

Ecotoxicidade da água do canal Água Cristal (Marambaia, Belém, Pará, Brasil): utilizando o sistema teste *Allium cepa* como bioindicador

Luiz Gustavo dos Reis de Freitas¹, Herald Souza dos Reis², Samara Brito Salgado Magalhães³, Carlos Alberto Machado da Rocha⁴, Fabio Pacheco Estumano da Silva^{5*}

¹Graduado em Ciências Biológicas – Licenciatura, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil.

²Mestre em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Pará, Brasil.

³Graduada em Ciências Biológicas – Licenciatura, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil.

⁴Doutor em Neurociência e Biologia Celular, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil.

⁵Doutor em Genética e Biologia Molecular, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil. (*Autor correspondente: fabio.estumano@ifpa.edu.br).

Histórico do Artigo: Submetido em: 03/10/2022 – Revisado em: 27/01/2023 – Aceito em: 02/04/2023

RESUMO

O canal Água Cristal atravessa a zona urbana do bairro da Marambaia em Belém-PA, possuindo um trecho que se estende até próximo a feira do Entroncamento, onde é possível constatar o despejo irregular de lixo que pode ocasionar efeitos ecotóxicos. Desta forma, o presente trabalho utilizou o bioensaio com sementes de *Allium cepa* para avaliar o potencial ecotóxico na água do canal a partir dos parâmetros de citotoxicidade e genotoxicidade. Amostras de água foram coletadas nas proximidades da feira do Entroncamento. As sementes foram regadas com água do canal nas concentrações de 100%, 75%, 50% e 25% no grupo tratamento (GT), com água destilada no controle negativo (CN) e com Dimetilsulfóxido (DMSO) nas concentrações de 1000 µg-mL-1, 500 µg-mL-1 e 125 µg-mL-1 no controle positivo (CP). Acerca da citotoxicidade, GT e CP diferiram estatisticamente no índice germinativo (IG) quando comparados ao CN ($p < 0,05$). Observamos um decréscimo no índice mitótico (IM) estatisticamente significativo nas maiores concentrações no CP e no GT. Da mesma forma, a contagem das alterações cromossômicas (AC) evidenciou mais alterações nos grupos tratados com as soluções mais concentradas, tanto no CP quanto no GT. Quanto a presença de micronúcleos, os maiores índices foram observados nos GT mais concentrados. Concluiu-se que a ação de poluentes na água do trecho próximo a feira do Entroncamento evidencia efeitos ecotóxicos frente ao sistema teste de *Allium cepa*, possivelmente em decorrência do despejo irregular de lixo, associado a grande atividade humana na área.

Palavras-Chaves: Ecotoxicidade, *Allium cepa*, Análise da água.

Water ecotoxicity from Água Cristal channel (Marambaia, Belém, Pará, Brazil): using the *Allium cepa* system as bioindicator

ABSTRACT

The Água Cristal channel crosses the urban area of Marambaia district in Belém-PA, having a stretch that extend until near the Entroncamento fair, where it is possible to observe the garbage irregular dumping that may possible cause ecotoxic effects. Thus, this work used the *Allium cepa* seeds bioassay to evaluate the ecotoxic potential in the channel water using cytotoxicity and genotoxicity parameters. Water samples were collected near to the Entroncamento fair. The seeds were irrigated with the channel water at 100%, 75%, 50% and 25% concentrations in the treatment group (GT), using distilled water in the negative control (CN) and with Dimethylsulfoxide (DMSO) at 1000 µg-mL-1, 500 µg-mL-1 and 125 µg-mL-1 concentrations in the positive control (CP). Regarding the cytotoxicity, GT and CP statistically differed in germination index (IG) when compared to CN ($p < 0.05$). We observed a statistically significant decrease in the mitotic index (IM) at the highest concentrations in CP and GT. Similarly, the count of chromosomal alterations (AC) showed more alterations in the groups treated with the highest concentrations, both in the CP and in the GT. Considering the presence of micronuclei, the highest indexes were observed in the most concentrated GT. It was concluded that the action of water pollutants in the near Entroncamento fair shows ecotoxic effects on the *Allium cepa* test system, possibly due to the irregular disposal of garbage, associated with extensive human activity in the area.

Keywords: Ecotoxicity, *Allium cepa*, Water analysis.

Freitas, L.G.R., dos Reis, H.S., Magalhães, S.B.S., Rocha, C.A.M., da Silva, F. P.E (2023). Ecotoxicidade da água do canal Água Cristal (Marambaia, Belém, Pará, Brasil): utilizando o sistema teste *Allium cepa* como bioindicador. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.11, n.2, p.57-70.



1. Introdução

O processo de ocupação populacional nos arredores dos diversos canais do município de Belém influencia a arquitetura e a urbanização de uma região que comporta atualmente 14 bacias hidrográficas (Prefeitura de Belém, 2019a). Destaca-se um dos problemas que existe na relação da comunidade belenense com os canais, patrimônios da cidade, o acúmulo de lixo nas margens e dentro dos canais (Cavalcante, 2020).

O lixo residencial depositado nos canais é composto comumente por matéria orgânica e inorgânica, como plásticos, vidros, tecidos, restos de materiais utilizados em construção, além de embalagens de produtos de limpeza conhecidos por sua alta composição química, a exemplo de dois inseticidas piretroides encontrados no mercado, Baygon® e SBP® (Pedro, 2018).

Por serem depositadas em grandes quantidades nas áreas de feira e arredores, essas parcelas de lixo residencial obstruem a tubulação do canal, dificultando o fluxo de água por toda sua extensão, e contaminam a água corrente dentro deste. Um retrato dessa situação é percebido na área de feira do Entroncamento, situada no bairro da Marambaia, fronteira de Belém com o município de Ananindeua, em uma das margens do canal Água Cristal, que é oriundo da Bacia do Una e que se estende por todo bairro em questão (Prefeitura de Belém, 2019b).

