



APLICAÇÃO DE BIOMONITORAMENTO EM PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO LONTRA

Lima, Sabrina Da Mata¹; Campos, Giovanna²; Sousa, Tauana Soares²; Moron, Sandro Estevan³

RESUMO

Os recursos hídricos são de grande importância para a manutenção do ecossistema, e sua qualidade precisa ser avaliada para identificar possíveis fontes de contaminação. *Allium cepa* tem sido utilizado na determinação dos efeitos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos de xenobióticos. As coletas foram realizadas em onze locais no rio e as amostras usadas para teste de *A. cepa* e análises físico-químicas e microbiológicas. Os resultados evidenciaram, os parâmetros como oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos tenham se mantido em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de Classe 2, o pH apresentou valores abaixo do limite mínimo em diferentes pontos e períodos, indicando episódios de acidificação relacionados à influência antrópica. A presença de *Escherichia coli* não foi uniforme em todas as amostras. Em março/2024, apenas a Foz do Neblina (P1) ultrapassou o limite. Já em novembro/2024, os pontos P3, P4, P7 e P11 excederam o limite estabelecido. Embora os demais pontos tenham permanecido abaixo do valor máximo permitido, alguns registaram concentrações próximas ao limite, configurando risco sanitário potencial para a população que depende desse recurso hídrico. O teste *Allium cepa* demonstrou potencial citotóxico e genotóxico com impacto no rio Lontra pelas ações antrópicas das atividades humanas.

Palavras-chave: poluição; biomonitoramento; *Allium cepa*; genotoxicidade; citotoxicidade

1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

A poluição aquática tornou-se um problema ambiental global. Alguns produtos químicos presentes em efluentes industriais, agrícolas e domésticos são altamente tóxicos e, dependendo da dose e duração da exposição, podem causar sérios danos aos organismos aquáticos. (ALI et al., 2019). O desenvolvimento urbano pode comprometer a sustentabilidade hídrica das cidades e trazer grandes impactos devido à carga de efluentes domésticos, industriais e pluviais sem tratamento despejados, junto com material sólido do lixo e da erosão, além do crescimento urbano (LIU and LI, 2010).

¹Bolsista do Programa de Iniciação Científica (PIBIC). Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), e-mail: sabrina.lima@mail.uft.edu.br

²Laboratório de Águas de Araguaína - Laboara

³ Professor Doutor, Curso Medicina, Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), e-mail: sandro.moron@ufnt.edu.br

O impacto do lançamento de efluentes originados de estações de tratamento de esgotos em corpos d'água é motivo de grande preocupação para a maioria dos países (SPERLING, 2005). Cerca de um terço dos poluentes são descritos como potencialmente genotóxicos (OHE et al., 2004), sendo considerados a principal ameaça para os ecossistemas aquáticos, pois não há nível de segurança ambiental que elimine o risco mesmo em baixas concentrações. (BELPOMME et al., 2007). Danos no DNA estão relacionados com o surgimento de câncer bem como de alterações genéticas hereditárias. (BOLOGNESI; HAYASHI, 2011). Devido ao amplo espectro de compostos genotóxicos as vias de entrada no ambiente aquático são diversas e incluem deposição atmosférica, escoamento superficial e lançamento de efluentes domésticos e industriais. (SHULIAKEVICH et al., 2021).

O teste *Allium cepa* é utilizado para avaliar a qualidade de águas de fundo, superfícies e efluentes, como uma forma simples de estudo de parâmetros macroscópicos, tanto de valores de inibição de crescimento de raízes e parâmetros citológicos como de aberrações celulares em metáfases ou anáfases e inibição de células em divisão (VESNA et al., 1996; BARBÉRIO et al., 2011). Dentre esses vegetais, o *Allium cepa* (cebola) tem sido utilizado na determinação dos efeitos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos de inúmeras substâncias (ANACLETO et al., 2017; PALSIKOWSKI et al., 2017) e na de amostras ambientais complexas (GRISOLIA et al., 2005; JÚNIOR et al., 2022). Estudos relatam que diversos rios e açudes estão contaminados por substâncias tóxicas, genotóxicas, mutagênicas e carcinogênicas decorrentes do descarte de efluentes domésticos e industriais (WHITE; RASMUSSEN, 1998); além de agrotóxicos utilizados em áreas adjacentes aos corpos d'água (MONARCA et al., 2000).

