

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

EDILÉIA AMANCIO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS E
FITOTOXICIDADE DAS ÁGUAS DO CÓRREGO PARAGEM**

DOURADOS - MS

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

EDILÉIA AMANCIO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS E FITOTOXICIDADE DAS
ÁGUAS DO CÓRREGO PARAGEM**

Dissertação submetida ao Programa de Pós
Graduação – Mestrado em Ciência e Tecnologia
Ambiental, como requisito para obtenção do título de
Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Heberth Juliano Vieira

DOURADOS – MS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586a Silva, Edileia Amancio Da
AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS E FITOTOXICIDADE DAS
ÁGUAS DO CÓRREGO PARAGEM [recurso eletrônico] / Edileia Amancio Da Silva, Heberth
Juliano Vieira. -- 2019.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Heberth Juliano Vieira.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental)-Universidade Federal da Grande
Dourados, 2019.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

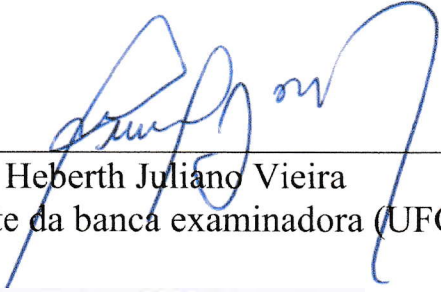
1. Efluente. 2. Fitotoxicidade. 3. Lactuca sativa. 4. . 5. Bioensaios. 6. Alongamento radicular. I.
Vieira, Heberth Juliano . II. Vieira, Heberth Juliano. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).


©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

Termo de Aprovação

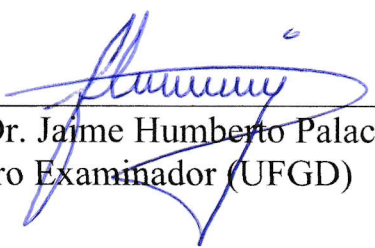
Após apresentação, arguição e apreciação pela banca examinadora, foi emitido o parecer APROVADO, para a dissertação intitulada: **“AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS E FITOTOXICIDADE DAS ÁGUAS DO CÓRREGO PARAGEM”**, de autoria de **EDILÉIA AMANCIO DA SILVA**, apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados.



Prof. Dr. Heberth Juliano Vieira
Presidente da banca examinadora (UFGD)



Prof. Dr. Ivan Ramires
Membro Examinador (UFGD)



Prof. Dr. Jaime Humberto Palacio Revello
Membro Examinador (UFGD)

Dourados/MS, 14 de Maio de 2019.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar força e sabedoria, saúde coragem e determinação para superar todas as dificuldades.

A Nossa Senhora aparecida e Santa Terezinha pela interseção e por estar junto de mim.

A minha mãe e meu pai, Renilda Ferreira da Silva e Francisco Amancio da Silva, pelo amor, educação, compreensão, apoio, incentivo, confiança em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador Heberth Juliano Vieira, pela confiança e por todo o tempo, auxílio e dedicação durante o processo de realização do trabalho.

A professora Daniele Mignolo dos Santos e ao professor Marcos pelo apoio.

As minhas amigas Rosiane, Maiane, Elica ao meu amigo Djauma e meu irmão Evandro que me incentivaram.

Agradeço todos os membros do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental pelo grande aprendizado concedido e a Universidade Federal da Grande Dourados, por todas as oportunidades que esta instituição me proporcionou.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de estudos e ao FUNDECT e CNPq pelo apoio financeiro.

E enfim, a todos que contribuíram para realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta, fica registrado aqui, o meu muito obrigado!

Isaías capítulo 40 versículo 30 ao 31 até os adolescentes podem esgotar-se, e jovens robustos podem cambalear, mas aqueles que contam com o Senhor renovam suas forças; ele dá-lhes asas de águia. Correm sem se cansar, vão para a frente sem se fatigar.

RESUMO

O Córrego Paragem nasce ao sul da cidade de Dourados, e atravessa as áreas urbana e rural do município. Seu entorno apresenta intensa ocupação, estando sujeitos aos mais diversos impactos ambientais. Contudo, um outro agravante são as ocupações e loteamentos irregulares que ocorrem por grande extensão do córrego. O presente estudo teve como objetivo analisar a qualidade da água em quatro pontos do córrego paragem, com ênfase na análise físico-químicas e fitotoxicidade sobre a alface *Lactuca sativa*. Foram selecionados quatro pontos amostrais sendo duas controles que são água subterrânea e água ultrapura, nos quais as amostras foram coletadas nos meses de abril, maio e junho de 2018. Os parâmetros analisados foram: pH, condutividade elétrica, potencial redox, turbidez, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, amônia e também de análise de componentes principais e análise hierárquica dos dados. A análise de fitotoxicidade das amostras de água foram avaliadas pelo crescimento da raiz e do hipocótilo das plântulas *Lactuca sativa*. Os testes de Box seguido pelo de Tukey foram utilizados para a análise de variância das médias dos comprimentos da raiz e do hipocótilo obtido em cada ponto de amostragem. Os locais que apresentaram amostras com condutividade elétrica acima dos limites da legislação vigente foram Nascente P(1), Palmeiras P(2), Aguiar P(3) e Frei Antônio (P4). Já, o ponto Frei Antônio P(4), se apresentou a pior qualidade da água em relação a condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos acima daquela proposta pela legislação vigente no Brasil. Concluiu-se que análise físico-químicos, em conjunto fitotoxicidade de amostras de água do córrego paragem utilizando *Lactuca sativa*, foi indicadora eficaz das condições ambientais e são ferramentas úteis para avaliar e comparar a toxicidade de águas superficiais.

Palavras-chave: Efluente; fitotoxicidade; *Lactuca sativa*; bioensaios; alongamento radicular

ABSTRACT

The stream Paragem is born south of the city of Dourados and crosses the urban and agricultural areas of the municipality. Its environment presents intense occupation, being subject to the most diverse environmental impacts. However, another complicating is the occupations and irregular occupancy that occur to a great extent of the stream. The present study had as objective to analyze the water quality at four points of the stream stops, with emphasis on physical-chemical analysis and phytotoxicity through germination and elongation *Lactuca sativa*. Four sampling points were selected, being two controls that are groundwater and osmosis water, in which water samples collected in April, May, and June of 2018. Water analysis consisted of pH, electrical conductivity, Redox Potential, turbidity, total solids, total dissolved solids, ammonia, as well as Principal Component Analysis and hierarchical analysis of the data. The phytotoxicity of the water samples was evaluated using the length of root and hypocotyl of the *Lactuca sativa* seedlings. Box tests followed by Tukey tests were used for the analysis of variance of root and hypocotyl lengths obtained at each sampling point. The sites studied Nascente, Palmeiras, Aguiar, and Frei Antônio were the electrical conductivity was above the limits of the current legislation in Brazil. The Frei Antônio presented the worst water quality with electrical conductivity and total dissolved solids higher than the current Brazilian legislation. It was concluded that physical-chemical analysis, together phytotoxicity of samples from stream water stopping using *Lactuca sativa*, was a valid indicator of environmental conditions and are useful tools to assess and compare the toxicity of stream surface water.

Key-words: Effluent; phytotoxicity; *Lactuca sativa*; bioassays; root elongation.

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA - Análise de variância;

APHA - American Public Health Association;

ANA - Agência Nacional das Águas;

CE - Condutividade Elétrica;

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental;

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente;

HCA- Análise hierárquica dos dados;

NTU - Nephelometric Turbidity Unit (Unidade Nefelométrica de Turbidez);

PCA- Agar Padrão para Contagem;

POR- Potencial de oxido-Redução;

PCA- Análise de componente principal;

ST - Sólidos Totais;

STD - Sólidos Totais Dissolvidos;

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Localização e descrição dos pontos de amostragem.	31
Tabela 2. Relação dos parâmetros físico-químicos que foram avaliados no período de estudos.	43
Tabela 3. Limites dos parâmetros analisados para enquadramento nas classes das águas doces no Brasil.	44
Tabela 4. Principais classes de limitações de uso das águas doces no Brasil. Fonte: Resolução nº357/2005 do CONAMA.	45
Tabela 5. O resultados das análises físico-químicas realizadas nas amostras de água do córrego Paragem compreendendo a área urbana de Dourados.	49
Tabela 6. Análise de variância do estudo de fitotoxicidade de águas amostradas coletadas no córrego Paragem.	61
Tabela 7. Análise de variância dos estudos de fitotoxicidade das amostras do córrego Paragem empregando o comprimento do hipocótilo.	68
Tabela 8. Número de não-conformidade das amostras de águas do córrego Paragem que não atendem os parâmetros físicos e químicos estabelecidos avaliados pelo CONAMA 357/2005.	84
Tabela 9. Avaliação de não conformidade das amostras de águas do córrego Paragem.	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Concentração dos íons e fenol que causam a diminuição da elongação das raízes da <i>Lactuca sativa</i> em 50%.....	17
Figura 2. Pontos de amostragem do córrego Paragem.....	31
Figura 3. Imagem local e via aérea do Ponto1 de amostragem das águas da nascente do córrego paragem.	32
Figura 4. O posicionamento geográfico segundo o programa Google Earth Pro 2018.	33
Figura 5. Imagem local a via aérea do ponto Palmeiras de amostragem de água do córrego Paragem.....	34
Figura 6. O posicionamento geográfico segundo o programa Google Earth Pro 2018.....	35
Figura 7. Imagem local e via aérea do Ponto de amostragem 3 Aguiar das águas do córrego Paragem.....	36
Figura 8. O posicionamento geográfico do ponto de amostragem P3, segundo o programa Google Earth Pro 2018.....	37
Figura 9. Imagem local e via aérea do Ponto 4 Frei Antônio de amostragem das águas do córrego paragem.	38
Figura 10. O posicionamento geográfico segundo o programa Google Earth Pro 2018.	39
Figura 11. Imagem local e via aérea do ponto 5 BR de amostragem das águas do córrego paragem.	40
Figura 12. O posicionamento geográfico segundo o programa Google Earth Pro 2018.	40
Figura 13. Figura da medida do comprimento da radícula.	47
Figura 14. Procedimento para a obtenção do comprimento da radícula, hipocótilo e parte aérea das plântulas.	47
Figura 15. Valores de pH determinados nas amostras de águas do córrego Paragem.....	50
Figura 16. Turbidez determinadas nas amostras de águas do córrego Paragem.	51
Figura 17. Valores de condutividade elétrica das amostras de águas do córrego Paragem.	53
Figura 18. Valores determinados de sólidos totais (ST) nas amostras de água do córrego paragem.	54
Figura 19. Valores de sólidos totais dissolvidos (STD) determinados nas amostras de água do córrego Paragem.	55
Figura 20. Concentração de nitrogênio amoniacal determinado nas águas do córrego Paragem. Ponto nascente; Palmeiras; Aguiar e Frei Antônio.....	56
Figura 21. Valores de POR determinado nas águas do córrego Paragem. Ponto Nascente; Palmeiras; Aguiar e Frei Antônio.	58

Figura 22. Avaliação da fitotoxicidade das amostras de águas empregando sementes de <i>Lactuca sativa</i> em diferentes amostragens.....	60
Figura 23. Gráfico de Box do estudo de fitotoxicidade de águas amostradas em 15/03/2018.	62
Figura 24. Gráfico de Tukey para o estudo de fitotoxicidade das amostras de água do córrego Paragem do dia 15/03/2018.....	63
Figura 25. Gráfico de Box do estudo de fitotoxicidade de águas amostradas 17/04/2018.	64
Figura 26. Gráfico de Tukey para o estudo de fitotoxicidade das amostras de águas do córrego Paragem do dia 17/04/2018.....	65
Figura 27. Gráfico de Box do estudo de fitotoxicidade de água do córrego Paragem do dia 11/06/2018 utilizando <i>Lactuca sativa</i>	66
Figura 28. Gráfico de Tukey para o estudo de fitotoxicidade das amostras de água do córrego Paragem do dia 11/06/2018.....	67
Figura 29. Gráfico de Box do estudo de fitotoxicidade de água do córrego Paragem do dia 15/03/2018 utilizando comprimento do hipocótilo da <i>Lactuca sativa</i>	69
Figura 30. Gráfico de Tukey para o estudo de fitotoxicidade das amostras de águas do córrego Paragem do dia 15/03/2018.....	70
Figura 31. Gráfico de Box do estudo de fitotoxicidade de água do córrego paragem do dia 17/04/2018 utilizando comprimento do hipocótilo da <i>Lactuca sativa</i>	71
Figura 32. Gráfico de Tukey para o estudo de fitotoxicidade das amostras de água do córrego paragem do dia 17/04/2018 empregando o comprimento do hipocótilo.	72
Figura 33. Gráfico de Box do estudo de fitotoxicidade de água do córrego paragem do dia 11/06/2018 utilizando comprimento do hipocótilo da <i>Lactuca sativa</i>	73
Figura 34. Gráfico de Tukey para o estudo de fitotoxicidade das amostras de água do córrego paragem do dia 11/06/2018 utilizando o hipocótilo.	74
Figura 35. Espectro de absorção molecular das amostras de águas coletadas no córrego paragem - Dourados/MS.	75
Figura 36. Segunda derivada dos espectros de absorção molecular das amostras de águas do córrego Paragem - Dourados /MS. Smoothing: Savitzky-Golay. Segunda ordem polinomial, janela de 20 pontos.....	76
Figura 37. Gráfico dos <i>scores</i> PC2 vs PC1, autoescalamento, var. total. 97, 69%.	78
Figura 38. Gráficos de <i>loadings</i> da PC1.	79
Figura 39. Gráfico de <i>loadings</i> da PC2.....	80
Figura 40. Gráfico dos <i>scores</i> , PC3 vs PC1, autoescalamento, variância total explicada de 89,27%. □: Frei Antônio; Δ: Nascente; ○: Palmeiras; ●: Aguiar e Torneira.	81
Figura 41. Gráfico dos pesos da PC3, com variância explicada de 1,38%.	82

Figura 42. Dendograma mostrando os clusters dos pontos de amostragem do córrego Paragem.....	83
Figura 43. Gráfico de não-conformidades das amostras de águas do córrego Paragem que não atendem os parâmetros físicos e químicos estabelecidos avaliados pelo CONAMA 357/2005.	85

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	v
SUMÁRIO.....	xiii
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	19
2.1. Objetivos gerais.....	19
2.2. Objetivos Específicos	19
3. REVISÃO DA LITERATURA	20
3.1. Disponibilidade e distribuição das águas.....	20
3.2. Principais fontes de poluição dos ambientes aquáticos.....	20
3.3. Avaliação e caracterização da qualidade da água	21
3.4. Potencial hidrogeniônico	21
3.5. Turbidez.....	23
3.6. Condutividade Elétrica (CE).....	23
3.7. Sólidos Totais (ST).....	24
3.8. Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	25
3.9. Fósforo Total.....	25
3.10. Nitrogênio amoniacal.....	26
3.11. Potencial de Oxidação-redução	27
3.12. Ensaio de toxicidade aguda com sementes de alface <i>Lactuca sativa</i>	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
4.1. Pontos de amostragem para a avaliação da qualidade das águas	30
4.2. Amostra controle.....	41
4.3. Período de realização da amostragem	41
4.4. Amostragem e Formas de Preservação das Amostras de Água.....	42
4.5. Parâmetros físico-químicos de análises de qualidade da água	42
4.6. Classes de enquadramento do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 43	
4.7. Ensaio de toxicidade aguda com sementes de alface <i>Lactuca sativa</i>	46
4.8. Análise estatística.....	47
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
5.1. Caracterização físico-química da água.....	48
5.2. Potencial hidrogeniônico	50

5.3. Turbidez.....	51
5.4. Condutividade elétrica (CE)	52
5.5. Sólidos totais (ST).....	54
5.6. Sólidos totais dissolvidos (STD).....	54
5.7. Amônia	56
5.8. Potencial Redox (ORP)	57
5.9. Toxicidade das amostras de água do córrego paragem utilizando sementes de <i>Lactuca sativa</i>	58
5.10. Estudo da fitotoxicidade de amostras de água do córrego Paragem empregando o comprimento da radícula da <i>Lactuca sativa</i>	61
5.11. Estudo da fitotoxicidade de amostras de água do córrego Paragem empregando o comprimento do hipocótilo da <i>Lactuca sativa</i>	67
6. Avaliação do uso da Espectrofotometria de absorção molecular e Análise de componentes principais (PCA) na classificação de águas do córrego Paragem.....	75
6.1. Espectrofotometria de absorção molecular das amostras de águas do córrego Paragem	75
6.2. Análise hierárquica dos dados (HCA).....	82
7. Conclusões	85
REFERÊNCIAS	87

1. INTRODUÇÃO

O Córrego Paragem nasce ao sul da cidade de Dourados, localizado no Estado de Mato Grosso do Sul (MS), e atravessa as áreas urbana e rural do município. É um afluente de segunda ordem do Rio Dourados, inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. A bacia do Córrego Água Boa, integrante da bacia hidrográfica do Rio Dourados, é formada pelos córregos Água Boa, Rego D'água e Paragem, sendo que o último é considerado como tributário mais importante do canal principal, por abranger uma área significativa do espaço urbano do oeste da bacia, embora a nascente principal do córrego Paragem localize-se no interior do Parque Ambiental “Arnulpho Fioravante”. Este parque possui uma lagoa na qual tem se observado a emissão de produtos químicos (sabão/detergente), vindos de empresas localizadas próximas e que alcançam possivelmente por ligações inadequadas. Essas substâncias são lançadas no lago, e posteriormente, serão direcionadas para o córrego, contaminando suas águas. Um outro agravante são as ocupações e loteamentos irregulares que ocorrem na extensão do córrego (PEREIRA, 2007). Neste contexto, foram de grande relevância a realização de análises físico-químicas e de fitotoxicidade da água do córrego Paragem para avaliar a alteração de sua composição química.

Testes de fitotoxicidade empregando plantas superiores são pouco frequentes como parte da ecotoxicologia. Durante o período de 1964 a 1984, quando a poluição ambiental por herbicidas foi generalizada, a maioria dos estudos utilizaram testes de espécies de fauna para avaliar a toxicidade de herbicidas, ao invés de testes envolvendo plantas superiores. Isso é inadequado porque o impacto do herbicida é muito maior na flora do que na fauna. A grande vantagem é que os testes de germinação de plantas envolvem um menor custo de execução, pois as sementes estão disponíveis a qualquer momento, e não necessitam de analistas especializados para a sua execução. Estudos sugerem que os testes de fitotoxicidade são uma

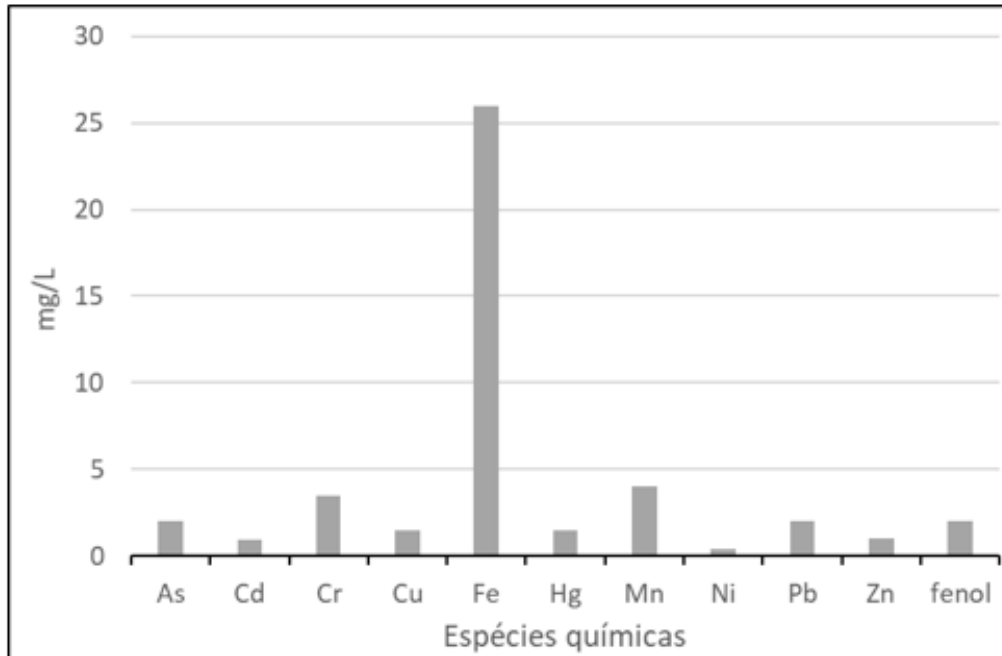
parte valiosa da ecotoxicologia (WANG, 1991). Assim, os testes de fitotoxicidade são agora considerados como uma parte vital da avaliação toxicológica comparativa (WANG, 1989).

