

IMPACTOS DA POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS DA MICRODRENAGEM URBANA DEFICIENTE NO CORPO RECEPTOR

IMPACTS OF POLLUTION AND WATER CONTAMINATION FROM DEFICIENT URBAN MICRODRAINAGE IN THE RECEIVING BODY.

Carmina Maria Gomes de Araújo*
Thayres de Sousa Andrade**

RESUMO

O manejo das águas pluviais é feito por meio da drenagem urbana que capta, escoar e direciona para o corpo hídrico receptor. Quando o sistema é construído adequadamente, não interfere na contaminação, poluição de rios ou disseminação de doenças, evitando também o intenso arraste de resíduos sólidos e suportando o volume de água pluvial que a estrutura vai receber para não ocasionar inundações. Em Crateús/CE, o sistema de drenagem é caracterizado com estrutura do tipo separador absoluto, onde há a separação das águas pluviais e de esgoto. Diante desse contexto, o principal objetivo deste trabalho foi analisar o impacto das águas da microdrenagem urbana da cidade de Crateús/CE, na contaminação e poluição hídrica do rio Poti, o corpo hídrico receptor, por meio de análises físico-químicas, bacteriológicas e testes ecotoxicológicos com sementes de *Allium cepa* (cebola) e *Lactuca sativa* (alface). Para tanto, foram realizadas coletas em quatro pontos do sistema de microdrenagem urbana de Crateús. As análises físico-químicas e bacteriológicas foram realizadas em parceria com o Laboratório Regional da UNBSC (Unidade de Negócio Bacia dos Sertões de Crateús) da Cagece (Companhia de Água e Esgoto do Ceará) seguindo metodologias padronizadas. Para os testes de ecotoxicidade, 10 sementes de cada espécie foram dispostas em placas de Petri (90 mm de diâmetro), sobre papel filtro que serviu de base, e expostas a 5 ml de cada amostra. Em seguida, as placas foram envolvidas em papel filme para minimizar a perda de umidade. Todas as placas foram acondicionadas em uma caixa de papelão, mantidas a uma temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, no escuro, durante 120h. A cada 24h as sementes eram monitoradas para registrar a germinação e, ao final, foi feita a medição do comprimento da radícula e do hipocótilo com o auxílio de um paquímetro digital, analisando também a inibição do crescimento. Os resultados dos cálculos para o teste ecotoxicológico evidenciaram que as águas analisadas apresentaram um nível de toxicidade baixo, havendo estímulo para a germinação das sementes em razão da presença de nutrientes no meio. Os testes físico-químicos e bacteriológicos apresentaram um nível maior de toxicidade por evidenciar resultados acima dos valores de referência, tratando dos parâmetros estudados e sinalizando a presença de esgoto na rede. A amônia, por exemplo, apresentou valor 27 vezes maior, aproximadamente, que o valor de referência e o Oxigênio Dissolvido (OD) estava cerca de 8 vezes menor no ponto 2 (Estação Elevatória). Para coliformes totais foi mais expressivo o aumento de 19 mi e de *E.coli* aumentou em quase 9 mil vezes, ambos no ponto 1 (rio Poti). Isso compromete a saúde única, sendo um risco para a sustentabilidade, da qual possibilita a disseminação de doenças através dessas águas, contribuindo para a contaminação

* Aluna do Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Ceará – Campus Crateús – E-mail: carminamaria@alu.ufc.br.

** Dra. e Professora do Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Ceará – Campus Crateús – E-mail: thayresandrade@crateus.ufc.br.

e poluição de corpos hídricos e, conseqüentemente, aumento de custos na rede pública de saúde.

Palavras-chave: drenagem urbana; poluição; ecotoxicologia.

ABSTRACT

Rainwater management is done through urban drainage, which captures, drains and directs it to the receiving water body. When the system is constructed properly, it does not interfere with contamination, river pollution or the spread of diseases, also avoiding the intense transport of solid waste and supporting the volume of rainwater that the structure will receive so as not to cause flooding. In Crateús/CE, the drainage system is characterized by an absolute separator type structure, which is the most suitable, where there is separation of rainwater and sewage, and interconnections between the sanitary sewage system and rainwater drainage were identified. Given this context, the main objective of this work is to analyze the impact of water from urban microdrainage in the city of Crateús/CE, on contamination and water pollution of the Poti river, the receiving water body, through physical-chemical, bacteriological analyzes and tests ecotoxicological tests with *Allium cepa* (onion) and *Lactuca sativa* (lettuce) seeds. To this end, samples were collected at four points in the Crateús urban drainage system. The physicochemical and bacteriological analyzes were carried out in partnership with the Regional Laboratory of UNBSC (Business Unit Bacía dos Sertões de Crateús) of Cagece (Companhia de Água e Esgoto do Ceará) following standardized methodologies. For ecotoxicity tests, 10 seeds of each species were placed in Petri dishes (90 mm in diameter), on filter paper to serve as a base, and exposed to 5 ml of each sample. Then, the plates were wrapped in film paper to minimize moisture loss. All plates were placed in a cardboard box, kept at a temperature of $25 \pm 2^\circ\text{C}$, in the dark, for 120h. Every 24 hours, the seeds were monitored to record germination and, at the end, the length of the radicle and hypocotyl was measured with the aid of a digital caliper to analyze growth inhibition. The results of the calculations for the ecotoxicological test showed that the effluent analyzed presented a low level of toxicity, with a stimulus for seed germination due to the presence of nutrients in the medium. The physical-chemical and bacteriological tests showed a higher level of toxicity as they showed results above reference values, considering the parameters studied and signaling the presence of sewage in the network. Ammonia, for example, was approximately 27 times higher than the reference value and Dissolved Oxygen (DO) was approximately 8 times lower at point 2 (Elevation Station). For total coliforms, the increase of 19 million was more significant and for *E.coli* it increased by almost 9 thousand times, both at point 1 (Poti river). This compromises unique health, being a risk to sustainability, which allows the spread of diseases through these waters, contributing to the contamination and pollution of water bodies and, consequently, increased costs in the public health network.

Keywords: urban drainage; pollution; ecotoxicology.

Data de Submissão: / / .

Data de aprovação: / / .

DOI:

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico abrange serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos, coleta e tratamento de esgoto, tratamento e distribuição de água potável, e Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (DMAPU). Este último é categorizado em dois tipos: micro e macrodrenagem. A microdrenagem, de menor escala, refere-se à drenagem das vias públicas através de condutos pluviais, estando presente em ruas e loteamentos, conduzindo o fluxo de água até o sistema de macrodrenagem. Por sua vez, esse sistema maior – macro – inclui os rios, canais e córregos e, assim, suportam um volume de precipitação superior ao da microdrenagem.

A oferta do serviço de drenagem urbana no Brasil é um importante fator relacionado ao processo de urbanização acelerada que teve início em 1950, causando impacto significativo no processo natural de drenagem e no ciclo da água. Desde então, o país tem feito esforços em busca da universalização desse serviço. Atualmente, apenas 43,6% dos municípios brasileiros possuem o sistema exclusivo para DMAPU, 19,2% dos municípios não possuem sistema DMAPU, 10,9% possuem o sistema de drenagem unificado com o esgotamento sanitário e 26,3% possuem sistema combinado, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022).

Esse serviço tem adquirido crescente relevância nos estudos urbanos, especialmente quando associam problemas de drenagem com processos de urbanização desordenada. Diante desses desafios, destaca-se, dentre outras questões, a falta de adequações do escoamento viário, a redução de áreas verdes para infiltração e a ausência de avaliação prévia do impacto de integração de loteamentos novos à rede de drenagem. Qualquer impacto decorrente desse cenário, bem como a redução de riscos de eventos hidrológicos extremos, pode ser prevenido com o Plano Diretor de Drenagem (PDD), que é uma medida estruturante e instrumento municipal de planejamento dos serviços de drenagem urbana (Lima, 2023).

Apesar de sua importância, o PDD está presente em apenas 814 dos 5.570 municípios brasileiros, sendo que a maioria se encontra na região sudeste (SNIS, 2023). Essa situação não é diferente no estado do Ceará, influenciando negativamente na universalização do saneamento. De acordo com o painel do PLANSAB, sobre a necessidade de investimentos na universalização do saneamento básico, foi previsto um valor de 16 bilhões para serem investidos na expansão das infraestruturas de drenagem no Ceará, sendo que em 2022, 57,4% (2.773) dos municípios brasileiros tinham investimento igual a zero (SNIS, 2023).

No Brasil, não existe uma legislação nacional específica e abrangente exclusivamente para o tratamento, controle ou monitoramento do lançamento de águas de drenagem pluvial. Já no caso dos esgotos, há legislações para coleta, tratamento e disposição nos níveis Federal, Estadual e Municipal. De acordo com Jordão e Pessôa (1995), quando não há uma limpeza pública adequada e ocorre uma chuva, ocasionando o runoff, ou seja, escoamento superficial, pode ser bem mais danoso em comparação com o esgoto bruto. Isso fortalece ainda mais a necessidade de uma legislação específica.

O conjunto de práticas incorretas sobre o sistema, gera a contaminação direta das águas pluviais, incluindo o lançamento inadequado de esgoto, lavagem de casas, edifícios, calçadas, via pública e veículos, bem como a disposição de resíduos sólidos nas ruas ou diretamente nos canais, além da presença de dejetos de animais. Nesses casos, observa-se a falta de atenção por parte do poder público para implementar ações efetivas que abordem esses problemas (Gandra, 2020). Com esse cenário, a ampla maioria dos estudos disponíveis na literatura focam na caracterização físico-química das águas de drenagem.