Portanto, o teste de *Allium cepa* desenvolvido por Levan (1938) é considerado uma ferramenta útil para a pesquisa básica do potencial citotóxico, mutagênico e genotóxico de produtos químicos, substâncias complexas como extratos de plantas, dejetos industriais e, principalmente, águas contaminadas. Esse teste tem sido validado internacionalmente como bioindicador de amostras ambientais (EVSEEVA et al., 2003). O presente trabalho teve como objetivo verificar o potencial citotóxico e genotóxico em amostras de água do rio Lontra, no município de Araguaína - TO.

2. METODOLOGIA

O Rio Lontra foi classificado como classe II segundo a Resolução 357/05 do CONAMA e está inserido na área de drenagem do rio Araguaia. Na região do município de Araguaína (TO), foram monitorados 11 pontos no perímetro urbano (considerados estratégicos para as análises), incluindo o Lago da represa Corujão (Lago Azul) e pontos a montante e jusante de alguns empreendimentos localizados nas margens do rio. Nestes pontos foram levantados dados de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água. As amostras foram coletadas superficialmente em frascos de 1 litro, seguindo o protocolo descrito por CETESB (2011) e em triplicata, sendo armazenadas em recipientes plásticos e transportadas até o laboratório, onde permaneceram à 4 ± 2 °C até a montagem do experimento. As coletas foram realizadas durante no mês de março de 2024 e novembro de 2024, no período da manhã, e em cada momento de coleta foram registrados os dados geográficos por meio de GPS. O perfil físico e químico da água para análise dos parâmetros (temperatura, pH, oxigênio dissolvido – OD, turbidez, condutividade elétrica – CE e sólidos totais dissolvidos – TDS) foi obtido por medições *in situ*, com utilização de sonda multiparâmetro previamente calibrada.

Bioensaio com *Allium cepa*

Seleção dos bulbos: *Allium cepa* foram escolhidas por seu tamanho uniforme e higienizadas. **Preparação dos bulbos:** Após a higienização, os bulbos foram imersos em água destilada até que as raízes alcançassem 0,5 cm em um período de 72 horas. Em seguida, expostos ao material coletado e em ambiente climatizado a 25°C. **Grupos tratamentos (11 pontos):** Cinco bulbos foram expostos a 80 mL de amostras de água dos pontos de coleta e grupo controle (água mineral) por 72 horas. **Fixação das raízes:** As pontas meristemáticas das raízes foram cortadas e fixadas em solução de Carnoy. **Armazenamento:** As raízes foram armazenadas em tubos eppendorf e guardadas na geladeira. **Preparação das lâminas:** Lavar as raízes em água destilada; Hidrólise com HCl 1N por 10 minutos a 60°C; Lavar novamente as raízes e selecionar as regiões meristemáticas. **Coloração e lâminas:** Corar comorceína acética a 6% por 5 minutos; **Preparação de amostras:** Foram preparadas cerca de 5 lâminas por grupo, cada uma com duas raízes, totalizando 55 amostras. **Análise celular:** A análise foi feita em triplicata, com contagem de 1000 células por amostra, incluindo os controles. **Análise dos parâmetros microbiológicos:** técnica do Colilert, utilizada para detecção e quantificação de coliformes totais e *E. coli* foi a do substrato cromogênico Colilert (SOVEREIGN– USA), aprovado pela U.S EPA. Utilizou o software Graphpad Prism 5.0

para avaliação nos resultados do índice mitótico e alterações cromossômicas, com a análise de variância (ANOVA) ($p < 0,05$), seguido do teste de Dunnett ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Tabela 1** apresenta os resultados obtidos para a caracterização físico-química e microbiológica da água do Rio Lontra no mês de março de 2024.