Estando inserido na região da grande Bacia Amazônica e arquitetado com um planejamento urbano irregular, o município sofre anualmente com constantes alagamentos nas fases de maré alta dos rios, sendo ainda mais frequentes durante o “Inverno Amazônico”, período caracterizado pela maior precipitação de chuva, ocorrendo entre os meses de dezembro e março (Carneiro, 2020). A união dos dois fatores citados ocasiona um aumento expressivo no fluxo de água dos canais, fazendo-os transbordar (Sousa, 2016; Dutra et al., 2018). Consequentemente, a água contaminada atinge as áreas residenciais e entra em contato com a população.

O potencial patológico da interação com a água contaminada dos canais já é reconhecido pelo município, com grande incidência de doenças como leptospirose em bairros periféricos (Guimarães et al., 2017; Brito et al., 2020). Entretanto, este é somente um dos fatores que podem ser verificados como danosos; outros possíveis elementos que podem ser observados são os aspectos de ecotoxicidade (citotoxicidade, genotoxicidade) da água em organismos vegetais e animais (Oliveira et al., 2011; Ramos et al., 2020; Sacramento et al., 2020).

Sob essa perspectiva, o sistema teste *Allium cepa* (cebola) foi utilizado para a avaliação do potencial ecotóxico supracitado, sendo de baixo custo, facilidade de execução, armazenamento das amostras, além de apresentar boas condições cromossômicas, com cromossomos grandes e em número reduzido ($2n=16$) (Filho, 2018). A indução da germinação das sementes possibilita a verificação de toxicidade nas substâncias analisadas. Além disso, a visualização microscópica do tecido meristemático das raízes permite a observação da fase mitótica do vegetal, tornando possível a observação de eventuais alterações cromossômicas e micronúcleos (César & Silva, 2018).

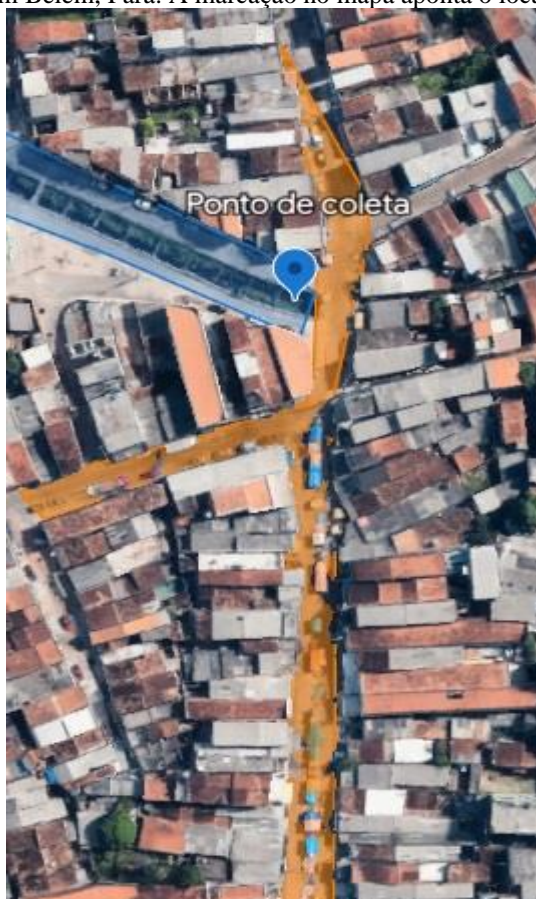
Sendo assim, este trabalho teve o intuito de verificar se a água do canal Água Cristal, na área de feira, apresenta potencial danoso à saúde das formas de vida que, ocasionalmente ou constantemente, entram em contato com ela, usando o sistema teste *Allium cepa*.

2. Material e Métodos

2.1 Local e procedimento de coleta

A pesquisa tem caráter qualitativo e quantitativo, com análise de possível poluição da água do canal Água Cristal. A água foi coletada conforme as coordenadas a seguir: 1°24'10"S, 48°26'09"W (Google maps, 2021), próximo da feira do Entroncamento, bairro Marambaia, às 9 horas da manhã do dia 21 de setembro de 2021.

Figura 1 - Mapa da região de coleta no canal Água Cristal (em azul) localizado próximo a área da feira do entroncamento (em amarelo) em Belém, Pará. A marcação no mapa aponta o local de realização da coleta.



Fonte: Google Earth (2023).

A água foi coletada usando um balde plástico com capacidade para 8 litros previamente higienizado e amarrado a uma corda. Nesta etapa, evitou-se a presença de resíduos sólidos sobressalentes na água, pois poderiam prejudicar o processo posterior de diluição da água. Ao todo, foram coletados 4 litros de água, suficientes para o preparo do bioensaio. O material foi então imediatamente armazenado em garrafas plásticas com capacidade para 2 litros, previamente higienizadas igualmente, deixando o conteúdo reservado até o momento da utilização no bioensaio laboratorial.

2.2 Obtenção das sementes de cebola

Foram utilizadas sementes de *Allium cepa* da variedade Baia Periforme tratadas contra fungos da marca Isla Sementes Ltda®. As sementes foram obtidas em estabelecimento comercial, todas com validade até março de 2023 (lote 141941-000 S2).

2.3 Procedimento pré-tratamento

As sementes foram retiradas da embalagem e, conforme orientação do fabricante, lavadas com água e hipoclorito de sódio (NaClO) (proporção de 1L:10mL) por 10 minutos, para remover impurezas. Logo após, as sementes foram enxaguadas com água destilada durante 5 minutos e deixadas para secar em temperatura

ambiente. Este procedimento também auxilia na prevenção de proliferação de microrganismos no processo de germinação.

