



CENTRO UNIVERSITÁRIO GOYAZES – UNIGOYAZES

**EFEITOS ECOTOXICOLÓGICOS DO CÓRREGO BARRO PRETO
MEDIANTE ENSAIOS DE TOXICIDADE AGUDA EM *SOLANUM*
LYCOPERSICUM E *ARTEMIA SALINA***

Edmilson Pereira Guedes Filho

Orientadora: Profa. Dra. Susy Ricardo Lemes Pontes

Trindade – GO

2021

CENTRO UNIVERSITÁRIO GOYAZES – UNIGOYAZES

**EFEITOS ECOTOXICOLÓGICOS DO CÓRREGO BARRO PRETO
MEDIANTE ENSAIOS DE TOXICIDADE AGUDA EM *SOLANUM*
LYCOPERSICUM E *ARTEMIA SALINA***

Edmilson Pereira Guedes Filho

**Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado à Faculdade
União de Goyazes como
requisito para obtenção do
título de Bacharel em Biologia.**

Orientadora: Profa. Dra. Susy Ricardo Lemes Pontes

Trindade – GO

2021

Edmilson Pereira Guedes Filho

**EFEITOS ECOTOXICOLÓGICOS DO CÓRREGO BARRO PRETO MEDIANTE
ENSAIOS DE TOXICIDADE AGUDA EM *SOLANUM LYCOPERSICUM* E
*ARTEMIA SALINA***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro
Universitários Goyazes –
UniGoyazes como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Biologia, aprovado pela seguinte
banca examinadora:

Profa. Dra. Susy Ricardo Lemes Pontes (orientadora)
Centro Universitário Goyazes – UniGoyazes

Prof. Me. Gláucio Freitas Oliveira e Silva (membro interno)
Centro Universitário Goyazes – UniGoyazes

Profa. Dra. Patrícia Lima D'abadia (membro externo)
Universidade Estadual de Goiás

Trindade - GO

15/12/2021

EFEITOS ECOTOXICOLÓGICOS DO CÓRREGO BARRO PRETO MEDIANTE ENSAIOS DE TOXICIDADE AGUDA EM *SOLANUM LYCOPERSICUM* E *ARTEMIA SALINA*

Edmilson Pereira Guedes Filho¹; Susy Ricardo Lemes Pontes²

RESUMO

INTRODUÇÃO: Existe uma grande quantidade de bioensaios destinados a determinação de toxicidade dos contaminantes frente, aos efeitos em seres aquáticos. Os organismos utilizados normalmente nos testes de toxicidade incluem grupos representativos dos ecossistemas marinhos, fluviais ou terrestres, como plantas, invertebrados e peixes. **OBJETIVO:** avaliar a fitotoxicidade da água do córrego Barro Preto, localizado em Trindade-GO, através do processo germinativo e do desenvolvimento de plântulas de *Solanum lycopersicum*, bem como sua toxicidade aguda utilizando o microcrustáceo *Artemia salina*. **METODOLOGIA:** O experimento foi realizado no laboratório de Botânica do Centro Universitário, sendo empregadas amostras de água de três pontos do córrego Barro Preto, além da testemunha (água destilada) para o teste de fitotoxicidade com sementes de tomate (*Solanum lycopersicum*) e controles positivo e negativo no teste de toxicidade aguda com *Artemia salina*. Além disso, foi realizada uma avaliação macroscópica dos pontos onde houve coleta de água do córrego Barro Preto utilizando-se o Índice de Impacto Ambiental de Nascentes. No teste de germinação a avaliação ocorreu através do cálculo da porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e anormais e índice de velocidade de germinação (IVG). No teste toxicidade aguda foi avaliado o percentual de mortalidade de *Artemia salina*. **RESULTADOS:** A investigação das características físicas dos quatro pontos selecionados do Córrego Barro Preto revelou que destes, os pontos 3 e 4 apresentaram um grau de preservação péssimo (classe E), enquanto os pontos 1 (sendo este a nascente do córrego Barro Preto) e 2 estavam, respectivamente, em condição ambiental razoável (classe B) e ruim (classe D). Os testes de germinação indicaram que a água do córrego não afetou a taxa de germinabilidade das sementes do tomate, porém, foi possível observar que as sementes germinadas de tomate submetidas ao tratamento com água do ponto 3 apresentaram maior percentual de anormalidades. Em relação ao teste de toxicidade aguda com A. Salina, observou-se que as artemias submetidas ao tratamento com a água dos pontos 2, 3 e 4 do Córrego Barro Preto apresentaram 100% de mortalidade, após 24 horas. **CONCLUSÃO:** Mediante as condições experimentais aplicadas neste estudo, a água do córrego Barro Preto não influenciou na germinabilidade das sementes do tomate, todavia, promoveu um elevado percentual de plântulas anormais, bem como mortalidade do microcrustáceo A. salina, especialmente no ponto 3, sugerindo que a presença de diferentes tipos de resíduos

¹Acadêmico do Curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Goyazes – UniGoyazes

²Orientadora: Profa. Doutora, do Centro Universitário Goyazes – UniGoyazes

dissolvidos na água do córrego podem causar alterações morfológicas e funcionais no desenvolvimento de plântulas do tomate, possivelmente em virtude de sua toxicidade.

Palavras-chave: Córrego. Fauna aquática. Fitotoxicidade.

ECOTOXICOLOGICAL EFFECTS OF THE BARRO PRETO BROOK DURING ACUTE TOXICITY TESTS ON *SOLANUM LYCOPERSICUM* AND *ARTEMIA SALINA*

ABSTRACT

INTRODUCTION: There are a large number of bioassays designed to determine the toxicity of contaminants against the effects on aquatic beings. Organisms commonly used in toxicity testing include representative groups of marine, river or terrestrial ecosystems, such as plants, invertebrates and fish. **AIMS:** to evaluate the phytotoxicity of the water of the Barro Preto stream, located in Trindade-GO, through the germination process and the development of seedlings of *Solanum lycopersicum*, as well as its acute toxicity using the microcrustacean *Artemia salina*. **METHODOLOGY:** The experiment was carried out in the Botany laboratory of the Centro Universitário Goyazes, using water samples from three points of the Barro Preto stream, in addition to the control (distilled water) for the phytotoxicity test with tomato seeds (*Solanum lycopersicum*) and positive and negative controls in the acute toxicity test with *Artemia salina*. In addition, a macroscopic evaluation of the points where water was collected from the Barro Preto stream was carried out using the Environmental Impact Index of Nascentes. In the germination test, the evaluation was carried out by calculating the germination percentage, percentage of normal and abnormal seedlings and germination speed index (IVG). In the acute toxicity test, the percentage of mortality of *Artemia salina* was evaluated. **RESULTS:** The investigation of the physical characteristics of the four selected points of the Córrego Barro Preto revealed that of these points 3 and 4 showed a poor degree of preservation (class E), while points 1 (this being the source of the Barro Preto stream) and 2 were, respectively, in a reasonable (class B) and poor (class D) environmental condition. The germination tests indicated that stream water did not affect the germination rate of tomato seeds, however, it was possible to observe that germinated tomato seeds submitted to treatment with water from point 3 had a higher percentage of abnormalities. Regarding the acute toxicity test with *A. Salina*, it was observed that artemias submitted to treatment with water from points 2, 3 and 4 of Córrego Barro Preto presented 100% mortality after 24 hours. **CONCLUSION:** Due to the experimental conditions applied in this study, the water from the Barro Preto stream did not influence the germination of tomato seeds, however, it promoted a high percentage of abnormal seedlings, as well as mortality of the microcrustaceum *A. salina*, especially at point 3, suggesting that the presence of different types of residues dissolved in the water of the stream can cause morphological and functional alterations in the development of tomato seedlings, possibly due to its toxicity.

Keywords: Brook. Aquatic fauna. Phytotoxicity.

