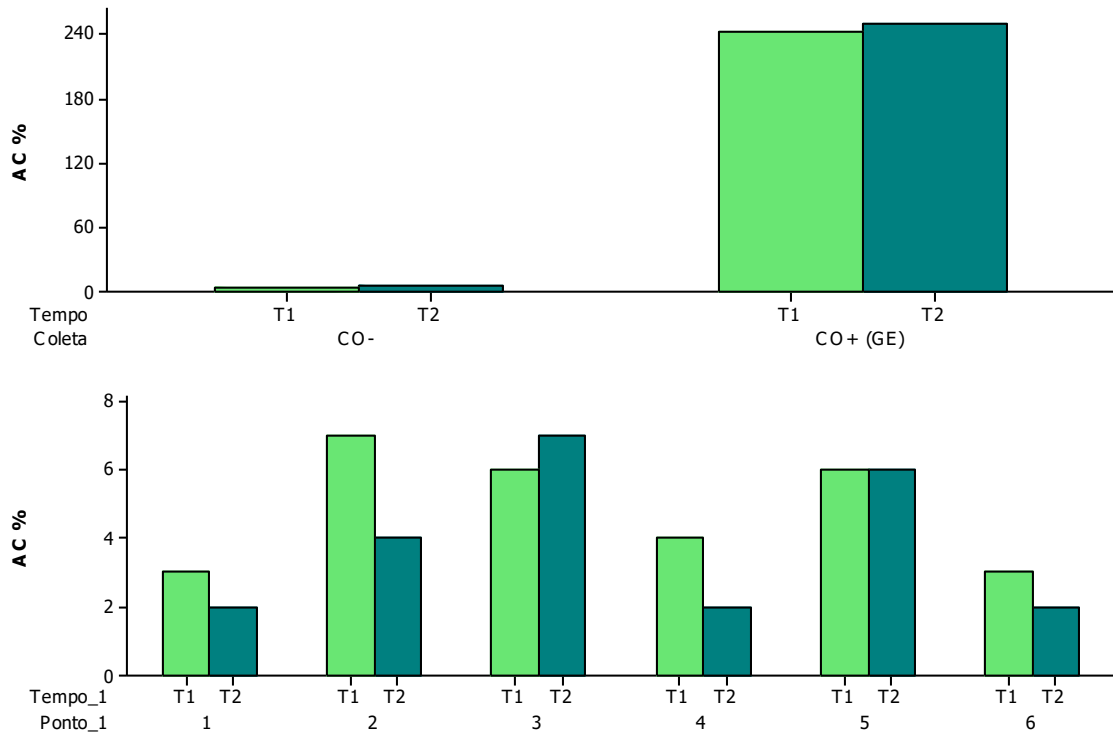
**Figura 17** Dados de controles (CO+ e CO-) para genotoxicidade (AC) da coleta 2



Fonte: Autora (2021)

Ao observar o ponto 1 os resultados apontaram menores índices de aberrações cromossômicas em relação ao CO-, considerando que tal ponto trata-se de uma nascente, corrobora com o estudo de Marmontel e Rodrigues (2015), em que compararam a qualidade da água de quatro nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação e observaram que nas nascentes com mata ciliar foram obtidos os melhores resultados na qualidade da água, ou seja, com menor alteração nos parâmetros analisados. O mesmo resultado é visível também na coleta 3 (Figura 18).

O ponto 6 embora não seja uma nascente, mas sim um poço artesiano, apresentou os mesmos resultados, possivelmente por não receber influência de escoamento superficial, e por consequência mantendo melhor qualidade da água.

**Figura 18** Dados de controles (CO+ e CO-) para genotoxicidade (AC) da coleta 3

Fonte: Autora (2021)

De forma resumida, os valores encontrados para índice mitótico e aberrações cromossômicas neste trabalho, estão apresentadas na tabela 7 .

**Tabela 7** Dados para citotoxicidade e genotoxicidade

Coleta	Ponto	Tempo	Indivíduo	Cél. Contabilizadas	Cél. em divisão	IM	Total AC	Índice AC
1	1	T1	1	1011	75	<b>7,42</b>	10	<b>0,99</b>
1	1	T1	2	1009	80	<b>7,93</b>	5	<b>0,50</b>
1	1	T1	3	1018	61	<b>5,99</b>	6	<b>0,59</b>
1	2	T1	1	1010	142	<b>14,06</b>	26	<b>2,57</b>
1	2	T1	2	1006	136	<b>13,52</b>	12	<b>1,19</b>
1	2	T1	3	1012	145	<b>14,33</b>	12	<b>1,19</b>
1	3	T1	1	1011	238	<b>23,54</b>	41	<b>4,06</b>
1	3	T1	2	1023	216	<b>21,11</b>	55	<b>5,38</b>
1	3	T1	3	1008	292	<b>28,97</b>	160	<b>15,87</b>
1	4	T1	1	1011	192	<b>18,99</b>	55	<b>5,44</b>
1	4	T1	2	1031	192	<b>18,62</b>	45	<b>4,36</b>
1	4	T1	3	1003	194	<b>19,34</b>	39	<b>3,89</b>
1	5	T1	1	1012	143	<b>14,13</b>	35	<b>3,46</b>
1	5	T1	2	1008	169	<b>16,77</b>	53	<b>5,26</b>
1	5	T1	3	1011	143	<b>14,14</b>	25	<b>2,47</b>
1	6	T1	1	1002	135	<b>13,47</b>	17	<b>1,70</b>