2.4 Preparação para o bioensaio

A análise laboratorial consistiu na preparação de bioensaio utilizando *Allium cepa*, no qual as raízes de cebola foram analisadas a partir dos parâmetros macroscópicos, quanto ao seu desenvolvimento radicular, e microscópicos, quanto às alterações cromossômicas e o índice mitótico.

Foram montados 8 grupos de análise no total, todos em triplicata, conforme apresentado no Quadro 01, sendo um grupo de controle negativo (CN), cultivado em água destilada, três grupos de controle positivo (CP), cultivados na presença de Dimetilsulfóxido (DMSO) nas proporções de 1000 µg·mL⁻¹, 500 µg·mL⁻¹ e 125 µg·mL⁻¹ (Sabeen et al., 2020), e quatro grupos de tratamento (GT), cultivados com a água obtida do canal Água Cristal, na concentração de 100% e concentrações diluídas com água destilada nos níveis de 75%, 50% e 25%. As substâncias para o teste foram preparadas no Laboratório de Biologia do Instituto Federal do Pará (IFPA), Campus Belém, e armazenadas em frascos devidamente identificados, além de possuírem tamanhos e cores distintas para facilitar sua identificação. As análises dos dados serão apresentadas usando as siglas contidas no Quadro 01.

Quadro 1 – Resumo dos grupos de análise planejados para a realização desta pesquisa, dados das concentrações utilizadas e as siglas adotadas para a apresentação dos resultados.

| Grupos | Substância | Concentrações | Placas | SIGLAS |
|------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------|--------|
| Controle negativo (CN) | Água destilada | 100% | 3 | CN |
| Controle Positivo (CP) | Dimetilsulfóxido (DMSO) | 1000 µg·mL ⁻¹ | 3 | CP1000 |
| | | 500 µg·mL ⁻¹ | 3 | CP500 |
| | | 125 µg·mL ⁻¹ | 3 | CP125 |
| Grupo tratamento (GT) | Água coletada do canal Água Cristal | 100% | 3 | GT100 |
| | | 75% | 3 | GT75 |
| | | 50% | 3 | GT50 |
| | | 25% | 3 | GT25 |

Fonte: dos autores (2022).

2.4.1 Preparação das amostras e pesagem

Foram preparadas 24 placas de Petri (3 para cada grupo testado – Quadro 1) forradas com papel filtro de 9 cm. Foram utilizadas 40 sementes por placa nos testes. Os pesos iniciais das amostras foram obtidos com o auxílio de uma balança de precisão. A regagem foi feita com o auxílio de pipetas descartáveis para que um volume de cerca de 10 mL de água destilada, água do canal e DMSO, em diversas concentrações, fosse utilizado em cada placa de Petri diariamente.

2.4.2 Parâmetros macroscópicos

A análise do parâmetro macroscópico foi feita diariamente a olho nu e com o auxílio de microscópio estereoscópico, observando e contabilizando o número de sementes que já haviam germinado em cada placa. No 7º dia de germinação foi verificado se houve deformações estruturais nas sementes e o tamanho final das raízes foi medido com o auxílio de um paquímetro. Os resultados foram anotados e comparados entre os grupos testados CN, CP e GT. Somente as sementes com raízes com 2 mm de diâmetro ou mais foram selecionadas para a etapa da microscopia, devido à maior facilidade em seu manuseio.

2.4.3 Procedimento pré-microscopia

Ainda no sétimo dia de germinação, as sementes com raízes de cada placa de petri foram transferidas para tubos Falcon de 15 mL (um tubo por placa de Petri) contendo fixador Carnoy (proporção 3:1, de metanol e ácido acético); os tubos foram identificados com uma caneta marcadora de acordo com o grupo teste, em seguida, armazenados em refrigerador por 24 horas antes da construção das lâminas para microscopia.

2.4.4 Preparação das lâminas

Após 24 horas, as sementes com as raízes foram retiradas dos tubos e lavadas em três banhos de cinco minutos com água destilada, para remoção do fixador. Após isso, foram colocadas em outro frasco contendo ácido clorídrico (HCl 1N) para hidrólise ácida durante 20 minutos. Por fim, foram lavadas novamente em três banhos de cinco minutos para interromper a ação do ácido. Para a coloração, foi utilizada a orceína acética 1%, depositando 8 gotas sobre as amostras e reservando-as em frascos de vidro e em ambiente escuro por 15 minutos. As raízes foram retiradas da imersão no corante e colocadas em outra placa de Petri com água destilada enquanto eram selecionadas para visualização (Filho, 2018), de modo a evitar o ressecamento de suas estruturas.

As raízes foram selecionadas randomicamente e suas regiões meristemáticas foram identificadas e seccionadas com bisturi em dois fragmentos com auxílio de um microscópio estereoscópico. Em seguida, as regiões meristemáticas foram colocadas sobre as lâminas, cobertas por lamínula e esmagadas (Guerra & Souza, 2002) para espalhar as células e melhorar a visualização. As lâminas foram identificadas de acordo com a amostra testada e então visualizadas no microscópio nas lentes objetivas 40x e 100x. A captura de imagens das lâminas no processo de microscopia foi realizada com uma câmera acoplada ao microscópio usando o software “ToupView® WebCam 2.0” e as imagens foram editadas no software Photoshop CS6 de forma a destacar as estruturas dos cromossomos.

2.4.5 Parâmetros microscópicos

Foram contadas 2.000 células por amostra, ou seja, 6.000 em cada grupo de análise, verificando número destas em cada uma das fases dentro do ciclo mitótico.