Embora essa caracterização seja importante para avaliar os impactos ambientais, a integração de dados sobre a contribuição tóxica dessas águas é fundamental para avaliar os riscos para os ecossistemas aquáticos. Estudos realizados por Dos Santos (2024) em Campina

Grande/PB concluíram que as condições de infraestrutura do canal, a ausência de esgotamento sanitário e a presença de tubulações clandestinas comprometem a biota aquática e a qualidade de vida dos habitantes da região. Isso contribui para a veiculação de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI). Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o impacto das águas da microdrenagem urbana da cidade de Crateús/CE, na poluição e contaminação hídrica do rio Poti, por meio de análises físico-químicas, bacteriológicas e testes de ecotoxicidade utilizando sementes de *Allium cepa* e *Lactuca sativa* como organismo modelo.

2 DRENAGEM URBANA X POLUIÇÃO HÍDRICA

No Brasil, o lançamento inadequado de efluentes representa um problema urbano complexo, agravado pelo crescimento desordenado das cidades, pela insuficiência de infraestrutura e pela carência de uma fiscalização ambiental eficaz. De acordo com Atlas Esgotos (2017), 38,6% do esgoto não é coletado e 18,8% do esgoto coletado, não é tratado, sendo lançados diretamente em corpos hídricos sem tratamento adequado, contribuindo para a poluição de rios, lagos e zonas costeiras, afetando tanto a saúde pública quanto a biodiversidade aquática.

A sobrecarga dos sistemas de esgotamento sanitário, aliada à existência de sistemas mistos de drenagem e esgoto em muitas cidades, gera uma situação crítica, como a proliferação de doenças de veiculação hídrica e o comprometimento da qualidade das águas. Isso está relacionado ao crescimento dos centros urbanos, onde essa expansão desordenada afeta também o uso e ocupação do solo, reduzindo a infiltração da água por causa da diminuição de áreas permeáveis e, conseqüentemente, afetando o ciclo hidrológico (Oliveira, 2024).

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) afirma que a drenagem urbana é um dos serviços de saneamento básico mais essenciais para gerar qualidade de vida e conforto ao ser humano (PLANSAB, 2019). No cenário nacional de 2022, em média, 84,9% da população era atendida por rede de abastecimento de água, 56,0% por redes de esgotamento sanitário e apenas 43,6% dos municípios possuíam sistema exclusivo para DMAPU. Durante um longo período, no Brasil, a abordagem em relação às soluções de drenagem teve uma visão simplista, que limitava o objetivo do sistema à apenas remover as águas pluviais das áreas urbanas, desconsiderando a importância do desenvolvimento sustentável das cidades (Anchieta, 2022).

Essa simplificação do sistema está relacionada à falta da universalização desses serviços que favorece a presença de diversos contaminantes (SNIS, 2022). Além da contaminação fecal, a drenagem pluvial pode ser fonte de diferentes tipos de contaminantes ambientais, tanto por lançamentos interiores, quanto através de lançamentos diretos em praias e estuários. Pode haver a presença de sedimentos, nutrientes, sólidos em suspensão, matéria orgânica, metais pesados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Esse excesso de nutrientes acelera o processo de eutrofização. Isso acontece porque os fungos e bactérias consomem o oxigênio presente na água resultando na morte da cadeia trófica aquática (Saes, 2014).

Mesmo que os efluentes domésticos sejam tratados antes do lançamento, isso reflete um fator de desequilíbrio no ecossistema, provocando também o decréscimo do oxigênio dissolvido (Von Sperling, 2005). Esses efluentes apresentam também nitrogênio total (amônia, nitrito, nitrato e nitrogênio orgânico), fósforo total (fósforo orgânico e inorgânico), cloretos, óleos, graxas, pesticidas, fármacos etc (Von Sperling, 2006). No Brasil, os estudos que abordam a drenagem pluvial como potencial fonte de contaminantes são recentes.

Em uma caracterização físico-química, microbiológica e ecotoxicológica das águas pluviais do sistema de drenagem urbana de Santos (SP), feita por Gandra (2020), concluiu-se que em todos os pontos estudados houve contaminação de influência antrópica. De acordo com Saes (2014), que estudou a influência da drenagem na poluição da zona marinha costeira de Fortaleza/CE, a concentração da carga de nutrientes é maior no período seco, intensificando a toxicidade, presença de coliformes e contaminantes no ambiente.

Considerando a importância de ter uma boa estrutura de drenagem para adquirir os benefícios desse serviço, Satiro (2019) fez uma pesquisa na cidade de Cajazeiras/PB afirmando que o sistema é danificado pela presença de resíduos sólidos e esgoto, provocando o entupimento de bocas de lobo, poluição difusa, alagamentos e causando doenças. Um estudo feito por Calado (2023) sobre os aspectos atuais das águas pluviais e saneamento do município de Aparecida/PB, enfatizou que a má estrutura da rede de drenagem gera impactos ambientais, inundações, desmoronamentos, surgimento de doenças e citou também que essa realidade é devido à falta de investimento nos serviços de saneamento.

Quanto ao nível de conscientização acerca dos benefícios de se ter saneamento, de acordo com Soares (2022), em uma pesquisa feita com os moradores das comunidades de Tucuns e Queimadas no interior de Crateús/CE sobre questões sanitárias, 12% dos entrevistados não sabem ou desconhecem que há a possibilidade de doenças serem transmitidas através da água. Esse dado mostra a necessidade de avançar ainda mais na conscientização dos benefícios que o saneamento proporciona. Atrelado a isso, um dos objetivos do sistema de drenagem é favorecer as condições de salubridade ao ser humano por meio de medidas que minimizem os riscos de transmissão de doenças para a população (Fatima, 2013; Tucci et al., 2001).

No período chuvoso é comum aumentar a quantidade de vetores, como o mosquito *Aedes aegypti*, que transmite os vírus da dengue, chikungunya, zika vírus e febre amarela. Em um estudo feito por Almeida e Castro (2018) que avaliou as condições que favorecem o crescimento dessas doenças, observaram que o risco era mais alto em locais onde tinha água parada por não haver serviço de drenagem pluvial, associado com condições de temperatura, precipitação e umidade adequadas para manter o ciclo de vida do mosquito. No município de São Benedito/CE, a proliferação de contágios relacionados às endemias foi diretamente influenciada pela falta de saneamento básico, associando-se a drenagem urbana à coleta de resíduos, visando a destinação final adequada e a prevenção do acúmulo de materiais em locais inadequados (Melo, 2021).

No Ceará, tem-se o caso da cidade de Crato que, de acordo com Bezerra (2024), os bairros que tinham ineficiência no sistema de drenagem urbana e possuíam áreas de risco ambiental apresentaram altas incidências de casos de Chikungunya e dengue. Entre as principais doenças diretamente relacionadas à falta ou ineficiência dos serviços de drenagem, destacam-se: dengue, diarreia, cólera, malária, cisticercose, leptospirose, febre amarela e filariose. Com isso, estima-se que um saneamento básico deficiente seja responsável por cerca de 65% das internações hospitalares no país e por 80% das doenças. A média nacional corresponde a 65 internações por 100 mil habitantes (Alcantara, 2023).

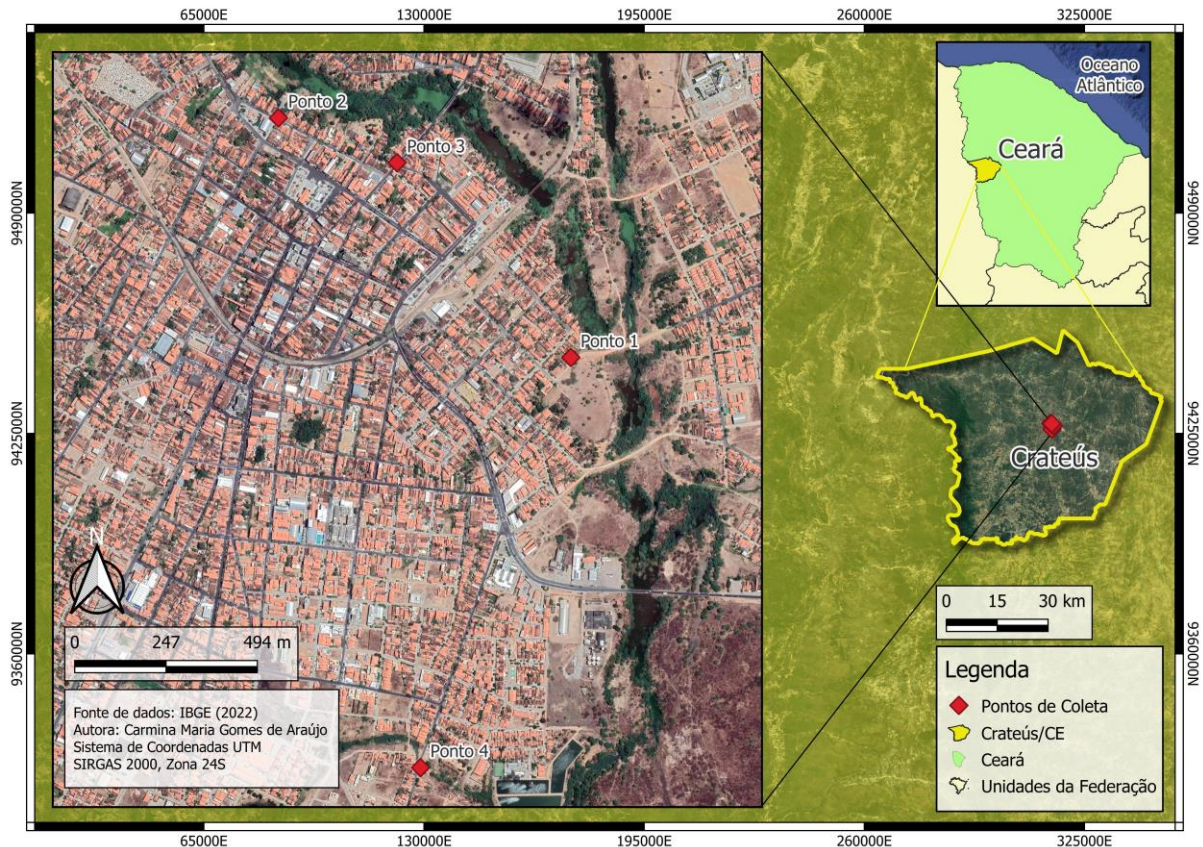
3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo trata-se da cidade de Crateús/CE, mais especificamente na rede de microdrenagem. Inicialmente, foi realizado um levantamento desse sistema, que é considerado unitário, juntamente com a secretaria de infraestrutura do município, identificando os pontos para realização das coletas, como mostra a figura 1. Ele faz parte da