1	6	T1	2	1015	102	<b>10,05</b>	4	<b>0,39</b>
1	6	T1	3	1007	104	<b>10,33</b>	9	<b>0,89</b>
1	1	T2	1	1018	187	<b>18,37</b>	48	<b>4,72</b>
1	1	T2	2	1013	172	<b>16,98</b>	38	<b>3,75</b>
1	1	T2	3	1007	271	<b>26,91</b>	74	<b>7,35</b>
1	2	T2	1	1010	224	<b>22,18</b>	50	<b>4,95</b>
1	2	T2	2	1009	187	<b>18,53</b>	41	<b>4,06</b>
1	2	T2	3	1012	173	<b>17,09</b>	43	<b>4,25</b>
1	3	T2	1	1015	192	<b>18,92</b>	57	<b>5,62</b>
1	3	T2	2	1004	197	<b>19,62</b>	62	<b>6,18</b>
1	3	T2	3	1013	182	<b>17,97</b>	52	<b>5,13</b>
1	4	T2	1	1008	120	<b>11,90</b>	14	<b>1,39</b>
1	4	T2	2	1009	109	<b>10,80</b>	13	<b>1,29</b>
1	4	T2	3	1010	127	<b>12,57</b>	17	<b>1,68</b>
1	5	T2	1	1009	104	<b>10,31</b>	18	<b>1,78</b>
1	5	T2	2	1011	86	<b>8,51</b>	9	<b>0,89</b>
1	5	T2	3	1014	131	<b>12,92</b>	17	<b>1,68</b>
1	6	T2	1	1003	109	<b>10,87</b>	6	<b>0,60</b>
1	6	T2	2	1008	132	<b>13,10</b>	8	<b>0,79</b>
1	6	T2	3	1013	116	<b>11,45</b>	9	<b>0,89</b>
2	1	T1	1	1007	105	<b>10,43</b>	11	<b>1,09</b>
2	1	T1	2	1020	121	<b>11,86</b>	10	<b>0,98</b>
2	1	T1	3	1011	106	<b>10,48</b>	10	<b>0,99</b>
2	2	T1	1	1017	123	<b>12,09</b>	19	<b>1,87</b>
2	2	T1	2	1007	155	<b>15,39</b>	23	<b>2,28</b>
2	2	T1	3	1005	132	<b>13,13</b>	22	<b>2,19</b>
2	3	T1	1	1011	120	<b>11,87</b>	13	<b>1,29</b>
2	3	T1	2	1008	123	<b>12,20</b>	10	<b>0,99</b>
2	3	T1	3	1017	133	<b>13,08</b>	17	<b>1,67</b>
2	4	T1	1	1002	131	<b>13,07</b>	29	<b>2,89</b>
2	4	T1	2	1019	142	<b>13,94</b>	24	<b>2,36</b>
2	4	T1	3	1004	134	<b>13,35</b>	36	<b>3,59</b>
2	6	T1	1	1005	166	<b>16,52</b>	6	<b>0,60</b>
2	6	T1	2	1021	130	<b>12,73</b>	11	<b>1,08</b>
2	6	T1	3	1018	129	<b>12,67</b>	12	<b>1,18</b>
2	1	T2	1	1021	115	<b>11,26</b>	16	<b>1,57</b>
2	1	T2	2	1011	109	<b>10,78</b>	14	<b>1,38</b>
2	1	T2	3	1007	65	<b>6,45</b>	14	<b>1,39</b>
2	2	T2	1	1001	155	<b>15,48</b>	37	<b>3,70</b>
2	2	T2	2	1017	107	<b>10,52</b>	37	<b>3,64</b>
2	2	T2	3	1008	129	<b>12,80</b>	29	<b>2,88</b>
2	3	T2	1	1014	119	<b>11,74</b>	29	<b>2,86</b>
2	3	T2	2	1024	122	<b>11,91</b>	35	<b>3,42</b>
2	3	T2	3	1006	102	<b>10,14</b>	32	<b>3,18</b>
2	4	T2	1	1010	125	<b>12,38</b>	18	<b>1,78</b>

2	4	T2	2	1007	140	<b>13,90</b>	24	<b>2,38</b>
2	4	T2	3	1011	121	<b>11,97</b>	17	<b>1,68</b>
2	6	T2	1	1023	146	<b>14,27</b>	18	<b>1,76</b>
2	6	T2	2	1009	121	<b>11,99</b>	15	<b>1,49</b>
2	6	T2	3	1017	126	<b>12,39</b>	19	<b>1,87</b>
3	1	T1	1	1002	105	<b>10,48</b>	11	<b>1,10</b>
3	1	T1	2	1021	117	<b>11,46</b>	14	<b>1,37</b>
3	1	T1	3	1011	123	<b>12,17</b>	15	<b>1,48</b>
3	2	T1	1	1015	147	<b>14,48</b>	35	<b>3,45</b>
3	2	T1	2	1008	140	<b>13,89</b>	24	<b>2,38</b>
3	2	T1	3	1017	126	<b>12,39</b>	25	<b>2,46</b>
3	3	T1	1	1023	144	<b>14,08</b>	28	<b>2,74</b>
3	3	T1	2	1007	128	<b>12,71</b>	24	<b>2,38</b>
3	3	T1	3	1019	122	<b>11,97</b>	22	<b>2,16</b>
3	4	T1	1	1024	98	<b>9,57</b>	16	<b>1,56</b>
3	4	T1	2	1019	119	<b>11,68</b>	20	<b>1,96</b>
3	4	T1	3	1008	134	<b>13,29</b>	26	<b>2,58</b>
3	5	T1	1	1017	137	<b>13,47</b>	28	<b>2,75</b>
3	5	T1	2	1031	154	<b>14,94</b>	35	<b>3,39</b>
3	5	T1	3	1018	103	<b>10,12</b>	20	<b>1,96</b>
3	6	T1	1	1031	101	<b>9,80</b>	12	<b>1,16</b>
3	6	T1	2	1019	83	<b>8,15</b>	11	<b>1,08</b>
3	6	T1	3	1011	79	<b>7,81</b>	15	<b>1,48</b>
3	1	T2	1	1002	88	<b>8,78</b>	7	<b>0,70</b>
3	1	T2	2	1011	83	<b>8,21</b>	11	<b>1,09</b>
3	1	T2	3	1013	98	<b>9,67</b>	11	<b>1,09</b>
3	2	T2	1	1019	124	<b>12,17</b>	19	<b>1,86</b>
3	2	T2	2	1009	96	<b>9,51</b>	27	<b>2,68</b>
3	2	T2	3	1017	114	<b>11,21</b>	20	<b>1,97</b>
3	3	T2	1	1006	125	<b>12,43</b>	30	<b>2,98</b>
3	3	T2	2	1013	101	<b>9,97</b>	33	<b>3,26</b>
3	3	T2	3	1021	93	<b>9,11</b>	23	<b>2,25</b>
3	4	T2	1	1003	115	<b>11,47</b>	9	<b>0,90</b>
3	4	T2	2	1014	114	<b>11,24</b>	13	<b>1,28</b>
3	4	T2	3	1008	121	<b>12,00</b>	12	<b>1,19</b>
3	5	T2	1	1011	137	<b>13,55</b>	26	<b>2,57</b>
3	5	T2	2	1021	115	<b>11,26</b>	21	<b>2,06</b>
3	5	T2	3	1007	104	<b>10,33</b>	21	<b>2,09</b>
3	6	T2	1	1015	134	<b>13,20</b>	9	<b>0,89</b>
3	6	T2	2	1010	136	<b>13,47</b>	16	<b>1,58</b>
3	6	T2	3	1001	118	<b>11,79</b>	13	<b>1,30</b>
CO+ (GE)	7	T1	1	1008	768	<b>76,19</b>	728	<b>72,22</b>
CO+ (GE)	7	T1	2	1011	915	<b>90,50</b>	820	<b>81,11</b>
CO+ (GE)	7	T1	3	1015	981	<b>96,65</b>	909	<b>89,56</b>
CO+ (GE)	7	T2	1	1008	928	<b>92,06</b>	837	<b>83,04</b>

CO+ (GE)	7	T2	2	1010	982	<b>97,23</b>	941	<b>93,17</b>
CO+ (GE)	7	T2	3	1001	788	<b>78,72</b>	733	<b>73,23</b>
CO+ (CI)	8	T1	1	1000	0	<b>0,00</b>	0	<b>0,00</b>
CO+ (CI)	8	T1	2	1000	0	<b>0,00</b>	0	<b>0,00</b>
CO+ (CI)	8	T1	3	1000	0	<b>0,00</b>	0	<b>0,00</b>
CO+ (CI)	8	T2	1	1000	0	<b>0,00</b>	0	<b>0,00</b>
CO+ (CI)	8	T2	2	1000	0	<b>0,00</b>	0	<b>0,00</b>
CO+ (CI)	8	T2	3	1000	0	<b>0,00</b>	0	<b>0,00</b>
CO-	9	T1	1	1010	403	<b>39,90</b>	16	<b>1,58</b>
CO-	9	T1	2	1002	466	<b>46,51</b>	20	<b>2,00</b>
CO-	9	T1	3	1010	504	<b>49,90</b>	25	<b>2,48</b>
CO-	9	T2	1	1002	437	<b>43,61</b>	35	<b>3,39</b>
CO-	9	T2	2	1000	487	<b>48,70</b>	16	<b>1,60</b>
CO-	9	T2	3	1006	475	<b>47,22</b>	21	<b>2,09</b>

\* O ponto 5 na coleta 2 não foi realizada a coleta devido a problemas na bomba do poço.