INTRODUÇÃO

A água é o princípio da vida, sem a qual os organismos vivos são impactados significativamente. Embora a maior parte (77,2%) do planeta esteja coberta por água, esse recurso se encontra de modos indisponíveis aos seres vivos (CUNHA, 2011).

Dados do Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) e da Organização Mundial da Saúde (OMS) revelam que quase metade da população mundial (2,6 bilhões de pessoas) não conta com serviço de saneamento básico e que uma em cada seis pessoas (cerca de 1,1 bilhão de pessoas) ainda não possui sistema de abastecimento de água adequado. As projeções da Organização das Nações Unidas indicam que, se essa tendência continuar, em 2050, mais de 45% da população mundial estará vivendo em países que não poderão garantir a cota diária mínima de 50 litros de água por pessoa (BORELLI, 2018).

Existe uma variedade de substâncias presentes na água categorizadas como contaminantes emergentes, tais como resíduos orgânicos de pássaros e animais domésticos, resíduos de atividades de construção, de combustíveis, óleos automotivos, dentre outros (BOLLMANN et al., 2006). No sistema de esgoto são lançados tanto rejeitos domésticos como os de origem industrial. Assim, resíduos fecais, papéis, detergentes – importantes constituintes de lixo doméstico – bem como metais e várias substâncias orgânicas (solventes, pesticidas, medicamentos, dentre outros) podem ser comumente detectadas na água (CUNHA, 2011).

O desenvolvimento populacional e econômico da civilização humana sustenta a principal causa de poluição das águas superficiais. Dessa forma, o lançamento direto e indireto de despejos industriais, domésticos e agropecuários, não tratados ou insuficientemente tratados dos efluentes urbanos em estações municipais e industriais, provocam modificações negativas no estado químico, físico e biológico dos corpos hídricos (CUNHA, 2011).

Nesse contexto, a avaliação de risco toxicológico por parte dos rejeitos lançados no meio ambiente se faz necessária para prevenção dos recursos hídricos. A ecotoxicologia é principal ciência que investiga os tipos de efeitos causados por substâncias químicas, bioquímicas e os processos biológicos responsáveis por tais danos ao meio ambiente, levando em conta a sensibilidade de diferentes tipos de organismos sob exposição à inúmeras substâncias (CHAPMAN, 2002; BARSCZC et al., 2019).

O controle da poluição ambiental causado pelo despejo de efluentes vem sendo realizado através da utilização de análises ecotoxicológicas e, inclusive, fora regulamentada através da Resolução 357/2005 do CONAMA (PIMENTEL et al., 2010).

Atualmente é possível encontrar uma grande quantidade de bioensaios destinados a determinação de toxicidade dos contaminantes frente, aos efeitos em seres aquáticos. Os organismos utilizados normalmente nos testes de toxicidade incluem grupos representativos dos ecossistemas marinhos, fluviais ou terrestres, como plantas, invertebrados e peixes (OGA; CAMARGO; BATISTUZZO, 2014; KEBROM et al., 2019).

Um organismo reconhecido internacionalmente como bioindicador é a *Artemia salina*, um microcrustáceo zooplânctônico, que vive nas águas salgadas de praticamente todos os ambientes marinhos da Terra, pertencente a classe Crustacea, ordem Anostraca e família Artemiidae (GRINEVICIUS, 2006).

A *Artemia salina* é comumente adotada devido à simplicidade de manuseio e baixo custo, favorecendo seu uso em diversos estudos. Apresentando reduzida tolerância a alterações ambientais e alta especificidade a interferências externas, garantindo a expressão de resultados nítidos em face de pequenas variações de qualidade do ambiente (LIMA et al., 2019).

Outro importante organismo usado em teste ecotoxicológicos são sementes de vegetais, como o *Solanum lycopersicum* (tomate). Os ensaios ecotoxicológicos em plantas estão se tornando cada vez mais comuns, devido ao baixo custo, maior sensibilidade e praticidade de execução (VISIOLI et al., 2014; KEBROM et al., 2019). Dada a preocupação das interferências que as substâncias tóxicas ambientais podem ocasionar nos seres humanos, animais e plantas, assim como também em processos biológicos, os métodos ecotoxicológicos são de grande relevância (COSTA et al., 2008).

Diante disso, este estudo objetivou avaliar o índice de impacto ambiental do córrego Barro Preto, localizado em Trindade-GO, através de análise macroscópica, bem como a fitotoxicidade da água no processo germinativo e desenvolvimento de plântulas de *Solanum lycopersicum*, e sua toxicidade aguda utilizando o microcrustáceo *Artemia salina*.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O município de Trindade, Goiás, possui uma área total de 710,328 km² e limita-se pelas divisas com Caturai ao norte, Avelinópolis noroeste, Santa Bárbara de Goiás oeste, Goiânia ao leste, Abadia de Goiás sudeste, Guapó sul e Campestre de Goiás sudeste. Segundo o último censo do IBGE (2010), o município possui um total de 104,488 habitantes.

O município se localiza à latitude 16°38'58" Sul e à longitude 49°29'20" Oeste, estando a uma altitude de 756 metros. Possui uma região topografia classificada como suave ondulado, tendo uma superfície topográfica pouco movimentada, com predominância de declives de 3,9%, no sentido S-N e uma diferença máxima de cotas de 24m. As elevações mais destacadas são as serras da Taboca, de Trindade e da Jibóia (MELO; LEAL, 2014).

O padrão climático da região é do tipo tropical, caracterizado por apresentar duas estações bem definidas, uma chuvosa, de outubro a março (primavera/verão), e outra seca, de abril a setembro (outono/inverno). O total pluviométrico anual costuma ser próximo a 1.600mm, a temperatura média anual é de 23,2°C, a insolação é de 2.588 1 hora/ano, a velocidade média dos ventos é de 3,7km/h e a umidade relativa é de 66% (MELO; LEAL, 2014).

O município de Trindade-GO é drenado por contribuintes que escoam para a margem esquerda do Rio dos Bois principal manancial de influência no município. Os principais córregos e ribeirões são: Barro Branco, Arrozal, Fazendinha, Santa Maria, dos Pereiras, do Peixe e do Sabão. Além destes, Dentre eles, destaca-se o objeto de estudo desta pesquisa, o córrego Barro Preto (Figura 1).

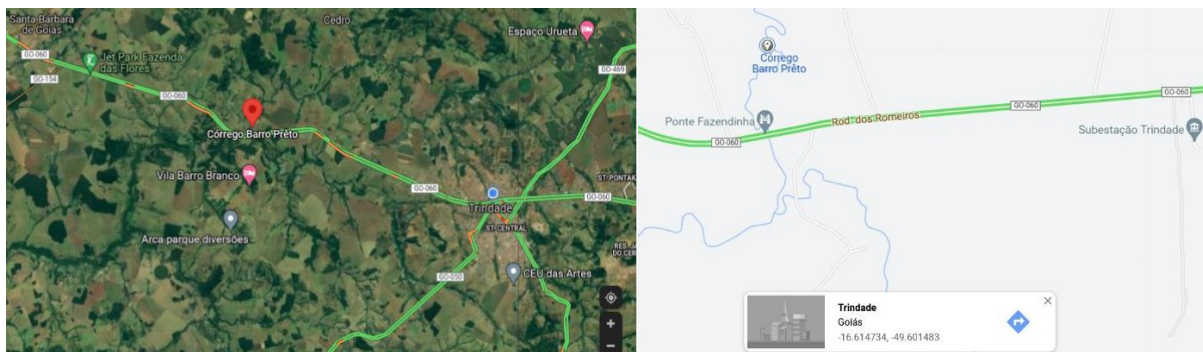


Figura 1 – Localização do córrego barro preto no município de Trindade-GO. **Fonte:** Google maps.