Embora, a *Lactuca sativa* não seja uma espécie representativa de ecossistemas aquáticos, as informações geradas a partir deste teste de toxicidade fornecem dados do possível efeito de poluentes nas comunidades de plantas perto das margens de corpos de água contaminados, sendo também uma espécie interessante para a horticultura. Além disso, é de germinação fácil e rápida, possibilitando o desenvolvimento de testes e a obtenção de resultados em poucos dias (SOBRERO, 2004). Contudo, existem poucos registros de testes e fitotoxicidade utilizando a *Lactuca sativa*. Um estudo da resposta ecotoxicológicas foi realizado avaliando a germinação e o alongamento das plântulas em quatro variedades de alface. Verificou-se uma resposta significativa quando as plântulas foram germinadas em amostras de efluentes industriais, permitindo identificar a alteração químicas dessas amostras (PRIAC et al. 2017). Possivelmente, a tendência de ter sensibilidade dependerá da variedade da semente e da amostra teste que irá ser utilizada. Desta forma, o experimento deverá ser realizado com a espécie mais sensível.

Métodos utilizando sementes de *Lactuca sativa* podem ser aplicados não somente como uma ferramenta para indicar se um determinado resíduo é aceitável para lançamento em corpos hídricos públicos, mas também como um método para medir a segurança de ambientes aquáticos (LYU et al., 2018; PARK et al., 2016). Outros trabalhos desenvolvidos nos quais utilizam sementes de *Lactuca sativa* constataram que a germinação e o alongamento das plântulas podem ser devidos a contaminantes solúveis em águas capazes de inibir o crescimento da raiz e do caule da alface (CHAN-KEB et al., 2018).

Os respectivos dados da Figura 1 indicam o efeito tóxico de alguns íons metálicos e fenol sobre as plântulas de *Lactuca sativa*. O efeito tóxico observado foi na seguinte ordem decrescente de toxicidade: Cd, Ni, Cu, Zn, Hg, fenol, As, Mn, Cr, Pb e Fe (LYU et al., 2018).

Figura 1. Concentração dos íons e fenol que causam a diminuição da elongação das raízes da *Lactuca sativa* em 50%.



Fonte: Adaptada de Lyu 2018.

Bioensaios de fitotoxicidade utilizando plantas superiores têm sido amplamente aplicados para o biomonitoramento de variadas substâncias tóxicas encontradas no meio ambiente (WANG, 1991). Bioensaios também foram utilizados para avaliar os efeitos tóxicos e sinérgicos de lixiviação utilizando as espécies de plantas mais altas, como a *Lactuca sativa* e a *Allium cepa* (KLAUCK et al., 2015). Teste de fitotoxicidade foram utilizados para avaliar efluentes industriais policontaminados usando a planta *Lactuca sativa* como um bioindicador. Charles et al. (2011) avaliaram os impactos do efluente industrial de 4 diferentes empresas de tratamento de superfície.

O bioensaio de *Lactuca sativa* fornece a informação de fitotoxicidade de substância de maneira simples, sendo este método rápido e eficaz para avaliar os componentes de resíduos industriais que podem afetar a segurança pública.

O presente trabalho, visa determinar os efeitos físico-químicos e a fitotoxicidade da qualidade da água do córrego Paragem em germinação e alongamento de radícula de alfaces *Lactuca sativa*.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos gerais

Avaliar a qualidade da água do recurso hídrico do córrego Paragem com ênfase na determinação de parâmetros físico-químicos, espectroscópicos e ensaios de fitotoxicidade.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade da água do recurso hídrico do córrego Paragem utilizando-se de alguns parâmetros físicos e químicos;
- Avaliar a fitotoxicidade das amostras de água do córrego Paragem empregando plântulas da *Lactuca sativa*;
- Classificar as amostras coletadas de acordo com a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA de nº 357 de 17 de março de 2005);
- Classificar as amostras coletadas de acordo com a similaridade da composição química;
- Classificar as amostras coletadas empregando a espectroscopia UV/Vis e análise de componentes principais;
- Interpretar as informações obtidas com relação aos padrões de qualidade de água doce, Classe 3 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA de nº 357 de 17 de março de 2005);
- Identificar os pontos fora dos padrões estabelecidos pelo enquadramento CONAMA 357/2005 para Classe 3 e correlacioná-los com possíveis fontes de contaminação.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Disponibilidade e distribuição das águas

A água é um recurso natural indispensável à vida de todos os seres vivos, sendo o padrão de qualidade de vida da população humana diretamente relacionada a sua disponibilidade e qualidade (FARIAS, 2006). No entanto, o aumento da população humana em conjunto com o crescimento industrial acelerado tem agravado a degradação dos ecossistemas aquáticos, comprometendo desta forma a demanda e oferta dos recursos hídricos (VARGAS, 1999).

3.2. Principais fontes de poluição dos ambientes aquáticos

As formas de poluição dos corpos d'águas podem ser de fontes pontuais e/ou difusas e ainda de origem natural e/ou antrópica (LIBÂNIO, 2005). A poluição de um corpo d'água por uma fonte pontual é originada por lançamentos de esgotos domésticos por compostos orgânicos sintéticos não biodegradáveis, como exemplo, pesticidas e detergentes, além dos metais pesados e micro-organismos patogênicos.

Lima et al. (2016) afirmam que as águas residuárias, que abrangem os efluentes domésticos e as descargas industriais, representam a maior fonte artificial de poluição pontual de corpos hídricos. Essas fontes são consideradas pontuais na medida em que os poluentes atingem um determinado corpo de água de forma concentrada no espaço, com localização definida e frequentemente com regime contínuo de produção.

3.3. Avaliação e caracterização da qualidade da água

Um procedimento usualmente empregado na avaliação e caracterização da qualidade das águas é a quantificação de vários parâmetros em estações de monitoramento, em diferentes períodos do ano (RAZMKHAH et al., 2010). Os dados gerados a partir de variáveis químicas, físicas e biológicas constituem uma grande fonte de informações que possibilitam a obtenção de uma visão espacial e temporal das condições de um recurso hídrico (BOUZA-DEAÑO et al., 2008).

Comumente, para a realização do controle da poluição das águas superficiais, utilizam-se os padrões de qualidade adotados, que definem as faixas de concentração a que cada substância presente na água deve obedecer.

Dentre as variáveis existentes para a avaliação e caracterização da qualidade da água, podem ser destacados: pH, turbidez, condutividade elétrica, potencial de óxido-redução, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais, fósforo total e amônia.

A seguir, serão apresentadas maiores informações sobre os parâmetros mencionados acima que foram utilizados na caracterização e posterior avaliação das águas superficiais do Córrego Paragem.

3.4. Potencial hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) de uma solução, tido como um dos parâmetros de análises mais rotineiras em estações de tratamento, como por exemplo, no controle dos processos físico-químicos de tratamento de efluentes industriais, é representado pela concentração dos íons H^+ em soluções (LIBÂNIO, 2005).

Desta maneira, o intervalo de pH em água varia entre 0 a 14. A variação de pH verificada ocorre devido à presença de substâncias que podem estar dissolvidas ou precipitadas num corpo d'água (BAIRD e CANN, 2011; VON SPERLING, 1996). As águas naturais apresentam valores de pH entre 4,00 a 9,00. A maioria, entretanto, apresentam valores baixos devido à presença de íons bicarbonato e carbonato (APHA, 1998; BAIRD, 2002). Segundo a resolução 357/2005 do CONAMA regulamenta que para a proteção do ecossistema aquático, o pH ideal deve apresentar-se num intervalo de 6,0 a 9,0.

Segundo Baird e Cann (2011), a obtenção de um pH muito ácido ou muito alcalino geralmente está relacionado à presença de despejos industriais. Outras alterações podem estar relacionadas à presença de algas (fotossíntese e respiração), desagregação de rochas, do lançamento de despejos domésticos, além de chuva ácida provocada geralmente, em regiões de cunho industrial (LIBÂNIO, 2005). Para Maier (1987) uma leve queda no pH pode estar associada ao aumento no teor de matéria orgânica resultado do volume de chuvas sobre a região, o que conseqüentemente origina a queda na quantidade do oxigênio dissolvido disponível no corpo d'água. Derísio (2000), afirma que maiores alterações referentes ao pH são provocadas por despejos industriais e domésticos.

Shupe (2017) em seu estudo associa uma cobertura florestal ampla a uma melhor qualidade da água. As áreas agrícolas obtêm maiores valores de pH, de condutividade e da temperatura da água, enquanto as áreas de capturas dominantes da floresta tiveram a menor valores de pH, de condutividade e de temperatura da água.

3.5. Turbidez

A turbidez da água indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada principalmente pelos sólidos em suspensão. Este fenômeno pode ser expresso em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). Desta forma, lançamentos de esgotos sanitários e efluentes industriais provocam elevações na turbidez das águas (ANA, 2011; CETESB, 2011). A elevada turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e das algas, acarretando reduzido desenvolvimento das plantas que podem, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, pode influenciar diretamente as comunidades biológicas aquáticas, além disso, afetar adversamente a água para consumo, industriais e das águas recreacionais (CETESB, 2011).

Em águas de superfície, a turbidez pode atingir valores de até 2.000 mg L^{-1} , com a presença de dióxido de silício (SiO_2). As águas oriundas de lagoas, lagos, represas e açudes caracterizam-se por sua baixa turbidez, embora a turbidez possa variar devido aos ventos que revolvem seus fundos. Já, as águas de rios e riachos caracterizam-se por sua alta turbidez (APHA, 1998).

3.6. Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de diversos íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente (APHA, 1998). Os principais íons responsáveis pelos valores de condutividade são os íons dos macronutrientes cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonatos, sulfatos e cloretos; enquanto outros íons como nitrito, nitrato, íon amônio e

ortofosfato desempenham pouco ou nenhuma influência sobre a condutividade elétrica (ESTEVES, 1998).

Apesar da condutividade não ser seletiva, pode ser considerada como uma medida que venha contribuir para identificação dos impactos ambientais gerados na bacia de drenagem, provocados principalmente por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, entre outros (FARIAS, 2006).

Comumente em águas naturais, a condutividade exhibe teores variando em intervalos de 10 a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$, enquanto em ambientes poluídos oriundos de esgotos domésticos e industriais os valores podem chegar a 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (BRASIL, 2006).

3.7. Sólidos Totais (ST)

Em geral, os sólidos totais referem-se a qualquer partícula que encontra em suas formas suspensas ou dissolvidas em águas limpas ou residuárias e, que podem afetar a qualidade da água ou efluente, desfavoravelmente de várias formas. Sólidos totais (ST) são definidos como um resíduo material obtido, após processo de evaporação e, posterior secagem em estufa a uma temperatura definida (APHA, 1998). Comumente, os métodos empregados para a determinação dos sólidos são métodos gravimétricos.

A presença de sólidos em águas deve-se a fontes naturais, ocorridos por meio de processos de lixiviação e erosão, além da presença de organismos e detritos orgânicos, ou por meio de atividades antropogênicas, originados pelo lançamento de lixo e esgotos (BRASIL, 2006).

Por sua vez, medidas de ST não possui parâmetro sanitário, embora sua análise seja de grande importância tanto para o controle biológico e físico no processo de tratamento de águas

residuárias, como para estimar regularmente as limitações das estações de tratamento de efluentes e das próprias águas residuárias (APHA, 1998).

3.8. Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Como mencionado no item anterior, dentre as diferentes frações dos sólidos, os sólidos totais dissolvidos (STD) conforme expõe Brasil (2006), são constituídos unicamente por porções de sólidos que permanecem em solução após a filtração e, comumente, possuem diâmetro inferior a 10^{-3} μm . Pode-se definir STD como a soma de todos os minerais presentes em um corpo d'água (RICHTER e NETTO, 2007). A consequente dissolução dos sais na água, como bicarbonatos, cloretos, sulfatos, entre outros em menor teor, podem conceder à água, sabor salino e característica laxativa.

Tendo em vista, classificar e proteger os corpos d'água, além de prevenir problemas relacionados à saúde da população, a Resolução 357/2005 do CONAMA, estabelece como padrão de qualidade, valores máximos permitidos para STD em águas doce, para as três classes até 500 mg L^{-1} (BRASIL, 2005). A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece, por sua vez, um valor máximo permitido de 1000 mg L^{-1} de STD para as águas para consumo humano (BRASIL, 2006).

3.9. Fósforo Total

A concentração do nutriente fósforo na forma de ortofosfato PO_4^{3-} , é decorrente principalmente de descargas de efluentes domésticos e industriais, fertilizantes e lixiviação de criatórios de animais (LIBÂNIO, 2005; BRASIL, 2006). Suas principais fontes derivam de ações humanas, devido à presença da matéria orgânica fecal e dos detergentes em pó de uso

doméstico empregados em larga escala, além de alguns resíduos gerados de atividades humanas (VON SPERLING, 1996; CETESB, 2009). Dentre os efluentes industriais que contém elevados teores de fósforo, destacam-se o setor industrial de fertilizantes, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios. Outra fonte de fósforo em águas pode ser originada de águas de drenagem de áreas agrícolas e urbanas (CETESB, 2009). Além disso, as dissoluções de rochas, o carreamento do solo, a decomposição de matéria orgânica e as precipitações pluviométricas também são fontes de fósforo (BRASIL, 2006).

O fósforo não apresenta significado sanitário para as águas de consumo humano, embora, comumente as concentrações de fósforo em águas naturais não poluídas não ultrapassem a $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ de P (LIBÂNIO, 2005).

3.10. Nitrogênio amoniacal

Altas concentrações do íon amônio (NH_4^+) podem ter grandes implicações ecológicas como, por exemplo, influenciar fortemente a dinâmica de oxigênio do meio, uma vez que para oxidar 1 mg desse elemento, são necessários cerca de 4,0 mg de oxigênio e podem também influenciar a população de peixes, pois em pH básico o íon amônio se transforma em amônia que, dependendo de sua concentração, pode ser tóxica (BOYD, 1990).

Silva et al. (2018), afirmaram que os pontos amostrados dos rios obtiveram maiores concentrações de amônia no período chuvoso. A maioria desses pontos com maiores estavam próximas a um lixão, colaborando para a hipótese de carreamento de compostos orgânicos do lixão para as águas superficiais. Segundo Scandolera et al. (2001) as concentrações de amônia estão relacionadas com os valores de oxigênio dissolvido (OD). Quanto menor a concentração de oxigênio dissolvido, maiores serão as concentrações de nitrogênio amoniacal.

3.11. Potencial de Oxidação-redução

Eletrodos de potencial de oxidação-redução (POR) foram estudados pela primeira vez em Harvard em 1936 e tais estudos, mostraram forte correlação entre as atividades bacterianas e POR. Esses testes foram confirmados por estudos sobre a água potável. Em 1971, a *World Health Organization* (WHO) adotou como padrão para a água potável o ORP de 700 mV. Em 1982, a *German Standards Agency* adotou POR de 750 mV para piscinas públicas e 1988 a *National Swimming Pool Institute* adotou POR de 650 mV para as águas de estâncias termais públicas (APPLICATION BULLETIN, 2011).

A sigla ORP (do inglês: Oxidation Reduction Potential), ou potencial REDOX, refere-se às reações de transferência de elétrons que se verificam entre um conjunto de espécies químicas, sendo que o agente oxidante promove a oxidação (perda de elétrons) de outros elementos, e ele próprio se reduz (porque ganha esses elétrons), já o agente redutor é uma substância que promove a redução de uma outra substância, assim, a junção das palavras óxido e redução deu origem à expressão REDOX (LAMON, 2014). Segundo Hill et al. (1993), um elemento ou composto é oxidado quando se liga ou adquire átomos de oxigênio. Um composto é oxidado quando perde átomos de hidrogênio e é reduzido quando ganha átomos de hidrogênio.

As reações de POR tomam espaço em sistemas nos quais há fontes que doam elétrons enquanto outras os absorvem. Nesse meio, a diferença de potencial medida em mV é produzida pela transferência de elétrons entre vários átomos e moléculas.

De maneira geral, as condições de POR do meio tem considerável influência na química e bioquímica da água, considerando que os processos metabólicos do meio aquático (respiração, decomposição) dependem de tais condições (SCHUTZ, 2003).

O POR em soluções aquosas indica a tendência da solução em ganhar ou perder elétrons. Seu valor possui considerável dependência do pH, pois quanto mais alto o valor do

pH, mais baixo o valor do POR. Porém, não há uma correlação rigorosa entre os parâmetros, isso depende dos componentes do meio em questão (LAMON, 2014).

A princípio, na média, a diferença por unidade de pH é de 57,7 mV. De pH 6 para pH 7, a queda é de apenas 36 mV. Considerando-se a dependência do POR sobre o valor de pH, um valor combinado chamado de valor rH é normalmente empregado. Segundo Tundisi e Tundisi (2008), o potencial de oxidação-redução ou potencial redox está relacionado a alterações no estado de oxidação de muitos íons ou nutrientes orgânicos, sendo que em pH 7,0 e a 25°C, a água com concentrações saturadas de oxigênio apresenta um potencial redox de +500 mV. Em potenciais redox menores que 50 mV, Fe^{3+} é reduzido a Fe^{2+} , liberando o íon fosfato, que haveria precipitado como fosfato férrico em potenciais redox mais elevados.

De acordo com Silva et al. (2017), os valores de POR são menores durante as estações frias e secas, porque o fluxo do rio é menor e não há adições atmosféricas, de modo que o consumo de oxigênio, devido à decomposição da matéria orgânica, leva a condições anóxicas, ou seja, estão esgotadas de oxigênio dissolvido. Segundo Khanal e Huang (2003), estações de tratamento de esgoto (ETE), despejam gás sulfídrico dissolvidos, no qual é formado por condições ambientais redutoras com POR inferior a - 50 mV.

Nesse sentido, pode-se enfatizar a importância das medições de POR como parâmetro representativo na busca do entendimento, controle e monitoramento de reações óxido-redutoras que ocorrem não apenas no meio ambiente, mas também em processos industriais, dentro das mais variadas áreas.

3.12. Ensaio de toxicidade aguda com sementes de alface *Lactuca sativa*

O ensaio de toxicidade utilizando *Lactuca sativa* é um ensaio de toxicidade aguda (120 horas de exposição) que avalia os efeitos fitotóxico dos compostos em estudo na germinação

das sementes e o desenvolvimento do hipocótilo e da radícula nos primeiros dias de crescimento (SOBRERO e RONCO, 2004).

Alguns estudos de toxicidade utilizando *Lactuca sativa* foram realizados com o intuito de identificar os possíveis riscos causados pela toxicidade de diversos efluentes (RICHTER e NETTO, 2007; MARGENAT et al., 2017).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

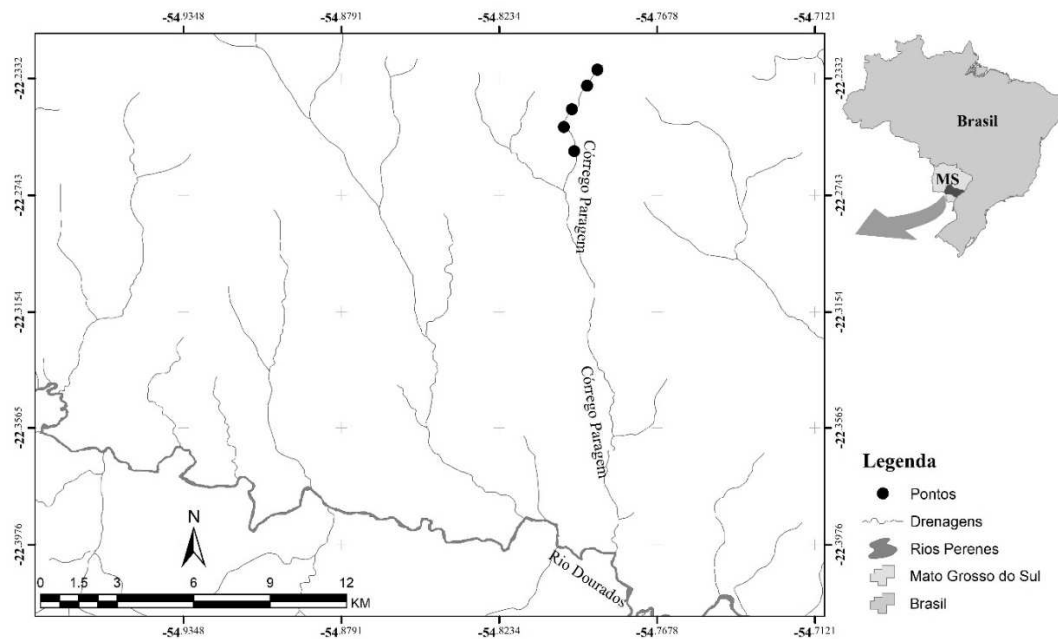
O córrego Paragem nasce ao sul da cidade de Dourados, localizado no Estado de Mato Grosso do Sul (MS), e atravessa as áreas urbana e rural do município. É afluente de segunda ordem do rio Dourados, inserido na bacia hidrográfica do rio Paraná.