O índice mitótico (IM) foi obtido através do cálculo da razão entre o número de células em mitose (que corresponde a prófase, metáfase, anáfase e telófase) e o número total de células observadas, multiplicando o resultado por 100 (Pires et al., 2001).

$$IM = \frac{N^{\circ} \text{ de células em mitose}}{N^{\circ} \text{ total de células observadas}} \times 100$$

Além disso, as amostras foram verificadas quanto a presença de alterações cromossômicas (AC), tais como: micronúcleos, pontes anafásicas, cromossomos vagantes, perdas cromossômicas e outras irregularidades nas fases mitóticas. Com a compilação dos dados, foi feita a análise comparativa no software BioEstat 5.0 entre os grupos, submetendo os dados à análise de variância e ao teste de Tukey considerando significância de 5% ($p < 0.05$) (Ayres et al., 2007).

3. Resultados e Discussão

3.1 Avaliação do desenvolvimento das sementes de *Allium cepa*

Na Tabela 1 estão os resultados da análise de ecotoxicidade a partir dos parâmetros macroscópicos. O peso final em comparação com o peso inicial e tamanho final das raízes não demonstraram diferença estatística

significativa. No entanto, foi observada diferença estatística em todos os grupos quando comparados ao CN no parâmetro de índice germinativo (IG).

Resultados semelhantes foram destacados no trabalho de Bernard et al. (2016), no qual houve diferença significativa no IG na comparação das amostras, mesmo que o crescimento radicular não tenha apresentado diferença, já outros trabalhos na literatura apontam significativo impedimento do crescimento radicular (Damasceno et al., 2018; Motta et al., 2018).

Tabela 1 – Resultados das análises relativas aos parâmetros macroscópicos, considerando o peso das amostras (média), tamanho das raízes e índice germinativo.

| AMOSTRAS | PESO INICIAL (mg) | PESO FINAL (mg) | COMPRIMENTO DAS RAÍZES (cm) | I.G (%) |
|----------|----------------------|--------------------|-----------------------------------|---------|
| CN | 0,1666 | 0,2684 | 1,80 | 60,00 |
| CP 1000 | 0,1660 | 0,2604 | 1,76 | 40.00* |
| CP 500 | 0,1661 | 0,3358 | 2,10 | 45.83* |
| CP 125 | 0,1639 | 0,2614 | 3,35 | 48.33* |
| GT 100 | 0,1648 | 0,2656 | 2,36 | 33.33* |
| GT 75 | 0,1633 | 0,2910 | 1,40 | 36.66* |
| GT 50 | 0,1643 | 0,2886 | 1,99 | 38.33* |
| GT 25 | 0.1660 | 0.2855 | 2.70 | 45.83* |

Legenda: Asteriscos representam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) em comparação ao controle negativo. Fonte: dados dos autores (2022).

3.2 Avaliação do ciclo mitótico das células radiculares de *Allium cepa*.

Na Tabela 2 estão os resultados da análise microscópica que avaliou a média de células em cada etapa do ciclo celular (interfase, prófase, metáfase, anáfase e telófase) e o IM das células radiculares das amostras de *Allium cepa*. Observou-se a predominância de células em interfase em todas as amostras, com variações que refletiram no IM. Com exceção de GT 50 e GT 25, os tratamentos apresentaram IM significativamente menor quando comparados ao CN.

Tabela 2 – Número médio de células em cada fase do ciclo celular e índice mitótico (IM) das células radiculares de *Allium cepa*.

| AMOSTRAS | INT | PRO | MET | ANÁ | TEL | IM (%) |
|----------|---------|--------|-------|-------|-------|--------|
| CN | 1647,33 | 238,66 | 73,66 | 22,33 | 18,00 | 17,33 |
| CP 1000 | 1827,00 | 76,00 | 43,33 | 32,33 | 21,33 | 8,33* |
| CP 500 | 1762,66 | 105,00 | 63,00 | 35,33 | 34,00 | 10,66* |
| CP 125 | 1721,00 | 123,00 | 71,33 | 49,33 | 35,33 | 13,33* |
| GT 100 | 1817,66 | 74,00 | 47,00 | 36,33 | 25,00 | 8,33* |
| GT 75 | 1741,00 | 82,00 | 73,66 | 59,66 | 43,66 | 12,33* |
| GT 50 | 1679,66 | 145,33 | 88,00 | 47,00 | 40,00 | 15,66 |
| GT 25 | 1623.66 | 187.66 | 95.33 | 55.00 | 38.33 | 18.33 |

Legenda: INT = Intérfase, PRO = Prófase, MET = Metáfase, ANA = Anáfase, TEL = Telófase. Asteriscos representam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) em comparação ao controle negativo. Fonte: dados dos autores (2022).

3.3 Verificação de alterações cromossômicas.

Na Tabela 3 são apresentados os números de AC observadas em cada uma das amostras de *Allium cepa* dentro dos grupos, com a porcentagem de incidência obtida a partir do cálculo da razão entre o número de anomalias encontradas e o número total de células observadas, multiplicado por 100.

Foram observados quatro tipos de AC: micronúcleos, ponte anafásica, cromossomos vagantes e outras irregularidades (grupo que engloba as perdas cromossômicas, má formação da célula, estruturação anormal dos cromossomos, etc.) observadas durante a mitose.

Tabela 3 – Número de alterações cromossômicas observadas em 6.000 células durante a mitose das células de *Allium cepa* expostas aos 8 grupos de teste.