Índice de impacto ambiental do Córrego Barro Preto

Os parâmetros para análise da qualidade ambiental da nascente e de mais três trechos do córrego Barro Preto (Figura 2) foram baseados na metodologia proposta por Gomes et al. (2005), denominada de Índice de Impacto Ambiental de Nascentes (IIAN), a qual, através de uma análise sensorial e perceptiva, considera a coloração aparente, o odor da água, o lixo no entorno, os materiais flutuantes, a presença de espumas e óleos, o esgoto, a vegetação, a presença de animais, o uso por seres humanos (tendo em vista que a água de nascentes não podem ser drenadas, soterradas, ou receber cargas decorrentes de efluentes domésticos e em um raio de 50 metros deve haver preservação total do ecossistema, incluindo vegetação e solo), a existência ou não de proteção, presença ou não de identificação, residências nas proximidades e se as nascentes estão localizadas em áreas de inserção (áreas que visam a preservação), como fatores determinantes para a avaliação da qualidade ambiental do recurso hídrico. Cada um desses parâmetros recebe um valor que é transformado em padrão de qualidade, conforme mostrado no Quadro 1.



Figura 2 – Pontos de coleta da água do córrego Barro Preto. **Fonte:** Google Earth

Quadro 1. Parâmetros de classificação de nascentes utilizados no Método IIAN.

ÍNDICE DE IMPACTO AMBIENTAL DE NASCENTES			
PARÂMETROS MACROSCÓPICOS	QUALIFICAÇÃO		
	RUIM (1 PONTO)	MÉDIO (2 PONTOS)	BOM (3 PONTOS)
COR DA ÁGUA	ESCURA	CLARA	TRANSPARENTE
ODOR DA ÁGUA	FORTE	COM ODOR	AUSENTE
RESÍDUO AO REDOR DA NASCENTE	MUITO	POUCO	AUSENTE
MATERIAIS FLUTUANTES	MUITO	POUCO	AUSENTE
ESPUMAS	MUITO	POUCO	AUSENTE
ÓLEOS	MUITO	POUCO	AUSENTE
ESGOTO NA NASCENTE	VISÍVEL	PROVÁVEL	AUSENTE
VEGETAÇÃO (DEGRADAÇÃO)	DEGRADADA	ALTERADA	BOM ESTADO
REGENERAÇÃO	AUSENTE	MODERADA	PRESENTE
PRESENÇA DE EROÇÃO	ACENTUADA	MODERADA	AUSENTE
USO POR ANIMAIS	CONSTANTE	ESPORÁDICO	AUSENTE
USO POR HUMANOS	CONSTANTE	ESPORÁDICO	AUSENTE
PROTEÇÃO DO LOCAL	SEM PROTEÇÃO	COM PROTEÇÃO COM ACESSO	COM PROTEÇÃO SEM ACESSO
ACESSIBILIDADE DO LOCAL	FÁCIL	DIFÍCIL	SEM ACESSO
PROX. COM RESIDÊNCIA	>50M	ENTRE 50 E 100M	>100M
TIPO DE ÁREA DE INSERÇÃO	AUSENTE	PROP. PRIVADA	PARQUES OU ÁREAS PROT.

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2005).

Os valores atribuídos para cada parâmetro foram 1 (ruim), 2 (médio) e 3 (bom). Em seguida foi realizado um somatório dos pontos descritos no Quadro 1 para classificar e definir o grau de preservação da nascente e dos demais trechos visitados do córrego Barro Preto, com categorias desde a classe A, considerada “ótima”, até a classe E, considerada “péssima” (Quadro 2). Logo, o somatório máximo indica um conjunto de parâmetros bons e o somatório mínimo indica um conjunto de parâmetros considerados ruins (LEAL et al., 2016).

Quadro 2. Qualificação do grau de preservação de recursos hídricos pelo Método IIAN.

CLASSIFICAÇÃO DAS NASCENTES QUANTO AOS IMPACTOS MACROSCÓPICOS		
CLASSE	GRAU DE PROTEÇÃO	PONTUAÇÃO
A	ÓTIMO	46-48 PONTOS
B	BOM	43-45 PONTOS
C	RAZOÁVEL	40-42 PONTOS
D	RUIM	37-39 PONTOS
E	PÉSSIMO	ABAIXO DE 37

Ensaio de fitotoxicidade

O ensaio de fitotoxicidade foi conduzido no Laboratório de Botânica do Centro Universitário Goyazes, Trindade, Goiás entre os meses de setembro e novembro de 2021. A coleta de água do córrego Barro Preto ocorreu em quatro pontos ilustrados anteriormente na figura 2, que apresentavam maior fluxo de água. As amostras foram coletadas manualmente em frascos de vidro limpos e de cor âmbar, devidamente identificados. Após a coleta, os frascos foram acondicionados em uma caixa de térmica com gelo e diretamente encaminhados ao laboratório.

Para cada ponto de coleta de água, aferiu-se: o pH, com um peagâmetro (modelo pH meter 009), com leitura realizada em seis repetições para posterior cálculo da média; e a condutividade da água com base nos sólidos totais dissolvidos, aferida por condutivímetro digital modelo TDS-3 meter hold.

Para a determinação da fitotoxicidade da água do córrego Barro Preto foram utilizadas sementes comercializadas de tomate no município de Trindade-GO. As avaliações foram divididas em duas etapas:

Etapa A - Avaliação de atributos do processo germinativo: as sementes de tomate foram acondicionadas sobre duas folhas de papel Germitest esterilizadas, acondicionadas em caixa gerbox, umedecidas com 4 ml da água de cada ponto de coleta de água do córrego Barro Preto, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco e o controle com água destilada. O experimento foi constituído de cinco tratamentos (quatro pontos amostrais do córrego Barro Preto, além do testemunha com água destilada), cada um com quatro repetições de 25 sementes distribuídas uniformemente com 1,0 cm de distância entre si, garantindo um espaço suficiente para o crescimento, como demonstrado na Figura 3.

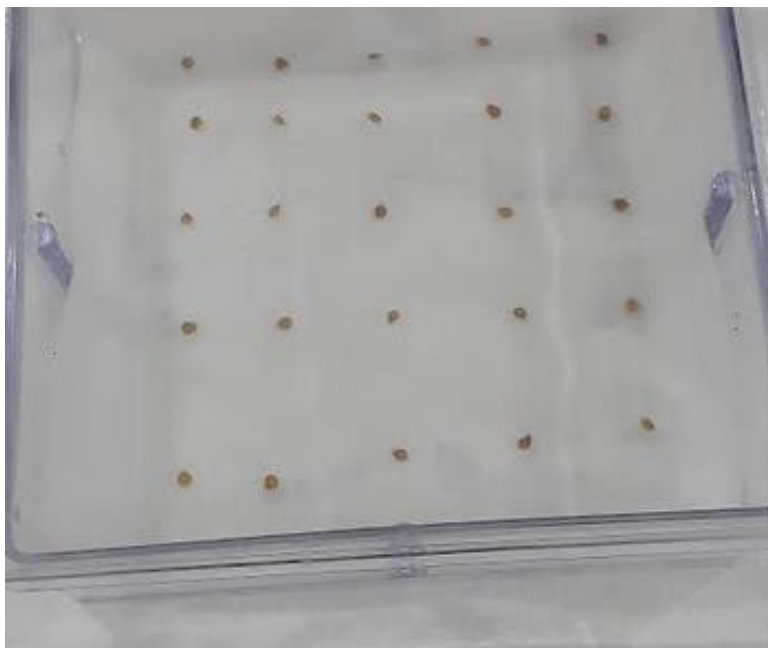


Figura 3 - Disposição das sementes de tomate na caixa gerbox previamente esterilizada. Todos os testes foram realizados na presença de controle negativo (água destilada).

As caixas gerbox permaneceram sob temperatura e iluminação ambiente, sendo observadas as sementes germinadas a cada 24 horas, durante oito dias (BRASIL, 2009). Ressalta-se que as sementes de tomate não foram submetidas a nenhum teste prévio de quebra de dormência.