Região Hidrográfica dos Sertões de Crateús (RHSC) que se localiza na parte ocidental do Estado do Ceará, entre as latitudes $4^{\circ}36'44''\text{S}$ - $6^{\circ}07'40''\text{S}$ e longitudes $40^{\circ}00'00''\text{W}$ - $41^{\circ}09'16''\text{W}$ é parte integrante da Região Hidrográfica do Parnaíba, sendo, portanto, área Federal, tem o rio Poti como rio principal no seu alto curso e em território cearense compreende a rede de drenagem da margem esquerda e direita do rio Poti, tendo sete principais afluentes, a saber: Riacho do Meio, Riacho de Dentro, Riacho dos Cavalos, Rio Diamante, Riacho Cachoeira, Rio Pinheiros e Riacho dos Campos.

Figura 1 – Mapa de localização dos pontos da coleta



Fonte: elaborada pela autora.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante da região é semiárido quente (Bsh) e tropical de savana (As) ao se aproximar da divisão com a Região Hidrográfica da Ibiapaba (Muniz et al., 2017). A Bacia Hidrográfica dos Sertões de Crateús que é composta por nove municípios e tem uma capacidade de acumulação de águas superficiais de $411.988.865 \text{ m}^3$, possui uma área de 10.821 km^2 , abrangendo a rede de drenagem do rio Poti (COGERH, 2022). De acordo com o Perfil Municipal de Crateús (2017), o município apresenta um período chuvoso de janeiro a abril, com temperatura média de 26°C a 28°C , pluviosidade de $731,2 \text{ mm}$, solos do tipo latossolo e planossolo, e a vegetação é de caatinga, floresta caducifólia e floresta subcaducifólia (IPECE, 2017).

3.2 Coleta das amostras

Inicialmente, foram feitas visitas *in loco* para realizar as coletas em quatro pontos mais próximos do local onde as águas da rede de microdrenagem deságuam no rio Poti. A figura 1, mostra o mapa de localização dos pontos de coleta, e o quadro 1, mostra o

detalhamento quanto à origem da galeria, ao ponto de referência e à localização dos pontos coletados.

Quadro 1 – Pontos de coleta na microdrenagem de Crateús-CE

Ponto	Origem da galeria	Ponto de Referência	Localização
1	Hospital São Lucas	Passagem molhada do rio Poti que dá acesso ao bairro Venâncios	- Rua Alexandre Bonfim; - 5,1788855 S/ 40,6617036 W
2	Rua 13 de Maio	Atrás da praça do Barroço (Estação Elevatória)	- Rua Poty; - 5,1729583 S/ 40,6682203 W
3	CAGECE	Orient Plaza Hotel	- Rua Cel. Lúcio; - 5,173933 S / 40,6659414 W
4	Guarda Municipal	Ponte Maratoan	- Rua Gustavo Barroso; - 5,1886434 S / 40,6643832 W

Fonte: elaborada pela autora.

Foram feitas duas campanhas de coletas, uma em maio/junho de 2023 e outra em junho/julho de 2024, não sendo período chuvoso. Foram coletados aproximadamente 3L de amostras em frascos de polietileno e vidro borossilicato para realizar os testes ecotoxicológicos, físico-químicos e bacteriológicos. As amostras foram transportadas em caixas térmicas com gelo para garantir a preservação até o Laboratório de Ecotoxicologia e Avaliação Ambiental (LEAA) da UFC campus de Crateús. As análises físico-químicas e bacteriológicas foram realizadas em parceria com o laboratório de monitoramento da qualidade da água da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e consistiram na análise dos seguintes parâmetros: amônia, cloreto, fósforo total, oxigênio dissolvido, pH, cloreto, coliformes totais e *Escherichia coli*. As análises físico-químicas seguiram os métodos listados no quadro 2.

Quadro 2 – Métodos para as análises físico-químicas e bacteriológicas adotados pela CAGECE

Parâmetros	Métodos
Amônia (como N)	4500-NH3 D, SMEWW ¹ 23RD ED., 2017
Cloreto	4500-CL-B, SMEWW 23RD ED., 2017
Coliformes totais	9223, SMEWW 23RD ED., 2017
<i>Escherichia coli</i>	9223, SMEWW 23RD ED., 2017
Fósforo total	4500-P J, SMEWW 23RD ED., 2017
Oxigênio dissolvido	4500-O C, SMEWW 23RD ED., 2017
pH	4500-H+ B, SMEWW 24TH ED., 2023

Fonte: CAGECE (2020).

¹ Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.

Os testes de ecotoxicidade foram realizados no Laboratório de Ecotoxicologia e Avaliação Ambiental (LEAA) na UFC campus de Crateús. Inicialmente as sementes da marca Isla® e Topseed Garden® foram submetidas a um pré-resfriamento durante um período de sete dias para *Allium cepa* e três dias para *Lactuca sativa*, a uma temperatura de $\pm 10^{\circ}\text{C}$ para quebra de dormência, de acordo com as recomendações das Regras para Análise de Sementes

(RAS), de 2009. Os testes foram realizados imediatamente após a coleta das amostras, em triplicata (três placas por ponto), totalizando 18 placas por espécie de semente.

Para tanto, foram utilizadas placas de Petri (90 mm de diâmetro), previamente lavadas com água destilada. Em cada placa, foi colocada uma folha de papel filtro (porosidade de 14 μm), sobre a qual se dispuseram dez sementes. As sementes foram umedecidas com 5 mL da amostra coletada de cada ponto específico. Em seguida, as placas foram envolvidas com filme plástico de PVC para evitar a perda de umidade. O controle negativo (P0) foi feito com 5 mL de água destilada e o controle positivo (P5) com 5 mL de uma solução de sulfato de zinco (ZnSO_4) a 1%. Todas as condições de realização dos ensaios estão descritas na tabela 1.

Tabela 1 – Condições de realização dos ensaios de *Lactuca sativa* e *Allium cepa* por coleta

Parâmetros	<i>Allium cepa</i>	<i>Lactuca sativa</i>
Tipo de ensaio	Estático	Estático
Temperatura do Ambiente	24 \pm 1 °C	24 \pm 1 °C
Volume soluções teste	5mL	5mL
Volume p/ repor umidade	1mL	1mL
Água de diluição	Água destilada	Água destilada
Nº de réplicas	3	3
Nº de sementes por réplica	10	10
Nº total de sementes	180	180
Nº total de placas	18	18
Duração do ensaio	120h	120h
Controle Negativo	Água destilada	Água destilada
Controle Positivo	Sulfato de Zinco (ZnSO_4) à 1%	Sulfato de Zinco (ZnSO_4) à 1%

Fonte: elaborada pela autora.

Em seguida, as placas foram armazenadas em uma caixa de papelão, na ausência de luz, mantendo-se a temperatura descrita na tabela 1 e sendo monitoradas a cada 24h, durante um período de cinco dias. As germinações observadas diariamente, com radículas superiores a 1 mm, foram registradas em planilhas do Excel. Os protocolos seguidos estavam de acordo com as metodologias recomendadas pela OECD (2003), US EPA (2012) e pelas RAS do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Para a validação do teste, é necessário que o controle negativo (CN) apresente uma taxa de germinação superior a 90%.

Ao término do período de 120 horas, iniciou-se a medição do comprimento das radículas e dos hipocótilos, estruturas morfológicas das plântulas, utilizando um paquímetro digital. Os dados mensurados foram analisados com o auxílio do programa estatístico Sigmaplot 12.5 e por três índices: Índice de Germinação (IG); Índice de Porcentagem de Germinação Residual Normalizado (IGN); e Índice de Porcentagem de Alongamento Radical Residual Normalizado (IER). Os cálculos são feitos conforme detalha a tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Equações para a análise dos dados dos testes ecotoxicológicos

Índice	Equação
GRS (%)	$\frac{n^{\circ} \text{ de sementes germinadas com amostra}}{n^{\circ} \text{ de sementes germinadas no controle negativo}} * 100$
CRR (%)	$\frac{\text{comprimento médio da radícula com amostra}}{\text{comprimento médio da radícula no controle negativo}} * 100$
IG (%)	$\frac{GRS (\%) * CRR (\%)}{100}$
IGN (%)	$\frac{Germ^1 - Germcontrole^2}{Germcontrole}$
IER (%)	$\frac{along^3 - alongcontrole^4}{alongcontrole}$
PIC (%)	$\frac{compcontrole^5 - comp.ponto^6}{compcontrole} * 100$

Fonte: Adaptado de Lelis (2017).