Ponto	Nome	Temperatura	pH 6-9	OD >5	TDS até 500	Condutividade	Turbidez até 100	Col. Totais	E. coli até 1000	Coordenadas
1	Foz do Neblina	30,30	6,28	20,40	34,00	100,00	40,00	>2419,6	2419,60	806616 mE 9202243 mS
2	Prainha da Via Lago	29,20	4,70	38,00	11,00	23,00	25,90	>2419,6	770,10	807082 mE 9201799 mS
3	Após lançamento de efluente da Gelnex	28,10	5,70	20,50	21,00	20,00	17,30	>2419,6	410,60	798223 mE 9202874 mS
4	Após captação de água bruta da Gelnex	28,00	5,62	33,30	10,00	21,00	16,90	>2419,6	727,00	798397 mE 9203390 mS
5	Antes do lançamento da BRK	28,10	5,21	41,90	5,00	11,00	20,30	>2419,6	686,70	799521 mE 9202083 mS
6	Após do lançamento da BRK	28,13	5,44	46,60	5,00	10,00	20,50	>2419,6	435,20	799461 mE 9202081 mS
7	Ponte Barra da Grota	27,90	5,61	42,80	7,00	14,00	16,70	>2419,6	770,10	798594 mE 9202439 mS
8	Bairro JK	30,80	6,29	45,40	5,00	10,00	31,90	>2419,6	980,40	804320 mE 9202325 mS
9	Araguanã	28,70	6,90	88,50	20,00	39,00	12,40	>2419,6	142,10	761290 mE 9271942 mS
10	Corujão	29,70	6,50	71,30	13,00	26,00	18,10	>2419,6	32,30	805526 mE 9201783 mS
11	Divisa Lontra	26,55	7,16	77,60	20,00	42,00	8,77	>2419,6	816,40	761290 mE 9271942 mS

Círculo vermelho = em desacordo com as normas do Conama; Círculo verde = em acordo com as normas do Conama

A primeira campanha de amostragem foi realizada em março de 2024. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados estão apresentados na Tabela 1, em comparação com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de Classe 2. A temperatura da água variou entre 26,5 °C e 30,8 °C, dentro da faixa esperada para a região. O pH apresentou-se abaixo do mínimo permitido (6,0) em seis pontos (2, 3, 4, 5, 6 e 7), indicando acidificação, principalmente em áreas com influência antrópica. O oxigênio dissolvido (OD) manteve-se acima de 5 mg/L em todos os pontos, caracterizando boas condições de oxigenação. A turbidez permaneceu abaixo de 100 NTU, embora pontos como Foz do Neblina, Prainha da Via Lago e Bairro JK tenham apresentado valores mais elevados. A condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos (TDS) permaneceram dentro dos limites legais, com valores mais altos em áreas urbanizadas. Em relação à *Escherichia coli*, a maioria esteve abaixo do limite de 1000 NMP/100 mL, exceto a Foz do Neblina, que atingiu o valor máximo permitido, configurando risco sanitário. A segunda campanha foi realizada em novembro de 2024. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

A **Tabela 2** apresenta os resultados obtidos para a caracterização físico-química e microbiológica da água do Rio Lontra no mês de novembro de 2024.