Durante todo o período de experimentação foi aferida diariamente a temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade do ambiente nos períodos matutino, vespertino e noturno com auxílio de termômetro digital e luxímetro digital.

Etapa B - Avaliação do crescimento inicial: A contagem da germinação foi realizada diariamente, sempre no mesmo horário, até totalizar oito dias após a semeadura. Foram consideradas germinadas sementes dotadas de protusão radicular mínima de 2 mm (BRASIL, 2009). As variáveis analisadas foram porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e anormais, comprimentos total das plântulas e de suas partes (hipocótilo e raiz primária) e índice de velocidade de germinação (IVG).

Ensaio de toxicidade aguda com *Artemia Salina*

Para o teste de toxicidade aguda com náuplios de *A. salina*, utilizou-se a metodologia estabelecida por Meyer (1982) e OECD 202 (2004), com algumas modificações. Cinco gramas de cistos de *A. salina* (Bioartemias®), obtidos comercialmente, foram utilizados para eclodirem em uma solução salina com 3,5% de sal marinho (Blue Treasure®) em água destilada, à temperatura de 27°C, sob aeração constante, na presença de luz – 10w (Figura 4).



Figura 4 - Artefatos para eclosão dos náuplios de *A. salina*.

Decorridas 48 horas, os náuplios oriundos da eclosão dos cistos eclodidos foram coletados e distribuídos em placas de 24 poços em quadruplicata (10 náuplios/poço), onde cada poço foi preenchido com 2 mL da água de cada ponto coletado do córrego Barro Preto (P1, P2, P3 e P4), controle negativo (água salina) e controle positivo (dodecil sulfato de sódio a 10 mg/L) (Figura 5).

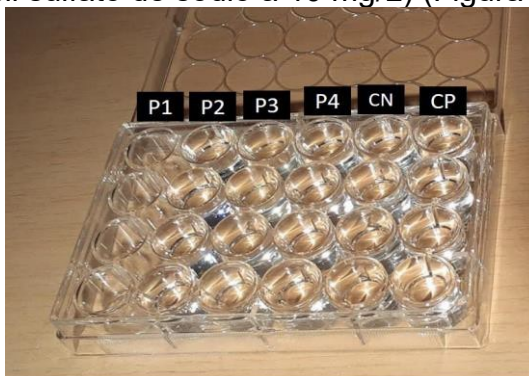


Figura 5 – Divisão dos grupos de náuplios de *A. Salina* submetidos ao tratamento com água de quatro pontos do córrego Barro Preto, controle negativo (CN - água salina) e controle positivo (CP - dodecil sulfato de sódio).

Salienta-se que no teste com *Artemia salina* a exposição dos náuplios na fase III (Figura 6) ocorreu durante 24 horas. Decorrido esse período, foram analisados em cada poço o quantitativo de náuplios vivos e mortos (VEIGA; VITAL, 2002).



Figura 6 - Náuplio de *A. salina* em fase III de desenvolvimento. Fonte:

<https://www.ipma.pt/pt/pescas/eppo/alimentovivo/index.jsp?print=true>

Análise de dados

No ensaio de fitotoxicidade, a classificação das plântulas em normais ou anormais de *Solanum lycopersicum* ocorreu de acordo com as especificações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A medição do comprimento total das plântulas e de suas partes foi realizada com auxílio de um paquímetro.

O IVG foi calculado de acordo com Maguire (1962) pela fórmula $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$; em que: G_1, G_2, G_n = número de sementes germinadas computadas na primeira, na segunda e na última contagem; e N_1, N_2, N_n = número de dias da semeadura a primeira, segunda e última contagem.

No teste com *Artemia salina*, o efeito observado após 24 horas de exposição foi a imobilidade dos organismos. Os náuplios com ausência de nado livre em um intervalo de 15 segundos, após agitação mecânica das soluções contidas nos poços, foram considerados mortos, ainda que fossem capazes de movimentar as antenas (OECD, 2004).

Os dados gerados dos experimentos de ecotoxicidade foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida pelo pós-teste de Dunnett utilizando o software BioEstat 5.0®. As médias dos tratamentos foram comparadas

pelo teste de Tukey a 5% de significância (OLIVEIRA et al., 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A investigação das características físicas dos quatro pontos selecionados do Córrego Barro Preto revelou que destes, os pontos 3 e 4 apresentaram um grau de preservação péssimo (classe E), enquanto os pontos 1 (sendo este a nascente do córrego Barro Preto) e 2 estavam, respectivamente, em condição ambiental razoável (classe B) e ruim (classe D) (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultados do método IIAN nos pontos analisados do Córrego Barro Preto - Trindade (GO).

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4
Cor da água	3	2	1	1
Odor da água	3	3	2	3
Resíduo ao redor da nascente	2	3	2	2
Materiais flutuantes	3	2	2	2
Espumas	3	3	3	1
Óleos	3	3	3	3
Esgoto	3	2	1	2
Vegetação (degradação)	2	1	2	1
Regeneração	3	1	1	3
Presença de erosão	3	3	2	1
Uso por animais	2	2	2	2
Uso por humanos	3	2	2	2
Proteção do local	3	1	1	2
Acessibilidade do local	2	1	1	1
Prox. Com residência (metros)	3	3	1	2
Tipo de área de inserção	3	3	1	2
TOTAL	44	35	27	30
CLASSE	B	D	E	E

Na análise macroscópica do ponto nº 1 registrado na estação ecológica Barro Preto, observou-se que o mesmo apresenta-se razoavelmente preservado (Figura 7). Ressalta-se que a localidade deste ponto do Córrego Barro Preto é cercada por dois setores habitacionais de Trindade-GO (setor cristina II e Setor vale dos sonhos).



Figura 7 – Ponto nº1 (P1) de coleta - Estação ecológica Barro Preto, Trindade-GO.

Conforme dispõe o artigo 3º da Lei Nº 12.651 de 2012 (novo Código Florestal), a APP (Área de Preservação Permanente) se trata de uma “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012).

No observação *in loco* realizada na nascente do córrego Barro Preto (P 1) a vegetação no entorno mantém preservada, porém, dentre os parâmetros macroscópicos avaliados, os resíduos ao redor da nascente, tais como papel, plástico, vegetação degradada e a acessibilidade do local, podem colaborar para intensa poluição deste recurso hídrico, prejudicando o equilíbrio ambiental. De acordo com Gomes, Melo e Vale (2005), esses os resíduos que prejudicam recursos hídricos podem se constituir em elementos orgânicos (como folhas e ramos), objetos provenientes do lixo doméstico ou mesmo oriundos do escoamento superficial da água da chuva.

Na análise macroscópica do ponto n° 2 do córrego Barro Preto, localizado no lago II do parque Lara Guimarães no município de Trindade – Go, pôde ser observada quantidade considerável de materias poluentes, como garrafas Pets, copos descartáveis e isopor (Figura 8). Ressalta-se que este local em questão é frequentado corriqueiramente pelo os moradores de Trindade-GO, os quais participam de eventos culturais, além de praticarem caminhada, atividades físicas e pesca nos lagos do parque, especialmente em finais de semana e feriados.