¹Porcentagem média de sementes germinadas em cada amostra; ²Porcentagem de sementes germinadas no controle; ³Comprimento médio da radícula das sementes germinadas em cada amostra; ⁴Comprimento médio da radícula das sementes germinadas no controle; ⁵Comprimento da radícula/hipocótilo do controle negativo; ⁶Comprimento da radícula/hipocótilo em cada ponto.

O nível de toxicidade resultante é com base no resultado do IGN (%) e IER (%), a saber: baixa de 0 a -0,25; moderada de -0,25 a -0,5; alta de -0,5 a -0,75; muito alta de -0,75 a -1,0; e hormese para valores maiores que zero. Foram analisados também a Germinação Relativa da Semente (GRS) e o Crescimento Relativo da Radícula (CRR). Ao final foi calculado a Porcentagem de Inibição do Crescimento (PIC) para verificar as relações existentes com outros parâmetros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análises físico-químicas e bacteriológicas

Os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas das águas da microdrenagem são apresentados na tabela 3. Os valores destacados em negrito representam os parâmetros que estão acima dos valores permitidos na legislação. O Valor de Referência (VR) para todos os parâmetros teve como base a resolução CONAMA N°357/05 para Classe II, obtendo essa classificação de acordo com o IPECE (2017).

Tabela 3 – Resultados analíticos das coletas (físico-químicos e bacteriológicos)

Ponto	Parâmetro	Resultado		VR
		Coleta 1	Coleta 2	
Rio Poti	Amônia	25,4 mg/L	16,3 mg/L	2 mg/L (7,5 < Ph <= 8,0)
	Cloreto	82,09 mg/L	74,70 mg/L	250
	Fósforo total	0,47 mg/L	0,05 mg/L	0,1

	Oxigênio dissolvido	1,1 mg/L	3,1 mg/L	>= 5,0
	pH	7,73	7,64	6,0 a 9,0
	Coliformes totais	19,863 x 10⁶ NMP/100 mL	>2,4196 x 10⁵ NMP/100 mL	-
	<i>Escherichia coli</i>	8,664 x 10⁶ NMP/100 mL	>2,4196 x 10⁵ NMP/100 mL	NMP<1000 em 100mL
Estação Elevatória	Amônia	54,4 mg/L	55,4 mg/L	3,7 mg/L (Ph <= 7,5)
	Cloreto	143,53 mg/L	147,10 mg/L	250
	Fósforo total	1,01 mg/L	0,1 mg/L	0,1
	Oxigênio dissolvido	<0,63 mg/L	<0,63 mg/L	>= 5,0
	pH	7,29	7,76	6,0 a 9,0
	Coliformes totais	>2,4196 x 10³ NMP/100 mL	>2,4196 x 10⁵ NMP/100 mL	-
	<i>Escherichia coli</i>	>2,4196 x 10³ NMP/100 mL	>2,4196 x 10⁵ NMP/100 mL	NMP<1000 em 100mL
Orient Hotel	Amônia	18,5 mg/L	10,8 mg/L	2 mg/L (7,5 < Ph <= 8,0)
	Cloreto	81,21 mg/L	72,00 mg/L	250
	Fósforo total	0,28 mg/L	0,05 mg/L	0,1
	Oxigênio dissolvido	1,50 mg/L	4,10 mg/L	>= 5,0
	pH	7,69	7,68	6,0 a 9,0
	Coliformes totais	>2,4196 x 10³ NMP/100 mL	>2,4196 x 10⁵ NMP/100 mL	-
	<i>Escherichia coli</i>	5,172 x 10⁸	>2,4196 x 10⁵ NMP/100 mL	NMP<1000 em 100mL
Ponte Maratoan	Amônia	4,1 mg/L	3,9 mg/L	2 mg/L (7,5 < Ph <= 8,0)
	Cloreto	136,10 mg/L	86,00 mg/L	250
	Fósforo total	0,11 mg/L	0,09 mg/L	0,1
	Oxigênio dissolvido	3,1 mg/L	3,6 mg/L	>= 5,0
	pH	7,61	7,43	6,0 a 9,0
	Coliformes totais	3,076 x 10⁴ NMP/100 mL	6,867 x 10⁴ NMP/100 mL	-

<i>Escherichia coli</i>	1,7329 x 10³	2,06 x 10³	NMP<1000 em 100mL
-------------------------	--------------------------------	------------------------------	-------------------

Fonte: CAGECE (adaptado pela autora).

Os resultados indicaram que diversos parâmetros analisados ultrapassam os limites estabelecidos pela legislação ambiental brasileira, considerando as Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011, que definem os valores máximos permitidos para águas de classe II e padrões para lançamento de efluentes. Nos quatro pontos analisados, os níveis de amônia excederam os valores estabelecidos. A concentração mais elevada foi registrada no Ponto 2 (Estação Elevatória), com valores de 54,4 e 55,4 mg/L para as duas coletas. Estes altos valores podem ser explicados pelo fato deste ponto de drenagem receber os efluentes da lavagem de filtros da Estação de Tratamento de Águas do município ou pela presença inadequada dos sistemas de esgotamento sanitário.

A quantidade expressiva de amônia pode representar um risco potencial aos ecossistemas aquáticos, uma vez que, em altas concentrações se torna tóxica para organismos aquáticos, incluindo peixes. Ela também representa uma contaminação recente e próxima, pois a formação da amônia é o primeiro estágio no processo de decomposição da matéria orgânica (Bonfim, 2013). A exposição da biota aquática a quantidades elevadas de amônia, pode resultar no aumento de enzimas que estão relacionadas ao estresse oxidativo como catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD), liberação de citocinas referentes ao dano no DNA e apoptose - morte celular programada -, alterações na expressão gênica (ZHANG et al. 2020) e a eventuais mortandades de peixes (Von Sperling, 1996). Muitas espécies não suportam concentrações maiores que 5 mg/L, sendo que a oxidação biológica da amônia promove o consumo do oxigênio dissolvido (CETESB, 2008).

A concentração de nutrientes é um parâmetro relevante para a qualidade da água, uma vez que eles estão associados ao desenvolvimento de algas, fundamentais para o equilíbrio da cadeia trófica aquática e para a manutenção dos níveis de oxigênio. O fósforo total das águas de drenagem também apresentou valores acima do limite (0,1 mg/L) em todos os Pontos, exceto no Ponto 04 (Ponte Maratoan). Altas concentrações de fósforo são indicativos de poluição por efluentes, podendo, em conjunto com altos níveis de amônia, levar à eutrofização dos corpos d'água. O aumento da proliferação de algas pode levar à diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido, afetando peixes e outros organismos mais sensíveis (Gandra, 2020).

A análise das águas de microdrenagem também demonstrou que os níveis de oxigênio dissolvido das amostras estão bem abaixo do mínimo recomendado que é ser maior ou igual a 5, em quase todos os pontos analisados. As concentrações variaram de 0,63 mg/L para o Ponto 2 (Estação Elevatória) a $19,863 \times 10^6$ mg/L para o ponto 1 (rio Poti). Essa baixa concentração de oxigênio dissolvido e elevados níveis de nutrientes, como fósforo e amônia, conforme observado no presente estudo, podem estar relacionados à presença de matéria orgânica em decomposição (Gomes, 2014).

Em relação ao cloreto, todos os pontos apresentaram valores abaixo do VR de 250 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005. Embora estejam dentro do permitido, é importante monitorar esse parâmetro, pois concentrações mais altas de cloreto podem comprometer a vida aquática. O esgoto é uma fonte de cloreto e, em média, apresenta uma concentração acima de 15 mg/L, já que, através da urina, cada pessoa libera diariamente 6g de cloreto (Da Silva, 2023). Os valores de pH e temperatura se mantiveram dentro do intervalo permitido, 6 a 9,0 e 27°C a 31°C, respectivamente.

Em relação à contaminação bacteriológica, os níveis de coliformes totais e *E. coli* apresentaram valores extremamente elevados, superando bastante os VRs, sendo até 0 e NMP<1000 em 100mL, respectivamente, para a CONAMA 357/2005, e sendo até 1.000 e

800 em 100mL, respectivamente, para a CONAMA 274/200 em questão de balneabilidade. Os maiores valores foram encontrados nos Pontos 1 e 4. Esses valores indicam contaminação fecal significativa, evidenciando que há interconexões entre os sistemas de esgoto e drenagem pluvial (Dos Santos, 2024).

A presença de patógenos pode representar graves riscos à saúde pública, especialmente em áreas urbanas próximas aos corpos hídricos. No Brasil, em 2022, houve cerca de 191.418 internações por doenças de veiculação hídrica. No Ceará, esse número reduziu para 10.898 e, em Crateús, chegou a 93 (DATASUS, 2022). De 2005 a 2021 houve redução de 71,8% dos casos de internações por DVH no Ceará devido ao aumento da taxa de cobertura dos serviços de saneamento, segundo o Trata Brasil (2023). Esses dados também têm relação com o acesso aos serviços de coleta de esgoto.

Considerando uma população de 76.390 em Crateús/CE, sendo 203.080.756 no estado, apenas 50,49% dos domicílios do município estão conectados à rede de esgoto (IBGE, 2022) e 67,8% da população não tem coleta de esgoto, segundo o Painel Saneamento Brasil (2022). Isso sugere inadequações na destinação correta do esgoto, que pode se misturar com as águas pluviais, principalmente em períodos chuvosos, gerando problemas para a saúde pública e poluição do meio ambiente.