**Fonte:** Autora (2022)

De acordo com Malaman *et al.* (2020) o teste com *A. cepa* L., confirmou ser bastante sensível aos diferentes tipos de poluição. Ficou demonstrado que atividades antrópicas podem interferir de forma diferente na qualidade de um mesmo curso d'água. Isso ficou evidente através dos dados apurados na região por eles avaliada. Pelas correlações estabelecidas supõe-se que a presença de matéria orgânica, juntamente ao zinco e o cromo, foram as substâncias que, possivelmente, atuaram de forma danosa às células e ao material genético. Entretanto deve-se levar em consideração que a presença de outras substâncias não avaliadas nos estudos pode, também, estar relacionadas aos dados obtidos, de forma direta ou sinergicamente.

Em relação ao controle positivo (CO+) utilizado nesse estudo para os testes de genotoxicidade (Sulfato de cobre na concentração de 0,0002 mg/L), obteve-se uma porcentagem de aberrações cromossômicas em torno de 82%, ou seja, o agente utilizado atuou positivamente causando danos nas células e com isso obteve-se uma taxa elevada de AC. Santos *et al.* (2020) também utilizou em seus estudos a mesma concentração como CO+, e obteve um aumento significativo no índice de AC. Com isso, tanto o controle negativo quanto os controles positivos para citotoxicidade e genotoxicidade apresentaram resultados esperados e, portanto, validam os resultados obtidos nos testes realizados através do sistema *Allium cepa*.

## 6 CONCLUSÃO

O sistema *Allium cepa* mostra-se claramente como uma metodologia eficaz, por ser sensível a possíveis variações da determinação de toxicidade através das observações das células de suas raízes no que diz respeito aos efeitos genotóxicos e citotóxicos.

Cabe ressaltar que foram encontradas AC em todas as fases da divisão celular e estas podem ter sido causadas por possíveis agentes contaminantes devido à presença do antigo lixão e o descarte inadequado de resíduos domésticos presentes no local. Esses agentes causam alterações cromossômicas, e quando encontrados em concentrações maiores podem causar uma variação na multiplicação celular, evidenciando que podem estar afetando o ciclo celular e o metabolismo dos meristemas de *A. cepa*, e por isso podem vir a atuar negativamente na biota do Arroio Dourado.

A exemplo do ponto 1 por se tratar de uma nascente com mata ciliar em seu entorno, apresentou tendências ácidas que pode estar relacionada com a decomposição de matéria orgânica. Já os pontos 4 e 5 por se tratar de poços, os valores encontrados podem ser devido a composição mineralógica do solo e das rochas da região, porém cabe ressaltar a necessidade de uma investigação mais aprofundada, considerando que esses pontos estão localizados sobre a camada do antigo lixão, desta forma a acidez pode estar relacionada com a decomposição dos resíduos e dejetos orgânicos provenientes da disposição inadequada na época em que o lixão se encontrava ativo e que atualmente esteja se degradando.

Considerando que o lixão Arroio Dourado, o qual serviu de abrigo de resíduos sólidos por mais de trinta anos e que não seguiu normas técnicas construtivas, pode ser um ambiente instável ao longo do tempo, aliado ao fato de que toda a recarga das águas subterrâneas desse local, obrigatoriamente estarão submetidas a passagem pela camada do antigo lixão, torna indispensável o monitoramento dessa região para assegurar assim uma boa qualidade da água a este importante afluente do Rio Tamanduá.

Dessa forma, o controle das atividades e a conservação da paisagem ao entorno do Arroio Dourado, desde a sua nascente, é fundamental para garantir o

desenvolvimento da biodiversidade e a qualidade da água, que está diretamente relacionada à saúde da população que a utiliza.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari – AP: Revisão descritiva. **Revista Biota Amazônica**. v. 5, n. 2, p. 119- 131. 2015.
- ALBERTIN, R. M.; MORAES, E.; NETO, G. D. A.; ANGELIS, B. L. D.; SCHIMIDT, C. A. P. Avaliação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Cianorte, Paraná. **Revista Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 2, p. 53 – 61, jul/dez, 2011. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/1893/1602>. Acesso em: 25 jun 2020.
- ALMEIDA, L. M.; BAILÃO, E. F. L. C.; COTRIM, C. F. C.; SOARES, R. R.; GARCIA, F. F.; PAULA, M. I. M.; LIMA, G. G. **Conservação e monitoramento ambiental utilizando *Allium cepa* como indicadora de poluição das águas superficiais: uma revisão narrativa**. In: OLIVEIRA, R. J. (Org). *Águas e Florestas: Desafios para conservação e utilização*. Guarujá/SP. 2021.
- AMARAL, A. M.; BARBÉRIO, A., VOLTOLINI; J. C.; BARROS, L. Avaliação preliminar da citotoxicidade e genotoxicidade, da água da bacia do rio Tapanhon (SP- Brasil) através do teste *Allium cepa*. **Revista Brasileira de Toxicologia**, São Paulo, v. 20, n.1–2, p.65–72, 2007. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-500261>. Acesso em: 15 nov 2021.
- ANA. **Panorama de Qualidade das Águas Subterrâneas**. Brasília: ANA, 2017. [http:// pnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA\\_DO\\_ENQUADRAMENTO.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DO_ENQUADRAMENTO.pdf). Acesso: 08 de julho de 2020.
- ARAÚJO, K. K. S. **A influência do lixão desativado na qualidade da água do rio Estiva em Marechal Deodoro, Alagoas** (2019). Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/5825>. Acesso em: 02 de janeiro de 2021.
- ARAÚJO, K. K.; PIMENTEL, A. K. **A problemática do descarte irregular dos resíduos sólidos urbanos nos bairros Vergel do Lago e Jatiúca em Maceió, Alagoas**. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 626 – 668, out. 2015/mar. 2016. Disponível em: [http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/2762/2283](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/2762/2283). Acesso em: 21 de dezembro de 2020.
- ARAÚJO, M. C; OLIVEIRA, M. B. M. Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco. **Revista Ambiente e Água**. v. 8, n. 3. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n3/v8n3a21.pdf>. Acesso em: 13 set 2020.
- ARROIO JÚNIOR, P. P; ARAÚJO, R. R; SOUZA, A. Monitoramento da qualidade da água no manancial do rio Santo Anastácio. **Revista Colloquium Exactarum**. v. 3, n. 1, p. 10-17. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. **Classificação de resíduos sólidos**, Rio de Janeiro, 2004.