Do ponto de vista climatológico, a região estudada é caracterizada como mesotérmico úmido, com verões quentes e invernos secos. Dezembro é o mês com maior pluviosidade, com média de 179,7 mm, enquanto agosto é o mês mais seco, com média de 44,9 mm (FIETZ et al., 2017), desta forma no mês mais chuvoso a precipitação é aproximadamente quatro vezes superior ao mês mais seco.

4.1. Pontos de amostragem para a avaliação da qualidade das águas

Os pontos de amostragem para a avaliação da qualidade das águas do córrego Paragem, foram selecionados com base na facilidade de acesso ao local e de sua representatividade. Antes de iniciar as coletas, os possíveis locais para a amostragem foram visitados para a inspeção visual para a definição dos melhores pontos para o procedimento delas. Dessa forma, foram definidos 5 pontos significativos, indicados na Figura 2.

Figura 2. Pontos de amostragem do córrego Paragem.



Fonte: autora, 2018.

A Tabela 1 apresenta as respectivas representações geográficas e posterior localização amostrais.

Tabela 1. Localização e descrição dos pontos de amostragem.

Ponto	Nome do ponto de amostragem	Coordenadas Geográficas		Altitude (m)	Distância da nascente
		Latitude	Longitude		
P1	Nascente	22°13'40.0"S	54°47'37.1"W	423	0
P2	Palmeiras	22°14'06.6"S	54°47'38.4"W	404	836 m
P3	Aguiar	22°14'38.1"S	54°47'52.3"W	396	1.868 m
P4	Frei Antônio	22°15'01.4"S	54°48'01.1"W	387	2.643 m
P5	BR	22°15'32.5"S	54°47'74" O	378	3.200 m

Fonte: da autora, 2018.

Em cada ponto de amostragem, efetuou-se o registro fotográfico do ambiente, descreveu-se as características físicas do local e, fez-se o levantamento das coordenadas geográficas com o auxílio do GPS. Nas figuras a seguir, encontram-se os registros fotográficos e o posicionamento geográfico segundo o programa Google Earth Pro 2018.

Figura 3. Imagem local e via aérea do Ponto1 de amostragem das águas da nascente do córrego paragem.



Fonte: A autora, 2018.

Figura 4. O posicionamento geográfico segundo o programa Google Earth Pro 2018.



Fonte: Google Earth Pro, 2018.

O local de amostragem P1 está localizado nas proximidades da Rua Joaquim Teixeira Alves, região Sudeste da área central da cidade, no interior do Parque Ambiental Arnulpho Fioravant, no qual possui uma área de 582.523,76 m²; este ponto foi caracterizado como nascente principal do córrego Paragem. As coletas foram realizadas próximas ao Shopping Avenida Center. Perto do local, pode-se avistar a Rodoviária de Dourados, na Figura 4. O parque também possui um grande lago artificial, no qual verificou-se o possível recebimento de produtos químicos como sabão e detergentes. Tudo que é lançado no sistema de drenagem pluvial nesta região, que apresenta alguns serviços de limpeza rápida de carros, é direcionado diretamente para o lago e posteriormente para o córrego.

O local de amostragem P2, está localizado na rua Palmeiras dentro da cidade de Dourados, tendo a presença de mata ciliar nas margens do córrego Paragem. Porém, as construções de casas estão aumentando e com esse crescimento pode-se observar as galerias de águas pluviais degradadas e certa quantidade de lixo, que prejudicaria a qualidade do meio ambiente (Figura 5 e Figura 6).

Figura 5. Imagem local a via aérea do ponto Palmeiras de amostragem de água do córrego Paragem.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 6. O posicionamento geográfico segundo o programa Google Earth Pro 2018



Fonte: Google Earth Pro, 2018.

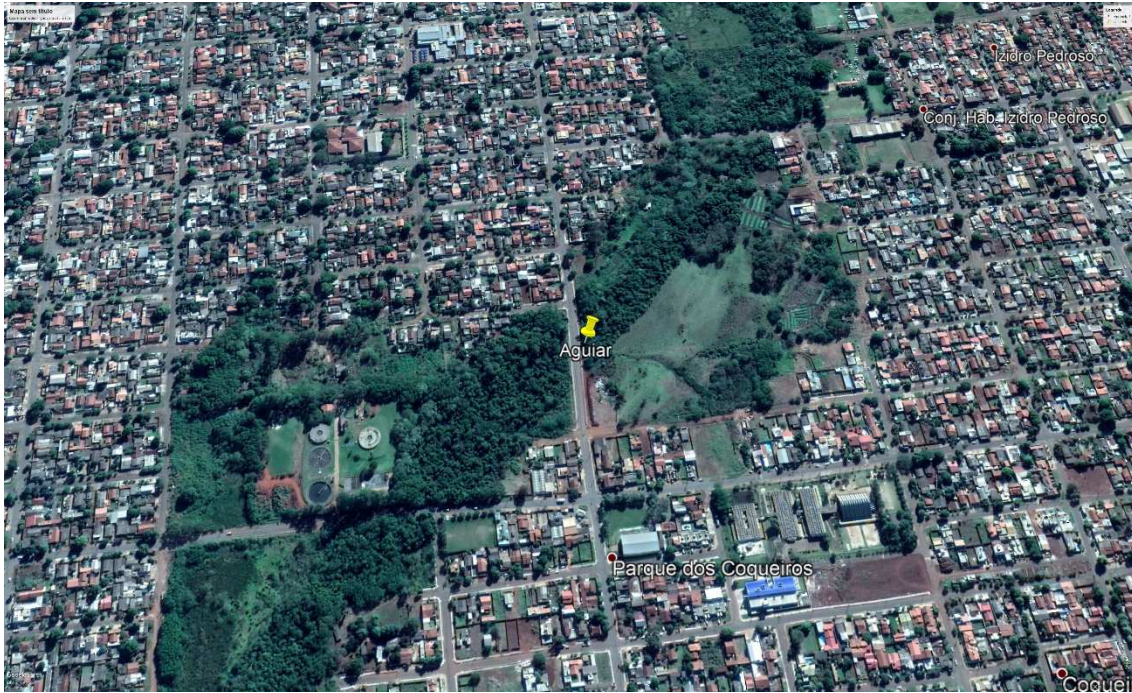
O local de amostragem P3, está localizado na Rua Aguiar dentro da cidade de Dourados e tem a presença de mata ciliar nas margens do córrego Paragem, porém as construções de casas estão aumentando e com esse crescimento já se pode observar o despejo de resíduos domésticos como sabão e detergente neste córrego (Figura 7 e Figura 8).

Figura 7. Imagem local e via aérea do Ponto de amostragem 3 Aguiar das águas do córrego Paragem.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 8. O posicionamento geográfico do ponto de amostragem P3, segundo o programa Google Earth Pro 2018.



Fonte: Google Earth Pro, 2018.

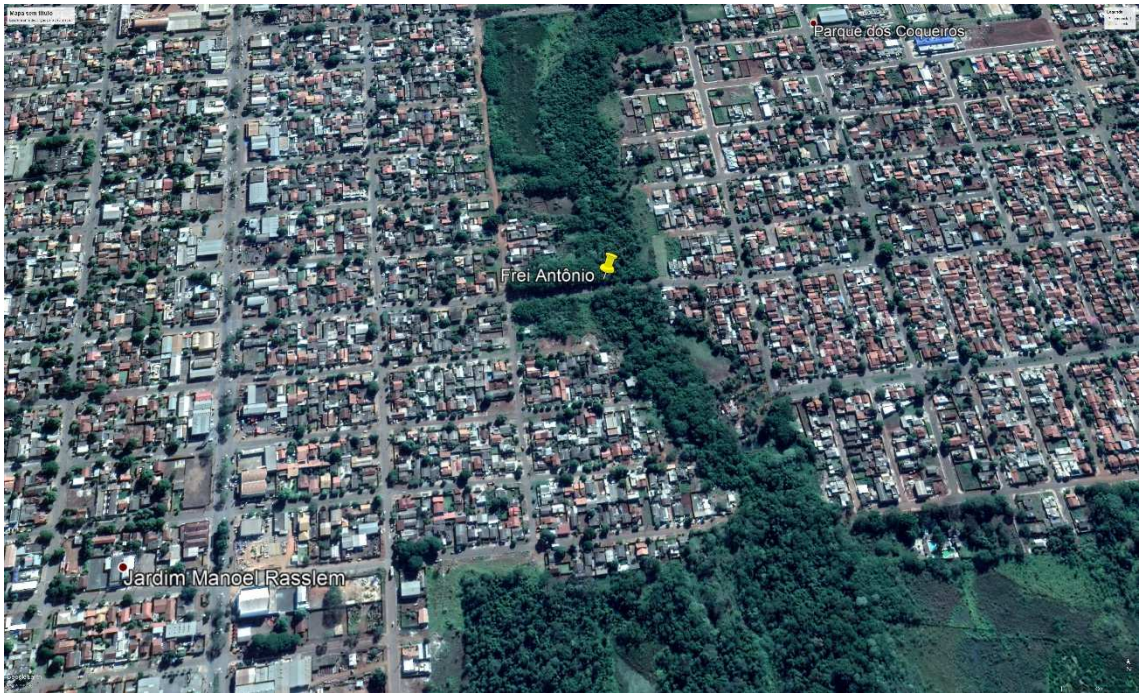
O local de amostragem P4, está localizado na rua Frei Antônio no centro de Dourados, uma área onde o esgoto doméstico, das vias de captação de drenagem superficial, é lançado diretamente no ponto Frei Antônio, contaminando assim o córrego Paragem (Figura 9 e 10).

Figura 9. Imagem local e via aérea do Ponto 4 Frei Antônio de amostragem das águas do córrego paragem.



Fonte: A autora, 2018.

Figura 10. O posicionamento geográfico segundo o programa Google Earth Pro 2018.



Fonte: Google Earth Pro:2018.

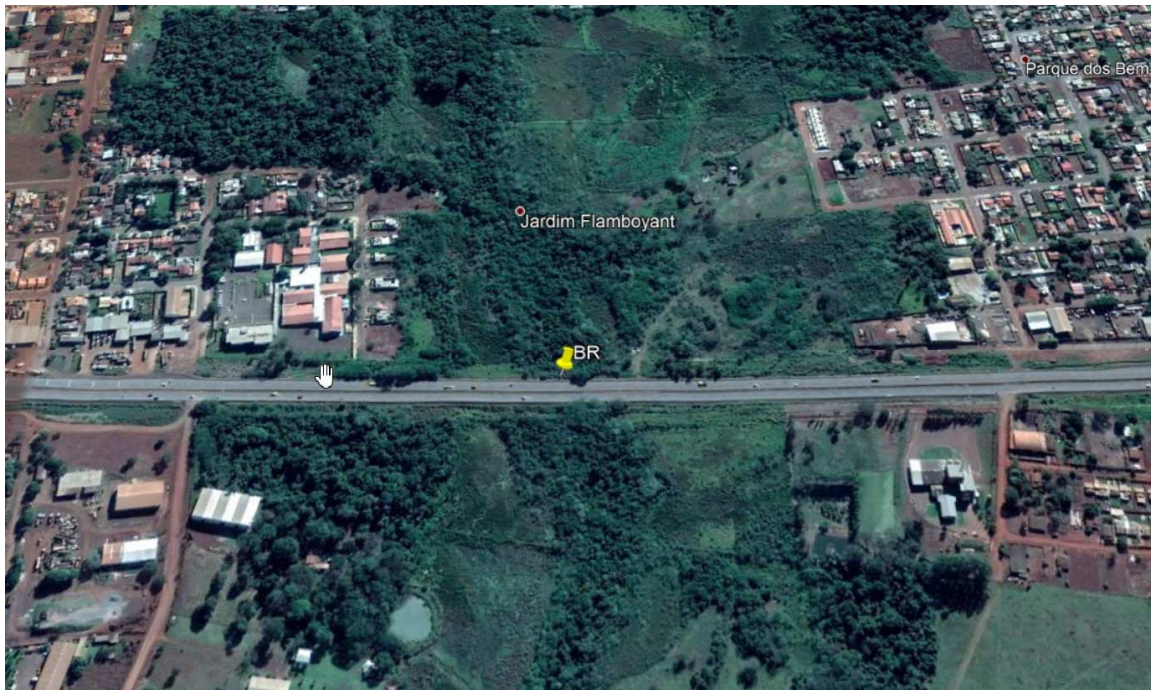
O local de amostragem P5, está localizado na estrada BR 463 no perímetro urbano da cidade de Dourados, possui uma pequena mata ciliar, com algumas casas ao redor (Figura 11 e 12).

Figura 11. Imagem local e via aérea do ponto 5 BR de amostragem das águas do córrego paragem.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 12. O posicionamento geográfico segundo o programa Google Earth Pro 2018.



Fonte: Google Earth Pro2018.

4.2. Amostra controle

A amostra considerada controle nos estudos de fitotoxicidade foi a água ultrapura. Para efeito de comparação da fitotoxicidade, utilizou-se também a água de torneira obtida do poço artesiano, localizado na Universidade Federal da Grande Dourados (Unidade 2). Destaca-se que existem áreas agrícolas ao redor do campus, de modo que pode haver a alteração da composição da água devido à composição geológica, bem como a adição de agentes químicos empregados nos cultivos ao redor do local.

4.3. Período de realização da amostragem

Os procedimentos convencionais para as amostragens do Córrego Paragem foram em cinco pontos, sendo estes Nascente, Palmeiras, Aguiar, Frei Antônio e BR. Para a amostra controle foram utilizados a água ultrapura e subterrânea. As amostragens foram realizadas compreendendo os seguintes dias 15/03/18, 17/04/18 e 11/06/18, a qual possibilitou a avaliação dos espectros de absorção molecular das soluções de amostras e posteriormente as análises físicos e químicas e de fitotoxicidade da água do córrego Paragem para avaliar a contaminação provocada pela atividade antropogênica.

Todas as vidrarias e frascos plásticos que foram usados, desde a amostragem até as posteriores determinações dos parâmetros físico-químicos, foram previamente lavados usando detergente e solução de limpeza de HNO₃ 10 % v/v. Os frascos foram deixados imersos em solução ácida de limpeza durante um período mínimo de 24 horas, para posteriormente serem enxaguados com água destilada/deionizada para minimizar possíveis contaminações e interferências nos resultados finais das análises.

4.4. Amostragem e Formas de Preservação das Amostras de Água

As amostras de água do córrego Paragem foram conduzidas em recipientes plásticos (poli tereftalato de etileno e/ou polietileno) a uma distância razoável da margem do córrego, a uma profundidade estimada de 10 a 20 cm do espelho d'água.

Após a amostragem de cada ponto, foi adicionado as amostras de água nos frascos previamente lavados. Em seguida, as amostras foram conservadas em caixas de isopor contendo gelo a qual permitia manter a temperatura em torno de $\pm 4^{\circ}\text{C}$ (CETESB, 1987).

4.5. Parâmetros físico-químicos de análises de qualidade da água

Com base nos principais parâmetros físico-químicos das análises de qualidade das águas e, baseando-se nas que mais vêm discriminando os ambientes estudados e seguindo as recomendações da 20^a edição do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998), embora com algumas adaptações, adotou-se para o presente estudo os seguintes parâmetros: potencial hidrogeniônico, potencial de oxidação-redução, turbidez, condutividade elétrica, fósforo total, sólidos totais, amônia e sólidos totais dissolvidos, descritos conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Relação dos parâmetros físico-químicos que foram avaliados no período de estudos.

Parâmetros	Métodos	Referências
pH	Potenciométrico	APHA, 1998
ORP	Eletroquímico	
Turbidez	Nefelométrico	APHA, 1998
Condutividade elétrica	Eletrométrico	APHA, 1998
Fósforo total	Espectrofotométrico	TEDESCO et al, 1995
Sólidos totais	Gravimétrico	APHA, 1998
Sólidos totais dissolvidos	Condutância Específica	APHA, 1998
Amônia	espectrofotométrico	APHA, 1998

Fonte: A autora, 2018.

As análises físicas e químicas das amostras foram realizadas no Laboratório de Cromatografia e Espectrometria Aplicada (LECA) da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

4.6. Classes de enquadramento do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais do córrego Paragem foram utilizadas as classes de enquadramento do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), segundo a Resolução nº 357/2005, que classifica a qualidade das águas e o enquadramento de limitações de uso. Nessa resolução, o CONAMA determinou cinco diferentes classes, sendo elas: Especial, I, II, III e IV (Tabela 3).

Tabela 3. Limites dos parâmetros analisados para enquadramento nas classes das águas doces no Brasil.

Classes	Limites para o Enquadramento
Especial	<p>Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água:</p> <p>pH: 6,0 a 9,0</p> <p>Turbidez: até 20 NTU</p> <p>Condutividade Elétrica: até 50 μS</p> <p>TDS: 100 a 200 mg/L</p>
I	<p>pH: 6,0 a 9,0</p> <p>Turbidez: até 40 unidades nefelométrica de turbidez (NTU);</p> <p>Condutividade Elétrica: 50 até 75 μS</p> <p>TDS: 500 mg/L</p> <p>Fenóis totais (substância que reagem com 4-aninoantipirina): 0,003 mg/L C₆H₅OH</p> <p>Nitrogênio amoniacal total: 3,7 mg/L N, para pH \leq 7,5</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2,0 mg N/L, para 7,5 < pH \leq 8,0 • 1,0 mg N/L, para 8,0 < pH \leq 8,5 • 0,5 mg N/L, para pH > 8,5 <p>Fósforo total (ambiente lótico e tributário de ambiente intermediário) 0,1mg P/L</p>
II	<p>pH: 6,0 a 9,0</p> <p>Turbidez: até 40 unidades nefelométrica de turbidez (NTU);</p> <p>Condutividade Elétrica: 50 até 75 μS</p> <p>TDS: 500 mg/L</p> <p>Fenóis totais (substância que reagem com 4-aninoantipirina) 0,003 mg/L C₆H₅OH</p> <p>Nitrogênio amoniacal total: 3,7 mg N/L, para pH \leq 7,5</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2,0 mg N/L, para 7,5 < pH \leq 8,0 • 1,0 mg N/L, para 8,0 < pH \leq 8,5 • 0,5 mg N/L, para pH > 8,5 <p>Fósforo total (ambiente lótico e tributário de ambiente intermediário): 0,1 mg P/L</p>
III	<p>pH: 6,0 a 9,0</p> <p>Turbidez: 100 NTU</p> <p>Condutividade Elétrica: 100 até 150 μS</p> <p>TDS: 500 mg/L</p> <p>Fósforo total (ambiente lótico e tributário de ambiente intermediários): 0,15 mg P/L</p> <p>Nitrogênio amoniacal total</p> <ul style="list-style-type: none"> • 13,3 mg N/L para pH \leq 7,5 • 5,6 mg N/L, para 7,5 < pH \leq 8,0 • 2,2 mg N/L, para pH > 8,0 < pH 8,5 • 1,0 mg N/L, para pH > 8,5 <p>Fenóis totais (substância que reagem com 4-aminoantipirina): 0,01 mg/L C₆H₅OH</p>
IV	<p>pH: 6,0 a 9,0</p> <p>Turbidez: acima de 100 NTU</p> <p>Condutividade Elétrica: maior que 150 μS</p> <p>TDS: maior que 500 mg/L</p> <p>Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina): até 1,0 mg/L de C₆H₅OH.</p>

Fonte: Resolução nº357/2005 do CONAMA(adaptado)

A Tabela 4 apresenta as principais classes de limitações de uso das águas doces no Brasil. Essas limitações ocorrem em função do enquadramento por classes de água. De acordo com as classes enquadradas, o CONAMA estabelece algumas recomendações para as principais práticas de uso das águas. Dessa forma, seguir essas recomendações são fundamentais para a gestão e manejo sustentável das águas, bem como para a manutenção da qualidade de saúde e de vida da população.