Os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas indicam que as águas da microdrenagem urbana de Crateús contribuem significativamente para a poluição e contaminação do rio Poti. A elevada concentração de nutrientes, a baixa oxigenação e a contaminação bacteriológica comprometem a qualidade da água e a saúde do ecossistema. Além disso, esses resultados ressaltam a necessidade de intervenções no sistema de drenagem e de medidas de tratamento eficazes para minimizar os impactos ambientais e os riscos à saúde pública.

Em comparação com outros estudos sobre drenagem urbana, constatou-se que, apesar da disponibilidade do serviço de coleta de esgoto, o número alto de ligações clandestinas de águas residuais nas galerias de águas pluviais, continua sendo o vilão da poluição juntamente com a falta de saneamento básico, como é o caso do rio Poti na região de Teresina/PI. Nesse rio, são despejados esgotos provenientes de 30 bocas de lobo (Morais, 2023). De acordo com Fátima (2013), há também uma relação forte entre DVH e a drenagem urbana. Além disso, Saes (2014) mostrou que há uma relação entre a drenagem urbana e a poluição da zona marinha costeira através de coliformes e outros contaminantes que, junto com uma carga maior de nutrientes, aumentam a toxicidade na drenagem urbana.

Essa realidade evidencia o baixo nível de qualidade dos serviços de drenagem que se tem atualmente. Na sede do município de Crateús tem-se um sistema de drenagem do tipo combinado, ou seja, uma parte é exclusiva (apenas águas pluviais) e outra é unitária (águas pluviais e esgoto), composta por 80 bocas de lobo e 50 bocas de leão/lobo múltiplas (SNIS, 2024). As águas dessa rede deságuam no Rio Poti que atravessa o perímetro urbano do município e abrange os estados do Ceará e do Piauí. Em períodos de maior incidência de chuvas, que compreendem os meses de janeiro a abril (FUNCEME, 2024), a sede do município apresenta doze pontos de alagamento. Isso demonstra ineficiência dos serviços de drenagem, os quais ficam sobrecarregados após precipitações intensas em um curto espaço de tempo. É importante ressaltar que a ocupação das áreas de preservação permanente com a consequente remoção da mata ciliar, favorecem esses acontecimentos (Lopes, 2023).

Essa defasagem do sistema de drenagem urbana combinada com a baixa oferta de outros serviços de saneamento, gera impactos econômicos, sociais e ambientais, além de ampliar a pressão sobre os serviços de saúde. Segundo o Painel Saneamento Brasil, em 2022, o cenário foi de 12,17 incidências de internações totais por Doenças de Veiculação Hídrica, por 10 mil habitantes em Crateús. Em 2010 essa incidência chegou a 65,10. Fazendo um comparativo anual das despesas com internações por DVH, tem-se que em 2010 o município

gastou cerca de 158 mil, enquanto em 2022 esse gasto foi de quase 34 mil, evidenciando uma redução mais considerável. Esse valor reduzido está relacionado aos investimentos feitos no saneamento básico, que em 2022 foi de quase 21 milhões. No estado, esse investimento foi crescendo 6,4% ao ano, ou seja, entre 2005 e 2021, o valor (R\$) investido no saneamento do Ceará foi de 134,11 milhões, subindo para 363,87 milhões, segundo o Trata Brasil (2023).

4.2 Análises ecotoxicológicas

A coleta realizada para as análises ecotoxicológicas aconteceram exatamente no período de maio de 2023 e junho de 2024. Foi estudado os resultados de percentual de germinação, do comprimento da radícula e hipocótilo, dos índices apresentados na tabela 2 e, por fim, se houve diferença significativa entre os pontos.

4.2.1 Ensaio com sementes de *Allium cepa* e *Lactuca sativa*

A toxicidade aguda das águas de drenagem de Crateús foi determinada por meio da sobrevivência (% de germinação das sementes) e pela medição de radícula e hipocótilo das sementes germinadas. A tabela 4 apresenta as porcentagens de germinação de ambas as sementes testadas nos dois períodos amostrais, erro padrão e o seu desvio padrão. As sementes do controle negativo se desenvolveram como o esperado, apresentando porcentagens de germinação acima de 90%, exceto as sementes de *A. cepa*, na primeira coleta, cuja taxa de germinação foi de 77%.

O percentual adequado, segundo a metodologia de Sobrero e Ronco (2004), é de 90%, no mínimo, e de 80% para a OECD (2006). Uma vez que esse percentual de germinação esteve abaixo do critério de validação do teste, os dados desse experimento não foram analisados para os demais parâmetros. O controle positivo com sulfato de zinco causou a inibição da germinação das sementes, conforme o esperado.

Tabela 4 – Percentual de germinação e desvio padrão

Ponto	<i>Allium cepa</i>				<i>Lactuca sativa</i>			
	Coleta 1 (%)	Desvio Padrão	Coleta 2 (%)	Desvio Padrão	Coleta 1 (%)	Desvio Padrão	Coleta 2 (%)	Desvio Padrão
CN ¹	77	-	97 ± 0,33	0,58	100 ± 0,00	1,15	100 ± 0,00	0,00
P1	83	-	97 ± 0,33	1,00	85 ± 0,67	0,00	100 ± 0,00	0,00
P2	77	-	90 ± 0,58	1,15	100 ± 0,00	0,58	100 ± 0,00	0,00
P3	90	-	93 ± 0,67	3,21	103 ± 0,33	0,58	100 ± 0,00	0,00
P4	80	-	77 ± 1,86	0,58	103 ± 0,33	0,00	100 ± 0,00	1,00
CP ²	-	-	73 ± 0,33	0,58	-	-	20 ± 0,58	0,00

Fonte: elaborada pela autora.

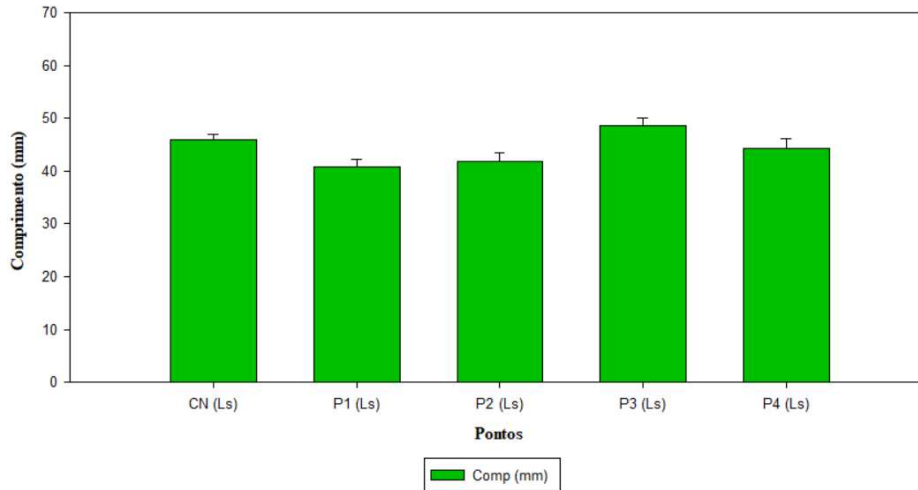
¹Controle Negativo; ²Controle Positivo.

A exposição às águas de drenagem parece não afetar as taxas de germinação das sementes. Embora seja possível observar uma redução nas taxas de germinação de *Allium cepa* na segunda coleta (77%), esses efeitos não foram significativos. Em relação ao crescimento da radícula e do hipocótilo, eles são considerados parâmetros vitais para a sobrevivência do vegetal e qualquer interferência em seu desenvolvimento pode ser um indicativo da presença de substâncias tóxicas (Oliveira, 2024).

Nas plântulas, as raízes são as primeiras estruturas a entrarem em contato com

substâncias tóxicas. Por isso, em testes de toxicidade é recomendado utilizar o crescimento da radícula como parâmetro (Castro, 2022). Segundo Leles (2017), o ensaio de alongamento da radícula e hipocótilo é considerado um indicador subletal por permitir avaliar concentrações muito baixas de contaminantes. O gráfico 1 apresenta o comprimento médio da radícula de *Lactuca sativa* na coleta 1.

Gráfico 1 – Comprimento médio da radícula de *Lactuca sativa* na coleta 1.

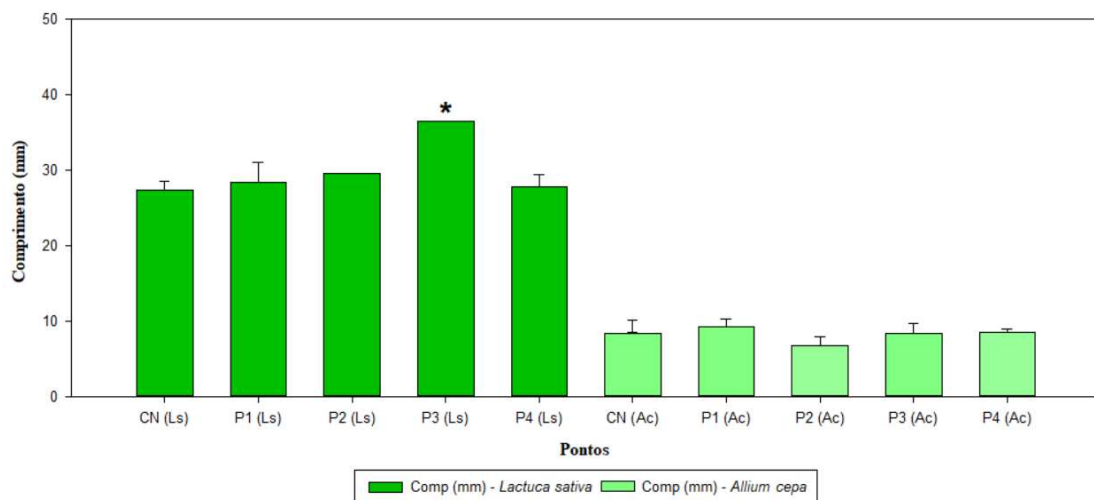


Fonte: elaborado pela autora.