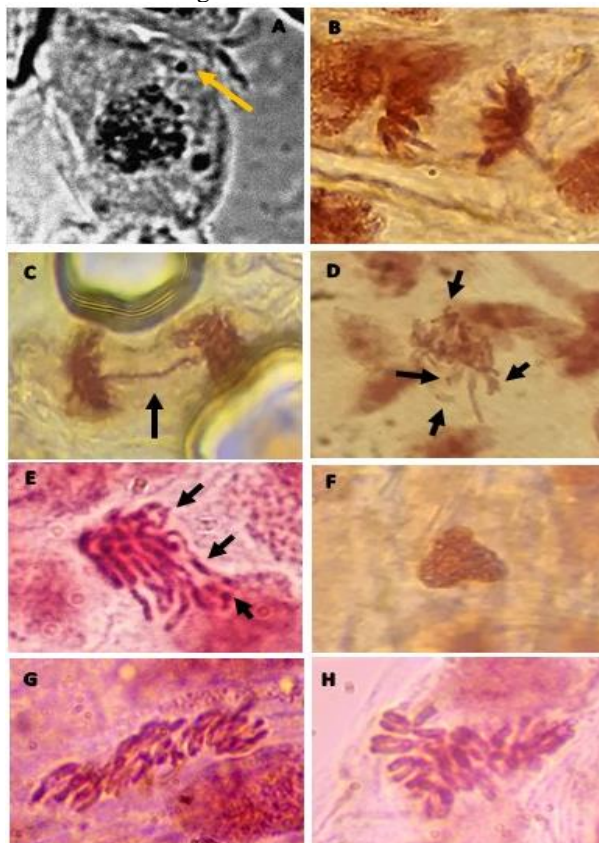
| AMOSTRAS | MN | PA | CV | O.I.M | INCIDÊNCIA (%) |
|----------|----|----|----|-------|----------------|
| CN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CP 1000 | 19 | 5 | 26 | 51 | 1.68 |
| CP 500 | 11 | 2 | 19 | 43 | 1.25 |
| CP 125 | 7 | 2 | 13 | 34 | 0.93 |
| GT 100 | 10 | 8 | 22 | 65 | 1.75 |
| GT 75 | 6 | 1 | 16 | 41 | 1.06 |
| GT 50 | 4 | 0 | 8 | 31 | 0.71 |
| GT25 | 1 | 0 | 3 | 5 | 0.15 |

Legenda: MN = Micronúcleo; PA = Ponte Anafásica; CV = Cromossomo Vagante; O.I.M = Outras Irregularidades na Mitose. Fonte: dados dos autores (2022).

Um grande número de alterações foi observado nos grupos testados com o DMSO em suas três diferentes concentrações, estando de acordo com o trabalho de Sabeen et al. (2020), justificando que tal composto utilizado nos grupos de CP nas concentrações de 1000 µg/mL, 500 µg/mL e 125 µg/mL, induziram erros no processo de divisão e o aparecimento de AC. Já na comparação entre o CN e os grupos em tratamento nas quatro porcentagens de concentração, é nítida a influência de agentes poluidores presentes no ambiente, que causaram danos ao material genético e refletiram no número de alterações observadas, destacando a amostra com 100% de concentração no GT, que possui a maior incidência entre todos os grupos. A incidência tornou-se menor conforme as concentrações eram diluídas nos grupos tratados.

As irregularidades estruturais foram melhor observadas devido à grande disposição de outras células saudáveis da mitose, permitindo uma comparação mais eficaz dos efeitos genotóxicos que as substâncias poluentes exercem sobre o organismo vegetal. A presença de micronúcleos foi melhor verificada quando foi aplicado o filtro “preto & branco”, dando destaque às estruturas cromossômicas coradas com a orceína acética a 1% (Figura 2).

Figura 2 – Alterações cromossômicas observadas nas análises de microscopia. (A) Presença de micronúcleo indicado pela seta amarela; (B-C) Comparação entre anáfase comum (B) e com ponte anafásica (seta); (D) Perda cromossômica durante metáfase, os cromossomos vagam do sítio inicial (setas); (E) Perda cromossômica durante metáfase e cromossomos vagantes (setas); (F) má formação de célula radicular; (G-H) Comparação entre célula com perda cromossômica durante metáfase irregular e metáfase comum com cromossomos bem nítidos.



Fonte: dados dos autores (2022).

3.4 Citotoxicidade das amostras de água

Os menores índices germinativos foram observados nos grupos tratados com água retirada do canal, indicando possível influência de um agente poluidor naquele ambiente. Essa informação pode ser justificada de acordo com a argumentação de Alvin et al. (2011) e Sampaio (2021) que ressaltam que as possíveis mudanças nas condições ambientais, ocasionadas primordialmente pela poluição, podem ser também observadas na análise dos parâmetros de tamanho e germinação de sementes.

Na análise do índice mitótico, houve diferença significativa na maioria dos grupos quando comparados ao CN, com exceção de GT 50% e GT 25%, inferindo que a diluição da água do canal em água destilada favoreceu seus ambientes germinativos permitindo um aumento do IM, enquanto que os demais grupos que tiveram IM menores possivelmente foram influenciados por outros fatores como a presença de restos de materiais de cerâmica, eletrônicos e outros componentes químicos, que precarizaram seus ambientes germinativos.

Fernandes (2005), Andrade (2012) e Parvan et al (2020) também sugerem que quantidades residuais de pesticidas e herbicidas influenciam numa inibição do crescimento de organismos vegetais que apresentaram

também um baixo índice mitótico. A presença de lixo decorrente da construção civil, composto por metais potencialmente poluidores também é um fator considerado na observação de um baixo IM (Fiskejo, 1985).

Pejchar et al. (2008) e Ye et al. (2018) argumentam que a alta citotoxicidade de metais como o alumínio, presente na composição de materiais da indústria cerâmica (telhas, cimento, etc.), ocasiona problemas fisiológicos de interrupção do crescimento das raízes e mudanças na morfologia radicular nos vegetais. Este metal constitui um dos maiores poluentes dos solos e águas, sendo transferido entre os organismos por via trófica, podendo, assim, causar sérios problemas aos ecossistemas (Krewski et al., 2007; Achary et al., 2008; Liu et al., 2022), chegando ao ser humano possivelmente pela via alimentar ou pelo contato com a água (Igbokwe et al., 2019), exercendo ação neurotóxica (Patra et al., 2000). De maneira complementar, resíduos de componentes de materiais eletrônicos como chumbo e cádmio também influenciam negativamente o ambiente de germinação, diminuindo o IM e podendo reduzir o número de células em outras fases mitóticas (Caritá, 2010; Malaman et al., 2020).