Ponto	Nome	Temperatura	pH 6-9	OD > 5	TDS até 500	Condutividade	Turbidez até 100	Col. Totais	E. coli até 1000	Coordenadas
1	Foz do Nebelina	29,86	6,32	52,30	12,00	24,00	23,30	> 2419,6	290,90	806571 mE 9202226 mS
2	Prainha da Via Lago	29,21	6,13	55,70	8,00	16,00	16,04	> 2419,6	135,40	807098 mE 9201783 mS
3	Após lançamento de efluente da Gelnex	28,84	6,83	72,60	28,00	36,00	26,04	> 2419,6	2419,60	798342 mE 9203220 mS
4	Após captação de água bruta da Gelnex	28,58	6,48	73,10	32,00	62,00	22,26	> 2419,6	>2419,6	798397 mE 9203388 mS
5	Antes do lançamento da BRK	28,09	5,78	72,30	10,00	21,00	23,70	> 2419,6	547,50	7995225mE 9202077 mS
6	Após do lançamento da BRK	28,45	5,45	72,60	12,00	24,00	24,40	> 2419,6	435,20	799463 mE 9202083 mS
7	Ponte Barra da Grota	28,42	6,62	74,10	13,00	25,00	25,08	> 2419,6	1553,10	798600 mE 9202440 mS
8	Bairro JK	30,20	6,90	64,70	12,00	25,00	45,09	> 2419,6	435,20	804314 mE 9202321mS
9	Araguanã	30,20	6,80	74,10	20,00	42,00	4,01	> 2419,6	195,10	761295 mE 9271942 mS
10	Corujão	29,95	6,30	46,70	11,00	23,00	24,01	> 2419,6	129,60	805478 mE 9201759 mS
11	Divisa Lontra	28,10	6,90	75,00	20,00	42,00	7,61	> 2419,6	1046,20	796655 mE 9211505 mS

A temperatura variou de 28,1 °C a 30,2 °C, mantendo-se estável em relação à primeira coleta. O pH apresentou valores dentro dos limites (6,0–9,0) na maioria dos pontos, com exceção dos pontos 5 e 6, onde permaneceu ligeiramente abaixo do mínimo. O OD manteve-se acima de 5 mg/L em todos os pontos, assegurando condições adequadas de oxigenação. A turbidez esteve dentro do limite de 100 NTU em todos os pontos, porém valores mais elevados foram detectados no Bairro JK e o mínimo no ponto Araganã. Os parâmetros de condutividade elétrica e TDS permaneceram dentro dos padrões. Quanto aos parâmetros microbiológicos, 2 pontos (3 e 4) apresentaram coliformes totais superiores a 2419,6 NMP/100 mL, evidenciando contaminação difusa, confirmando a vulnerabilidade sanitária. E os pontos 6 e 7 excederam o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005. Esses achados representam risco sanitário, uma vez que indicam maior vulnerabilidade à contaminação fecal e comprometem a qualidade da água para usos múltiplos.

O Índice de Alterações Cromossômicas foi maior em todos os pontos nos meses de março e novembro, quando comparados com o controle, demonstrando o potencial genotóxico. A avaliação do Índice Mitótico (IM %) em *Allium cepa* demonstrou diferenças significativas em vários pontos quando comparados ao controle (3,68%). Março/2024: pontos 6 (2,34 %) e 7 (2,2%) apresentaram IM significativamente menores, ocorrendo uma inibição na divisão celular. Novembro/2024: observou-se redução do IM significativa em relação ao mês de março em 8 pontos quando comparados ao controle, demonstrando o potencial citotóxico. A menor diluição hídrica característica da estiagem pode ter intensificado a ação dos contaminantes, impactando a atividade celular. De forma integrada, os resultados indicam que o IM e IAC variaram, sendo mais alterado no mês de novembro, mas permanecendo alterado em áreas com maior influência de efluentes. Segundo Brito-Pelegrini et al. (2007), substâncias químicas como metais pesados, compostos orgânicos, nitrogênio e organo-halogenados, em altas concentrações, contribuem para a extrema elevação no nível de toxicidade em

quaisquer ambientes.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu avaliar a qualidade da água do Rio Lontra por meio da análise de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e do bioensaio com *Allium cepa*. *Allium cepa* demonstrou-se eficaz para detecção de efeitos genotóxicos e citotóxicos, demonstrando presença de xenobióticos.

5. FINANCIAMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio do CNPq por meio da bolsa de iniciação científica (PIBIC).

6. REFERÊNCIAS

ALI, H.; KHAN, E.; ILAHI, I. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: environmental persistence, toxicity and bioaccumulation. Hindawi Journal of Chemistry, v. 14, 2019.

ANACLETO, L. R.; ROBERTO, M. M.; MARIN-MORALES, M. A. Toxicological effects of the waste of the sugarcane industry, used as agricultural fertilizer, on the test system *Allium cepa*. Chemosphere, v. 173, p. 31-42, 2017.