*: Indica uma diferença significativa entre a amostra e o controle negativo.

O gráfico 2 apresenta o da coleta 2 incluindo *Allium cepa* após exposição às águas de microdrenagem. É possível observar que para ambos os períodos de coleta, as sementes de *Lactuca sativa* expostas apresentaram percentuais de crescimento semelhantes ou maiores quando comparadas ao controle negativo (P0), sendo estatisticamente significativo ($p \leq 0,05$) para as sementes expostas às amostras do Ponto 3 (Orient Hotel) na segunda coleta. Já as de *Allium cepa* apresentaram percentuais de crescimento semelhantes entre si com o controle negativo (P0) também. O ponto 2 (Estação Elevatória) apresentou um comprimento menor em comparação aos demais pontos, mas não foi estatisticamente significativo.

Gráfico 2 – Comprimento médio da radícula de *Lactuca sativa* e *Allium cepa* na coleta 2

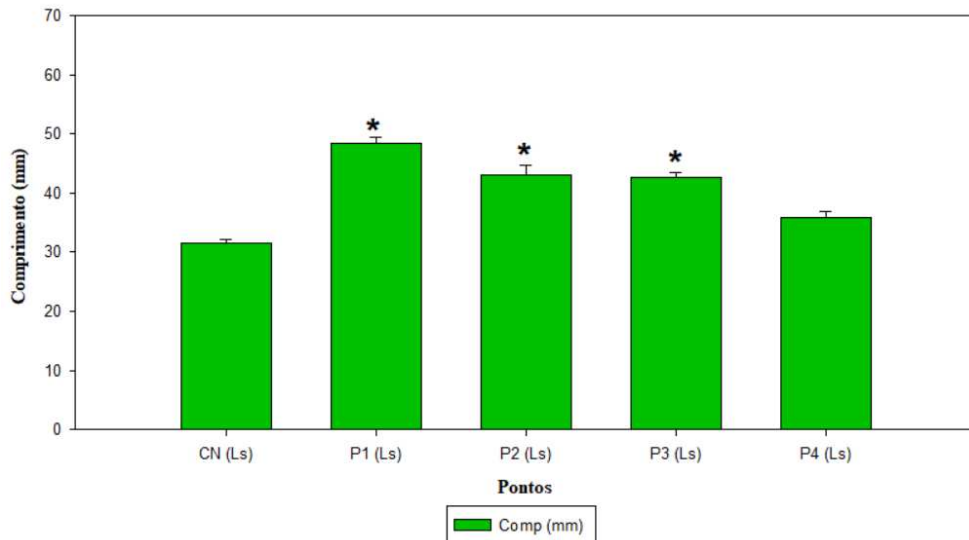


Fonte: elaborado pela autora.

*: Indica uma diferença significativa entre a amostra e o controle negativo.

O mesmo comportamento pôde ser observado de forma mais evidente para o parâmetro de comprimento do hipocótilo. No gráfico 3, as sementes de *Lactuca sativa* expostas às amostras dos pontos 1, 2 e 3 apresentaram crescimento significativamente ($p \leq 0,05$) maior quando comparadas ao controle negativo (P0) no primeiro período amostral, e para os pontos 2 e 3 no segundo período ($p \leq 0,05$), como no gráfico 4.

Gráfico 3 – Comprimento médio do hipocótilo de *Lactuca sativa* na coleta 1

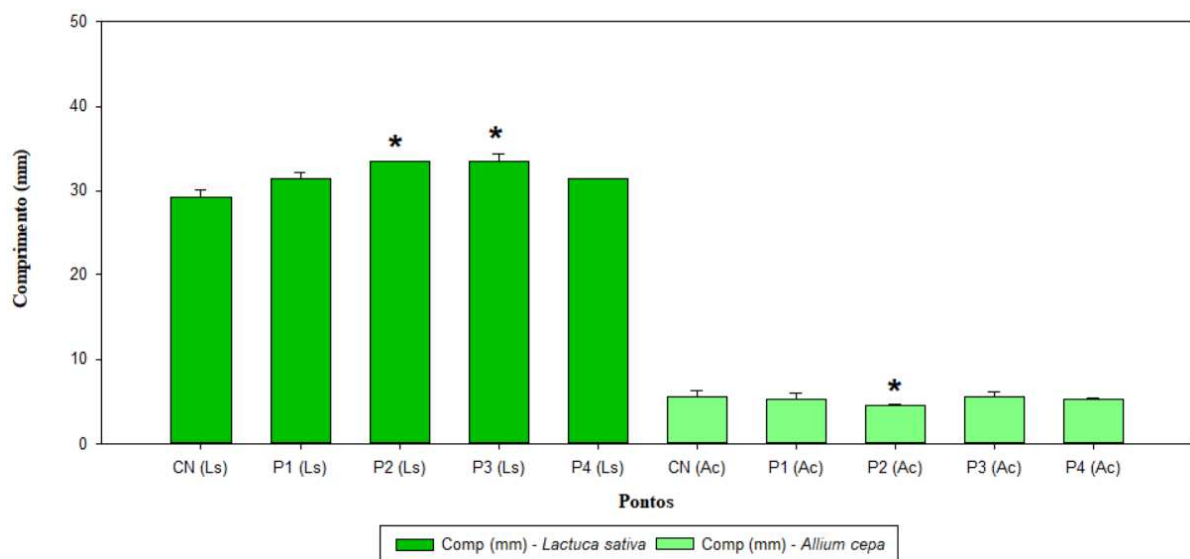


Fonte: elaborado pela autora.

*: Indica uma diferença significativa entre a amostra e o controle negativo.

Em relação à *Allium cepa* esse mesmo comportamento do gráfico 3 é identificado anteriormente. O ponto 2 (Estação Elevatória) no gráfico 4 apresentou uma diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) em comparação com o controle negativo (P0).

Gráfico 4 – Comprimento médio do hipocótilo de *Lactuca sativa* e *Allium cepa* na coleta 2



Fonte: elaborado pela autora.

*: Indica uma diferença significativa entre a amostra e o controle negativo.

Nos resultados obtidos verificou-se que os parâmetros de comprimento da radícula e hipocótilo apresentaram pouca sensibilidade em relação à presença de contaminantes na amostra. De acordo com Castro (2022), esse parâmetro é mais sensível quando comparado à taxa de germinação. A análise do percentual de inibição está demonstrada na tabela 5 juntamente com o erro padrão referente ao comprimento de radícula e hipocótilo.

Tabela 5 – Erro padrão da medida de comprimento da radícula e hipocótilo e o percentual de inibição (%)

Erro Padrão						
Ponto	<i>Lactuca sativa</i>				<i>Allium cepa</i>	
	Radícula C1 (cm)	Radícula C2 (cm)	Hipocótilo C1 (cm)	Hipocótilo C2 (cm)	Radícula C2 (cm)	Hipocótilo C2 (cm)
P1	0,28	0,15	0,31	0,08	0,08	0,04
P2	0,22	0,14	0,22	0,10	0,09	0,04
P3	0,15	0,11	0,06	0,08	0,08	0,05
P4	0,20	0,15	0,11	0,14	0,09	0,05
CN	0,11	0,14	0,05	0,09	0,08	0,04
Percentual de Inibição (%)						
P1	22,62	-8,52	-33,35	-7,10	-2,52	7,19
P2	12,09	-3,23	-31,64	-9,54	23,97	35,71
P3	-6,17	-29,48	-35,46	-14,84	11,39	9,14
P4	3,04	-3,11	-13,55	0,75	33,78	46,74
CN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: elaborada pela autora.

Esses dados mostram que os pontos das coletas referentes à *Lactuca sativa* foram os que apresentaram o menor percentual, principalmente os de hipocótilo da coleta 1. Esse dado negativo significa que o crescimento foi maior em comparação com o ponto de controle, ou seja, houve um estímulo para a germinação que pode ser pela presença de nutrientes. Em relação ao maior percentual, tem-se os pontos da coleta 2 de *Allium cepa* indicando um nível maior de inibição. Em uma avaliação ecotoxicológica feita por Alves (2015), mostrou que o aumento da concentração de contaminantes pode gerar efeitos de estimulação ou inibição.

Uma vez obtidos os resultados de germinação e crescimento radicular, foi possível calcular os índices de germinação e alongamento. Segundo Leles (2017), é possível identificar o nível de toxicidade de acordo com o resultado dos índices citados, classificando-os nos seguintes intervalos: baixa, entre 0 e -0,25; moderada, entre -0,25 e -0,5; alta, entre -0,5 e -0,75; muito alta, entre -0,75 e -1,0; hormese, para valores acima de 0. As tabelas 6 e 7 apresentam os resultados dos cálculos feitos no excel para as sementes de L. sativa e A. cepa, respectivamente.