É válido ressaltar ainda que a amostra GT 100% sugere que na área de coleta próxima à feira do entroncamento há maior probabilidade de contaminação da água, pelo fato de não ser tratada e estar sujeita a substâncias indutoras de efeitos ecotóxicos e genotóxicos. Peron, Canesin e Cardoso (2009) sugerem ainda que o desfavorecimento do índice mitótico e do material genético em si pode ser nocivo para o organismo presente no ambiente contaminado e até induzir consequências severas e permanentes à saúde de vegetais e animais; tal afirmação é reflexo de sua experiência que apresenta resultados semelhantes aos do presente estudo, com baixo índice mitótico de amostras de água obtida também em áreas com grande atividade humana.

Braga e Lopes (2015) assim como o trabalho de Curado (2018) ressaltam que a possível contaminação por produtos químicos e o comprometimento da vida dos organismos vegetais e animais podem estar relacionados a diminuição do oxigênio pela redução do fluxo de água em períodos de seca, ocasionando o aparecimento de números significativos de alterações cromossômicas em testes de biomonitoramento. Dessa forma, infere-se que condições diferentes da realizada em nossa pesquisa (realizado no período do “verão amazônico”), com a realização do teste com *Allium cepa* durante o “inverno amazônico” e maré alta com maior fluxo de água e a consequente diluição das concentrações dos poluentes, poderiam produzir resultados diferentes dos obtidos.

A identificação de alterações cromossômicas também é presente na pesquisa de Siddiqui et al. (2011), Silveira et al. (2018), Galter et al. (2020) e Rodrigues et al. (2020) que observaram por exemplo: pontes anafásicas, quebras cromossômicas e presença de micronúcleos na análise da água contaminada por resíduos de origem industrial. De maneira semelhante à metodologia aplicada nesta pesquisa, Galvão et al. (2015), Bailão et al. (2020) e Ramos et al. (2021) avaliaram a genotoxicidade em amostras de água obtidas em áreas urbanizadas e populosas, comparando células normais às alterações observadas em cada etapa do ciclo mitótico, assim também constatando a influência da ação humana e agentes químicos neste processo de poluição.

Carmo et al. (2020) sugere que a utilização de outros testes específicos, como o teste do micronúcleo, permitiria avaliar outro aspecto relevante além dos já identificados com o teste em *Allium cepa*, como a observação do tamanho dos micronúcleos encontrados; um tamanho maior poderia ser um indicativo de efeito aneugênico por consequência de perdas cromossômicas, enquanto que os de tamanho menor possivelmente se originaram da ação clastogênica oriunda da quebra de cromossomos. Sob essa perspectiva, pode-se inferir que as porções de cromossomos desassociados do “corpo central” em uma das fases da mitose durante o experimento ocasionariam posteriormente a formação de micronúcleos; o teste do micronúcleo sugere uma explicação para esta hipótese.

Com relação aos efeitos genotóxicos em espécies animais, a pesquisa de Rocha et al. (2016) utilizou o teste do micronúcleo em *Plagioscion squamosissimus* (peixe teleosteo) para trabalhos de monitoramento ambiental em rios de quatro municípios no arquipélago Marajó (São Sebastião da Boa Vista, Anajás, Portel e Chaves), verificando seus diferentes níveis de poluição por compostos químicos. Complementarmente,

Oliveira et al. (2022) utilizou o mesmo modelo animal para avaliar a genotoxicidade em dois estuários amazônicos (Rios Mucupira e estuário Furo da Laura) utilizando teste do micronúcleo e ensaio cometa. Seus resultados sugerem que o aparecimento de AC em animais relaciona-se fortemente à qualidade da água.

4. Conclusão

Os dados provenientes do bioensaio com sementes de *Allium cepa*, provaram-se eficientes para a verificar a ecotoxicidade das amostras testadas em seus respectivos grupos, especificamente nos grupos tratados com a água coletada na área de feira do entroncamento. A análise dos parâmetros macroscópicos e microscópicos nas raízes da cebola evidenciaram a influência da atividade humana e do despejo irregular de lixo na poluição da água do canal Água Cristal no ponto onde foi realizada coleta, próximo a Feira do Entroncamento. Essa problemática foi justificada pelo baixo índice germinativo e mitótico associado ao dano no material genético da espécie vegetal, que reflete na presença de alterações cromossômicas, quando comparados os grupos tratados com o controle negativo.

Ressaltamos que o presente estudo sugere a necessidade de um aprofundamento da análise da água para identificação dos agentes tóxicos específicos ali presentes. Além disso, estudos que demonstrem se a contaminação afeta outros pontos na extensão do canal, se é mantida em outros períodos de maiores índices pluviométricos, assim como se afeta outros organismos vegetais e animais.

5. Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará pelo fornecimento da infraestrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa.

6. Referências

Achary, V. M. M. et al. (2008). Aluminium induced oxidative stress and DNA damage in root cells of *Allium cepa* L. **Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety**, vol.70, p. 300-310.

Alvin, L. B. et al. (2011). Avaliação da citogenotoxicidade de efluentes têxteis utilizando *Allium cepa* L. **Revista Ambiente Água**, vol. 6, n.2, p. 255-265.