BAILÃO, E. F. L. C.; SANTOS, L. A. C.; ALMEIDA, S. S.; ABADIA, P. L.; MORAIS, R. J.; MATOS, T. N.; CARAMORI, S. S.; ARAÚJO, C. S. T.; NETO, C. M. S.; ALMEIDA, L. M. Effect of land-use pattern on the physicochemical and genotoxic properties of water in a low-order stream in Central Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 3 – Taubaté, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v15n3/1980-993X-ambiagua-15-03-e2486.pdf>. Acesso em: 24 nov 2021.

BECEGATO, V. R. **Qualidade ambiental da área de influência direta e indireta do aterro controlado desativado de Lages – SC** (2017). Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), 2017. Disponível em: [https://www.udesc.br/arquivos/cav/id\\_cpmenu/1546/Disserta\\_\\_o\\_Vitor\\_Rodolfo\\_Becagato\\_15688145891778\\_1546.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1546/Disserta__o_Vitor_Rodolfo_Becagato_15688145891778_1546.pdf). Acesso em: 20 de dezembro de 2020.

BERBERT, C.O. **O desafio das águas**. IN: MARTINS, R.C & VALENCIO, N.F.L.S. **Uso e Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil: Desafios Teóricos e Político Institucionais**. São Carlos –SP. RIMA, 2018. Pág: 81-86.

BORTOLI, J.; REMPEL, C.; MACIEL, M. J.; SALVI, L. C. Qualidade Física – química da água em propriedades rurais com produção de leite no Vale do Taquari – RS. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 39, p. 81 – 102, Jan/Jun, 2017. Disponível em: [file:///D:/Usu%C3%A1rio%20\(N%C3%83O%20APAGAR\)/Downloads/4464-21166-1-PB%20\(3\).pdf](file:///D:/Usu%C3%A1rio%20(N%C3%83O%20APAGAR)/Downloads/4464-21166-1-PB%20(3).pdf). Acesso em: 17 de set 2020.

BRAGA, B.; HESPANHOL, L. I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. Ed. 2. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Cuidando das Águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. Agência Nacional de Águas, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**. 2. ed. Brasília: Editoração Eletrônica; 2011. Disponível em: < <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/CuidandoDasAguasSolucao2aEd.pdf> > BRASIL. Acesso em: 08/07/2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde**, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, p. 112, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento

de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, n. 53, Brasília, DF, 18 de mar. 2005, p. 58 – 63.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, seção. 1, Brasília, DF, 07 de abr. 2008, p. 64 – 68.

CABRAL, J. J. S. P.; SANTOS, S. M.; PONTES FILHO, I. D. S. P. (2006). Bombeamento intensivo de água subterrânea e riscos de subsistência do solo. RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 11, n.º. 3, p 147 – 157.

CASTILLO. G. C., VILA. I. C., NEILD. E., 2000. Ecotoxicity assessment of metals and wastewater using multitrophic assays. **Environ. Toxicol.** 2015, v 5,n 2, pág: 370-375. Janeiro de 2015.

CETESB. Centro Tecnológico de Saneamento Básico. **Variáveis de Qualidade da água**, 2015. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb\\_QualidadeAguasSuperficiais2014\\_Partel\\_vers%C3%A3o2015\\_Web.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSuperficiais2014_Partel_vers%C3%A3o2015_Web.pdf). Acesso em: 27 jul 2020.

CHRISTOFOLETTI, C. A. **Avaliação dos potenciais citotóxico, genotóxico e mutagênico das águas de um ambiente lêntico, por meio dos sistemas-teste de *Allium cepa* E *Oreochromis niloticus***. 129f. 2008. Dissertação de mestrado (Ciências Biológicas) - universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/87679/christofoletti\\_ca\\_me\\_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/87679/christofoletti_ca_me_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 14 dez 2021.

COELHO, E. J. R. **Respostas fisiológicas e citogenéticas em raízes de *Allium cepa* L. expostas às amostras de água e sedimento de três represas da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória (ES, Brasil)**. (2017) – Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/handle/10/9937>. Acesso em: 11 jul 2020.

COSTA, C. R.; OLIVI, P. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação, **Revista Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820 – 1830, 2008. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422008000700038](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422008000700038). Acesso em: 08 set 2020.

COSTA, M. H. P. da; SILVA, P. C. C.; ROCHA, C. A. M. da. Efeitos do cromo hexavalente sobre o crescimento de raízes e ciclo celular no meristema da ponta da raiz de *Allium cepa*. 2016. **Biota Amazônia. Macapá**, v. 6, n. 3. p. 40-44, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/Acer/Downloads/2235-11255-1-PB.pdf>. Acesso em: 14 dez 2021.

DATTA, D.; SINGH, J.; SINGH, J.; SINGH, S.; SINGH, S.; Assessment of genotoxic effects of pesticide and vermicompost treated soil with *Allium cepa* test. **Sustainable Environment Research**, v. 28, p. 171-178, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468203917301681>. Acesso em: 14 jan 2022.

DUARTE, I. D.; ROCHA, L. D.; BONOMO, M. M.; MOROZESK, M.; COELHO, E. J. R.; DIAS, M. C. D.; MATSUMOTO, S. T. Cytogenetic responses of *Allium cepa* L. after exposure to contaminated pond waters. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n.1, p. 1-6, 2017.

DUARTE, M. N.; NOGUEIRA, M. A. A.; PASCHOAL, C. J. F.; MIRANDA, A. G.; MONSORES, G. L.; COSTA, L. A.; BRAGA, E. S.; RODRIGUES, W. C. Evaluation of environmental quality by *Allium* test (*Allium cepa* L.) directly exposed in urban streams bed. **Revista Teccen**, v. 07, p. 05 – 10, 2014. Disponível em: [file:///D:/Usu%C3%A1rio%20\(N%C3%83O%20APAGAR\)/Downloads/792-2346-1-PB%20\(1\).pdf](file:///D:/Usu%C3%A1rio%20(N%C3%83O%20APAGAR)/Downloads/792-2346-1-PB%20(1).pdf). Acesso em: 21 ago 2020.

DÜSMAN, E.; LUZZA, M.; SAVEGNAGO, L.; LAUXEN, D.; VICENTINI, V. E. P.; TONIAL, I. B.; SAUER, T. P. *Allium cepa* L. as a bioindicator to measure cytotoxicity of surface water of the Quatorze River, located in Francisco Beltrão, Paraná, Brazil. **Revista Environ Monit Assess**, n. 186, p. 1793 – 1800, 2013. Disponível em: <http://webbbscohost.ez350.periodicos.capes.gov.br/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=34ab89c9-e889-4bdc-84bf-b10d58770413%40pdc-v-sessmgr02>. Acesso em: 19 dez 2021.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da Limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FAGUNDES, G. S. **Influência do antigo lixão do Roger, João Pessoa, nas águas subterrâneas locais**. (2010) Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) Universidade Federal da Paraíba, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/5447/1/arquivototal.pdf>. Acesso em: 02 de janeiro de 2021.

FARIA, M. L. C.; COSTA, F. M.; SILVA, F. C.; BOSSO, R. M. V. Potencial de citotoxicidade e mutagenicidade das águas do rio Jaru, Estado de Rondônia, em células de *Allium cepa*. **Revista Gaia Scientia**, v. 11, n. 2, p. 104-114. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/gaia/article/view/29160/19283>. Acesso em: 15 dez 2021.