Tabela 6 – Resultados do GRS, CRR, IG, IGN e IER, em percentual, para *Lactuca sativa*

Ponto	Coleta 1					Coleta 2				
	GRS	CRR	IG	IGN	IER	GRS	CRR	IG	IGN	IER
CN ¹	100,00	100,00	100,00	0,000 ^B	0,000 ^B	100,00	100,00	100,00	0,000 ^B	0,00 ^B
P1	106,15	79,81	84,72	0,062 ^H	-0,23 ^B	100,00	105,25	105,25	0,000 ^B	0,09 ^H
P2	103,08	90,67	93,46	0,031 ^H	-0,12 ^B	98,67	100,12	98,78	-0,013 ^B	0,03 ^H
P3	117,69	109,51	128,88	0,177 ^H	0,06 ^H	98,00	125,58	123,07	-0,020 ^B	0,29 ^H
P4	116,15	103,14	119,80	0,162 ^H	-0,03 ^B	100,00	96,98	96,98	0,000 ^B	0,03 ^H

CP ²	-	-	-	-	-	16,00	0,00	0,00	-0,840 ^{MA}	-1,00 ^{MA}
-----------------	---	---	---	---	---	-------	------	------	----------------------	---------------------

Fonte: elaborada pela autora.

¹Controle Negativo; ²Controle Positivo; ^BBaixa; ^{MA}Muito Alta; e ^HHormese.

Tabela 7 – Resultados do GRS, CRR, IG, IGN e IER, em percentual, para *Allium cepa*

Ponto	Coleta 2				
	GRS	CRR	IG	IGN	IER
CN ¹	100,00	100,00	100,00	0,000 ^B	0,00 ^B
P1	86,60	154,80	134,06	-0,134 ^B	0,03 ^H
P2	81,44	114,81	93,51	-0,186 ^B	-0,24 ^B
P3	74,23	133,80	99,32	-0,258 ^M	-0,11 ^B
P4	72,16	151,00	108,97	-0,278 ^M	-0,34 ^M
CP ²	43,30	45,14	19,55	-0,567 ^A	-0,70 ^A

Fonte: elaborada pela autora.

¹Controle Negativo; ²Controle Positivo; ^BBaixa; ^MModerada; ^AAlta; e ^HHormese.

Analisando os resultados da coleta 1 para *Lactuca sativa*, constatou-se que os valores obtidos para IGN indicaram efeito hormese. Os demais da coleta 2 apresentaram níveis de toxicidade baixa. Na coleta 2 para *Allium cepa*, os pontos 1 e 2 apresentaram nível de toxicidade baixa, e os pontos 3 e 4, toxicidade moderada. O efeito hormese acontece quando concentrações baixas de uma substância, considerada tóxica, estimulam o desenvolvimento da plântula, sendo uma reação positiva (Bernardes, 2024). Possivelmente, esse estímulo também pode ter sido causado pela quantidade de nutrientes presentes na amostra. Isso foi evidenciado através das altas taxas de amônia e baixa quantidade de oxigênio dissolvido, por exemplo, resultantes da decomposição da matéria orgânica.

Com relação ao Índice de IER, destaca-se que para *Lactuca sativa*, os pontos 1, 2 e 4 deram baixa toxicidade, e o ponto 3 juntamente com todos os pontos da coleta 2 resultaram em efeito hormese. Considerando os resultados para *Allium cepa*, P1 apresentou efeito hormese, P2 e P3 tiveram nível de toxicidade baixo e P4 toxicidade moderada. Isso reflete um nível de toxicidade maior nas amostras da coleta 2. Nessa perspectiva, em resumo, tem-se que 46% dos resultados apresentaram toxicidade baixa e 42% apresentaram efeito hormese. Associando ao percentual de inibição, tem-se também que 57% dos pontos apresentaram inibição com percentual acima de 0, e 43% apresentaram valores menores que zero, havendo estímulo para germinação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas análises físico-químicas e bacteriológicas, a maioria dos parâmetros estavam acima dos valores de referência estabelecidos pelas resoluções do Conama, destacando amônia, fósforo, coliformes totais e *Escherichia coli*. Outro parâmetro apresentou um valor muito abaixo do recomendado, o oxigênio dissolvido. Esses dados mostram que há matéria orgânica nas águas, da qual contribui para a alteração desses parâmetros, sinalizando também a presença de esgoto na rede de microdrenagem. Esses resultados mostram a grande contribuição para o aumento da poluição e contaminação do rio Poti, visto que a alteração desses parâmetros tem como consequência o comprometimento da biota aquática, a intensificação da disseminação de doenças e o avanço da eutrofização do corpo hídrico.

Nos testes ecotoxicológicos realizados com as sementes de *Allium cepa* e *Lactuca sativa*, os resultados demonstraram que as águas da microdrenagem de Crateús apresentaram baixa toxicidade, já que o teste não teve uma sensibilidade maior para identificar níveis mais altos. Mas isso não significa que não haja toxicidade nessas águas. Nos casos em que houve o

aumento nas taxas de germinação, como nos pontos da coleta 2 de *Lactuca sativa*, evidenciou-se que há uma carga de nutrientes maior do qual contribui para esse crescimento, sendo um indicativo de eutrofização. Ao relacionar os pontos entre si, evidenciou-se com as análises que o ponto mais poluído para o menos, obedece a seguinte ordem: 2, 1, 3 e 4.

O conteúdo abordado nesta pesquisa ressalta a importância do monitoramento dos sistemas de drenagem urbana, bem como a urgente necessidade de regulação desse serviço para que, assim, possa minimizar as contribuições para a poluição e contaminação de corpos hídricos. Isso favorece a saúde única, da qual envolve a qualidade dos recursos naturais, à saúde animal, vegetal e da população. Diante desse contexto, a universalização para ampliar esses serviços se faz necessária em vista de reduzir os problemas já evidenciados e a probabilidade de ocorrer cenários de eventos extremos, principalmente em áreas de riscos com maior vulnerabilidade para inundações.

Em pesquisas futuras, é interessante que sejam feitos estudos sobre genotoxicidade, testes crônicos, bem como utilizar outras espécies que podem apresentar uma maior sensibilidade à presença de substâncias tóxicas para avaliar melhor o potencial tóxico. Essas análises permitiram observar outros efeitos envolvidos. Dessa forma, espera-se que a pesquisa realizada neste artigo contribua para tomada de decisões e construção de novas políticas públicas para os serviços de saneamento básico, fortalecendo a saúde pública e contribuindo para um meio ambiente mais sustentável.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, B. R., & CASTRO, M. B. (2018). **Indicadores socioespaciais e aspectos climáticos no processo saúde-doença**. RAEGA, 45,200 - 213.

ALVES, Jose Bruno Melo. **AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA ÁGUA DO RIO SIRIRI, SERGIPE**. 2015. 24 f. TCC (Doutorado) - Curso de Ecologia, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2015.

Ambiente. **Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/01/RESOLU%C3%87%C3%83O-CONAMA-n%C2%BA-274-de-29-de-novembro-de-2000.pdf>>. Acesso em: 15 de abril de 2024.

ANCHIETA, Francisco Alan Sousa. **Modelagem da influência da drenagem das águas pluviais da bacia do riacho Maceió no macrossistema de esgotamento sanitário de Fortaleza, Ceará**. 2022.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas/Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**. Brasília: ANA, 2017.

BENFATO, Alícia et al. **30 anos de ECOTOX: análise da evolução da pesquisa em Ecotoxicologia nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil**. 2022.

BERNARDES, Victor ngelo Primo; DE SOUZA POLETTO, Rodrigo. **AÇÃO ESTIMULANTE DO EXTRATO AQUOSO DE *Mimosa caesalpiniaefolia* BENTH. EM *Zea mays* L. E *Phaseolus vulgaris* L.** REVISTA DIÁLOGO E INTERAÇÃO, v. 18, n. 1, p. 552-568, 2024.

BEZERRA, Camila Esmeraldo. **Análise das correlações entre endemias, saneamento básico, áreas de risco e meio ambiente na cidade de Crato-CE.** 2024.

BONFIM, F. de M. **Análise De Impacto Ambiental E Da Qualidade Da Água Na Zona Urbana De Crateús–CE.** 2013. 148 f. 2013. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Curso de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Regras para análise de sementes.** 2009.

Brasil. **Resolução CONAMA 344, de 25 de março de 2004.** Conselho Nacional de Meio Ambiente. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.

Disponível em:

https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.download&id=19496. Acesso em 15 de abril de 2024.

CALADO, Thâmara Pereira de Sousa et al. **Avaliação dos aspectos atuais das águas pluviais e saneamento no município de Aparecida–PB.** 2023.

CANHOLI, Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CASTRO, Amanda Barbosa. **Testes ecotoxicológicos como ferramenta na avaliação da poluição ambiental causada por aterros comuns (ou lixões): o caso do riacho dos cavalos em Crateús-CE.** 2022.

CEARÁ. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano de Recursos Hídricos das Regiões Hidrográficas do Ceará.** Fortaleza: SRH, 2021. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2021/07/INICIANDO-O-DI%C3%81LOGO-RHSC.pdf> . Acesso em: 02 jun. 2024.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Desenvolvimento de Métodos para o Estabelecimento de Critérios Ecotoxicológicos: Relatório Final.** São Paulo: CETESB, 2008; 174 p.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2009). **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem.** São Paulo - SP, Brasil.

CONAMA, **Resolução. 357/2005.** 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 disposições, 2005.

CONAMA, **Resolução. 430/2011.** Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, 2011.

CORREA, Rayssa Da Conceição Coelho; RABELO, Adriana Da Cunha. **Avaliação da**

toxicidade do alumínio na raiz da cebola (*Allium cepa*). 2024.

DA SILVA FARIA, Marco Túlio et al. **Titularidade municipal da drenagem e manejo das águas pluviais em municípios de pequeno porte populacional e impactos na saúde: o caso das arboviroses.** 2023.

