

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 6 - Água potável e Saneamento

AVALIAÇÃO DA GENOTOXICIDADE DO RIO RAIZ, NO MUNICÍPIO DE CONDOR, RS¹

EVALUATION OF THE GENOTOXICITY OF RIO RAIZ, IN THE MUNICIPALITY OF CONDOR, RS

Juliana Boniatti Libardoni Buratti², Sandra Beatriz Vicenci Fernandes³, Anik Scherbach Fauerharmel⁴, Amanda Tainã Glienke Lange⁵, Liziane Kraemer⁶, Juliana Maria Fachinetto⁷

¹ Dissertação de Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade - PPGSAS

² Aluna do Curso de Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade da UNIJUI, bolsista PROSUC-CAPES, ju.libardoni@hotmail.com

³ Professora Doutora do Departamento de Estudos Agrárias, Co-Orientadora, sandravf@unijui.edu.br

⁴ Aluna do curso de Ciências Biológicas da UNIJUI, faueranik@gmail.com

⁵ Aluna do curso de Ciências Biológicas da UNIJUI, amandalange.bio@gmail.com

⁶ Aluna do curso de Ciências Biológicas da UNIJUI, lizy_kraemer@hotmail.com

⁷ Professora Doutora do Departamento de Ciências da Vida, Orientador, juliana.fachinetto@unijui.edu.br

Resumo

A água é componente essencial para a vida humana em seus múltiplos usos, bem como para a dinâmica de todos os sistemas ambientais. A avaliação da qualidade dos recursos hídricos com uso de bioindicadores aliados a identificação de atividades de uso e ocupação do solo tem potencial para identificar se um ambiente está ou não impactado pelas ações humanas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a genotoxicidade da água do Rio Raiz, um recurso hídrico importante para o município de Condor (RS), a partir do teste *Allium cepa*. Amostras de água foram coletadas em cinco pontos, distribuídos desde a nascente até a foz. O bioindicador *A. cepa* evidenciou variações no Índice Mitótico (IM) e presença de alterações celulares, as quais podem ser reflexo da agricultura e pecuária, pelo uso de pesticidas e fertilizantes. Nas áreas lindeiras rurais, as práticas agrícolas sustentáveis, preservação de vegetação ciliar são formas possíveis de conservação da qualidade hídrica dos contribuintes. Destaca-se a relevância na preservação desse recurso hídrico por ser uma importante fonte de água para consumo humano no futuro, e a presença de áreas verdes urbanas que possibilitam o contato com a natureza para a qualidade de vida da população.

Palavras-chave: *Allium* teste, qualidade da água, bioindicadores, sustentabilidade.

Abstract

Water is an essential component for human life in its multiple uses, as well as for the dynamics of all environmental systems. The evaluation of the quality of water resources using bioindicators combined with the identification of land use and occupation activities has the potential to identify whether or not an environment is impacted by human actions. The objective of this work was to evaluate the genotoxicity of the water from the Rio Raiz, an important water resource for the municipality of Condor (RS), using the *Allium cepa* test. Water samples were collected at five points, distributed from the source to the mouth. The bioindicator *A. cepa* showed variations in the Mitotic Index (IM) and the presence of cellular changes, which may be a reflection of



Evento: XXV Jornada de Pesquisa

ODS: 6 - Água potável e Saneamento

agriculture and livestock, through the use of pesticides and fertilizers. In rural bordering areas, sustainable agricultural practices, preservation of riparian vegetation are possible ways of conserving the taxpayers' water quality. The relevance of preserving this water resource is highlighted, as it is an important source of water for human consumption in the future, and the presence of urban green areas that allow contact with nature for the quality of life of the population.

Key words: *Allium test*, water quality, bioindicators, sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A água constitui elemento central na temática das chamadas emergências ambientais para o século XXI. O consenso em relação à importância desse assunto é facilmente avaliado em documentos de natureza diversa, especialmente os que desenham cenários e estratégias para o futuro. Um dos mais recentes é o acordo global sobre a mudança climática, resultado da “*Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*”, que propõe aos países o cumprimento de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) até o ano de 2030. Dentre eles, o objetivo 6 tem por finalidade proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, de forma a apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento (ONU, 2015).