Tabela 4. Principais classes de limitações de uso das águas doces no Brasil. Fonte: Resolução nº357/2005 do CONAMA.

Classes	Principais usos
Especial	Consumo humano com desinfecção; Preservação de equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
I	Consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) Resolução CONAMA n. 274, de 2000; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas sem remoção de películas e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
II	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, Resolução CONAMA n. 274, de 2000, à 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 e à aquicultura e à atividade de pesca.
III	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.
IV	Navegação e à harmonia paisagística.

Fonte: Resolução nº357/2005 do CONAMA (adaptado).

4.7. Ensaio de toxicidade aguda com sementes de alface *Lactuca sativa*

As sementes utilizadas para o estudo da toxicidade das amostras de águas foram adquiridas no comércio local, Marca Feltrin[®], envelope com conteúdo líquido de 700 mg, sem defensivo, lote n° 0003101610000160, germinação indicada de 99,6% e validade até 06/2020.

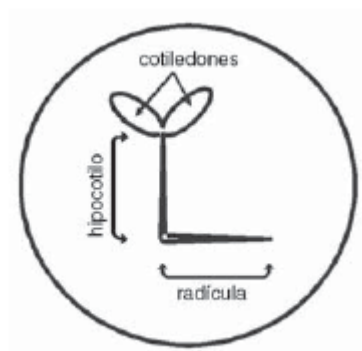
Os ensaios com sementes de *Lactuca sativa* foram realizados seguindo a metodologia proposta por Sobrero e Ronco (2004). Primeiramente, foi utilizada água do córrego Paragem nos pontos devidamente selecionados. Foram utilizados como controle, água de torneira e água ultrapura. Os ensaios foram realizados em placas de Petri de 90 mm de diâmetro, sendo colocado um disco de papel para germinação de sementes (Germilab[®]) sobre cada uma. A fim de acompanhar o crescimento das radículas e do hipocótilo, foi adicionado 3,0 mL das respectivas amostras e controles, onde estavam distribuídas exatamente 20 sementes de *Lactuca sativa* de maneira equidistante (Figura 13). Posteriormente, foram colocadas na capela por 120 h com iluminação artificial constante na temperatura ambiente. Os ensaios foram realizados em triplicata. Após o desenvolvimento das plântulas, foram medidos a radícula, o hipocótilo e a parte aérea de cada uma das plântulas, de cada diluição das amostras e dos controles. A medida do alongamento da radícula, considerada a partir do nó (região mais grossa de transição entre a radícula e o hipocótilo das plântulas) para o ápice da raiz, como apresentado no esquema da Figura 14. A medida do alongamento do hipocótilo foi considerada do nó para o local de inserção dos dois cotilédones (SOBRERO e RONCO, 2004).

Figura 13. Figura da medida do comprimento da radícula.



Fonte: A autora, 2018.

Figura 14. Procedimento para a obtenção do comprimento da radícula, hipocótilo e parte aérea das plântulas.



Fonte: Adaptado de Sobrero e Ronco, 2004.

4.8. Análise estatística

Os resultados obtidos das variáveis físico-químicas foram apresentados separadamente em tabelas, registrando-se os valores de todos os pontos de coleta, conforme cada período de análises. Os resultados de comprimento médio foram obtidos usando o software Microsoft Office Excel 2016. As correlações dos dados obtidos entre os pontos de amostragens foram avaliadas utilizando a técnica de Análise de Componentes Principais (PCA, do inglês: Principal Components Analysis). Os dados foram avaliados utilizando o programa PAST[®] (HAMMER et al, 2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das determinações físico-químicas foram realizados segundo os critérios de qualidade dos corpos de águas doces recomendados pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005). Já a análise de fitotoxicidade das amostras de água do córrego Paragem sobre as sementes de *Lactuca sativa* foram realizadas por meio do método proposto por Sobrero e Ronco (2004). A Resolução 357/2005 do CONAMA permite a classificação dos corpos d'águas e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Para o presente estudo, foi considerado os valores máximos adotados para os parâmetros físico-químicos para as águas doce de rios, Classe 3.

5.1. Caracterização físico-química da água

Os resultados da qualidade da água dos locais de amostragem foram comparados com os índices propostos pela resolução do conselho nacional de meio ambiente (Conama-357/2005) e mostraram que a condutividade elétrica estavam acima dos valores aceitáveis, já sólidos totais dissolvidos no ponto Frei Antônio encontra-se também acima dos limites aceitáveis (Tabela 5).

Tabela 5. O resultados das análises físico-químicas realizadas nas amostras de água do córrego Paragem compreendendo a área urbana de Dourados.

Parâmetros	Ponto Nascente	Ponto Palmeiras	Ponto Frei Antônio	Água torneira	Ponto Nascente	Ponto Palmeiras	Ponto Frei Antônio	Água torneira	Ponto Nascente	Ponto Palmeiras	Ponto Aguiar	Ponto Frei Antônio	Água torneira	Conama 357/2005
	15/03/18	15/03/18	15/03/18	15/03/18	17/04/18	17/04/18	17/04/18	17/04/18	11/06/18	11/06/18	11/06/18	11/06/18	11/06/18	11/06/18
pH	7,24±0,1	7,42±0,1	7,33±0,1	7,1±0,1	6,68±0,1	7,2±0,1	7,23±0,1	6,7±0,1	6,8±0,1	7,09±0,1	7,35±0,1	7,24±0,1	6,45±0,1	6-9
Turbidez/ NTU	0,87	1,02	0,86	nd	1,54	2,44	1,76	nd	nd	nd	nd	nd	nd	<100
CE/μS	340±10	320±10	420±10	110±10	300±10	180±10	480±10	100±10	370±10	410±10	250±10	710±10	140±10	100 - 150
STD/ppm	476±14	448±14	588±14	154±14	420±10	252±10	672±10	140±10	260±5,2	280±6	170±3,0	500±10	140±3	500
ORP/mV	261±3	267±3	227±2,3	310±3,1	429±4	380±4	398±4,0	522±5,2	339 ± 3,4	306 ± 3,1	316±3	287±3	384±4	●
ST/ppm	7,5±0,1	11,5±0,1	21±0,2	138±0,5	210±4	120±3	330±7	70±1,4	27,5±0,2	31,5± 0,1	45±0,01	36,5±0,4	18±0,1	●
NH ₄ ⁺ /ppm	182±3	215±1	1.853±10	nd	858±3	910±3	2.114±7	nd	136±6	1.305±11	356±5	3.425±22	nd	●
PO ₄ ³⁻ /ppm	<LQ	<LQ	73±1	nd	<LQ	<LQ	93±1,5	nd	<LQ	13±0,03	nd	143±2	nd	< 0,15

● valor não especificado pela legislação Conama 357/2005.

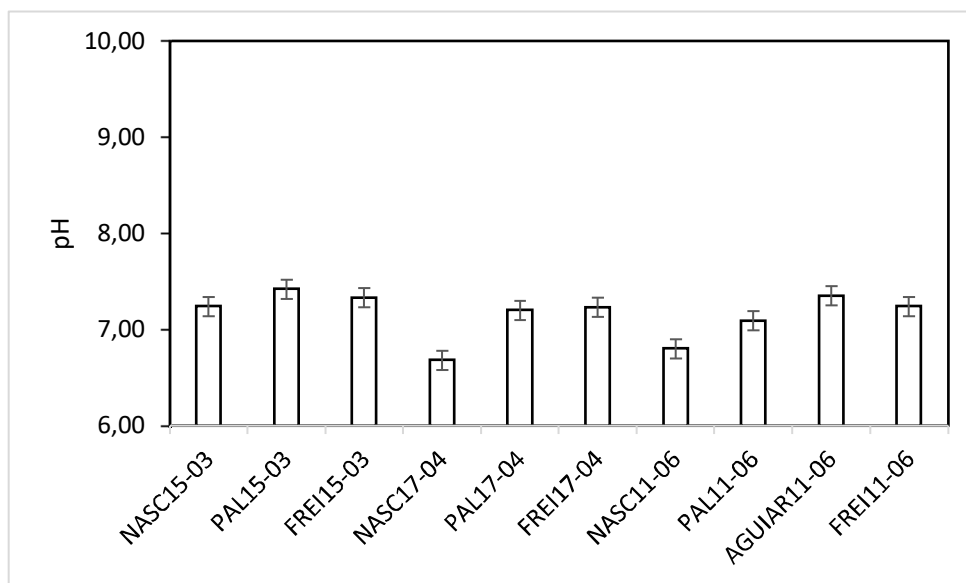
Nd: valor não determinado.

^a Valores acima dos padrões de qualidade da água estabelecidos pela lei brasileira - CONAMA 357/2005.

5.2. Potencial hidrogeniônico

Os valores médios de pH na amostragem do dia 15/03/2018 em todos os pontos amostrados durante o período de estudo ficaram todos próximos da neutralidade, ou seja, pH 7,0. Os menores valores registrados estão na amostragem do dia 17/04/2018 (ponto 1) realizada no mês de abril, com pH variando de 6,68. Essa queda de pH pode ser mais bem visualizada na representação da Figura 15. O maior valor de pH está representado na amostragem do dia (15/03/2018) no ponto Palmeiras.

Figura 15. Valores de pH determinados nas amostras de águas do córrego Paragem.



Fonte: A autora, 2018.

Segundo Libânio (2005), o pH é dependente tanto da origem como das próprias características do recurso hídrico (geologia, solo, clima, fotossíntese, dissolução de rochas), além de ações de caráter antropogênicas, seja pela introdução de resíduos domésticos e/ou industriais.

Portanto, a pequena variação de pH entre uma estação e outra em quase todos os meses de avaliação, indicaram que o afluente estudado possui pouca ou nenhuma influência sobre este

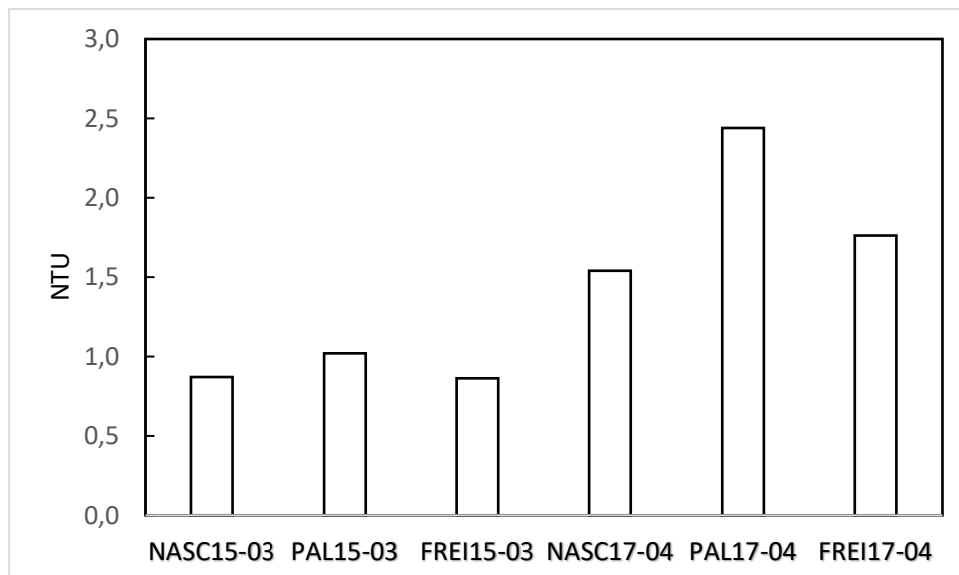
parâmetro e, que todos os valores registrados durante o período de estudo estão em sua conformidade e, se enquadram na Resolução 357/2005 do CONAMA (pH entre 6,0 e 9,0).

5.3. Turbidez

O menor valor de turbidez foi obtido na amostragem do dia 15/03/2018, com o valor em torno de 0,87 NTU no ponto 1; o maior valor foi registrado na amostragem do dia 17/04/2018, cujo aumento foi acentuado conforme o trajeto do rio, obtendo-se um teor máximo de 1,76 NTU no ponto P3.

A escassez de chuvas exerceu certa influência sobre os valores de turbidez, ocasionando uma considerável diminuição de seus valores (Figura 16).

Figura 16. Turbidez determinadas nas amostras de águas do córrego Paragem.



Fonte: A autora, 2018.

O aumento de turbidez proporcional ao volume das chuvas como expõe Oliveira et al. (2008) pode ser explicado devido à ocorrência de uma maior quantidade de carga orgânica (e/ou inorgânica) que é carregada para dentro dos ambientes aquáticos. Porém, nos meses de (março e abril) maior estiagem, houve a redução da turbidez.

O principal fator que auxilia o aumento da turbidez nas águas é a erosão dos solos das margens do rio provocada pelas chuvas, a qual impede a fixação da vegetação, sendo estes materiais sólidos arrastados para os corpos d'águas (CETESB, 2011).

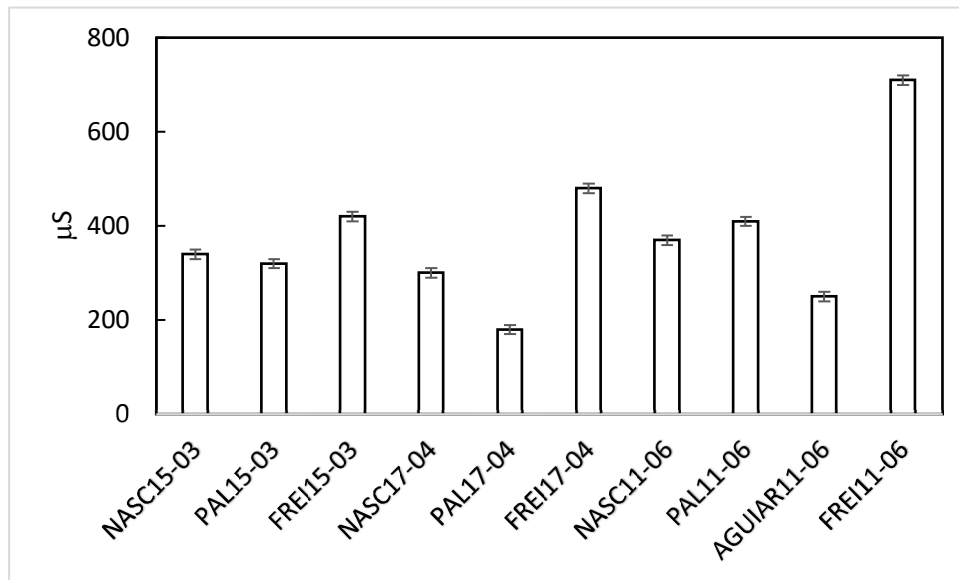
Segundo Libânio (2005), a turbidez natural das águas geralmente compreende uma faixa de 3 a 500 NTU. A Resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005), preconiza valor máximo para turbidez de 100 NTU e, para fins de potabilidade, a Portaria nº 518/2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, estabelece que a turbidez não ultrapasse 5 NTU (BRASIL, 2004a). Assim, os pontos avaliados em decorrência do período de estudo, estão dentro do limite exigido pelo CONAMA 357/2005 indicando uma boa qualidade da água do recurso hídrico em estudo para esse parâmetro.

5.4. Condutividade elétrica (CE)

A condutividade das amostras coletadas estão representada na Figura 17. A condutividade elétrica foi maior que 150 μS em todas as mostras, sugerindo que o curso de água está impactado. O ponto Palmeiras obteve menores valores de CE nos meses 15/03/2018 (320 μS), 17/04/2018 (180 μS) e 11/06/2018 (410 μS), possivelmente devido à influência de lixo urbano, que afeta a qualidade da água. No ponto Frei Antônio foram observados maiores valores nos meses 15/03/2018 (420 μS), 17/04/2018 (480 μS) e 11/06/2018 (710 μS), possivelmente devido ao impacto do esgoto domiciliar. Os valores obtidos de condutividade elétrica no

presente estudo foram maiores que aqueles relatados em outros estudos de rios impactados na Região de Dourados (DA ROCHA et al., 2015; FELIPE & SUARES, 2010).

Figura 17. Valores de condutividade elétrica das amostras de águas do córrego Paragem.



Fonte: A autora, 2018.

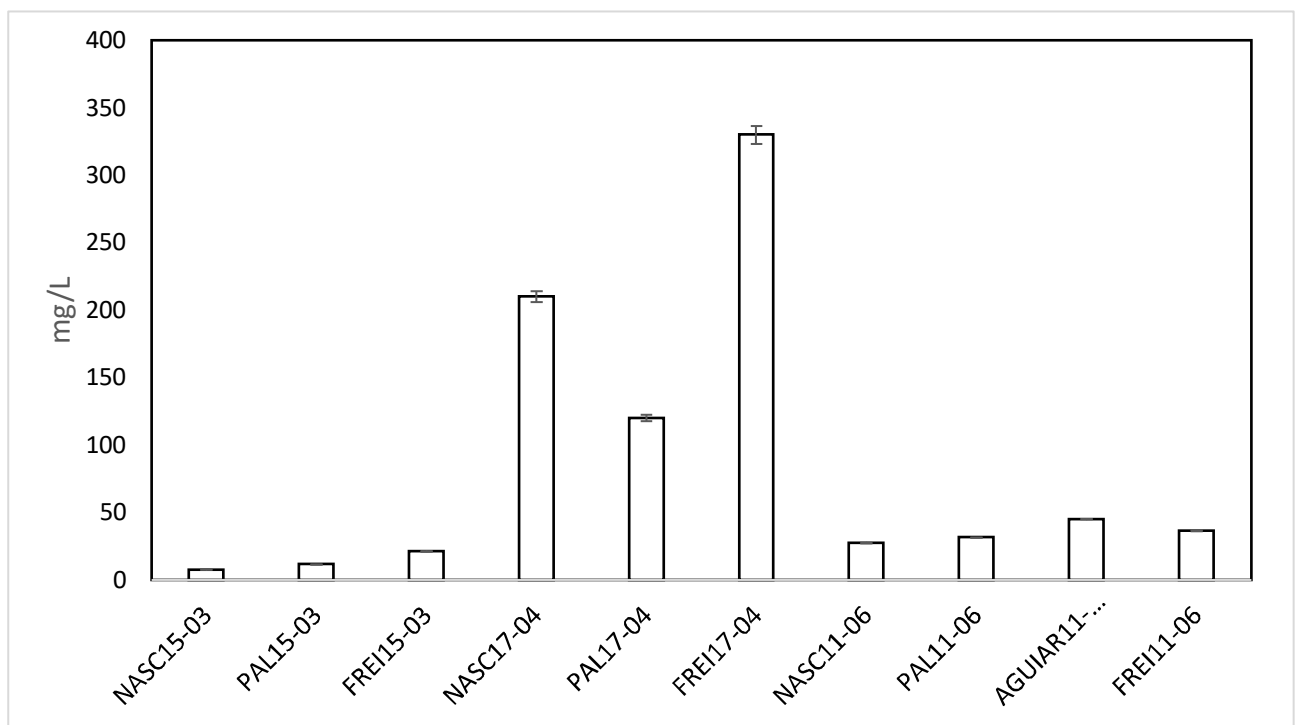
O aumento da condutividade elétrica é um sinal da presença de materiais dissolvidos (MARINELLI et al., 2000). Segundo a Empresa de Tecnologia de Saneamento Ambiental – (CETESB, 2005), os valores de condutividade elétrica acima de $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ têm impacto negativo nos ambientes.

As áreas urbanas onde há lançamento de efluentes domésticos sem tratamento, contribuem para o aumento da condutividade elétrica, tal qual a situação observada nas amostragens, localizadas na cidade de Dourados.

5.5. Sólidos totais (ST)

De acordo com as amostragens, observou-se que no dia 15/03/2018 foi obtida a menor concentração de sólidos, a qual aumentou gradativamente ao longo do curso do córrego. No entanto, o maior valor foi registrado no dia 17/04/2018, conforme Figura 18.

Figura 18. Valores determinados de sólidos totais (ST) nas amostras de água do córrego paragem.