DA SILVA, Márcia Matos et al. **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E FÍSICO-QUÍMICO DA ÁGUA NA BACIA DO CÓRREGO ÁGUA BRANCA EM AÇAIL NDIA-MA.** *Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia*, v. 11, n. 3, p. 2903-2911, 2023.

DE ALC NTARA, Herbert Cauê Souza et al. **SANEAMENTO BÁSICO E SEUS IMPACTOS SOBRE A SAUDE PÚBLICA.**

DE SANTANA, Carolina Oliveira et al. **Distribuição, toxicidade e bioacumulação de metais traço em matrizes ambientais de um estuário em área protegida.** *Marine Pollution Bulletin*, v. 191, p. 114928, 2023.

DE SOUSA, Francisco das Chagas; CUNHA, Maria Lucicleide Dias. **Análise físico-química e microbiológica de águas subterrâneas de povoados do município de Penaforte (Ceará).** *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 11, n. 1, 2023.

DE SOUSA LIMA, Alex; SOUSA, José Fernando. **DEFICIÊNCIA DA DRENAGEM PLUVIAL URBANA NOS BAIROS SANTO ANTÔNIO E SANTA LÚCIA DA CIDADE DE CODÓ-MA.** *Caderno Prudentino de Geografia*, v. 2, n. 45, p. 20-37, 2023.

DOS SANTOS, Aparecida Berta Lucia Pereira et al. **SANEAMENTO E QUALIDADE DE ÁGUA: UMA ANÁLISE SOB AS PERSPECTIVAS DOS BAIROS INCLUIDOS NO PERCURSO DO RIACHO DAS PIABAS EM CAMPINA GRANDE-PB.** *Revista Contemporânea*, v. 4, n. 1, p. 4953-4968, 2024.

DOS SANTOS, Aparecida Berta Lucia Pereira et al. **SANEAMENTO E QUALIDADE DE ÁGUA: UMA ANÁLISE SOB AS PERSPECTIVAS DOS BAIROS INCLUIDOS NO PERCURSO DO RIACHO DAS PIABAS EM CAMPINA GRANDE-PB.** *Revista Contemporânea*, v. 4, n. 1, p. 4953-4968, 2024.

ESTEVES, Andressa Maria Silva Leite et al. **AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL TOXICOGENÉTICO PELO MÉTODO ALLIUM CEPA EM LAGOAS DA ZONA NORTE DE TERESINA-PI.** *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 9, n. 6, p. 1287-1302, 2023.

FERMINO, Beatriz et al. *Lactuca sativa* L.: **BIOINDICADOR VEGETAL PARA AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE DE Zn e Cu.** 2022.

FRANÇA, Francis Valter Pêpe; SILVA, Thais Emanuelle De Souza; JUIZ, Paulo José Lima. **INDÍCES DE SANEAMENTO BÁSICO PARA AVALIAÇÃO DE SAÚDE PÚBLICA: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE FEIRA DE SANTANA E OUTROS MUNICÍPIOS BAIANOS.** *Scientia: Revista Científica Multidisciplinar*, v. 9, n. 1, p. 112-137, 2024.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Médias mensais de precipitação.** Disponível em: <<https://chuvas.funceme.br/mensal/municipios/media/2024>>.

Acesso em 18 jul. 2024.

GANDRA, Carla Vilar et al. Caracterização físico-química, microbiológica e ecotoxicológica das águas pluviais do sistema de drenagem urbana de Santos (São Paulo, Brasil). **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 12, pág. e18091210739-e18091210739, 2020.

GOMES, LUANA MIRTES DE FREITAS. **INFLUÊNCIA ESPACIAL E TEMPORAL NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE TRÊS AÇUDES DA CIDADE DE CARAÚBAS–RN.**

GOVERNO FEDERAL (Brasil), Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Painel de Indicadores. **Ministério das Cidades**. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/ap>. Acesso em: 20 mai. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama do Censo 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama>. Acesso em: 3 jul. 2024.

IPECE, **Perfil Básico Municipal**, 2017. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/45/2018/09/Crateus_2017.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2024.

JACOBOSKI, Bruna Kopezinski; FACHINETTO, Juliana. Avaliação da qualidade da água do Arroio Matadouro, Ijuí, Rio Grande do Sul, por parâmetros físico-químicos e pelo teste de *Allium cepa*. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, p. 489-497, 2022.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 3 Ed. Rio de Janeiro: **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)**, 1995. 720 p.

LELES D. **Avaliação ecotoxicológica de efluente têxtil com corante utilizando sementes de *Lactuca sativa* e *Allium cepa***, (Monografia, trabalho de conclusão de curso), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

LOPES, Thais Menezes; DE OLIVEIRA, Alisson Medeiros. PROJETO ALAGA AQUI: mapeamento dos pontos de alagamento e inundação como estratégia de gestão da cidade de Crateús-CE. **Cadernos de Ensino, Ciências & Tecnologia**, v. 2, n. Especial, p. 25-38, 2023.

LUSTOSA, Eliane Alves et al. Toxicidade de inseticida agrícola em bioensaio com *Artemia salina*. **Scientia Plena**, v. 18, n. 5, 2023.

MELO, Maria Karoline dos Reis. **Análise da influência do saneamento básico na saúde da população do município de São Benedito–CE**. 2021.

MORAIS, Marcelo Gonçalves Nunes de Oliveira et al. **Qualidade da água do Rio Poti na região da Grande Teresina–PI**. 2023.

MOT, A.; MADJAR, R.; BĂDULESCU, L.; MIHALACHE, M. The effects of heavy metals on seed germination and seedling growth of *Lactuca sativa* L. and *Spinacia oleracea* L. **Research Journal of Agricultural Science**, v. 51, 2019.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (Brasil). **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: série histórica**. Brasília, 2024. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 3 jul. 2024.

Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab**. Brasília: SNS; MDR, 2019.

MUNIZ, Lucas Falcão et al. **Classificação climática para o Estado do Ceará utilizando distintos sistemas de caracterização**. 2017.

NHANTUMBO, Hélio Faustino. **Avaliação da contaminação microbiológica do sistema de drenagem na região da bacia do rio Infulene**. 2022.

OECD - Organization for Economic Cooperation And Development Guidelines For The Testing Of Chemicals. Test No. 208: **Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test**. 2006.

OLIVEIRA, Giovana Fernandes de. **Avaliação do potencial citogenotóxico de chorume de composteira doméstica, antes e após atenuação natural**. 2024.

OLIVEIRA, Mikael Bruno Xavier de. **Utilização de um sistema de drenagem urbana sustentável na região central do município de Russas/CE**. 2024.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Agricultura: trade and environment**. The pig sector. Paris: OECD, 2003. 187p.

PAINEL SANEAMENTO BRASIL. **Saneamento Mais**. Saneamento Brasil, 2023. Disponível em: <<https://painelsaneamento.org.br/saneamento-mais/index?id=1&S%5Bid%5D=230410>>. Acesso em 20 ago. 2024.

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO CEARÁ INICIANDO O DIÁLOGO NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS. [s.l: s.n.]. Disponível em: < <https://portal.cogerh.com.br/plano-de-recursos-hidricos-da-regiao-dos-sertoos-de-crateus/> >. Acesso em: 22 jun. 2024

RUBINGER, Carla Ferreira. **Seleção de métodos biológicos para a avaliação toxicológica de efluentes industriais**. 2009.

SAES, Renan Vandre da Silva Toscano. **Estudo da contribuição da drenagem pluvial urbana sobre a poluição marinha na cidade de Fortaleza, CE**. 2014.

SATIRO, R. S.; LIMA, R. G.; SOUSA, F. C. F.; DUARTE, F. K. D.; SOUSA, F. C. F. Drenagem urbana de água pluviais: cenário atual do sistema da cidade de Cajazeiras/PB. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDAD, 1; **CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2**. Anais. 2019.

SILVA, R. A. S. **Padronização de bioensaios com *Lactuca sativa* L. e sua aplicação na avaliação toxicológica de efluentes contendo azocorantes tratados por fotofenton**. 2022. 106 f. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) – Instituto de Química e

Biotecnologia, Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021

SOARES, Diego Saymon da Silva. **Diagnóstico das condições dos serviços de saneamento em Queimadas e Tucuns na zona rural do município de Crateús-CE.** 2022.

SOBRERO, Maria Cecilia; RONCO, Alicia. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. **México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua**, p. 63-70, 2004.

SOUSA, Maria Carolina Mesquita de. **Avaliação da drenagem superficial da microbacia urbana do riacho Maratoan, município de Crateús, Ceará.** 2022.

SNIS (2022). **Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas (DMAPU) – 2022.**

Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/ap>>. Acesso em: 30 mai. 2024.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2020. **Ministério das Cidades.** Brasília, 2020.

TUCCI, C.E.M.; MARQUES, D.M.L.M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana.** Porto Alegre. Editora ABRH, 1a edição: 2001 v. 2, p. 548.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1993. **Health advisories for drinking waters contaminants, Lewis Publishers, Boca laton, FL, USA .**

US EPA - United States Environmental Protection Agency. Ecological Effects Test Guidelines. OPPTS 850.4200: Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test, EPA 712-C96-154, 2012. VIEIRA, Hugo Machado et al. **Análise da potabilidade da água do assentamento do Glória (bairro Élisson Prieto).** 2023.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: DESA - UFMG, 2005.

Walker, C. H. (2006). **Principles of ecotoxicology (3rd ed.).** CRC Press.

ZHANG, Tianxu et al. Efeitos da toxicidade aguda de amônia no estresse oxidativo, dano ao DNA e apoptose na glândula digestiva e guelra do molusco asiático (*Corbicula fluminea*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 99, p. 514-525, 2020.