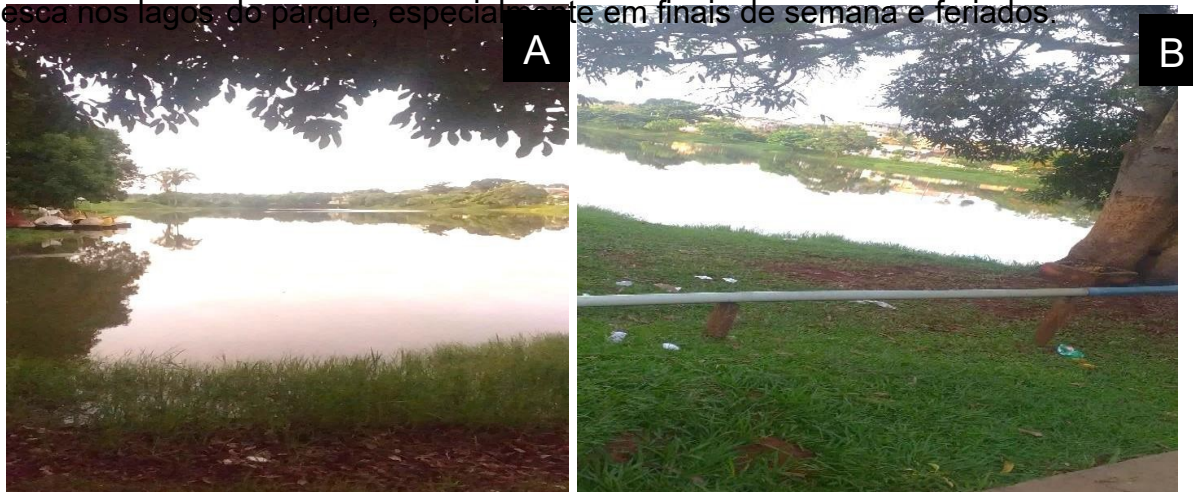


Figura 8 – Ponto n° 2 (P2) do córrego Barro Preto, localizado no Lago II Parque Lara Guimarães no município de Trindade -GO. A: visualização geral do lago. B: vistas de resíduos.

Para Marchini (2021), resíduos mais leves podem ser transportados por ação eólica e os resíduos pesados, carregados pelas fortes enxurradas, acarretando assoreamento e entulhamento do curso d'água. O ponto 2 foi marcado por vegetação degradada de pouca cobertura, sem proteção marginal, permitindo a presença humana e o uso por animais domésticos e silvestres. A falta de cobertura vegetal ao redor do lago, desencadeia, segundo Primack e Rodrigues (2007) e Fonseca et al. (2021), um desequilíbrio ecossistêmico, visto que a função vegetativa do entorno é possibilitar a infiltração da água das chuvas no solo, recarregando os leçóis freáticos. Na análise macroscópica do ponto n°3 (Figura 9) do córrego Barro Preto, localizado na Alameda Wilson Torrano, ponto habitacional de Trindade-GO o qual abrange cinco setores, foi observada intensa quantidade de materias, como sacolas plásticas, e outros submersos que não foram identificados no meio aquático. O local



Figura 9 – Registro fotográfico do ponto n° 3 (P3) do Córrego Barro Preto. A – observa-se local com residências próximas e pista de passagem de pedestres; B – local sem proteção; C e D – presença de resíduos na água, com visão superficial da coloração escura da água, e visualização de deságua de esgoto urbano.

Para Gomes, Melo e Vale (2005) e Funasa (2007), a contaminação por esgoto decorre principalmente em função da falta de medidas práticas de saneamento e de educação sanitária, que afeta negativamente a qualidade do ambiente e, ainda, possibilita a contaminação biológica, química e física da água.

Ribeiro e Rocke (2010) discorrem que a presença de resíduos domésticos e industriais em esgotos promovem maior consumo de oxigênio em virtude do crescimento excessivo de algas, o que gera mortandade de fauna aquática, bem como pode gerar doenças de veiculação hídrica.

Na análise macroscópica do ponto n° 4 do córrego Barro Preto, localizado em ambiente rural, a visita *in loco* possibilitou observar a presença plásticos e acentuada

presença de espuma no curso do córrego (Figura 10 – A), presença de materiais flutuantes, como pneu (Figura 10 - B), água com coloração escura (Figura 10 – C) de erosão marginal (Figura 10 - D). Ressalta-se um avistamento da ave Jaó (*Crypturellus undulatus*) no local, a qual bebia no momento da visita ao local, a água do correço.



Figura 10 – Vistas do ponto nº 4 do Córrego Barro Preto.

De acordo com Duprat (2012), os impactos indiretos ou diretos do escoamento de poluentes residuais colaboram com a degradação de recursos hídricos e de sua diversidade aquática.

Quevedo e Paganini (2018) apontam que a presença de resíduos em recursos hídricos, como espumas, evidenciam a ausência de biodegradabilidade de substâncias tensoativas, como o alquilbenzenossulfonado de cadeia linear, as quais são utilizadas nos detergentes. Além disso, os resíduos oriundos de esgotos sanitários podem promover a eutrofização, cujo crescimento descontrolado de algas e outros organismos aquáticos, afetam a saúde do ser humano, em virtude do potencial incremento da toxicidade, mediante casos de irritação da pele e até mesmo lacerações hepática, nervosa e renal.

Neste estudo, em relação à temperatura e pH da água dos pontos avaliados do córrego Barro Preto, foi constatada uma média de 36,3°C e um menor pH nos pontos 2 e 3 do córrego Barro Preto. Além disso, a condutividade demonstrou maior presença de sólidos dissolvidos nos pontos 2 e 3 (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores médios da temperatura da água, pH e condutividade da água coletada em de quatro pontos do córrego Barro Preto. UNIGY (Trindade-GO), 2021.

Grupo	Temperatura	pH	Condutividade (ppm)
Ponto 1	26,1	6,2	36
Ponto 2	26,2	5,8	162
Ponto 3	26,8	5,7	247
Ponto 4	26,3	6,0	85

Alves (2016) aponta que quanto maior a condutividade elétrica, maior é a quantidade de íons dissolvidos. Neste estudo, os quatro pontos avaliados apresentaram alta condutividade, especialmente no ponto 3. Embora a legislação não defina um valor padrão, sabe-se que ela pode representar uma medida indireta da concentração de poluentes (SANTOS; SANTOS, 2021).

Em relação ao ensaio de fitotoxicidade, na avaliação do percentual germinativo das sementes de *Solanum lycopersicum*, foi possível observar que nos pontos 1 e 3, houve, respectivamente, o menor percentual de germinação (80% e 83%). A taxa de germinação dos quatro grupos tratados com água do córrego Barro Preto não apresentaram diferença estatística significativa em relação ao grupo testemunha ($p > 0,05$) (Figura 11).

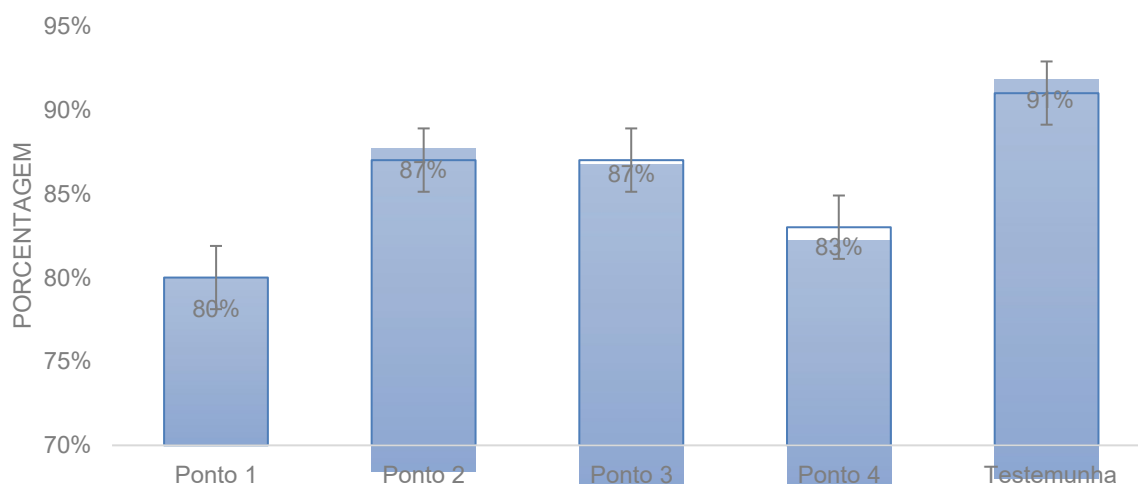


Figura 11 - Taxa de germinação relativa de sementes de *Solanum lycopersicum* (tomate) submetidas ao tratamento com água de quatro pontos distintos do córrego Barro Preto e água destilada (grupo testemunha). As barras de erro indicam o erro padrão de quatro réplicas.