FISKESJÖ, G., 1985, The *Allium* test as a standard in the environmental monitoring. **Hereditas**, v. 102, p. 99-112. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1601-5223.1985.tb00471.x> Acesso em 12 maio 2020.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE – FUNASA. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs**. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2014. 112p.

FUZINATTO, C. F. **Avaliação da qualidade da água de rios localizados na Ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água.** (2009) – Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina. 2009. Disponível em: [file:///D:/Usu%C3%A1rio%20\(N%C3%83O%20APAGAR\)/Downloads/265487%20\(3\).pdf](file:///D:/Usu%C3%A1rio%20(N%C3%83O%20APAGAR)/Downloads/265487%20(3).pdf). Acesso em: 12 set 2020.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação Ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba –SP.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) –Universidade de São Paulo, SãoPaulo, 2011. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64133/tde-06072011-104010/publico/Mestrado.pdf>. Acesso em: 23 de julho de 2020.

GIAMPÁ, C. E. Q.; GONÇALVES, V. G. **Orientações para a utilização de águas subterrâneas no estado de São Paulo.** São Paulo, 2005. Disponível em: <https://www.abas.org/arquivos/aguasf.pdf>. Acesso em 14 de julho de 2020.

GOMES FILHO, R. RO. G.; ROLIM, O. H; LEITE, J. B. J. Qualidade da água. In: GOMES FILHO. R. RO. G (Org.). **Gestão de Recursos Hídricos Conceitos e Experiências em Bacias Hidrográficas.** Goiânia, América, 2013.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T. & SOARES, J.H.P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p.558-63, 2012.

GUIMARÃES, T. M. H. **Interferência do uso e ocupação do solo na qualidade da água em bacia hidrográfica com disponibilidade hídrica crítica.** (2018) – Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia. 2018. Disponível em: [file:///D:/Usu%C3%A1rio%20\(N%C3%83O%20APAGAR\)/Downloads/13378-17915-1-SM.pdf](file:///D:/Usu%C3%A1rio%20(N%C3%83O%20APAGAR)/Downloads/13378-17915-1-SM.pdf). Acesso em: 15 abr 2020.

HADDAD, E. A; JÚNIOR, A. P. M. Influência antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, Alto São Francisco, Minas Gerais. **Revista Geosul**, v. 25, n. 49, p 79-102. 2010.

HERMES, L. C, et al. **Participação Comunitária em monitoramento da qualidade d água.** Circular Técnica nº 8. Embrapa Meio Ambiente: Jaguariúma, São Paulo, 2004.

IAP. Instituto Ambiental do Paraná. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das águas dos rios da região de Curitiba, no período de 1992 a 2005.** 2014. Disponível em:<<http://www.iap.pr.gov.br/>> Acesso em: 06 agosto 2020.

IZARIAS, N. S. et al. Qualidade das águas em áreas urbanas do rio Taquari nos municípios de Estrela e Lajeado- RS. **Revista Ciência e Natura**, v.36, n. 2, p. 789-797. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/14896/pdf>. Acesso em: 15 julho 2020.

JESUS, A. K. S.; SILVA, K. C. A.; OLIVEIRA, A. F. **Mitose, a saga cebola: curta-metragem como recurso didático para o Ensino de Biologia no oeste do Pará, Brasil.** VIII Enebio (Encontro Nacional de Ensino de Biologia – Online), 2021. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/74778>. Acesso em: 18 dez 2021.

LESSA, L. R.; SILVA, M. C.; CARIELLO, F. M. Fundamentos e aplicações de *Allium cepa* L. como bioindicador de mutagenicidade e citotoxicidade de plantas medicinais. **Revinter**, São Paulo, v. 10, n. 03, p. 39 –48. 2017.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água.** São Paulo: Editora Átomo. 2005.

LIMA, C. A.V; MEDEIROS, G. A. Diagnóstico de qualidade da água no rio Jaguarí-Mirim no município de São João da boa vista- SP. **Engenharia Ambiental.** v. 5, n. 2, p. 125-138. 2008.

MAGALHÃES, D. P.; FILHO, A. S. **A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos.** 2008. Disponível em: [http://AEcotoxicologiaComoFerramentaNoBiomonitoramentoDeE-288284720\(2\).pdf](http://AEcotoxicologiaComoFerramentaNoBiomonitoramentoDeE-288284720(2).pdf). Acesso em: 23 de julho de 2020.

MALAMAN, A. C. P.; FLUMINHAN JUNIOR, A.; SILVA, W. L.; SANTOS, I.F.; SILVA, P. A.. Citogenotoxicidade de águas fluviais urbanas em Presidente Prudente (SP), Brasil, através do teste *Allium cepa*. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.2, p.249-265, 2020. Disponível em: <https://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2020.002.0026>. Acesso em: 21 dez 2021.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V.A. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 171-181, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/FLjzsqWFfts4TQ46hshcSCJ/?lang=pt>. Acesso em: 11 jan 2022.

MOURA, V. M.; BRITO S. M.O.; SILVA, A. B. Avaliação dos Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água para Verificar o Estado de Conservação das Represas do Rio Ipitanga, Salvador, BA, Brasil. **Revista Virtual de Química.** p. v. 5, n. 5, p. 870. 2013. Disponível em: <http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/354/375>. Acesso em: 23 set 2020.

NEVES, F. O.; MENDONÇA, F. Destinação de resíduos sólidos urbanos: estratégias para a modernização em cidades médias no Oeste. **Geosul**, Florianópolis, v. 30, n. 60, p. 89 – 107, jul./dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2015v30n60p89/31380>. Acesso em: 02 de janeiro de 2021.

NOGUEIRA, F. F.; COSTA, I. A.; PEREIRA, U. A. **Análise de parâmetros físico – químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da**

**Água Branca no município de Nerópolis – Goiás.** (2015) – Trabalho de Conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal do Goiás. 2015. Disponível em:

[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/An%C3%A1lise\\_de\\_par%C3%A2metros\\_f%C3%ADsico-qu%C3%ADmicos\\_da\\_%C3%A1gua\\_e\\_do\\_uso\\_e\\_ocupa%C3%A7%C3%A3o\\_do\\_solo\\_na\\_sub-bacia\\_do\\_C%C3%B3rrego\\_da\\_%C3%81gua\\_Branca\\_no\\_munic%C3%ADpio\\_de\\_Ner%C3%B3polis\\_%E2%80%93\\_Goi%C3%A1s.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/An%C3%A1lise_de_par%C3%A2metros_f%C3%ADsico-qu%C3%ADmicos_da_%C3%A1gua_e_do_uso_e_ocupa%C3%A7%C3%A3o_do_solo_na_sub-bacia_do_C%C3%B3rrego_da_%C3%81gua_Branca_no_munic%C3%ADpio_de_Ner%C3%B3polis_%E2%80%93_Goi%C3%A1s.pdf). Acesso em: 30 set 2020.

OLIVEIRA, M.; VOLTOLINI, L.; BARBÉRIO, A. Potencial mutagênico dos poluentes na água do rio Paraíba do Sul em Tremembé, SP, Brasil, utilizando o teste *Allium cepa*. **Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science**; v. 6, n. 1; p. 90-103. 2011. Disponível em:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92817183008>. Acesso em: 22 dez 2021.