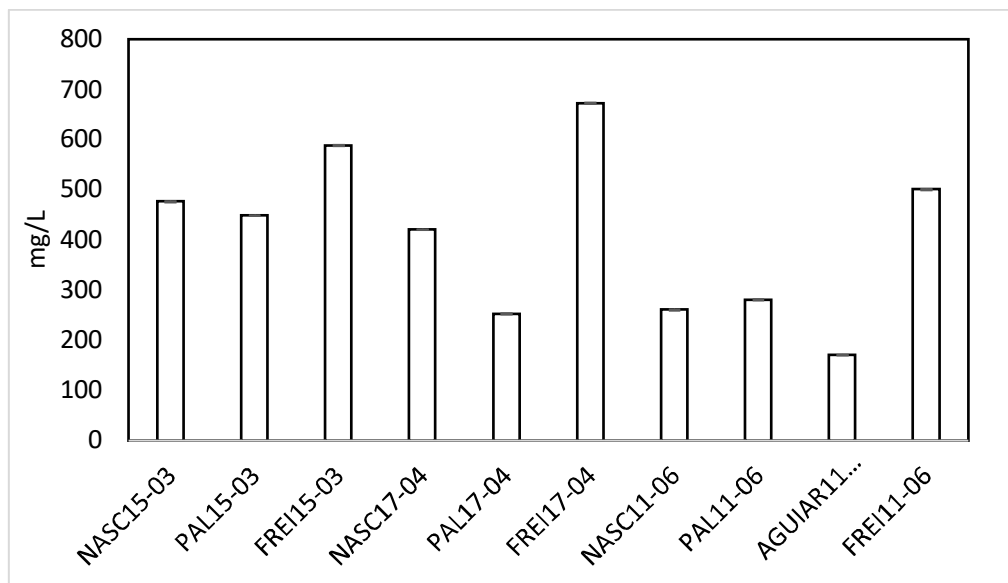
Fonte: A autora, 2018.

5.6. Sólidos totais dissolvidos (STD)

Esgoto e efluentes industriais aumentam a concentração de STD no ambiente aquático, pois são uma geralmente uma mistura complexa de cloretos, sulfatos, bicarbonatos e metais potencialmente tóxicos (BARBOSA et al., 2010). Estas substâncias em elevada contaminam corpos d'água (MIHALJEVIC et al., 2011).

Os valores obtidos STD, apresentados na Figura 19, foram maiores que aqueles relatados em outros estudos de rios impactados na região de Dourados (da ROCHA et al., 2015). Este fato pode ocorrer devido à diferença entre os períodos de chuva no momento da amostragem.

Figura 19. Valores de sólidos totais dissolvidos (STD) determinados nas amostras de água do córrego Paragem.



Fonte: A autora, 2018.

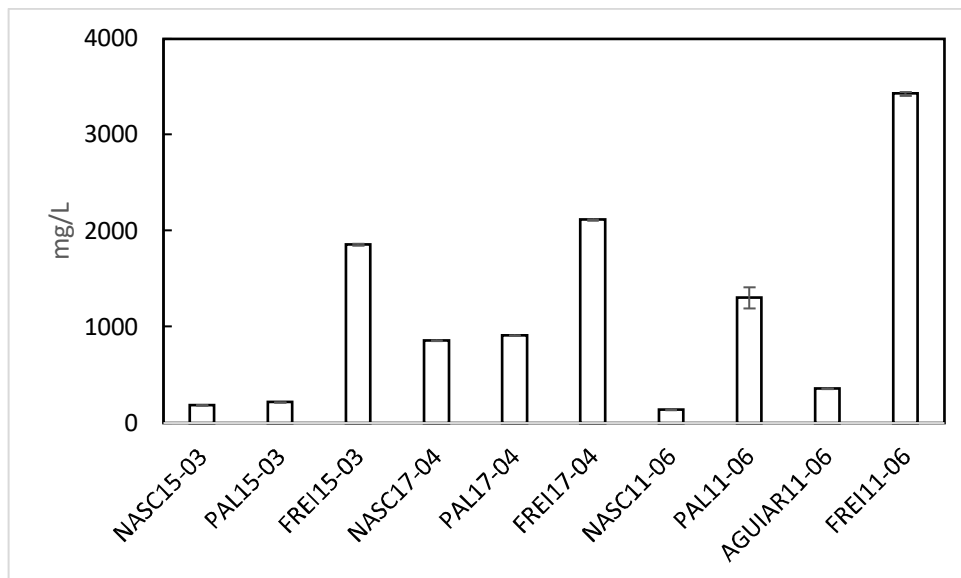
A Resolução 357/2005 do CONAMA estabelece como padrão de qualidade valores máximos permitidos para STD em águas doce, considerando as três classes, de até 500 mg L⁻¹ e, em comparação a Portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde, esta estabelece valor máximo de 1.000 mg L⁻¹ de STD para as águas de consumo humano (BRASIL, 2006).

Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (2009), níveis de STD em água maiores que 50 mg L⁻¹ podem indicar a contaminação da água por esgoto doméstico, fertilizantes do solo, insumos agrícolas, bem como efluentes industriais. A valor de sólidos totais dissolvidos maiores que 100 mg L⁻¹ indicam um ambiente impactados.

5.7. Amônia

A Resolução 357/2005 do CONAMA estabelece o teor de nitrogênio amoniacal total de 13,3 mg/L NH_3 , para valores de pH menores que 7,5. Na Figura 20, pode-se observar que no ponto Frei Antônio foi obtida maior concentração de nitrogênio amoniacal. Apesar do valor se encontrar acima daquela preconizada pelo CONAMA, estas concentrações são comumente encontradas em esgotos domésticos. Yea et al. (2018) descrevem que as concentrações de nitrogênio amoniacal podem variar de 100 mg/L a 9.000 mg/L, quando a fonte se trata de esgoto doméstico, ou seja, possivelmente presença de urina humana. A composição da urina humana é baseada em compostos nitrogenados, cerca de 90%, no qual a uréia e a amônia estão em maiores concentrações (KIRCHMANN e PETERSSON, 1994).

Figura 20. Concentração de nitrogênio amoniacal determinado nas águas do córrego Paragem. Ponto nascente; Palmeiras; Aguiar e Frei Antônio.



Fonte: A autora, 2018.

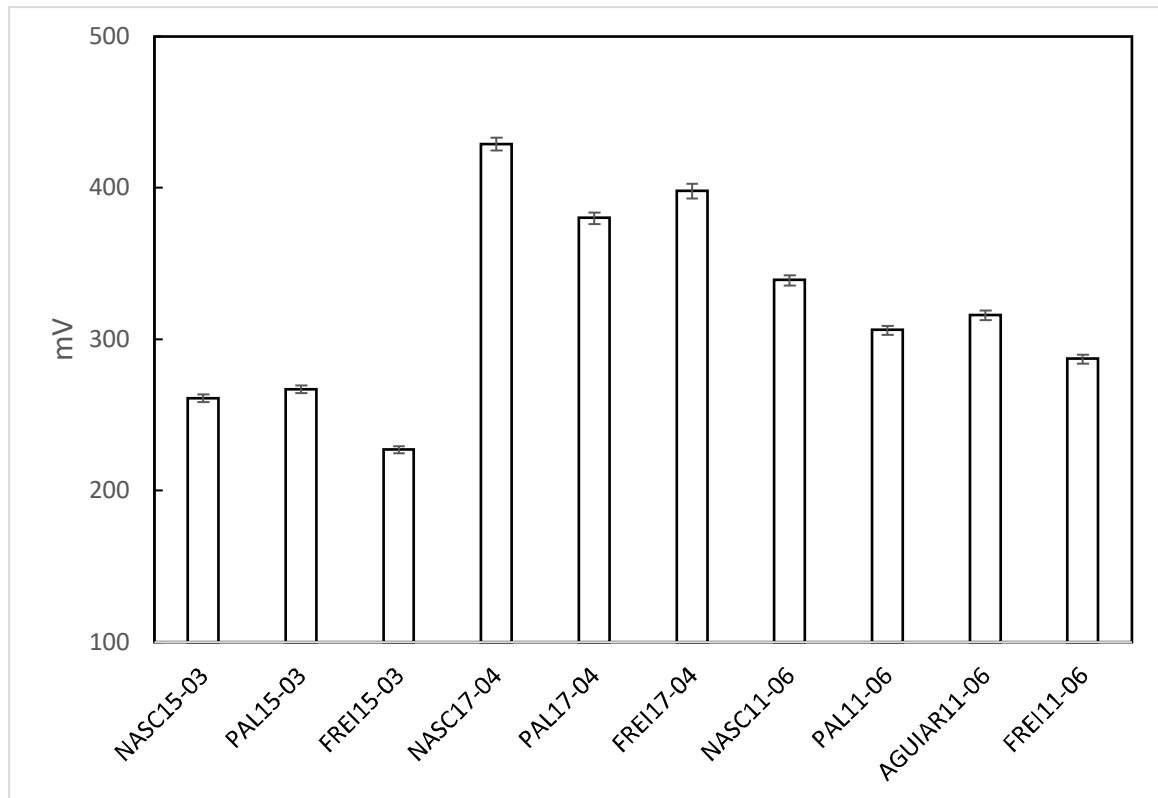
Pode-se verificar que a concentração de amônia é maior no ponto Frei Antônio, quando comparado aos outros pontos amostrados. Isto se deve principalmente ao fato deste ponto de

amostragem estar distante da nascente. O córrego recebe certa quantidade de esgotos domésticos, principalmente aqueles originados de banheiro das residências, impactando bastante as águas do córrego.

5.8. Potencial Redox (ORP)

As medidas de ORP das amostras estão apresentadas na Figura 21. Os valores de ORP apresentam-se menores em regiões onde a carga orgânica é maior. Desta maneira, o meio com elevada carga orgânica, como exemplo, esgoto doméstico, é mais redutor, como no ponto Frei Antônio do córrego Paragem e nas regiões onde há maior densidade de residência e poluição pontual. O valor máximo medido de ORP foi de 429 mV e o menor valor foi de 261 mV, durante todo o trajeto

Figura 21. Valores de POR determinado nas águas do córrego Paragem. Ponto Nascente; Palmeiras; Aguiar e Frei Antônio.



Fonte: A autora, 2018.

A Resolução Conama 357 não estabelece padrões mínimos ou máximos para potencial redox das águas.

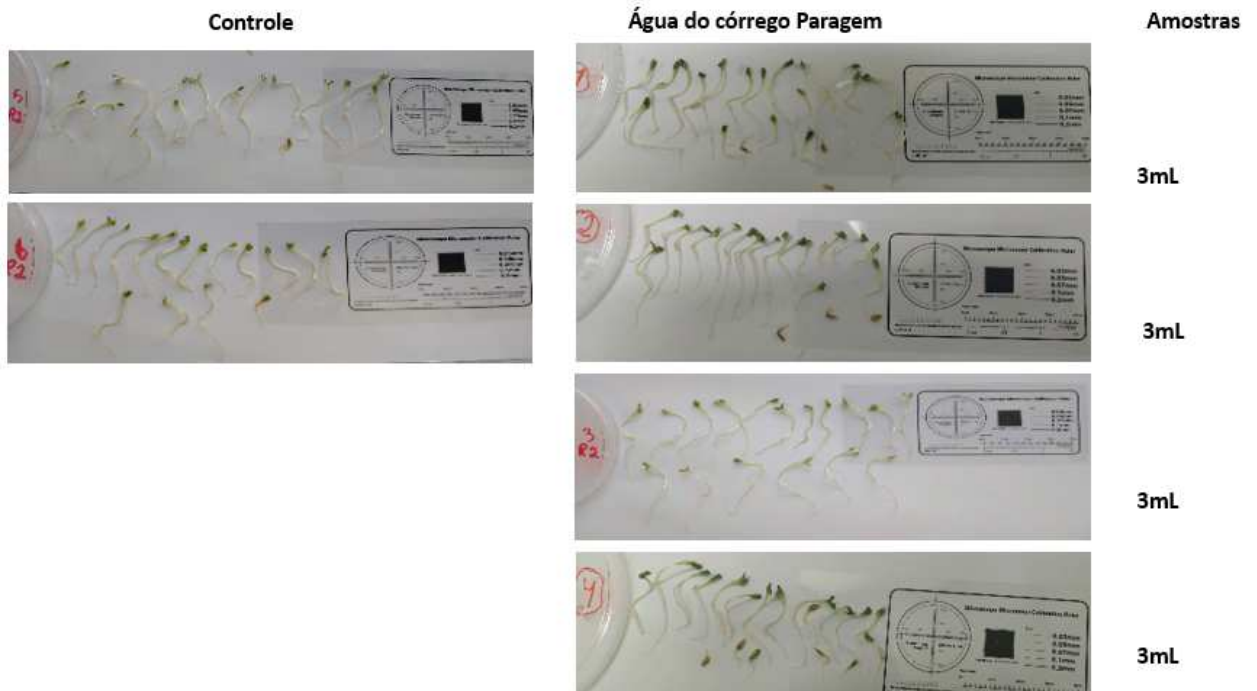
5.9. Toxicidade das amostras de água do córrego paragem utilizando sementes de *Lactuca sativa*

Embora a *Lactuca sativa* não seja uma espécie representativa de ecossistemas aquáticos as informações geradas a partir deste teste de toxicidade forneceram dados sobre o possível efeito dos poluentes nas comunidades das plantas que ficam perto das margens de corpos de água contaminados, sendo também uma espécie importante na horticultura. Além disso, as sementes são de rápida germinação e simples cultivo, sendo possível desenvolver o teste em alguns dias.

Os estudos de toxicidade empregando sementes de *Lactuca sativa* são apresentados na Figura 22. Nesta Figura, a coluna marcada como “controle negativo”, as plântulas germinaram e cresceram em cerca de 30 mL de água de torneira. Os crescimentos de sementes foram verificados em todos os ensaios subsequentes. Além disso, os ensaios foram realizados em placa de 90 mm de diâmetro contendo 20 sementes de alface *Lactuca sativa*, expostas a 3 ml de água em diferentes pontos do córrego paragem.

A exposição das sementes a amostras de águas coletadas de diferentes pontos de amostragem do córrego Paragem causou uma diminuição no alongamento da radícula e do hipocótilo. Desta maneira, para avaliar o efeito das amostras nos comprimentos da radícula e do hipocótilo, realizou-se a análise de variância tanto para o comprimento da radícula como para o hipocótilo. Neste caso, obteve-se um $F_{\text{calculado}}$ maior que o $F_{\text{crítico}}$, indicando, portanto, que pelo menos dois dos quatro pontos de amostragem apresentaram as médias dos comprimentos significativamente diferentes (Tabela 7 e 8).

Figura 22. Avaliação da fitotoxicidade das amostras de águas empregando sementes de *Lactuca sativa* em diferentes amostragens.



Fonte: A autora, 2018.

Segundo Park et al. (2016), fazendo uma comparação entre dois procedimentos para identificação de toxicidade de efluentes avaliaram que o procedimento que utiliza *Lactuca sativa* apresentou menor sensibilidade que aquele procedimento que empregou a *Daphnia magna*. O trabalho de Wang (1991), destacou três atributos favoráveis ao emprego da metodologia que usa a *Lactuca sativa*. Em primeiro lugar, o alongamento da raiz da alface pode ser um ponto sensível; em segundo lugar, não requer suplementação nutricional; em terceiro lugar, os testes de alface podem ser aplicados na avaliação da toxicidade de efluentes complexos contendo baixo oxigênio dissolvido e alta demanda bioquímica de oxigênio, condições que são inadequadas para *Daphnia magna*.

5.10. Estudo da fitotoxicidade de amostras de água do córrego Paragem empregando o comprimento da radícula da *Lactuca sativa*

Para avaliar a possível contaminação provocada pela atividade antrópica por todo o percurso urbano no córrego Paragem, avaliou-se o efeito da fitotoxicidade destas amostras de águas dos pontos de amostragem sobre a germinação de sementes de *Lactuca sativa* (CASTILLO, 2004). Neste procedimento, após a germinação das sementes em contato com as amostras, foram obtidos os comprimentos da radícula das plântulas que permaneceram em contato com as soluções de amostras de pontos de amostragem e o controle. Realizou-se a análise de variância das médias dos comprimentos obtidos em cada ponto de amostragem para verificar diferença significativa entre os tratamentos. A análise de variância obtida para todos os dias de amostragem apresentou um $F_{\text{calculado}}$ maior que o $F_{\text{crítico}}$, indicando, portanto, que pelo menos dois dos quatro pontos de amostragem apresentaram as médias dos comprimentos das radículas significativamente diferentes. As análises de variâncias estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Análise de variância do estudo de fitotoxicidade de águas amostradas coletadas no córrego Paragem.

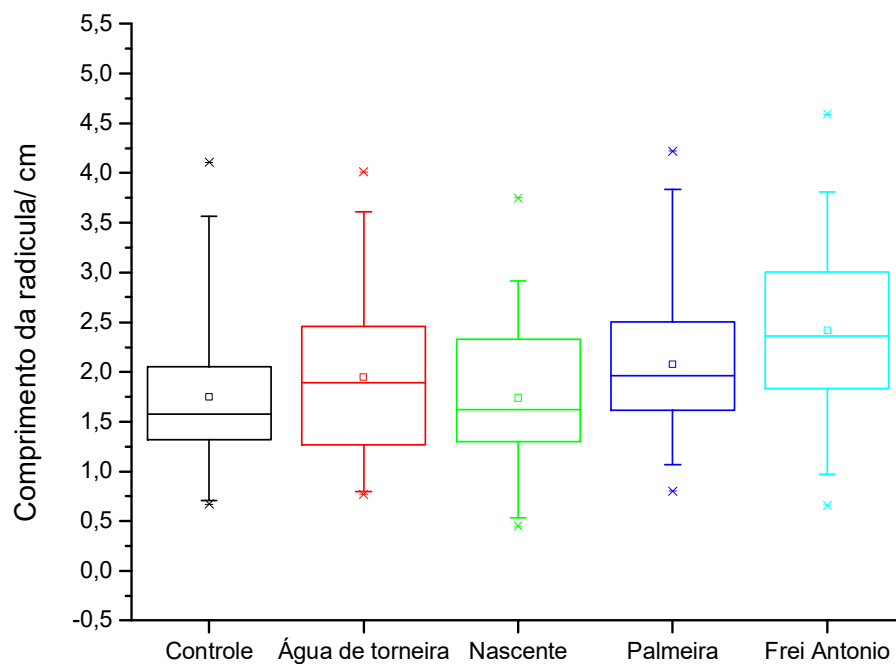
Data de amostragem	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{crítico}} (95\%)$	p
15/03/2018	6,40	2,409	7×10^{-5}
17/04/2018	8,54	2,408	2×10^{-6}
11/06/2018	3,88	2,245	2×10^{-3}

Fonte: A autora, 2018.

As médias do comprimento da radícula das amostras de água de cada ponto de amostragem do dia 15/03/2018 são apresentadas na Figura 23. Verifica-se nesta Figura que o comprimento da radícula obtido quando empregada a água amostrada no ponto Frei Antônio

foi maior que o comprimento da radícula das sementes incubadas com a amostra controle, a água de torneira e a água da Nascente.

Figura 23. Gráfico de Box do estudo de fitotoxicidade de águas amostradas em 15/03/2018.



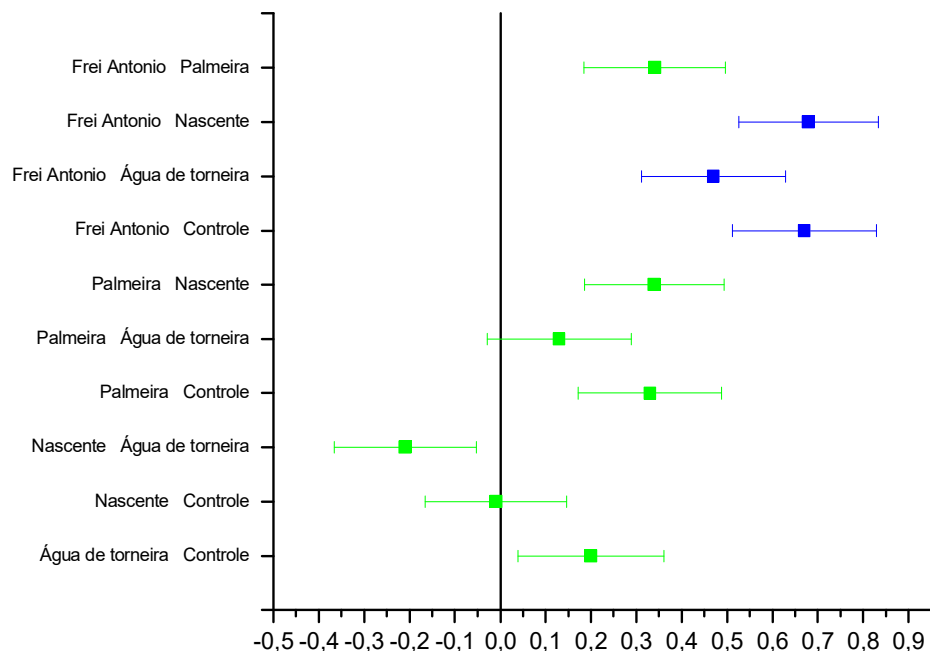
Fonte: A autora, 2018

O teste de Tukey foi realizado para as médias do comprimento da radícula ocasionada pela água coletada em cada ponto de amostragem do dia 15/03/2018 e estão apresentadas na Figura 24. Nesta figura são apresentados no eixo y todas as comparações entre os pontos de amostragem avaliados. O valor obtido no eixo x, se trata da diferença estatística entre os valores dos comprimentos obtidos das amostras. Assim, quando a diferença está sobre a linha vertical, se verifica que há diferença estatística entre os comprimentos destas amostras (em azul).