Neste estudo, o IVG das sementes de *Solanum lycopersicum* não sofreu alteração pela ação da água dos quatro pontos distintos do córrego Barro Preto, não ocorrendo redução significativa do número de sementes germinadas por dia em relação ao grupo testemunha ($p > 0,05$) (Figura 12).

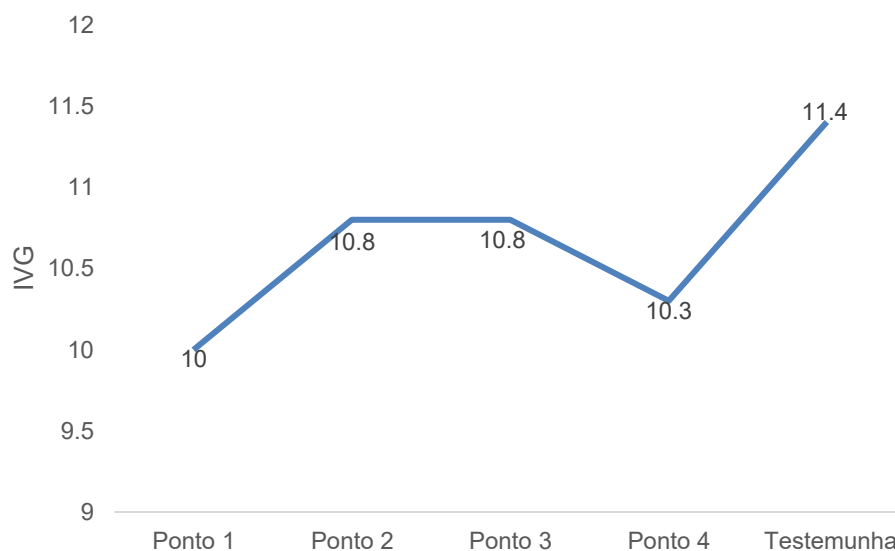


Figura 12 - Influência da água de quatro pontos do córrego Barro Preto no Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Solanum lycopersicum*.

Reigosa et al. (1999) apontam que as substâncias poluentes dissolvidas na água podem afetar a germinação de sementes de vegetais, onde quando maior a

concentração das substâncias, menor o IVG. Rizzardi et al. (2008) apontam que o IVG é o parâmetro de maior sensibilidade comparativamente ao percentual de germinação, ao demonstrar a ação de substâncias químicas durante o processo de retomada do crescimento do embrião.

Para Alves et al. (2011) e Marcos Filho (2015), outros aspectos como temperatura e pH também são fundamentais para a eficiência da germinação de sementes, com as de tomate. Clemente e Boiteux (2012) apontam que, em relação às sementes de tomate, a temperatura e pH ideal para a germinação varia respectivamente de 20 °C a 25 °C e 6,5. Sob temperaturas próximas de 15 ou 35 °C a germinação é considerada baixa, e quando estas são submetidas a temperaturas menores que 5 °C ou maiores que 40 °C, a sua germinação é praticamente nula.

Conforme observado neste estudo, a maior taxa de germinação e valor da IVG foram detectadas no grupo testemunha, cuja água testada apresentou pH de 6,2 e menor condutividade. Assim, com base na redução do pH e maior presença de sólidos dissolvidos na água do córrego Barro Preto, infere-se que a presença de poluentes pode ter promovido uma menor taxa de germinação e IVG das sementes de *Solanum lycopersicum*.

Em relação aos dados morfométricos do hipocótilo e raiz primária das sementes de *Solanum lycopersicum*, observou-se neste estudo que a exposição das sementes à água do ponto 3 do córrego Barro Preto promoveu um menor tamanho médio das plântulas (10 cm), com base na soma do tamanho médio do hipocótilo (4,5 cm) e da raiz primária (5,5 cm) (Figura 13). Os valores médios do tamanho do hipocótilo, raiz primária e tamanho total das sementes dos quatro grupos tratados com água do córrego Barro Preto não apresentaram diferença estatística significativa em relação ao grupo testemunha ($p>0,05$).

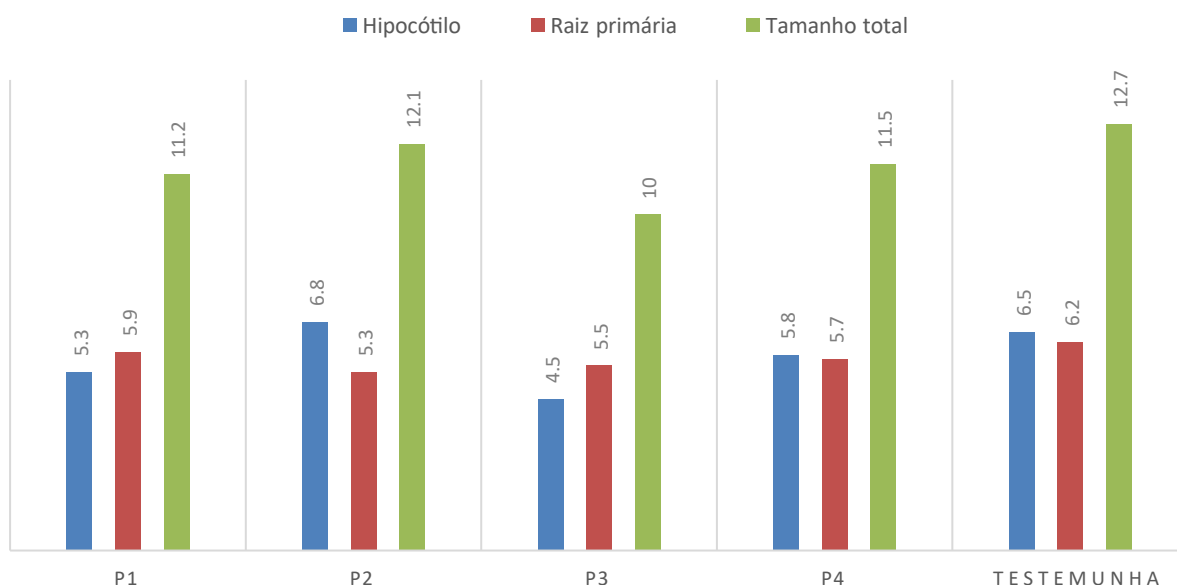


Figura 13 - Dados morfométricos do hipocótilo e raiz primária de sementes de *Solanum lycopersicum* (tomate) submetidas ao tratamento com água de quatro pontos distintos do córrego Barro Preto e água destilada.

Carvalho e Nakagawa (2012), apontam varios fatores que afetam o processo germinativo, dentre elas a temperatura, luz, disponibilidade de oxigênio e água. A eficiência resultante desses fatores expressa a máxima germinação, o que garante um estabelecimento rápido e uniforme das plântulas.

Além disso, a toxidez provocada por íons e o desequilíbrio nutricional, comprometem seu desempenho, sendo que áreas que recebem substâncias contaminantes, como os esgotos urbanos que são ricos em nutrientes podem levar ao processo de eutrofização do ambiente e mudanças na composição fisiológica das plantas aquáticas e germinação de outros vegetais (BIUDES; CAMARGO, 2006).

Neste estudo, as condições metodológicas (temperatura, pH, por exemplo) se mostraram dentro dos parâmetros referência, o que pode justificar uma positiva germinação e crescimento das sementes de *Solanum lycopersicum*.