PEIXOTO, J. S. **Monitoramento da qualidade da água no Baixo São Francisco e ações de Educação Ambiental.** (2016) – Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, 2016. Disponível em:

[https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6177/1/JEISIKAILANY\\_SANTOS\\_PEIXOTO.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6177/1/JEISIKAILANY_SANTOS_PEIXOTO.pdf). Acesso em: 20 jul 2020.

PIMENTEL – GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental.** 12. Ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985. 467p.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no Mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS A. C; BRAGA, T, GALÍZIA, J. (Org.). **Águas Doces no Brasil Capital Brasil Ecológico Uso e Conservação.** São Paulo, Escrituras, p.1-38. 2006.

RIBEIRO, L. R.; BELO, G. A.; MONTEIRO, A. B. Avaliação da atividade citogenotóxica e antimutagênica do extrato aquoso de *Bidens pilosa*. **Revista Conexão Ci**, v. 13, n. 4 p. 15-22. Formiga/MG. 2018. Disponível em: <https://periodicos.uniformg.edu.br:21011/ojs/index.php/conexaociencia/article/view/973>. Acesso em: 15 dez 2021.

RIGUETTI, P. F.; CARDOSO, C. A. L.; CAVALHEIRO, A. A.; LENZI, E.; FIORUCCI, A. R.; SILVA, M. S. Manganês, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio e cromo no chorume de aterro sanitário em Dourados, MS, Brasil, **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 1, p. 153 – 163. Taubaté, 2015. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2015000100153](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2015000100153). Acesso em: 21 dezembro de 2020.

RODRIGUES, Z. P. G; DALZUCHIO, T.; GEHLEN, G. Uso do bioensaio com *Allium cepa* L. e análises físico-químicas e microbiológicas para avaliação da qualidade do Rio da Ilha, RS, Brasil. **Acta Toxicológica Argentina**, v. 24, p. 97-104, 2016. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-837857>. Acesso em: 11 jan 2022.

RONCO, A.; BÁEZ, M. C. D.; GRANADOS, Y. P. Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas - Estandarización, Intercalibración, Resultados y Aplicaciones; Morales, G. C., ed.; **Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo**: Ottawa, 2004, cap. 1.

SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J.; TONETO JUNIOR, R. (Org.). **Resíduos Sólidos no Brasil**: oportunidades e desafios da lei federal 12. 305 (lei de resíduos sólidos). Barueri: Minha Editora, 2014. 423p.

SANTOS, A. A. **Qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do aterro sanitário de Cuiabá – MT** (2008). Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Mato Grosso, 2008. Disponível em: [http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=143463](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=143463). Acesso em: 23 de dezembro de 2020.

SANTOS, B. M. T. **Avaliação da qualidade de água do Rio Uberabinha, em áreas urbanas do Município de Uberlândia (Minas Gerais, Brasil), por meios de testes de citotoxicidade e de genotoxicidade**. (2018) – Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica) – Universidade Federal de Uberlândia. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22964/1/AvaliacaoQualidadeAgua.pdf>. Acesso em: 15 jun 2020.

SANTOS, P. N.; PAZ, F. A. N.; SANTOS, E. N.; BATISTA, N. J. C.; CARVALHO, T. M.; COSTA, C. L. S. Análise do potencial citotóxico, genotóxico e mutagênico do extrato hidroalcolico das folhas da *Morus nigra* L. Através do bioensaio *Allium cepa*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4. 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/340242116\\_Analise\\_do\\_potencial\\_citotoxico\\_o\\_genotoxico\\_e\\_mutagenico\\_do\\_extrato\\_hidroalcolico\\_das\\_folhas\\_da\\_Morus\\_nigra\\_L\\_Atraves\\_do\\_bioensaio\\_Allium\\_cepa](https://www.researchgate.net/publication/340242116_Analise_do_potencial_citotoxico_o_genotoxico_e_mutagenico_do_extrato_hidroalcolico_das_folhas_da_Morus_nigra_L_Atraves_do_bioensaio_Allium_cepa). Acesso em: 19 dez 2021.

SANTOS, M. A. P. **Avaliação da qualidade da água e sedimento da sub-bacia do rio Corumbataí (SP) por meio de testes ecotoxicológicos**. 2008. Tese( Doutorado em Ciências) –Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64135/tde18052009110830/publico/Maria\\_Alice\\_Santos.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64135/tde18052009110830/publico/Maria_Alice_Santos.pdf). Acesso em: 20 de julho de 2020.

SCHONINGER, F. C. C.; **Diagnóstico da qualidade da água e sedimento no refúgio de vida silvestre dos campos de palmas**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2020. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23575/1/diagnosticoqualidadeaguasedimento.pdf>. Acesso em: 18 dez 2021.

SCHÜTZ, D. L. **Uso de bioindicadores para monitorar diferentes usos e ocupações de solos e a qualidade das águas do rio chopim, da unidade de conservação "refúgio de vida silvestre dos campos de palmas" e seu entorno** – Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2020. Disponível em:

<http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23617/1/usobioindicadoressolosaguas.pdf>. Acesso em: 19 dez 2021.

SEABRA, L. H. C.; GALLEG, R.; GONÇALVES, D. B. Alternativas para coleta e disposição final de resíduos sólidos em municípios de pequeno e médio porte. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 14, n. 2, p. 614 – 626, ago/dez 2016. Disponível em: [file:///D:/Usu%C3%A1rio%20\(N%C3%83O%20APAGAR\)/Downloads/Dialnet-AlternativasParaColetaEDisposicaoFinalDeResiduosSo-5762892%20\(1\).pdf](file:///D:/Usu%C3%A1rio%20(N%C3%83O%20APAGAR)/Downloads/Dialnet-AlternativasParaColetaEDisposicaoFinalDeResiduosSo-5762892%20(1).pdf). Acesso em: 19 dezembro de 2020.

SIEKLICKI, J.; BIONE, N. C. P.; OLIVEIRA-FILHO, P. C.; SOUZA, V. F.; MARTINS, K. G. Relações pontuais entre o uso e ocupação da terra e a qualidade da água obtida pela avaliação dos efeitos genotóxicos em bioindicadores vegetais. **Revista Ambiente e Água**, v. 14, n. 2, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/mrsTMnHcSjLBQxnCWcLYDLj/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 13 jan 2022.

SILVA, A. C. A. **Biomarcadores de contaminação ambiental**. (2016) – Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Fernando Pessoa, Porto. 2016. Disponível em: [https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/5821/1/PPG\\_29729.pdf](https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/5821/1/PPG_29729.pdf). Acesso em: 01 mai 2020.

SILVA, D. F.; GALVÍNIO, J. D.; ALMEIDA, H. R. RO. C. Variabilidade da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio São Francisco e atividades antrópicas relacionadas. **Revista eletrônica**. v. 9. n. 3. 2010. Disponível em: [file:///D:/Usu%C3%A1rio%20\(N%C3%83O%20APAGAR\)/Downloads/687-2711-1-PB.pdf](file:///D:/Usu%C3%A1rio%20(N%C3%83O%20APAGAR)/Downloads/687-2711-1-PB.pdf). Acesso em: 28 ago 2020.