Aqueles dados que estão situados distantes da linha (em verde), verifica-se que não há diferença significativa entre as amostras analisadas.

Verifica-se que apenas ocorrem diferença significativa entre os pontos Frei Antônio e Nascente, Frei Antônio e Água de torneira, bem como Frei Antônio e Controle.

Figura 24. Gráfico de Tukey para o estudo de fitotoxicidade das amostras de água do córrego Paragem do dia 15/03/2018.



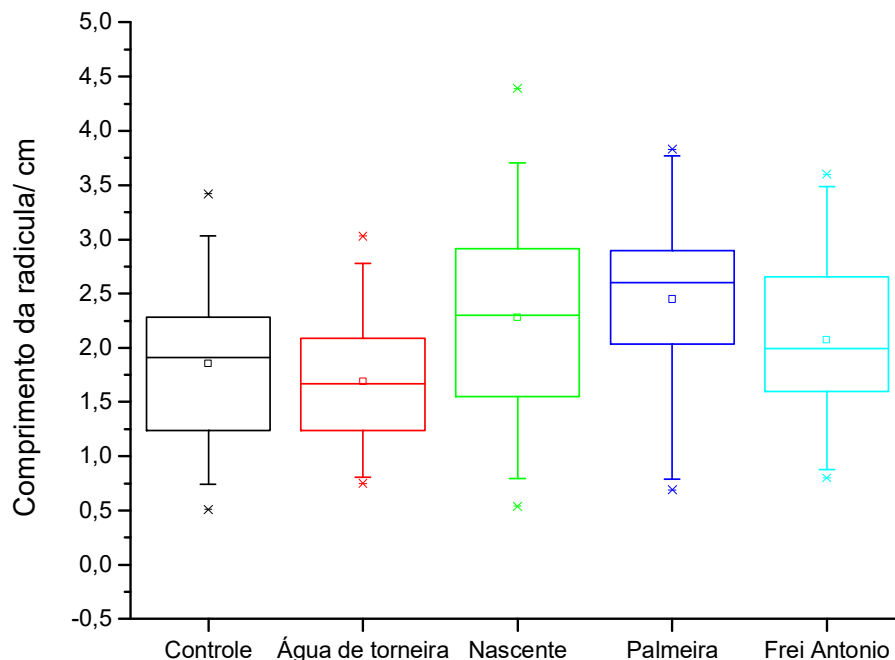
Fonte: A autora, 2018

Neste caso, pode se afirmar que a composição da amostra do ponto Frei Antônio está mais impactada, promovendo o aumento do comprimento da radícula das sementes de alface em cada estudo. A presença de substâncias nitrogenadas como amônio, ortofosfato e uréia podem ter causado esse incremento no comprimento da radícula.

Outra coleta de água dos pontos avaliados foi realizada no dia 17/04/2018. As amostras foram submetidas ao mesmo procedimento e incubadas com sementes de alface. Após 72 h, os comprimentos da radícula obtidos foram comparados empregando-se a análise de variância, apresentada na Tabela 6.

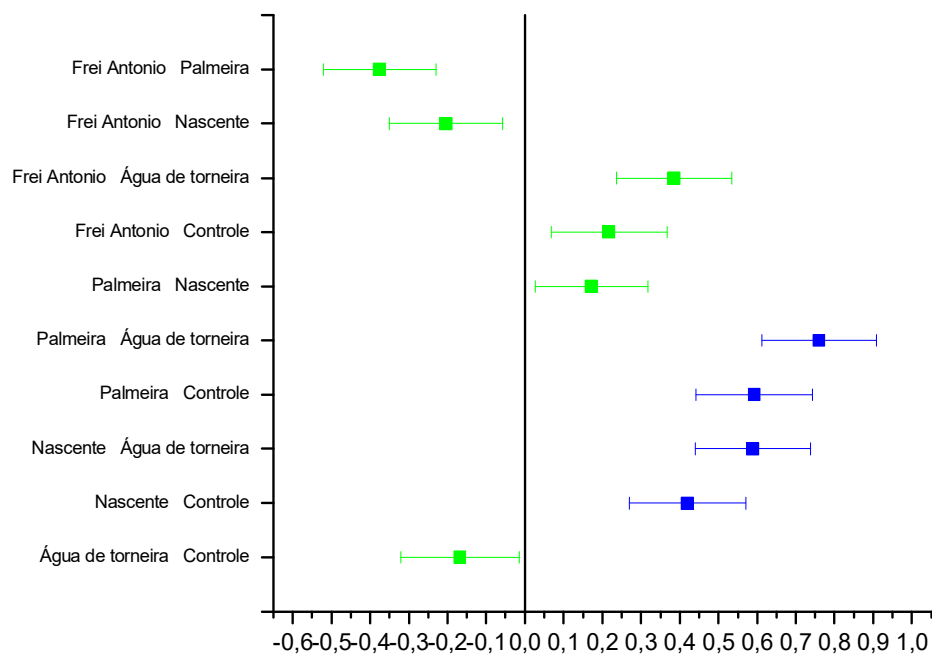
As médias dos comprimentos das radículas obtidas empregando as amostras de água de cada ponto de amostragem são apresentadas na Figura 25. Verificou-se que a amostra do ponto Palmeiras promoveu um aumento no comprimento da radícula, sendo que a amostra do ponto Frei Antônio, que apresenta maior impacto foi menor que o ponto Palmeiras, mas igual ao controle.

Figura 25. Gráfico de Box do estudo de fitotoxicidade de águas amostradas 17/04/2018.



O teste de Tukey foi realizado para comparar as médias do comprimento da radícula das águas de cada ponto de amostragem e estão apresentados na Figura 26. Nesta figura, verifica-se que ocorreu diferença entre os pontos Palmeiras e Água de torneira, Palmeiras e Controle; bem como Nascente e Água de torneira, Nascente e Controle.

Figura 26. Gráfico de Tukey para o estudo de fitotoxicidade das amostras de águas do córrego Paragem do dia 17/04/2018.



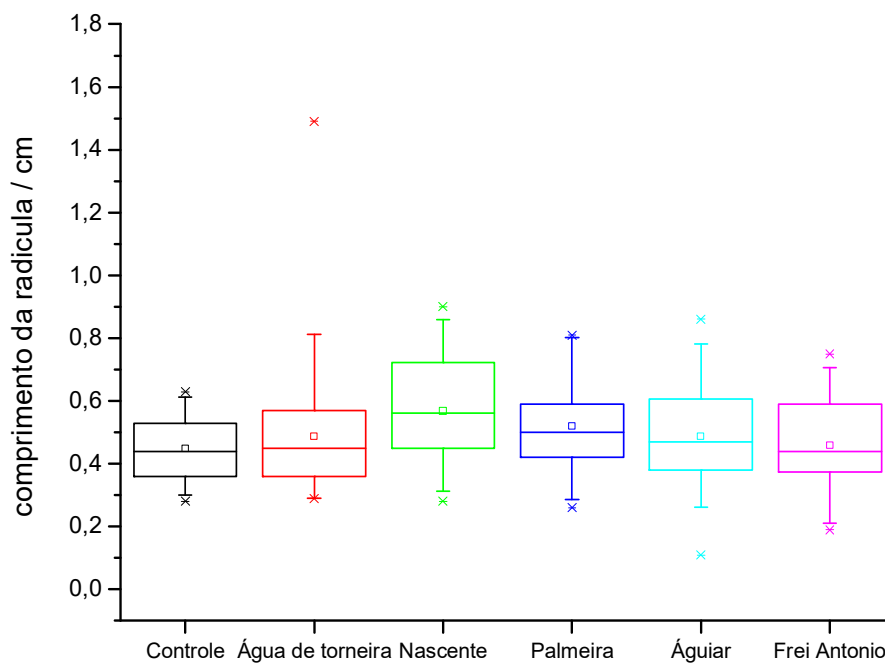
Fonte: A autora, 2018

O aumento da radícula promovido pela água do ponto Nascente se deve provavelmente a maior concentração de íons que estimulam o aumento no comprimento.

Na sequência, avaliou-se a fitotoxicidade das águas amostradas no dia 11/06/2018, sobre o crescimento das sementes de alface. A análise de variância foi realizada e é apresentada na Tabela 6.

As médias dos comprimentos das radículas das amostras de água de cada ponto de amostragem (n=20) estão apresentadas na Figura 27.

Figura 27. Gráfico de Box do estudo de fitotoxicidade de água do córrego Paragem do dia 11/06/2018 utilizando *Lactuca sativa*

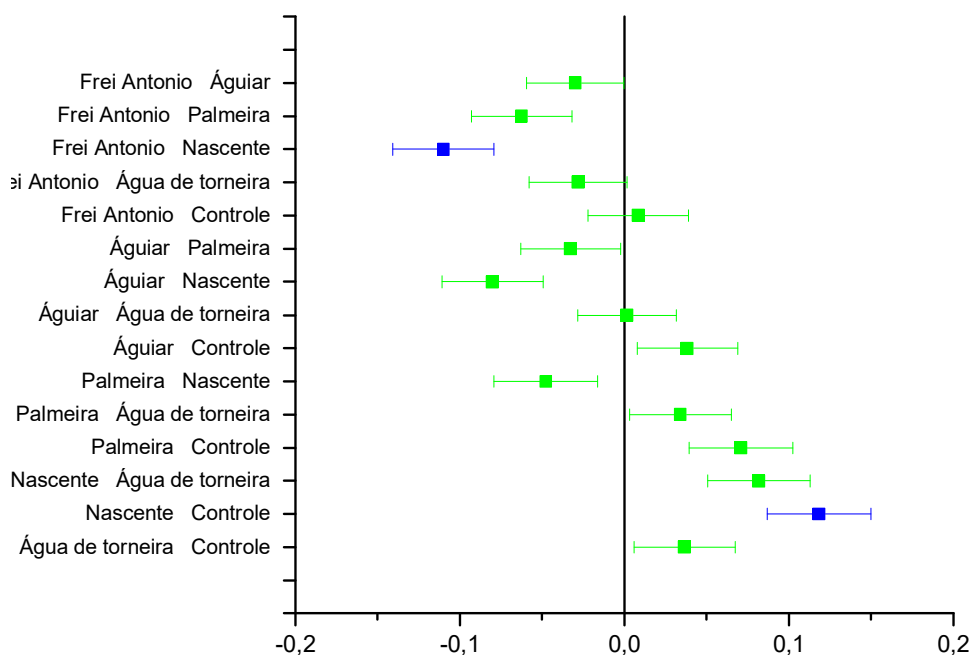


Fonte: A autora, 2018.

O teste de Tukey foi realizado para as médias do comprimento da radícula da água de cada ponto de amostragem e estão apresentados na Figura 28. Nesta figura, verifica-se que apenas ocorrem uma diminuição significativa entre os pontos Frei Antônio e Nascente. A

composição da amostra de água do ponto Nascente promoveu o aumento no crescimento da radícula. Outra diferença observada é o aumento no comprimento da radícula verificado entre a água do ponto Nascente e o Controle (água ultrapura).

Figura 28. Gráfico de Tukey para o estudo de fitotoxicidade das amostras de água do córrego Paragem do dia 11/06/2018.



Fonte: A autora, 2018.

5.11. Estudo da fitotoxicidade de amostras de água do córrego Paragem empregando o comprimento do hipocótilo da *Lactuca sativa*

Na intenção de avaliar o melhor parâmetro para ser medido no estudo de fitotoxicidade das amostras de água do córrego Paragem, avaliou-se o efeito das amostras sobre o crescimento do hipocótilo das plântulas de *Lactuca sativa*. Para avaliar a fitotoxicidade das amostras de água

obteve-se os comprimentos do hipocótilo das plântulas incubadas com as águas amostradas nos dias 15/03, 17/04 e 11/06. Realizou-se a análise de variância das médias dos comprimentos do hipocótilo obtidos em cada ponto de amostragem. A análise de variância obtida apresentou um $F_{\text{calculado}}$ maior que o $F_{\text{crítico}}$, indicando que, pelo menos dois dos quatro pontos de amostragem têm médias significativamente diferentes. A análise de variância está apresentada na Tabela 7.

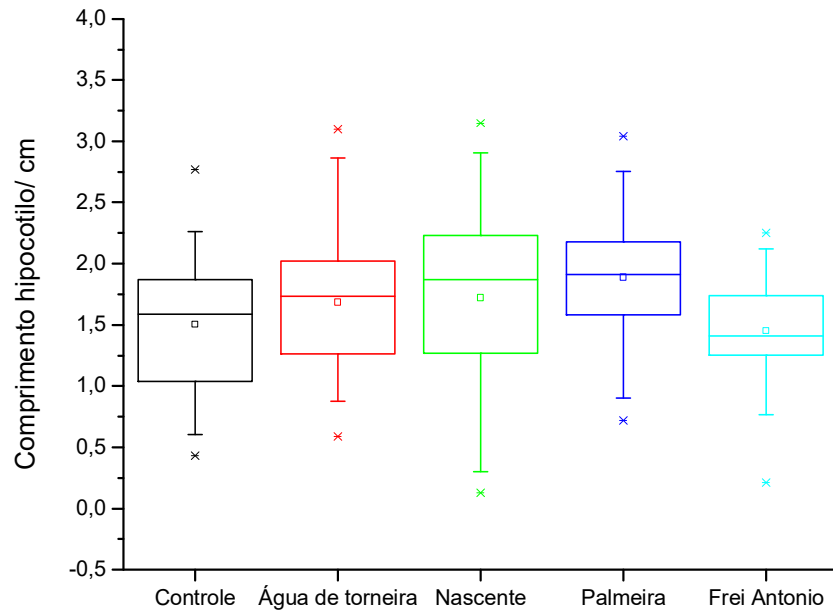
Tabela 7. Análise de variância dos estudos de fitotoxicidade das amostras do córrego Paragem empregando o comprimento do hipocótilo.

Data de amostragem	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{crítico}} (95\%)$	p
15/03/2018	4,75	2,409	1×10^{-6}
17/04/2018	9,83	2,407	2×10^{-7}
11/06/2018	4,03	2,245	$1,5 \times 10^{-6}$

Fonte: A autora, 2018.

As médias do comprimento do hipocótilo, bem como a mediana e os respectivos desvio padrão das amostras de água de cada ponto de amostragem são apresentadas na Figura 29.

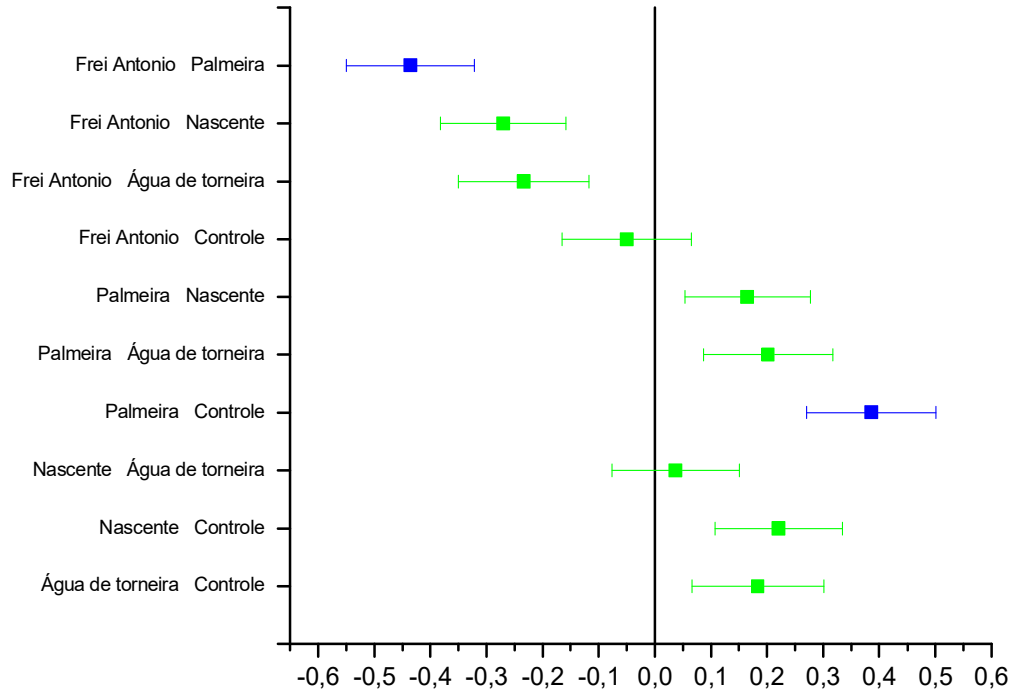
Figura 29. Gráfico de Box do estudo de fitotoxicidade de água do córrego Paragem do dia 15/03/2018 utilizando comprimento do hipocótilo da *Lactuca sativa*.



Fonte: A autora, 2018.

O teste de Tukey foi realizado para as médias do comprimento do hipocótilo da água de cada ponto de amostragem e estão apresentados na Figura 30. Nesta Figura, verifica-se que apenas ocorrem diferença significativa entre os pontos Frei Antônio e Palmeiras, bem como Palmeiras e Controle.

Figura 30. Gráfico de Tukey para o estudo de fitotoxicidade das amostras de águas do córrego Paragem do dia 15/03/2018.

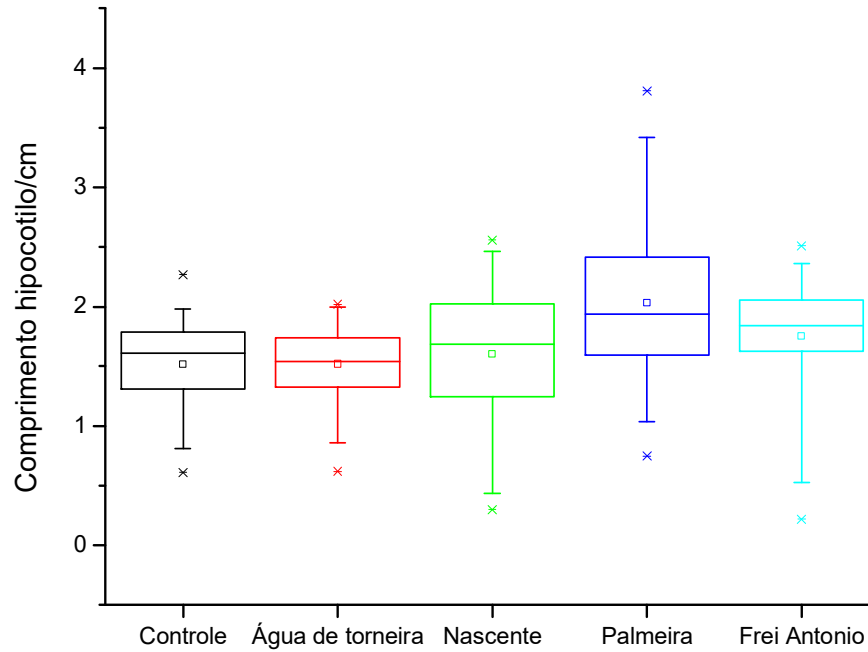


Fonte: A autora, 2018.

Na sequência, obteve-se o efeito fitotóxico das amostras coletadas no dia 17/04/2018. Analisando os comprimentos do hipocótilo obtidos em cada experimento, verificou-se uma diferença significativa, como mostrada na Tabela 7.

As médias, medianas e desvio padrão dos comprimentos dos hipocótilos das amostras de água de cada ponto de amostragem são apresentadas na Figura 31.