Em relação ao percentual de plântulas normais e anormais, neste estudo foi possível observar que as sementes germinadas de *Solanum lycopersicum* submetidas ao tratamento com água do ponto 1 do córrego barro Preto não apresentaram anormalidades. Toadavia, as sementes tratadas com água do ponto 3 apresentaram maior percentual de anormalidades (34%), apresentando diferença estatística significativa em relação ao grupo testemunha (Figura 14).

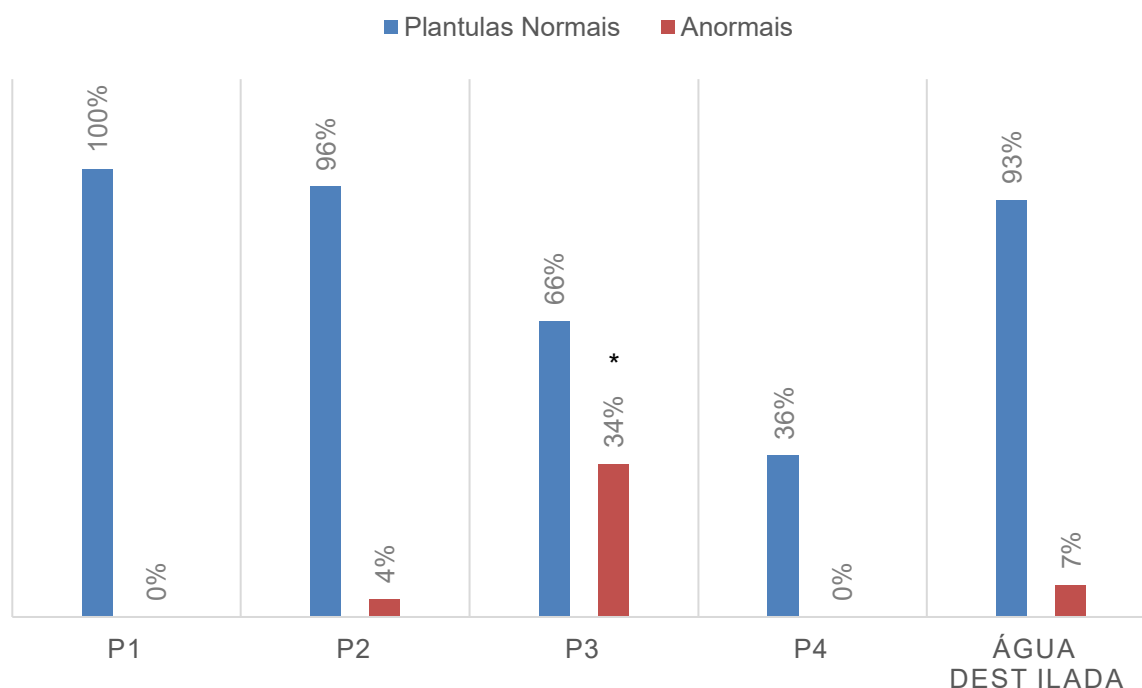


Figura 14 - Percentual de plântulas normais e anormais de *Solanum lycopersicum*, submetidas ao tratamento com água de quatro pontos distintos do córrego Barro Preto e água destilada, oito dias após a semeadura. *Diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo testemunha (água destilada).

O efeito fitotóxico ocorrido no desenvolvimento das plântulas de *Solanum lycopersicum*, gerou atrofiação e tortuosidade do hipocótilo, assim como bifurcações de raiz primária, que pode ser explicadas devido à sensibilidade das sementes de mediante ao contato com a quantidade de matéria orgânica proveniente dos esgotos lançados no córrego Barro Preto. Estudos apontam que a fitotoxicidade está relacionada com a presença de possíveis componentes químicos, elementos e materiais pesados de caráter tóxico encobertos pela matéria orgânica ou junto aos sólidos suspensos (CHARLES et al., 2011; CAMARILLO – RAVELO et al., 2015).

Em relação ao teste de toxicidade aguda com *Artemia Salina*, observou-se que os náuplios submetidos ao tratamento com a água dos pontos 2, 3 e 4 do Córrego Barro Preto apresentaram 100% de mortalidade, após 24 horas. O menor percentual de mortalidade foi observado no ponto 1 (Figura 15).

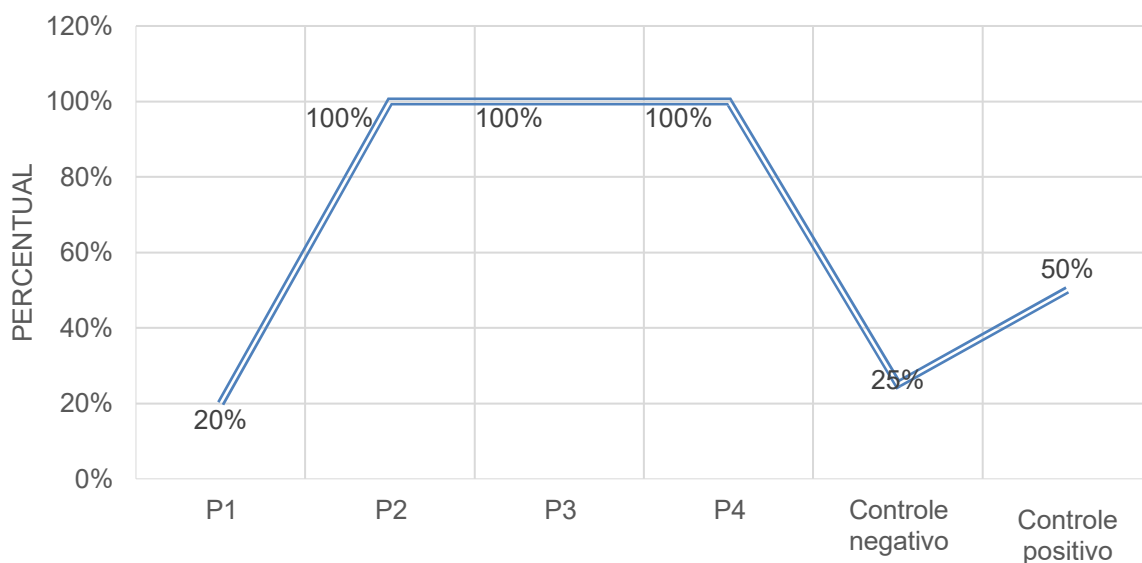


Figura 15 – Percentual de mortalidade de *Artemia salina* após 24h de exposição à água de quatro pontos distintos do córrego Barro Preto e água destilada.

Segundo Marmotel e Rodrigues (2015) os poluentes presentes na água de rios podem afetar os valores de pH e consequentemente alterar as condições de vida da fauna aquática, especialmente de organismos mais sensíveis, como a *Artemia salina*. Derísio (2000) afirmou, em seu estudo, que as maiores alterações referentes ao pH eram provocadas por resíduos provenientes de industriais e esgotos domésticos.

Zilles et al. (2019) ao avaliar a qualidade da água do Rio Marreco, no município de Toledo - PR, evidenciou acentuada poluição, tanto por resíduos sólidos domésticos como por lançamento inadequado de esgoto e outros efluentes. Os autores detectaram taxa de 100% na mortalidade de *Artemia salina* em um dos pontos do rio.

Neste estudo, o curso d'água do ponto 3, por exemplo, apresentou um valor baixo de pH e maior valor de condutividade, indicando presença de despejos domésticos no córrego Barro Preto, o que pode aumentar as concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos. A avaliação pelo método IIAN, também indicou maior quantidade de resíduos de esgoto no ponto 3.

No estudo de Simões (2018), o qual avaliou a qualidade da água do córrego Coromandel, Minas Gerais, foi observado que em pontos de poluição houve alta mortalidade da *Artemia salina*, além disso, o autor detectou efeito citotóxico e genotóxico em outros organismos em virtude dos materiais biológicos decorrentes do despejo de esgotos no córrego.