Andrade, B. R. G. (2012). **Estudo do potencial citotóxico, genotóxico e mutagênico em células de *Allium cepa* da parationa metilica antes e após aplicação dos processos uv e uv/h2o2**. Tese de Doutorado, p. 52-56, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Ayres, M. et al. (2007). **BioEstat 5.3: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação – MCTI; Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), p. 39-40, Belém.

Bailão, E. F. L. C. et al. (2020). Efeito de padrões de uso do solo nas propriedades físico-químicas e genotóxicas da água em um riacho de baixa ordem no Brasil Central. **Ambiente & Água**, v. 15, n. 3, p. 1-16.

Bernard, M. F. et al. (2016). Bioensaio com sementes de *Allium cepa* para determinar os Índices de germinação e crescimento das radículas Submetidas aos tratamentos do defensivo agrícola Triflumuron. **In: Anais do VI Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão**. Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)/Cerro Largo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul: SEPE, vol. 6, nº 1, p.2.

Braga, J. R. M., & Lopes, D. M. (2015). Citotoxicidade e genotoxicidade da água do rio Subaé (Humildes, Bahia, Brasil) usando *Allium cepa* L. como bioindicador. **Revista Ambiente e Água** - “An Interdisciplinary Journal of Applied Science”, vol. 10, nº 1, p. 130-140.

Brito, F. S. L. et al. (2020). Drenagem urbana e sua influência na epidemiologia de leptospirose na cidade de Belém- região amazônica do estado do Pará. **Revista de Geografia**, v. 37, n. 3, 180-200

Caritá, R. (2010). **Avaliação do potencial genotóxico e mutagênico de amostras de águas de recursos hídricos que recebem efluentes urbanos e industriais do pólo ceramista da cidade de Santa Gertrudes - SP**. Dissertação de Mestrado, p. 23-140, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil.

Carmo, L. R., Leal, L. S., & Ribeiro, L. R. (2020). *Allium cepa* e teste do micronúcleo como bioindicadores de citogenotoxicidade em extratos aquosos de plantas medicinais. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 82419- 82430.

Carneiro, T. (2020). **Alagamentos em Belém não são causados só pela forte chuva e maré alta, diz especialista; entenda**. Portal de notícias G1 Pará. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2020/03/12/alagamentos-em-belem-nao-sao-causados-so-pela-forte-chuva-e-mare-alta-diz-especialista-entenda.ghtml>. Acesso em: 19/09/2022.

Cavalcante, Tainá. (2020). **200 toneladas de lixo são jogadas por mês nos canais de Belém**. O Liberal. Disponível em: <https://www.oliberal.com/belem/200-toneladas-de-lixo-sao-jogadas-por-mes-nos-canais-de-belem-1.300236>. Acesso em: 04 de julho de 2022.

César, A. C. G., & Silva, L. A. O. (2018). **Avaliação do crescimento radicular de cebolas expostas às águas superficiais do rio Jaguari e Ribeirão Lava-pés**. Instituto Federal de São Paulo, campus Bragança Paulista, IFSP. São Paulo.

Curado A. L. et al. (2018). Influência urbana na qualidade da água da bacia do Rio Uberaba: uma avaliação ecotoxicológica. **Revista Ambiente & Água**, v. 13, n.1, p 1-10.

Damasceno, J. et al. (2018). Avaliação do potencial tóxico e citogenóxico do sedimento do Rio São Francisco (Polo Juazeiro/BA) mediante bioensaio *Allium cepa* L. **Revista Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 38, n. 1, p. 104.

Dutra, V. A. B. et al. (2018). Saneamento em áreas urbanas na Amazônia: aplicação do sistema de indicadores PEIR. **Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 652-671

Fernandes, T. C. C. (2005). **Investigação dos efeitos tóxicos, mutagênicos e genotóxicos do herbicida trifluralina, utilizando *Allium cepa* e *oreochromis niloticus* como sistemas-testes**. Dissertação de Mestrado, p. 47-48, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP, Brasil.

Filho, R. S. (2018). **Avaliação genotoxicológica e morfológica de nanopartículas de dióxido de titânio utilizando o sistema teste de *Allium cepa***. Dissertação de Mestrado, p. 19-23, Universidade Federal do Paraná (UFPR). Paraná, Brasil.

Fiskesjö, G. (1985). The Allium test as a standard in environmental monitoring. **Hereditas**, vol. 102, nº 1, p. 99-112.

Galter, I. N. et al. (2020). Water assessment of the Itapemirim River/Espírito Santo (Brazil): abiotic and toxicogenetic aspects. **Environmental science and pollution research international**, v. 28, n. 8, p. 10175–10191.

Galvão, M. et al. (2015). Potencial mutagênico em águas coletadas em diferentes pontos no perímetro urbano no município de alta floresta – MT através do teste allium (*Allium cepa*). **Enciclopédia Biosfera**, v.11 n.21, p. 2373.

Google Earth, GOOGLE. Marambaia, Belém, Pará (2023). Disponível em: <https://earth.google.com/web/search/Passagem+Dalva+-+Marambaia,+Bel%c3%a9m+-+PA/@-1.40345822,48.43602289,21.85467185a,472.0406439d,34.99999998y,359.99999997h,0t,0r/data=CigiJgokCQgNpwwKOfC_EfXHx0p1Kve_GcLl5y3nxkbAIZummYrZO0fA>.

Guerra, M., & Souza, M. J. (2002). **Como observar cromossomos: um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana**. Vol. único, p. 17-78, Editora FUNPEC, Ribeirão Preto.

Guimarães, R. J. P. S. et al. (2017). Georreferenciamento dos pontos de alagamento em Belém (PA). **In: Anais do Congresso da ABES/FENASAN**, São Paulo, Brasil.

Igbokwe, I. O. et al. (2019) Aluminium toxicosis: a review of toxic actions and effects. **Interdisciplinary Toxicology**, v.12, n.2, p.45-70.