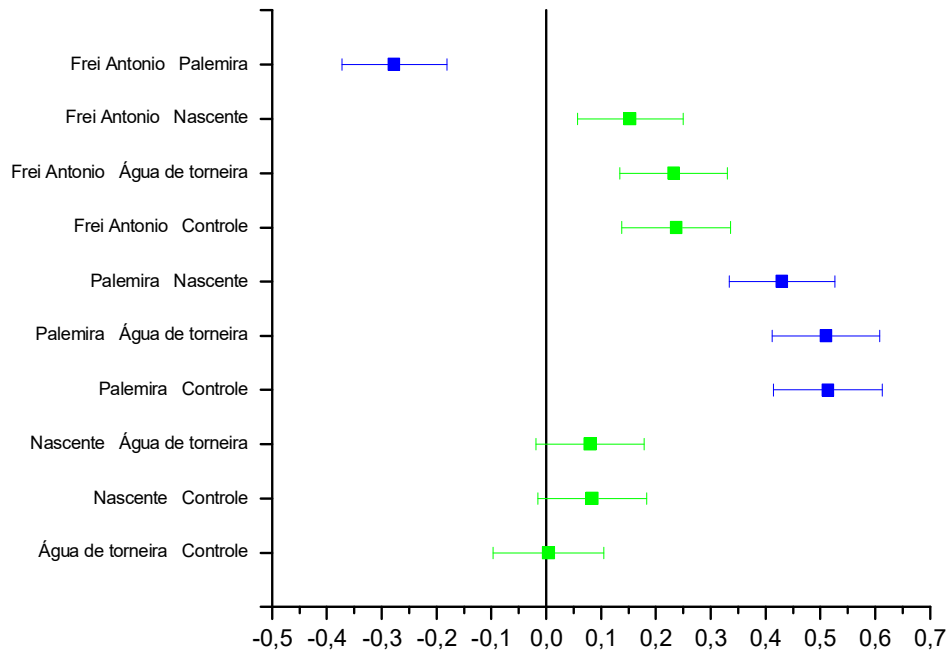
Figura 31. Gráfico de Box do estudo de fitotoxicidade de água do córrego paragem do dia 17/04/2018 utilizando comprimento do hipocótilo da *Lactuca sativa*.



Fonte: A autora, 2018.

O teste de Tukey foi realizado para as médias do comprimento do hipocótilo da água de cada ponto de amostragem e estão apresentados na Figura 32. Nesta Figura, verifica-se que apenas ocorrem diferença significativa entre os pontos Palmeiras e Nascente, Palmeiras e Água de torneira, bem como, Palmeiras e Controle. No caso dos pontos Frei Antônio e Palmeiras, verifica-se uma inibição do comprimento do hipocótilo na amostra do ponto Frei Antônio.

Figura 32. Gráfico de Tukey para o estudo de fitotoxicidade das amostras de água do córrego paragem do dia 17/04/2018 empregando o comprimento do hipocótilo.

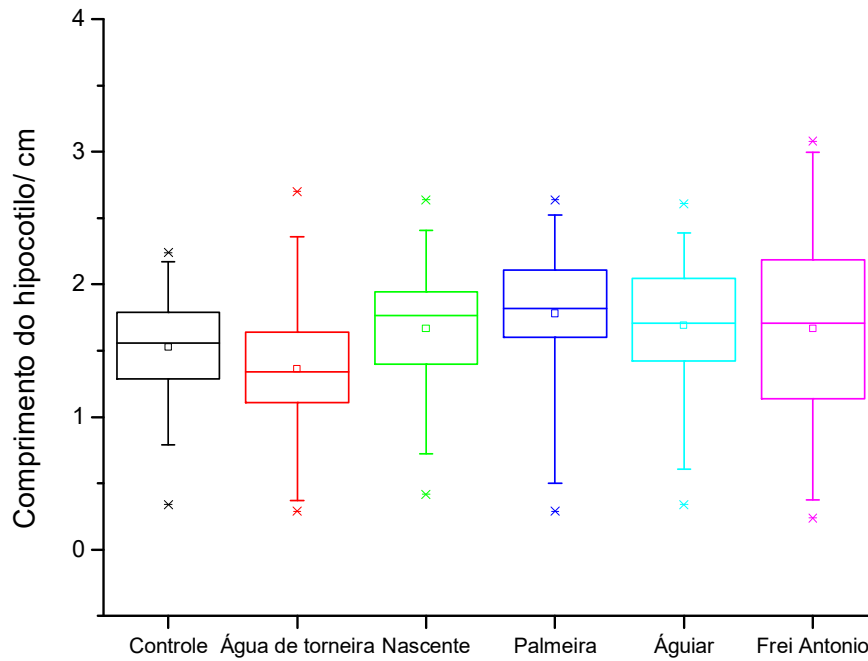


Fonte: A autora, 2018.

No caso da amostragem ocorrida no dia 11/06/2018, verifica-se uma diferença significativa das amostras dos pontos Palmeiras, Aguiar e Frei Antônio quando comparadas com a amostra de Água de torneira. A análise de variância está apresentada na Tabela 7.

As médias, mediana e desvio padrão dos comprimentos do hipocótilo das raízes das amostras de água de cada ponto de amostragem são apresentadas na Figura 33.

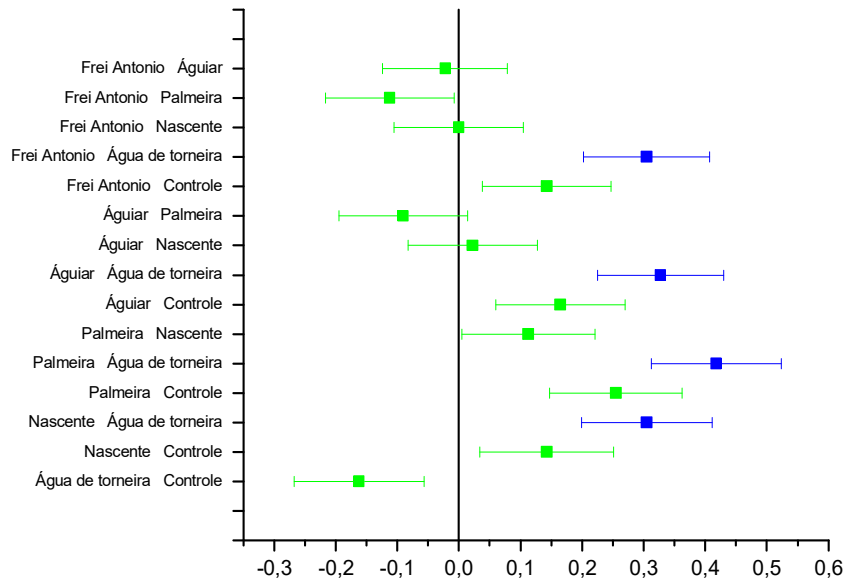
Figura 33. Gráfico de Box do estudo de fitotoxicidade de água do córrego paragem do dia 11/06/2018 utilizando comprimento do hipocótilo da *Lactuca sativa*.



Fonte: A autora, 2018.

O teste de Tukey foi realizado para as médias do comprimento do hipocótilo da água de cada ponto de amostragem e estão apresentados na Figura 34. Nesta Figura, verifica-se que apenas ocorrem diferença entre os pontos Frei Antônio e água de torneira, Águar e Água de torneira, Palmeiras e Água de torneira bem como Nascente e Água de torneira.

Figura 34. Gráfico de Tukey para o estudo de fitotoxicidade das amostras de água do córrego paragem do dia 11/06/2018 utilizando o hipocótilo.



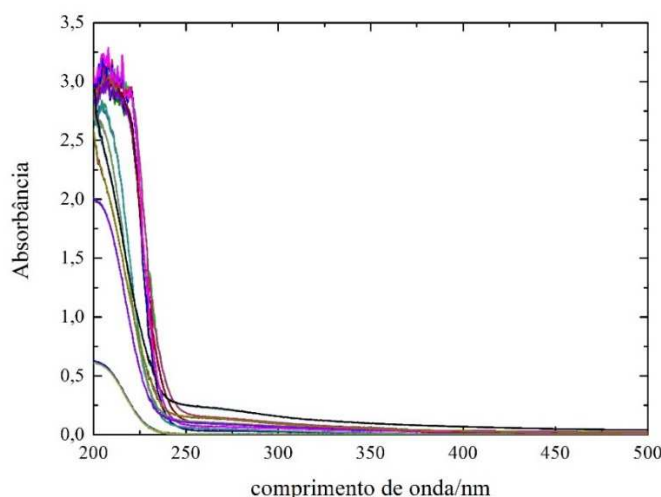
Fonte: A autora, 2018.

6. Avaliação do uso da Espectrofotometria de absorção molecular e Análise de componentes principais (PCA) na classificação de águas do córrego Paragem.

6.1. Espectrofotometria de absorção molecular das amostras de águas do córrego Paragem

Os espectros de absorção molecular apresentados na Figura 35 são das amostras de água do córrego Paragem na região entre 200 a 500 nm. Os dados foram pré-processados por segunda derivada pelo método de Savitzky-Golay, empregando um polinômio de segunda ordem e janela de 21 pontos (Figura 36). O tratamento possibilita destacar os comprimentos de onda mais discriminativos na classificação das amostras. Considerando-se a seleção de variáveis, empregou-se os comprimentos de onda entre 210 a 450 nm. Na Figura 35, a faixa espectral que é aquela de impressão digital da amostra é bastante simples, não acentuando nenhuma região de acordo com a amostra. Verifica-se uma maior absorbância na faixa espectral entre 200 a 250 nm. Uma banda de menor intensidade é identificada entre 250 a 350 nm.

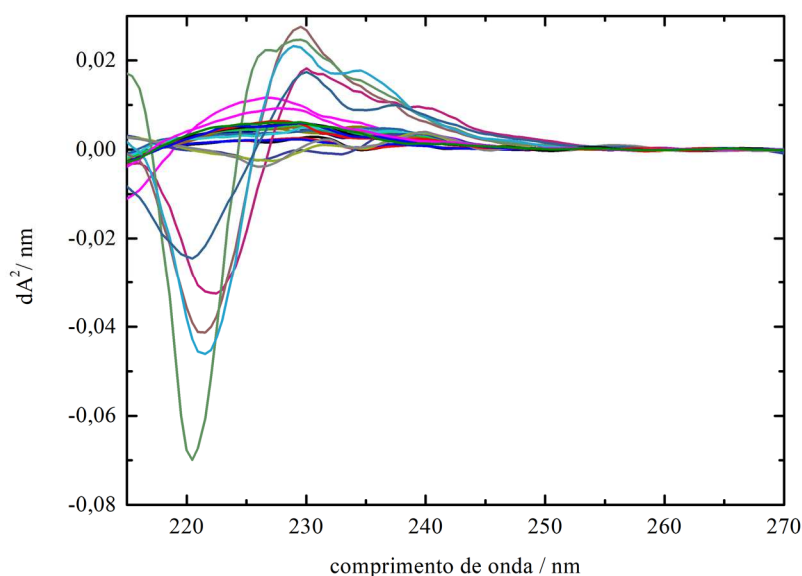
Figura 35. Espectro de absorção molecular das amostras de águas coletadas no córrego paragem - Dourados/MS.



Fonte: A autora, 2018.

Na Figura 36 está apresentado os dados pré-processados na faixa entre 200 a 300 nm. Verificou-se nesta figura uma distinção entre as os espectros das diferentes amostras entre a faixa de 200 a 260 nm.

Figura 36. Segunda derivada dos espectros de absorção molecular das amostras de águas do córrego Paragem - Dourados /MS. Smoothing: Savitzky-Golay. Segunda ordem polinomial, janela de 20 pontos.



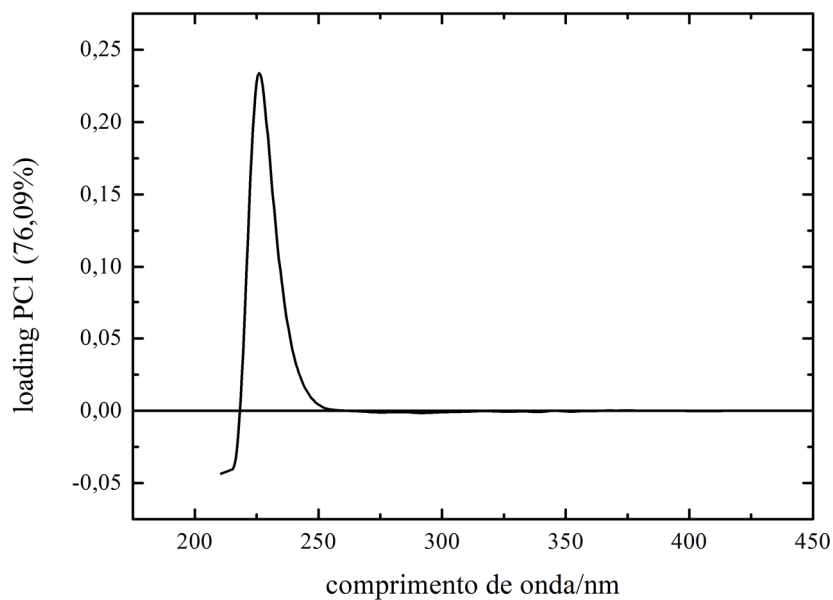
Fonte: A autora, 2018.

A análise de componentes principais obtida com uma matriz de 24×200 está apresentada nas Figura 35 e 36. Realizando a análise de componentes principais foi verificado que as componentes PC1 e PC2 descrevem 97,69% da variação total dos dados e fornecem informações discriminatórias das amostras. Sendo que a primeira componente principal (PC1) descreve 76,60% da variação total e 21,60% da variação total dos dados é descrita pela segunda componente principal (PC2). No gráfico de *scores* apresentado na Figura 37, observa-se a formação de quatro agrupamentos principais e o ponto Aguiar permaneceu isolado. Analisando a PC1 verificou-se a presença de dois principais

grupamentos envolvendo as amostras do ponto Nascente e Palmeiras daqueles envolvendo os pontos Frei Antônio, Palmeiras e Aguiar.

O gráfico de *loadings* para a PC1 está apresentado na Figura 38. Nesta Figura, verifica-se que as principais variáveis responsáveis pelos dois agrupamentos são os comprimentos de onda ao redor de 215 nm na porção negativa, enquanto o 228 nm está na posição positiva. Do ponto de vista químico, as substâncias que influenciam no espectro de absorção são principalmente substâncias orgânicas, originadas da descarga de efluentes domésticos e águas de galerias de águas pluviais; sua constituição se deve a composição de produtos manufacturados de uso alimentício e higiene pessoal, como produtos de limpeza residencial, como detergentes em pó. Ainda, a elevada concentração de amônio, destaca que matéria originada de efluentes originados de banheiros são direcionados diretamente ao córrego.

Figura 38. Gráficos de *loadings* da PC1.

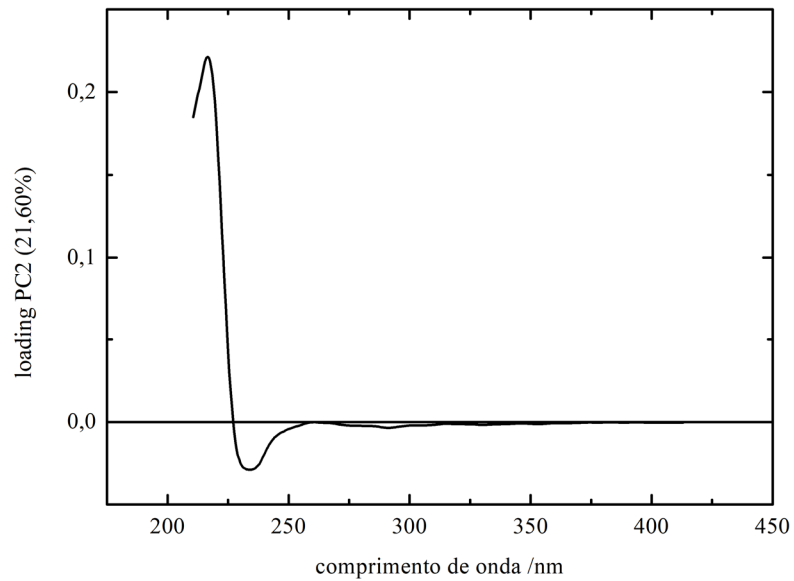


Fonte: A autora, 2018.

Verifica-se na Figura 39, que a PC2 com 9,25% de variância do modelo explicada, contribui para a formação de dois principias agrupamentos, no qual destaca-se a diferença dos

dados do ponto Frei Antônio, dos demais pontos. O gráfico de *loadings* apresentado na Figura 39, indica que a variável ao redor de 220 nm contribuiu para a formação destes agrupamentos.

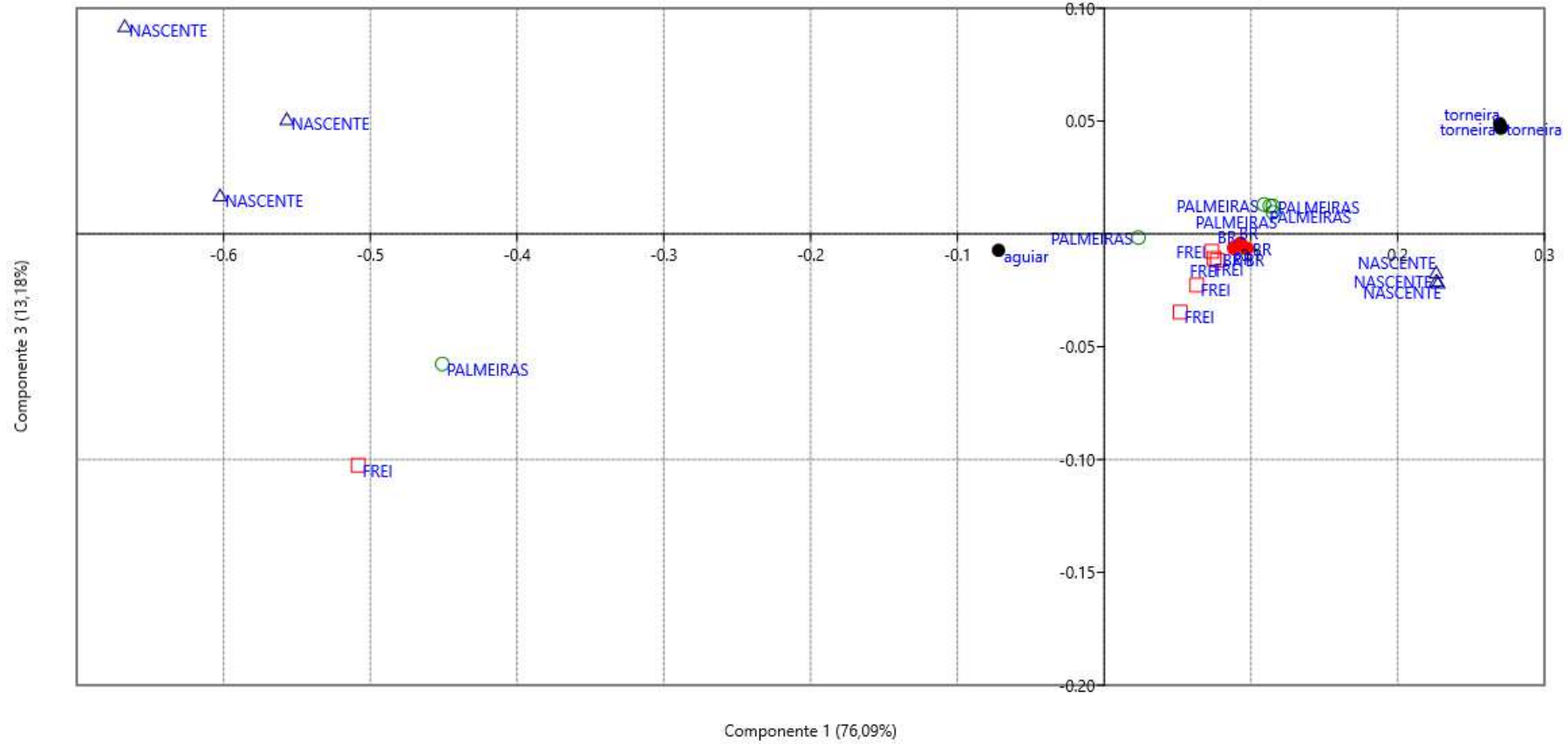
Figura 39. Gráfico de *loadings* da PC2.



Fonte: A autora, 2018.