CONCLUSÃO

Mediante as condições experimentais aplicadas neste estudo, concluiu-se que a avaliação macroscópica da água do córrego Barro Preto demonstrou que os dois pontos de avaliados apresentaram um grau de preservação péssimo, além disso, o terceiro ponto avaliado apresentou menor pH e maior presença de partículas dissolvidos na água, indicando maior presença de poluentes.

Em relação ao ensaio de toxicidade, a água do córrego Barro Preto não influenciou na germinabilidade das sementes do tomate, todavia, promoveu um elevado percentual de plântulas anormais, bem como mortalidade do microcrustáceo *Artemia salina*, especialmente no ponto 3, sugerindo que a presença de diferentes tipos de resíduos dissolvidos na água do córrego podem causar alterações morfológicas e funcionais no desenvolvimento de plântulas do tomate, possivelmente em virtude de sua toxicidade.

Assim, maiores estudos sobre quais poluentes presentes na água do córrego Barro Preto podem afetar o desenvolvimento de plântulas de tomate, bem como a sobrevivência da fauna aquática, são necessários, pois os mesmos apresentam diferentes potenciais tóxicos para diferentes organismos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E.U.; ANDRADE, L.A.; BRUNO, R.L.A.; VIEIRA, R.M.; CARDOSO, E.A. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert sob diferentes substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.1-9, 2011.
- BARSZCZ, L.B.; BELLATO, F.C.; BENASSI, R.F.; MATHEUS, D.R. Avaliação ecotoxicológica de efluentes tratados por alagados construídos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 6, 2019
- BIUDES, J. F. V., CAMARGO, A. F. M. 2006. Changes in biomass, chemical composition and nutritive value of *Spartina alterniflora* due to organic pollution in the basin of the River Itanhaém (SP, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2, p. 781-789.
- BOLLMANN, H. A; MARQUES, D. M. L. Da M. Influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo em rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 11, n. 4, 2006.

BORELLI, E. Economia política da água no Brasil. **Economia brasileira em debate**. 2018.

BRASIL, Legislação Brasileira Nº 12.651 (2012), **Código Florestal Brasileiro**. Capítulo I seção I – Disposições Gerais, Art 3 III. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm

BRASIL. 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS 395p.

CAMARILLO-RAVELO, D.; BARJAS-ACEVES, M.; RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ, R. Evaluación de la fitotoxicidad de jales mineros en cuatro especies empleadas como bioindicadoras de metales pesados. **Revista Internacional Contaminación Ambiental**, v. 31, n. 2, p. 133-143, 2015.

CARVALHO, D. B.; CARVALHO, R. I. N. Qualidade fisiológica de sementes de guanxuma em influência do envelhecimento acelerado e da luz envelhecimento acelerado e da luz envelhecimento acelerado e da luz envelhecimento acelerado e da luz. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 489-494, 2009.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CHAPMAN, P. M. Integrating toxicology and ecology: putting the "eco" into ecotoxicology. **Marine Pollution Bulletin**, v.44, p.7-15. 2002.

CHARLES, J. et al. Evaluation of the phytotoxicity of polycontaminated industrial effluents using the lettuce plant (*Lactuca sativa*) as a bioindicator. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, p. 2057-2064, 2011.

CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. **Produção de tomate para processamento industrial**. Embrapa Hortaliças. Brasília-DF, 2012.

COSTA, C. R.; OLIVI, P.; BOTTA, C. M. R.; ESPINDOLA, E. L. G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**. v.31, n.7, p.1820- 1830, 2008.

CUNHA, B. M da. **Avaliação Ecotoxicológica de distintos tipos de efluentes mediante ensaios de toxicidade aguda utilizando *Artemia salina* e *Lactuca sativa***. 79f. 2011. Trabalho de conclusão (Graduação em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

DUPRAT, P.L. **Diagnóstico da Ictiofauna do córrego São Matheus, afluente do Rio do Peixe, Juiz de Fora, Minas Gerais**. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2012.

FONSECA, A. R.; GONTIJO, R. A. N. Impactos Ambientais Macroscópicos e Qualidade Microbiológica das águas em Nascentes da área Urbana de santo Antônio

do Monte – MG. **Revista Ambiental e Sustentabilidade**, v. 10, n. 20, p. 87-101, 2021.

FUNASA - Fundação Nacional de Saneamento. **Manual de Saneamento**. 3. ed. Brasília: FUNASA, Ministério da Saúde. 2007. 271 p.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V.S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia - MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 17, n. 32, p. 103-120, 2005.

GRINEVICIUS, V.M. A. de S. **Avaliação da remediação de efluentes de uma indústria têxtil utilizando bioindicadores e biomarcadores**. 2006. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

KEBROM, T. H.; WOLDESENBET, S.; BAYABIL, H. K.; GARCIA, M.; GAO, M.; AMPIM, P.; AWAL, R.; FARES, A. Evaluation of phytotoxicity of three organic amendments to collard greens using the seed germination bioassay. **Environmental science and pollution research international**, v. 26, n. 6, p. 5454–5462, 2019.

LIMA, M. F. F.; SILVA, J. W. S. De ARAUJO; SILVA, J. K.; MOURA, A. H. N.; LOPES, R. L. F.; CORDEIRO, B. DE A.; CORDEIRO, R. P.; MELO A. F. M. DE M. Avaliação toxicológica através do bioensaio com *Artemia salina* Leach de espécimes vegetais pertencentes à caatinga. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 6, 2019.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015.

MAYORGA, P; PÉREZ, K. R.; CRUZ, S. M.; CÁCERES, A. Comparison of bioassays using the anostracan crustacean *Artemia salina* and *Thamnocephalus platyurus* for plant extract toxicity screenig. **Revisa brasileira de Farmacognosia**. V.20, p.8897-903, 2010.

MEYER B.N.; FERRIGNI, N.R.; PUTNAM, J.E.; JACOBSEN, L.B.; NICHOLS, D.E.; MCLAUGHLIN, J.L. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. **Planta Medica**, v. 45, p. 31-34, 1982.

OLIVEIRA, J. S.; PEIXOTO, C. P.; POELKING, V. G. C.; ALMEIDA, A. T. Avaliação de extratos das espécies *Helianthus annuus*, *Brachiaria brizantha* e *Sorghum bicolor* com potencial alelopático para uso como herbicida natural. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.3, p.379-384, 2015.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina - PR: Editora Vida, 2007. 327p.

QUEVEDO, C.M.; PAGANINI, W.S. A disponibilização de fósforo nas águas pelo uso de detergentes em pó: aspectos ambientais e de Saúde Pública. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, n. 11, 2018.

REIGOSA, M. J.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A.; GONZÁLEZ, L. Ecophysiological

approach in allelopathy. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 18, n. 5, p. 577-608, 1999.

RIBEIRO, J.W.; ROOKE, J.M.S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) - Universidade Federal de Juiz de Fora, 2010.

RIZZARDI, M.A., NEVES, R., LAMB, T.D., JOHANN, L.B. Potencial alelopático da cultura da canola (*Brassica napus* L. var. oleífera) na supressão de picão-preto (*Bidens* sp.) e soja. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 14, n. 2, p. 239-248, 2008.

SIMÕES, R. K. L. **Avaliação da qualidade de água do córrego Coromandel na mesorregião do triângulo mineiro e alto Paranaíba Minas Gerais**. 19f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Fundação Carmelitana Mário Palmério - Unifucamp. 2018.

SOUZA-FILHO, A.P.S., ALVES, S.M. E DUTRA, S. Estádio de desenvolvimento e estresse hídrico e as potencialidades alelopáticas do capim-marandu. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1 pp. 25-31, 2002.

VISIOLI, G.; CONTI, F. D.; GARDI, C.; MENTA, C. Germination and root elongation bioassays in six different plant species for testing Ni contamination in soil. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 92, n. 4, p. 490-496, 2014.

ZILLES, F.S.S.; PIVATTO, G.G. **Avaliação da qualidade da água do rio Marreco e proposta de monitoramento para controle dos impactos**. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2019.