SILVA, D. R. O. et al. Ocorrência de Agrotóxicos em águas subterrâneas de áreas adjacentes a lavouras de arroz irrigado. **Química Nova**, v.34, p.748-752, 2011.

SILVA, F. C. DA. **Análise integrada de usos de água superficial e subterrânea em macro – escala numa bacia hidrográfica: o caso do Alto Rio Paranaíba**. (2007) – Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2007. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/12689>. Acesso em: 07 out 2020.

SILVA, R. S. B.; SOUSA, A. M. L.; SODRÉ, S. do S. V.; VITORINO, M. I. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA. **Revista Ambiente e Água**, v. 13, n. 2, p. 1 – 17. Taubaté, 2018. <https://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v13n2/1980-993X-ambiagua-13-02-e2072.pdf>. Acesso em: 12 dez 2020.

SILVA, M. G. **Modelagem Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Poxim-Açu/se e suas Relações Antrópicas**. 2013. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2013. Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/4286/1/MARINOE\\_GONZAGA\\_SILVA.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/4286/1/MARINOE_GONZAGA_SILVA.pdf). Acesso em 18 jul 2020.

SOARES, J. A. C. **Efeitos antrópicos sobre a qualidade dos sedimentos do Rio Toledo (PR, Brasil): análises físico – químicas e ecotoxicológicas.** 2017.

Dissertação ( Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2017. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/3143#preview-link0>. Acesso em: 20 jul 2020.

SOUSA, J. M. C.; PERON, A. P.; SOUSA, L. S.; HOLANDA, M. M.; LIMA, A. M. SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodepa**, v. 8, n.1, p. 26-45, 2014. Disponível em: [file:///D:/UsuC3A1rio20\(NC383O20APAGAR\)/Downloads/217-1-447-1-10-2014040120\(2\).pdf](file:///D:/UsuC3A1rio20(NC383O20APAGAR)/Downloads/217-1-447-1-10-2014040120(2).pdf). Acesso em: 07 de julho de 2020.

SOUZA, V. C. **Avaliação citogenotóxica da efluente têxtil tratado por processo biológico e físico – químico.** 2017. Dissertação ( Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2017. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/39810/1355139/vanessa.pdf/cc5b2dd1-93e5-4788-a142-fe71af7ff0a4>. Acesso em: 18 jul 2020.

SPERLING, V. M.; **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: UFMG/Departamento de Engenharia Sanitária, 2005. v. 1, p. 452.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. Ed. 23. **American Public Health Association**, NW, Washington, 2017.

STELLATO, T. B. **Avaliação da qualidade da água superficial e subterrânea da área de instalação do futuro reator multipropósito brasileiro – RMB, como uma ferramenta para a obtenção da licença de instalação.** (2017) – Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Autarquia associada à Universidade de São Paulo), 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br:8080/xmlui/handle/123456789/28836>. Acesso em: 16 nov 2020.

TANIWAKI, R. H.; ROSA, A. H.; DE LIMA, R.; RODRIGUES MARUYAMA, C.; FERRARI SECCHIN, L.; CALIJURI, M. C.; MOSCHINI-CARLOS, V. A influência do uso e ocupação do solo na qualidade e genotoxicidade da água no reservatório de Itupararanga, São Paulo, Brasil. **Interciência**, v. 38, n. 3, p. 164-170, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/74789/2-s2.0-84877670051.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 13 jan 2022.

TUCCI, C.E.M. Usos e impactos dos recursos hídricos. In: TUCCI, C.E.M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica.** São Paulo: Ministério do Meio Ambiente (Secretaria de Qualidade Ambiental)/ Rhama Consultoria Ambiental, 2006.

TUNDISI, J. G.; Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. São Paulo. **Revista USP**, n. 70, p. 24 – 35, jun/ago 2006. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13529/15347>. Acesso em: 14 nov 2020.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos Hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

TUNDISI, T. M. As múltiplas dimensões da crise hídrica. **Revista USP**, 2 set. 2015. n. 106, p. 21–30. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i106p21-30>. Acesso em: 11 de julho de 2020.

OLIVEIRA, V. A.; SILVA, F. C. C.; LIMA, L. H. G. M.; MATOS, L. A.; DANTAS, S. M. M. M.; AGUIAR, R. P. S.; ISLAM, M. T.; MELO-CAVALCANTE, A. M. C.; BONECKER, C. C.; JUNIOR, H. F. J. Cytotoxicity and genotoxicity of Guaribas river water (Piauí, Brazil), influenced by anthropogenic action. **Environmental and Monitoring Assessment**, v. 189, n. 6, p. 301, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28555439/>. Acesso em: 10 jan 2022.

VAN DEN BRINK. P. J., BLAKE. N., BROCK. T. C. M., MALTBY. L., 2006 **Predictive value of species sensitivity distributions for effects of herbicides in freshwater ecosystems**. **Hum. Ecol. Risk Assess**, p.645-674. 2011.

VIANA, M. S. et al. Análise físico-química comparativa da qualidade da água para consumo humano em dois bairros de Muriaé - MG. In: Encontro de Iniciação Científica FAMINAS da Zona da Mata-MG, 4, 2007, Muriaé. **Suplemento Revista Científica da Faminas**. Muriaé: FAMINAS, 2007.

VIEIRA, B. M. **Avaliação da qualidade das águas e de sua compatibilidade com os usos em microbacias hidrográficas rurais com déficit hídrico quantitativo**. (2015) – Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo. 2015. Disponível em: [https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10313/1/tese\\_9261\\_Dissertacao\\_Beatriz\\_IMPRESS%c3%83OFINAL.pdf](https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10313/1/tese_9261_Dissertacao_Beatriz_IMPRESS%c3%83OFINAL.pdf). Acesso em: 22 nov 2020.

WHO- World Health Organization. **Guidelines for Drinking-water Quality**. Fourth Edition, WHO. Geneva, Switzerland, 2011.

YAMADA, A.Y.; Buzo, M.G.; SILVA, J.S.; HECK, M.C.; VICENTINI, V.E.P. Avaliação da citotoxicidade de águas superficiais do córrego Mandacaru, Maringá-PR em *Allium cepa*. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 96. 2017. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/29408/22497>. Acesso em: 11 jan 2022.

ZAGATTO, P. A. Ecotoxicologia. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Org.) **Ecotoxicologia Aquática - princípios e aplicações**. São Carlos: RIMA, 2006.

ZAMBONI, S. A. S. **Avaliação da potabilidade da água bruta no município de Bandeirantes – PR.** (2019) – Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná. 2019. Disponível em: <https://uenp.edu.br/dissertacao-agronomia/12507-silvia-aparecida-schmith-zamboni/file>. Acesso em: 22 dez 2020.

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. **Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos.** In: CASTILHOS JÚNIOR, A. B. (Coord). Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES. Projeto PROSAB, 2003.

## APÊNDICE “A”

### - Limpeza dos Frascos

Para a limpeza do material que será utilizado em laboratório adotou-se o seguinte protocolo:

- Lavar 1 vez com sabão (neutro)
- Enxaguar 10 vezes com água da torneira (realiza-se a limpeza mecânica pegando todas as bordas)
- Sonificar por 10 minutos no ultrassom com água da torneira
- Lavar com água destilada 10 vezes
- Sonificar 10 minutos com água destilada
- Deixar secar na estufa (com a borda superior dos frascos virada para cima a aproximadamente 40°C.