A análise de componente principal PC3 (Figura 40), contribuiu para a formação de 3 agrupamentos, separando os dados dos pontos Nascente, dos demais.

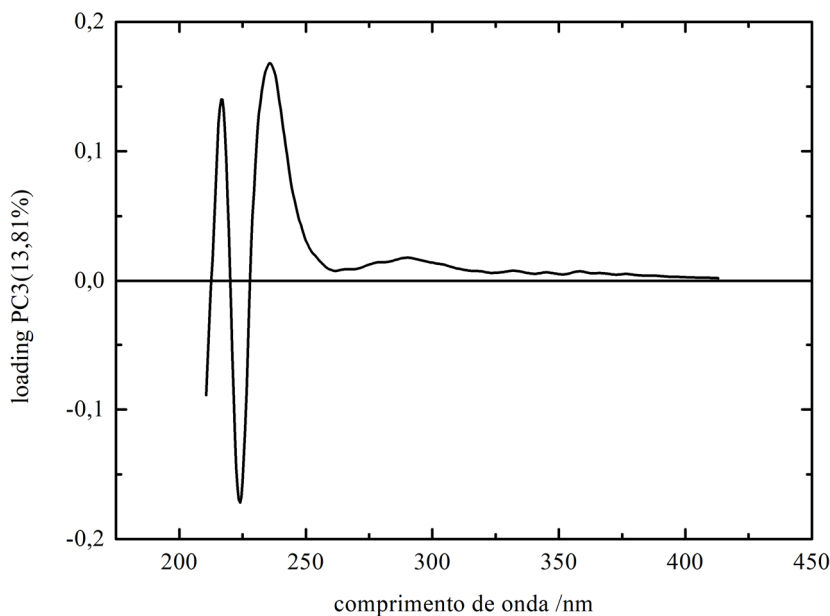
Figura 40. Gráfico dos *scores*, PC3 vs PC1, autoescalamento, variância total explicada de 89,27%. □: Frei Antônio; Δ: Nascente; ○: Palmeiras; ●: Aguiar e Torneira.



Fonte: Autora, 2018.

Na sequência, foram avaliados os comprimentos de ondas que tiveram maior influência na PC3. Avaliando o gráfico de *loading*, mostrado na Figura 41, os comprimentos de onda de 217 nm, 224 nm e 236 nm contribuíram para o agrupamento das amostras do ponto Nascente, diferenciando dos outros pontos. Já o comprimento de onda de 225 nm, contribuiu para a formação dos dois agrupamentos contendo amostras do ponto Palmeiras e ponto Frei Antônio.

Figura 41. Gráfico dos pesos da PC3, com variância explicada de 1,38%.



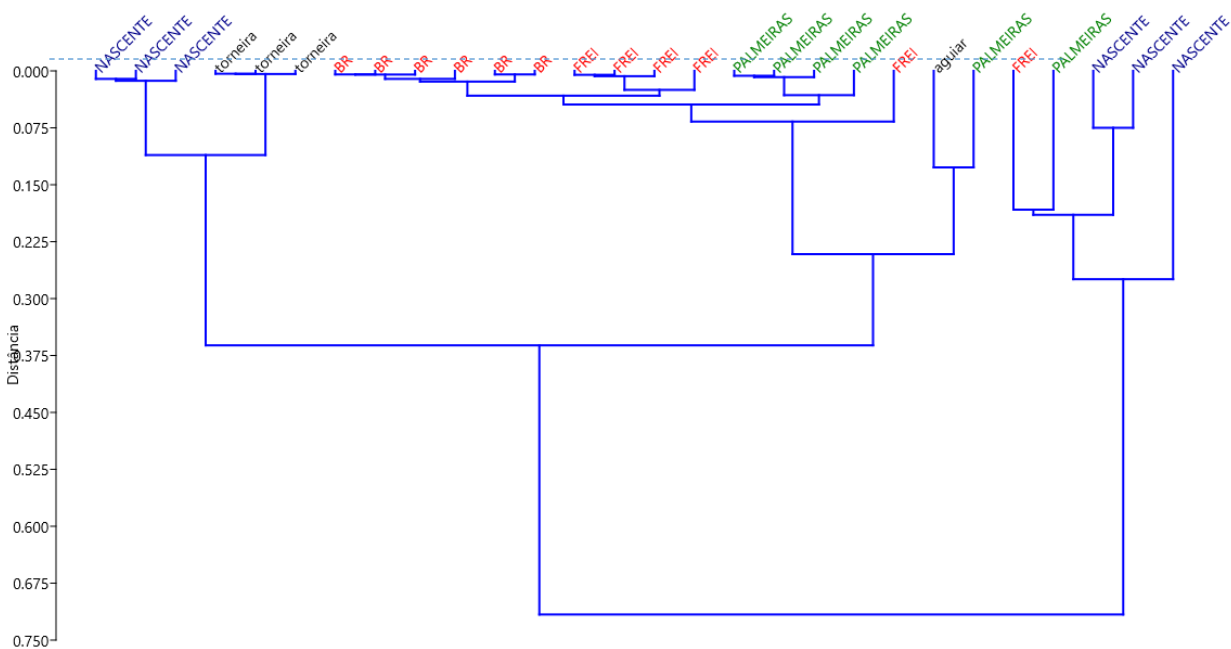
Fonte: A autora, 2018

6.2. Análise hierárquica dos dados (HCA)

Por fim, a análise de componentes hierárquicos foi empregada para detectar as similaridades ao longo dos pontos de amostragem. Na Figura 42 está apresentado o dendograma e a análise dos clusters resultados das análises. Neste gráfico, quanto menor a distância entre os grupos, menor é o valor no eixo Y deste gráfico, indicando maior similaridade entre os grupos. Verifica-se um cluster

que indica a similaridade maior entre os pontos Palmeiras e da água de torneira. Outro cluster apresenta as amostras do Ponto Nascente, no qual conta com dois outliers do Ponto Palmeiras e Frei Antônio. O ponto Aguiar forma um cluster a parte. Verifica-se que o ponto Frei Antônio apresenta características diferentes dos outros pontos de amostragem, sendo aquele com maior impacto.

Figura 42. Dendograma mostrando os clusters dos pontos de amostragem do córrego Paragem.



Fonte: A autora, 2018

Com os dados apresentados na Figura 42, verifica-se uma semelhança espectral empregando a segunda derivada dos espectros de absorção entre as amostras dos pontos Frei Antônio, BR e Palmeiras. Essa similaridade pode ser evidenciada quando foram avaliados os parâmetros químicos e físicos obtidos destas amostras. Neste caso, apenas as amostras do ponto BR não foram realizadas as análises físicas e químicas. Das amostras analisadas na Figura 42, verifica-se um perfil da similaridade dos pontos de amostragem que apresentaram parâmetros físicos e químicos, acima

daqueles estabelecidos pelo CONAMA. Os pontos foram justamente os pontos Frei Antônio e Palmeiras, conforme mostrado na Tabela 8. O fato destas amostras apresentarem maior quantidade de resultados das análises não-conforme indica o impacto que o corpo d'água sofre e que essa alteração na composição pode ser monitorada utilizando a espectrofotometria associada a técnicas multivariadas de classificação. Os valores de não conformidade total relativo a cada ponto de amostragem avaliados estão na Tabela 9.

Tabela 8. Número de não-conformidade das amostras de águas do córrego Paragem que não atendem os parâmetros físicos e químicos estabelecidos avaliados pelo CONAMA 357/2005.

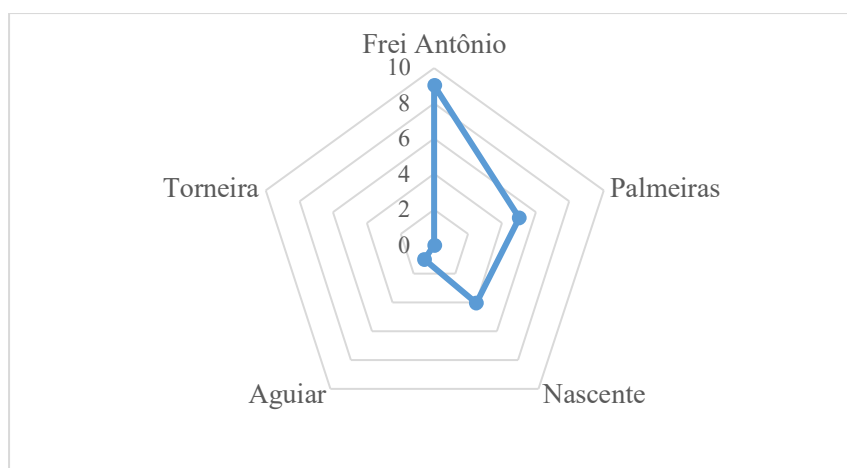
Pontos de amostragem	Número de não-conformidade	% de não conformidade
Aguiar	1	12,5
Nascente	2	25
Nascente	1	12,5
Nascente	1	12,5
Frei Antônio	3	37,5
Frei Antônio	3	37,5
Frei Antônio	3	37,5
Palmeiras	2	25
Palmeiras	1	12,5
Palmeiras	2	25
Torneira	0	0
Torneira	0	0
Torneira	0	0

Tabela 9. Avaliação de não conformidade das amostras de águas do córrego Paragem.

Rótulos de Linha	Soma de não conformidade
Frei Antônio	9
Palmeiras	5
Nascente	4
Aguiar	1
Torneira	0
Total Geral	19

O maior número de parâmetros CONAMA não conformes verificados nas amostras coletadas foram aquelas originadas do ponto Frei Antônio e Palmeiras. Estes dados podem ser visualizados na Figura, corroborando que estes dois pontos são aqueles mais impactados.

Figura 43. Gráfico de não-conformidades das amostras de águas do córrego Paragem que não atendem os parâmetros físicos e químicos estabelecidos avaliados pelo CONAMA 357/2005.



7. Conclusões

Este estudo descreve pela primeira vez o efeito fitotóxico da água do córrego Paragem. A fitotoxicidade estava relacionada com efeitos inibitórios na radícula, alongamento e germinação do hipocótilo de sementes de *Lactuca sativa*. Assim, a exposição a água do córrego Paragem, exerceu um efeito mais intenso sobre a germinação de sementes e o alongamento da raiz na alface. O teste empregado permite a identificação de diferentes níveis de fitotoxicidade nas amostras de água e o bioensaio com *Lactuca sativa* provou ser eficiente, sensível, barato, rápido e reproduzível.

A germinação e o alongamento podem ser devidos a contaminantes solúveis em água capazes de inibir o crescimento da raiz e do hipocótilo da alface.

Avaliando-se os parâmetros físico-químicos, foi possível verificar o impacto da ocupação urbana ao longo do córrego Paragem. Além disso, foi possível selecionar as variáveis mais representativas obtidas dos espectros de absorção molecular.

Vale também acrescentar que utilizando a metodologia de PCA, conseguiu-se obter diferenças representativas entre as amostras dos pontos de amostragens, contudo destaca-se que a utilização da metodologia de HCA, determinou-se que os pontos Nascente e Palmeiras apresentaram maior similaridade na composição espectroscópica que aqueles pontos de amostragem que sofrem maior impacto das regiões vizinhas, como o ponto Frei Antônio.

Comparando os resultados do presente estudo com a resolução 357 do Conama 2005, indicaram que a água do córrego Paragem não é adequada para uso no sistema público.

Este estudo demonstra que os testes de fitotoxicidade de plantas *L. sativa* são ferramentas úteis para avaliar e comparar a toxicidade de águas superficiais.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. (CD), Washington, DC, 1998.

APPLICATION BULLETIN, (2011). **Oxidation reduction potential (ORP)/REDOX and Free Chlorine**. Produced by Myron L Co. Disponível em: <<http://www.myronl.com/PDF/application-bulletins/orp-ab.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2018.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Informações Sobre Recursos Hídricos**. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 15 out. 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Ministério do Meio Ambiente**, 23p, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n.59, Seção 1, p.266-270, 2004.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 622p, 2002.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 844p, 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005 Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, p.83, 16 mai. 2011.

BOYD, C.E. Water quality in ponds for aquaculture. Alabama: Birmingham, 1990.

BOUZA-DEAÑO, R.; TERNERO-RODRÍGUEZ, M.; FERNÁNDEZ-ESPINOSA, A. J. Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain). **Journal of Hydrology**, v. 361, n. 3-4, p. 227–239, 2008.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. 1ª ed. São Paulo: 155p, 1987.

CETESB- Centro Tecnológico de Saneamento Básico. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Séries Relatórios. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**, 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 19 out. 2018.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.org.br>>. Acesso em: 20 set. 2011.

CHARLES, J.; SANCEY, B.; MORIN-CRINI, N.; BADOT, P.; DEGIORGI, F.; TRUNFIO, G.; CRINI, G. Evaluation of the phytotoxicity of polycontaminated industrial effluents using the lettuce plant (*Lactuca sativa*) as a bioindicator. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, n.7, p. 2057–2064, 2011.

CHAN-KEB, C. A.; AGRAZ-HERNÁNDEZ, C. M.; PEREZ-BALAN, R. A.; *et al.* Acute toxicity of water and aqueous extract of soils from Champotón river in *Lactuca sativa* L. **Toxicology Reports**, v. 5, p. 593–597, 2018.

DA ROCHA, M. P.; DOURADO, P. L. R.; RODRIGUES, M. S.; RAPOSO JR, J. L.; GRISOLIA, A. B.; OLIVEIRA, K. M. P. The influence of industrial and agricultural waste on water quality in the Água Boa stream (Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 7, 2015.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 2º ed. São Paulo: Signus, 2000.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, INEP, 1998.

FARIAS, M.S.S. de. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo. Campinas Grande**. 2006. 156p. Tese (Doutorado em engenharia agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campinas Grande, Campina Grande, 2006.

FELIPE, T. R. A; SÚAREZ, Y. R. Caracterização e influência dos fatores ambientais nas assembleias de peixes de riachos em duas microbacias urbanas, Alto Rio Paraná. **Biota Neotropica**, v. 10. n. 2, p. 143-151, 2010.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L. **O clima da região de Dourados**, MS. 3ª ed. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n.1, 9pp.

HILL, J. W.; FEIGL, D. M. e BAUM, S. J. **Chemistry and life. An introduction to general, organic, and biological chemistry**. 4ª ed. Nova Iorque: Macmillan, 1993.

KLAUCK, C. R.; RODRIGUES, M. A. S.; SILVA, L. B. Evaluation of phytotoxicity of municipal landfill leachate before and after biological treatment. **Brazilian Journal of Biology**. v.75, n. 2, p. 57-62, 2015.

KIRCHMANN, H.; PETTERSSON, S. Human urine - Chemical composition and fertilizer use efficiency. **Fertilizer Research**, v. 40, p. 149–154, 1994.

LAMON, A. W. **Aplicação de microssensores no monitoramento de oxigênio dissolvido, potencial redox e temperatura em estudos limnológicos**. 2014. 134f. dissertação (Mestrado em Ciências da engenharia ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, SP, 2014.

LYU, J.; PARK, J.; PANDEY, L. K.; CHOI, S.; LEE, H.; SAEGER, J.; DEPUYDT, S.; HAN, T. Testing the toxicity of metals, phenol, effluents, and receiving waters by root elongation in *Lactuca sativa* L. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 149, p. 225-232, 2018.

LIMA, R. N. S.; RIBEIRO, C. B. M.; BARBOSA, C. C. F.; FILHO, O. C. R. Estudo da poluição pontual e difusa na bacia de contribuição do reservatório da usina hidrelétrica de Funil utilizando modelagem espacialmente distribuída em Sistema de Informação Geográfica. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n.1, p. 139-150, 2016.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 444p, 2005.

MARINELLI, C. E., MORETTO, E. M., BRUCHA, G., LUCCA, J. V. **Limnologia: a Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho**. São Carlos: Rima, 2000.

MARGENAT, A; MATAMOROS, V; DÍEZ, S; CAÑAMERAS, N; COMAS, J; BAYONA, J. M. Occurrence of chemical contaminants in peri-urban agricultural irrigation waters and assessment of their phytotoxicity and crop productivity. **Science of The Total Environment**, v. 599–600, p. 1140–1148, 2017.

KHANAL, S.; Kumar; HUANG, Ju-Chang. ORP-based oxygenation for sulfide control in anaerobic treatment of high-sulfate wastewater. **Water research**, v. 37, n. 9, p. 2053-2062, 2003.

MAIER, M. H. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55" - 48°55"W; 22°30" -21°55"S - Brasil): qualidade da água do rio principal. **Ciência e Cultura**, v.39, n.2, p. 164-185, 1987.

MIHALJEVIC, Z., TERNJEJ, I., STANKOVIC, I., IVKOVIC, M., ZELJEZIC, D., MLADINIC, M., KOPJAR, N., 2011. Assessment of genotoxic potency of sulfate-rich surface Waters on medicinal leech and human leukocytes using different versions of the Comet assay. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, p. 1416-1426.

OLIVEIRA, L. C.; GOMES, B. M.; BAUMGARTNER, G.; SEBASTIEN, N. Y. Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do Rio São Francisco Verdadeiro. **Engenharia Agrícola**, v.28, n.4, p.770-781, 2008.

PARK, J.; YOON, J. H.; DEPUYDT, S.; WOO OH, J.; MIN JO, Y.; KIM, K.; BROWN, M.; HAN, T. The sensitivity of an hydroponic lettuce root elongation bioassay to metals, phenol and wastewaters. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 126, p. 147–153, 2016.

PEREIRA, N. A. **Subsídio as políticas de atuação meio ambiente urbano: Bacia do córrego Água Boa, Dourados–MS**. 2007. 113p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS, Aquidauana, 2007.

PRIAC, A; BADOT, P.M; CRINI,G. Treated wastewater phytotoxicity assessment using *Lactuca sativa* : Focus on germination and root elongation test parameters. **Comptes Rendus Biologies**, v. 340, n. 3, p. 188–194, 2017.

RAZMKHAH, H.; ABRISHAMCHI, A.; TORKIAN, A. Evaluation of spatial and temporal variation in water quality by pattern recognition techniques: A case study on Jajrood River (Tehran, Iran). **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 4, p. 852– 860, 2010.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de água – tecnologia atualizada**, 1ª ed. (1991). 7ª reimpressão (2007). São Paulo: Blucher, 2007.

SOBRERO, M. C.; RONCO A. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: ensayo de toxicidad aguda com semillas de lechuga (Lactuca sativa L.). Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canada, 2004, p. 71–79.

SCHUTZ, A. R. **Caracterização sazonal da exportação de matéria particulada (Seston) e dissolvida do sistema hidrológico do Taim para a lagoa mirim 9 Rio Grande do sul, Brasil**. 2003. 106 f. Dissertação (mestrado em Ecologia) Instituto de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. UFRGS, Porto Alegre, 2003.

SHUPE, S. M. High resolution stream water quality assessment in the Vancouver, British Columbia region: a citizen science study. **Science of the Total Environment**, v. 603–604, p. 745–759, 2017.

SILVA, M. Manuela Vinha G. et al. Spatial and seasonal variations of surface and groundwater quality in a fast-growing city: Lubango, Angola. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 23, p. 1-17, 2017.

SILVA, R. S. B.; SOUSA, A. M. L.; SODRÉ, S. S. V.; VITORINO, M. I. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science Rev**, v. 13, n. 2, p. 2072, 2018.

SCANDOLERA, A. J.; PALHARES, J. C.; JUNIOR, J. L.; AMARAL, L. A.; Mendonça, R. P.; Oliveira, G. P. Avaliação de parâmetros químicos, microbiológicos e parasitológicos de águas de abastecimento da UNESP e residuária, no município de Jaboticabal, Estado de São Paulo. UNESP Jaboticabal- SP Brasil, **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 22, n.1, p. 83-91, 2001.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 175p, 1995.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VARGAS, M. C. O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental. **Ambiente & Sociedade**, n.5, p. 109-134, 1999.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996.

WANG, W.; WILLIAMS, J. M. Determination and reduction of phytotoxicity of two industrial waste effluents. **Water, air, and soil pollution**, v. 44, p. 363–373, 1989.

WANG, W. Literature review on higher plants for toxicity testing. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 59, n. 3-4, 381–400, 1991.

YEA, YUANYAO; NGOA, HUU HAO; GUOA, WENSHAN; LIUA, YIWEN; CHANG, SOON WOONG; NGUYENB, DINH DUC; LIANGC, HENG; WANGD, JIE A critical review on ammonium recovery from wastewater for sustainable wastewater management. **Bioresource Technology**, 268, p. 749–758, 2018.