Krewski, D. et al. (2007). Human health risk assessment for aluminium, aluminium oxide, and aluminium hydroxide. **Journal of toxicology and environmental health**, vol.10, p. 1–269.

Liu, H. et al. (2022). Aluminum stress signaling, response, and adaptive mechanisms in plants. **Journal of Plant Signaling & Behavior**, v. 17, n. 1

Malaman, A. C. P. et al. (2020). **Citogenotoxicidade de águas fluviais urbanas em Presidente Prudente (SP), Brasil, através do teste *Allium cepa***. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 11, n.2, p. 249-265.

Motta, L. et al. (2018). **Bioensaio com *Allium cepa* L. revela ação tóxica e citogenotóxica na água do Rio São Francisco sob influência do canal do Tourão (Juazeiro/BA)**. Revista Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 38, n. 1, p.109.

Oliveira, L. M. et al. (2011). Potencial mutagênico dos poluentes na água do rio Paraíba do Sul em Tremembé, SP, Brasil, utilizando o teste *Allium cepa*. **Ambiente & Água**, v. 6, p. 90-103.

Oliveira, C. A. C. R. et al (2022). Genotoxicity assessment in two Amazonian estuaries using the *Plagioscion squamosissimus* as a biomonitor. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 27, p. 41344 – 41356

Parvan, L. G. et al. (2020). Bioensaio com *Allium cepa* revela genotoxicidade de herbicida com flumioxazina. **Revista Pan-Amazônica de Saúde [digital]**, v. 11.

Patra, J. et al. (2000). Aluminium triggers genotoxic adaptation to methyl mercuric chloride and theyl methane sulfonate, but not to maleic hydrazide in plant cells in vivo. **Journal of Mutation Research**, v.465, p.1-9.

Pedro, J. (2018). **Detecção da citotoxicidade, genotoxicidade e mutagenicidade do inseticida fipronil no organismo teste *Allium cepa***. Dissertação de Mestrado, p. 20-22, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro.

Pejchar, P. et al. (2008). Aluminum íons inhibit 69hospholipase D in a microtubuledependent manner. **Journal of Cell Biology International**, v.32, p.554-556.

Peron, A. P., Canesin, E. A., & Cardoso, C. M. V. (2009). Potencial mutagênico das águas do Rio Pirapó (Apucarana, Paraná, Brasil) em células meristemáticas de raiz de *Allium cepa* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 2, p. 155-159.

Pires, N. M. et al. (2001). Efeito do extrato aquoso de leucena sobre o desenvolvimento, índice mitótico e atividade da peroxidase em plântulas de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.1, p.1-11.

Prefeitura Municipal de Belém (a), Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN). **Bacias Hidrográficas. Portal 69 hosphol do município de Belém, 2019.** Disponível em <<http://www.belem.pa.gov.br/app/c2ms/v/?id=18&conteudo=4756>>.

Prefeitura Municipal De Belém (b), Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN). **Manutenção dos Canais. Portal 69 hosphol do município de Belém, 2019.** Disponível em <<http://www.belem.pa.gov.br/app/c2ms/v/?id=11&conteudo=2733>>.

Ramos, L. P. N. et al. (2020). Evaluation of the cytotoxic and genotoxic effect of *Allium cepa* L. (Amaryllidaceae) root cells after exposure in water samples of five lakes of Alta Floresta, State of Mato Grosso. **Ambiente & Água**, vol. 15, n. 1, p 1-10.

Ramos, L. P. N. et al. (2021). Evaluation of allium cepa l., pisum sativum l. And abelmoschus esculentus l. Cell performance 69 hen exposed to five wells water in Alta Floresta – MT. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 55646–55660.

Rocha, C. A. M. et al. (2016). Investigation into the cytotoxicity and mutagenicity of the Marajó Archipelago waters using *Plagioscion squamosissimus* (Perciformes: Sciaenidae) as a bioindicator. **Ecotoxicology Environmental Safety**, 132(10), 111-115.

Rodrigues, C. M. et al. (2020). Toxicity of Explosive Effluent by *Allium cepa* and Germination Test. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 105, n. 1, p. 127-133.

Sabeen, M. et al. (2020). *Allium cepa* assay based comparative study of selected vegetables and the chromosomal aberrations due to heavy metal accumulation. **Saudi Journal of Biological Sciences**, vol 27, 5^a ed, p. 1368-1374.

Sacramento, E. B. et al. (2020). **Evaluation of the cytotoxic and genotoxic potential of waters of the Paraíba do Sul River Basin - RJ through the *Allium cepa* test system.** *Ambiente & Água*, vol. 15, n. 3, p. 1-10.

Sampaio, L. L. G. (2021). **Shedding light sobre a toxicidade de mistura de poluentes na biota aquática vegetal: um estudo envolvendo *Allium cepa* L.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado, Instituto Federal Goiano.

Siddiqui, A. H., Tabrez, S., & Ahmad, M. (2011). Validation of plant-based bioassays for the toxicity testing of Indian waters. **Journal of Environmental Monitoring Assessment**, v. 179, p. 241-253.

Silveira, M. A. D. et al. (2018). Direct and Indirect Anthropogenic Contamination in Water Sources: Evaluation of Chromosomal Stability and Cytotoxicity Using the *Allium cepa* Test. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 100, n. 2, p. 216-220.

Sousa, D. R. D. (2016). **Alagamentos no centro comercial da campina, Belém- PA: identificação das causas e suas implicações de acordo com a percepção dos comerciantes locais.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará (UFPA), p 14-21, Belém, Pará, Brasil.

Ye, Y. et al. (2018). **iTRAQ-based proteomics screen for potential regulators of wheat (*Triticum aestivum* L.) root cell wall component response to Al stress.** *Gene*, v. 675, p. 301-311.