#### - Para a DESCONTAMINAÇÃO.

• Após os frascos secos em banho de Ácido Nítrico (10%), preencher com o ácido até a borda, esse procedimento é realizado dentro da capela por se tratar de um produto extremamente contaminante e tóxico, deixar na capela por 2 horas.

• Enxaguar com água ultrapura (ELGA) todo o material que for ser usado para análise por 10 vezes.

• Para a vidraria volumétrica não usa-se estufa e bem sonicador, apenas enxaguar 10 vezes com água destilada.

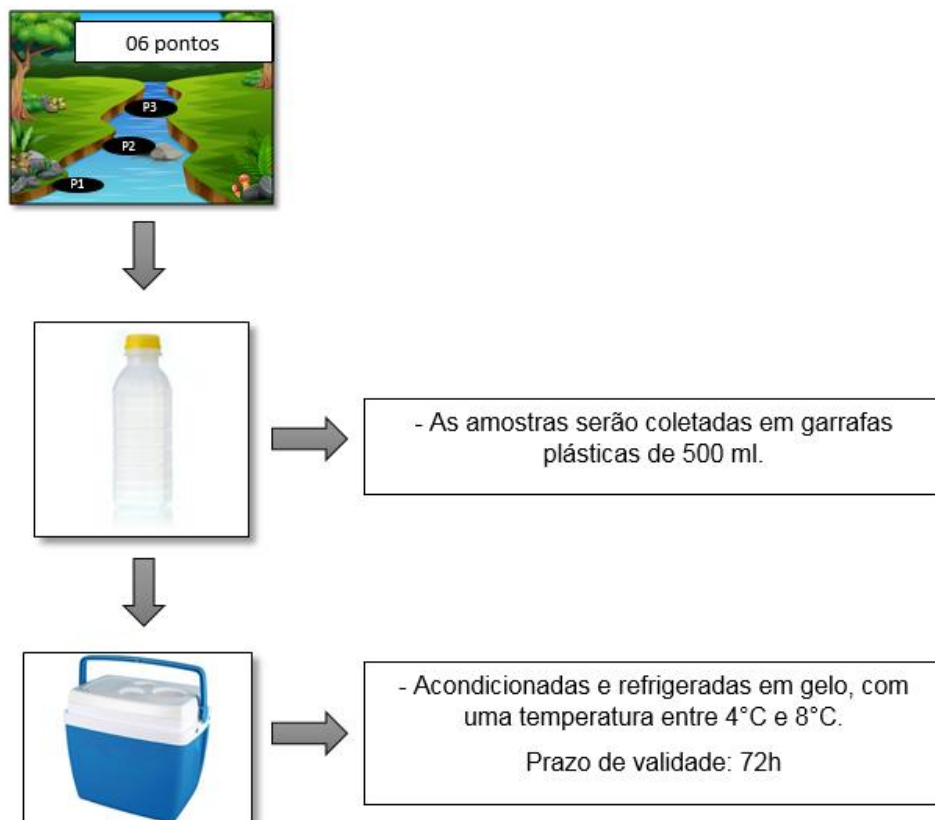
## APÊNDICE “B”

### POP – Procedimento Operacional Padrão para coleta.

Para a avaliação da qualidade da água e monitoramento no Arroio Dourado, localizado na cidade de Foz do Iguaçu/PR, serão coletadas amostras de 06 pontos, sendo estes 02 provenientes de poços de monitoramento, 01 poço artesiano utilizado pela comunidade e 03 no rio (nascente, montante e jusante).

Será realizada a coleta de 500 ml de amostra em cada ponto em frasco de plástico, ambientalizando o frasco anteriormente com a própria água a ser coletada. Após a coleta em todos os pontos, as amostras serão acondicionadas em recipientes térmicos, preservadas com gelo e transportadas para o laboratório num período não superior a três horas após a coleta.

**Figura 7** - Procedimento Operacional Padrão de coleta.



**Fonte:** Autora (2021)

## APÊNDICE “C”

### - Preparo da Solução de Água Dura

O preparo dessa solução visa garantir a ausência de componentes químicos tóxicos na água de exposição pré – tratamento.

Separar os materiais e reagentes necessários: Béquer de 1000 mL, béquer de 100 mL, espátula, vidro relógio, bastão de vidro,  $\text{MgSO}_4$  (Sulfato de Magnésio),  $\text{NaHCO}_3$  (Bicarbonato de Sódio),  $\text{KCl}$  (Cloreto de Potássio) e  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Sulfato de cálcio desidratado);

Em um balança analítica (precisão  $\pm 0,0001$ ), utilizando um pote de filme preto, pesar:

- $0,1200 \pm 0,0005$  g de  $\text{MgSO}_4$ ;
- $0,1900 \pm 0,0005$  g de  $\text{NaHCO}_3$ ;
- $0,0080 \pm 0,0005$  g de  $\text{KCl}$ ;

Colocar todos dentro de béquer de 1000 mL, juntamente com 950 mL de água ultra pura tipo 1, mexer com um bastão de vidro e reservar;

Separadamente, pesar  $0,1200 \pm 0,0005$  g de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e colocar em um béquer de 100 mL e posteriormente adicionar 50 mL de água ultra pura tipo 1 (pouco solúvel em água);

Depois de agitar ambas as soluções, juntá-las no béquer de 1000 mL e mexer novamente com o bastão de vidro;

Transferir para um balão volumétrico de 1000 mL e ajustar o menisco;

Após todo o procedimento realizado, transferir a solução para um frasco âmbar, rotular com o nome de quem produziu e a respectiva data de produção, e armazenar na geladeira.

### - Solução Sulfato de cobre (Controle positivo para citotoxicidade)

Volume necessário para o ensaio= 250 ml

**Preparo 1-** Solução sulfato de cobre 50mg/L

Pesa-se 0,05g (50 mg) e dilui em 1L de água ultrapura.

**Preparo 2-** Solução sulfato de cobre 0,05 mg/L

Em um balão de 1000 ml adiciona-se 1 ml da solução sulfato de cobre 50 mg/L e completa com água ultrapura até chegar no volume de 1000 ml.

**Preparo 3-** Solução sulfato de cobre 0,0006 mg/L

Em balão volumétrico de 250 ml, adiciona-se 3 ml da solução de sulfato de cobre 0,05 mg/l e completa com água ultrapura até chegar no volume de 250 ml.

**- Solução Sulfato de cobre (Controle positivo para genotoxicidade)**

Volume necessário para o ensaio= 250 ml

**Preparo 1-** Solução sulfato de cobre 50mg/L

Pesa-se 0,05g (50 mg) e dilui em 1L de água ultrapura.

**Preparo 2-** Solução sulfato de cobre 0,05 mg/L

Em um balão de 1000 ml adiciona-se 1 ml da solução sulfato de cobre 50 mg/L e completa com água ultrapura até chegar no volume de 1000 ml.

**Preparo 3-** Solução sulfato de cobre 0,0002 mg/L

Em balão volumétrico de 250 ml, adiciona-se 1 ml da solução de sulfato de cobre 0,05 mg/l e completa com água ultrapura até chegar no volume de 250 ml.