BARBÉRIO, A.; VOLTOLINI, J. C.; MELLO, M. L. S. Standardization of bulb and root sample sizes for the *A. cepa* test. Ecotoxicology, v. 20, n. 4, p. 927-935, 2011.

BELPOMME, D.; IRIGARAY, P.; HARDELL, L. The multitude and diversity of environmental carcinogens. E. Research, v. 105, n. 3, p. 414-429, 2007.

BOLOGNESI, C.; HAYASHI, M. Micronucleus assay in aquatic animals. Mutagenesis, v. 26, p. 205-213, 2011.

Brito-Peegrini, N. N.; Peegrini, R. T. e Paterniani, J. E. S.. Ecotoxicological evaluation of leachate from the Limeira sanitary landfill with a view to identifying acute toxicity. UNICAMP-FEAGRI, Revista Ambiente & Água, v. 2, n. 3, 2007.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

EVSEEVA, T. I.; GERAS'KIN, S. A.; SHUKTOMOVA, I. I. Genotoxicity and toxicity assay of water sampled from a radium production industry storage cell territory by means of *Allium* test. J. Environmental Radioactivity, v. 68, p. 235-248, 2003.

GRISOLIA, C. K.; OLIVEIRA, A. B. B.; BONFIM, H.; KLAUTAU-GUIMARÃES, M. N. Genotoxicity evaluation of domestic sewage in a municipal wastewater treatment plant.

Genetics and Molecular Biology, v. 28, n. 2, p. 334-338, 2005.

JÚNIOR, S. L. P.; PAIXÃO, H. C. S.; SILVA, T. L.; SILVA, F. C.; FURTADO, C. M.; SILVA, R. P. M.; MENEGUETI, D. U. O. Methodological adaptation for genotoxic and mutagenic evaluation using the *Allium cepa* test. SAJ Basic Education Technical and Technological, v. 9, n. 1, p. 294-297, 2022.

LEVAN, A. The effect of colchicines on root mitosis of *Allium cepa*. Hereditas, v. 24, p. 471-486, 1938.

LIU, J. L.; LI, X. Y. Biodegradation and biotransformation of the wastewater organics as precursors of disinfection byproducts in water. Chemosphere, v. 81, p. 1075-1083, 2010.

MONARCA, S.; FERETTI, D.; COLLIVIGNARELLI, C. The influence of different disinfectants on mutagenicity and toxicity of urban wastewater. Water Research, v. 34, p. 4261-4269, 2000.

OHE, T.; WATANABE, T.; WAKABAYASHI, K. Mutagens in surface waters: a review. Mutation Research, v. 567, p. 109-149, 2004.

PALSIKOWSKI, P. A.; ROBERTO, M. M.; SOMMAGGIO, L. R. D.; SOUZA, P. M. S.; MORALES, A. R.; MARIN-MORALES, M. A. Ecotoxicity evaluation of the biodegradable polymers PLA, PBAT and its blends using *Allium cepa* as test organism. Journal of Polymers and the Environment, v. 26, p. 938-945, 2017.

SHULIAKEVICH, A.; MUZ, M.; OEHLMANN, J.; NAGENGAST, L.; SCHROEDER, K.; WOLF, Y.; BRÜCKNER, I.; MASSEI, R.; BRACK, W.; HOLLERT, H.; SCHIWY, S. Assessing the genotoxic potential of freshwater sediments after extensive rain events: lessons learned from a case study in an effluent-dominated river in Germany. Water Research, v. 209, p. 117921, 2021.

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

VESNA, S.; STEGNAR, P.; LOVKA, M.; TOMAN, M. J. The evaluation of waste, surface and ground water quality using the *Allium* test procedure. Mutation Research, v. 368, n. 3-4, p. 171-179, 1996.

WHITE, P. A.; RASMUSSEN, J. B. The genotoxic hazards of domestic wastes in surface waters. Mutation Research, v. 410, p. 223-236, 1998.