Os córregos urbanos e periurbanos constituem uma importante fonte de recursos naturais para as populações humanas, mas, muitas vezes sofrem com a degradação e com o descaso do poder público e da sociedade em geral. Um arroio com boa qualidade é importante para o bem estar e qualidade de vida da população e demais seres vivos. A proximidade de recursos hídricos ao meio urbano condiciona a possibilidade de corredores ecológicos, educação ambiental, preservação de uma área natural do município. Evidencia-se assim a importância de identificar e controlar as fontes de poluição no meio urbano de forma a promover a recuperação dos corpos d’água (SILVA; PORTO, 2015).

Muito se sabe a respeito de ações potenciais de conservação dos recursos naturais, principalmente, daqueles em crescente escassez, como os hídricos, por exemplo. No entanto, pouco se tem feito no sentido de evitar, num futuro próximo, sérios problemas diante das limitações. Desta forma, todo o esforço direcionado à sua recuperação, conservação e preservação deve ser avaliado, para dar continuidade ao desenvolvimento econômico de forma sustentável, assegurando o bem-estar da humanidade.

Para diagnosticar a degradação dos cursos d’água destaca-se a importância do uso de indicadores de qualidade ambiental (MOLLER, 2015). A utilização de indicadores ambientais pode fornecer informações importantes, desde a caracterização das condições ambientais até as alterações causadas

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 6 - Água potável e Saneamento

por algum tipo de desequilíbrio.

Vários autores utilizaram *Allium cepa* L. nos estudos de monitoramento ambiental e para a detecção de substâncias citotóxicas e mutagênicas (MAZZEO, FERNANDES e MARIN-MORALES, 2011; GEREMIAS et al., 2012; GUPTA e AHMAD, 2012). O uso deste bioindicador é recomendado para a triagem de qualidade das águas superficiais por apresentar alta sensibilidade; não oneroso, rápido e fácil de manusear (RANK e NIELSEN, 1994; DÜSMAN et al., 2013). El Shahaby et al. (2003) consideram o sistema teste de *A. cepa* o mais adequado para detecção de toxicidade/genotoxicidade.

Diante disso o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água do Rio Raiz, um importante recurso hídrico para o município de Condor, Rio Grande do Sul (RS), a partir do teste de *Allium cepa*.

2 METODOLOGIA

O Rio Raiz é um importante recurso hídrico do município de Condor, RS, com extensão de aproximadamente 14 km da nascente até a sua foz no Rio Palmeiras e, posteriormente, no Rio Ijuí. Possui toda a sua bacia de contribuição no município, com percurso por área urbana e rural. Os contribuintes são pequenos arroios que, ao longo do trecho, colaboram com o aumento da vazão. Condor situa-se na região do Planalto Médio do Estado, pertencente à microrregião colonial de Ijuí e uma área de 465 quilômetros quadrados (IBGE, 2010). É um município eminentemente agrícola e tem como suas principais atividades econômicas o cultivo de soja, trigo e milho e, recentemente, incorporou também a bovinocultura leiteira e de corte, além de um setor industrial, constituído por microempresas e agroindústrias.

As amostras de água para realizar o teste *A. cepa* foram coletadas no dia 18 de novembro de 2019, em cinco diferentes locais do Rio Raiz, considerando da nascente até a foz, contemplando os diferentes ambientes do recurso hídrico (Figura 1). O ponto 1 situa-se na nascente, em área de preservação permanente (APP) com vegetação ciliar em estágio médio de regeneração com algumas áreas de lavouras na bacia de contribuição. O ponto 2, em área rural, situa-se no domínio de APP, entretanto em faixa inferior a 30 m conforme previsto Código Florestal Brasileiro, em estágio entre inicial e médio de regeneração (CONAMA, 2007), logo a jusante da ponte da RS 158. O ponto 3, está localizado a montante da área urbana, em ambiente lótico, margeado por APP

inferior a 30 metros e com a presença de atividades de pecuária no entorno. O ponto 4, localizado a jusante da área urbana, possui na margem esquerda a instalação de loteamento público urbano e

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 6 - Água potável e Saneamento

na direita atividade pecuária (bovinos e ovinos) e vegetação ciliar inferior a 30 metros. O Ponto 5, próximo a foz do Rio Raiz no Rio Palmeiras, possui vegetação ciliar em estágio inicial de regeneração e cultivos agrícolas no entorno.

Os pontos de amostragens de água foram distribuídos na bacia hidrográfica do Rio Raiz, de forma a estabelecer o nexos entre as condições de uso e ocupação do solo, tais como a supressão da mata ciliar, e a qualidade da água e sucessivamente na sustentabilidade desse corpo hídrico.

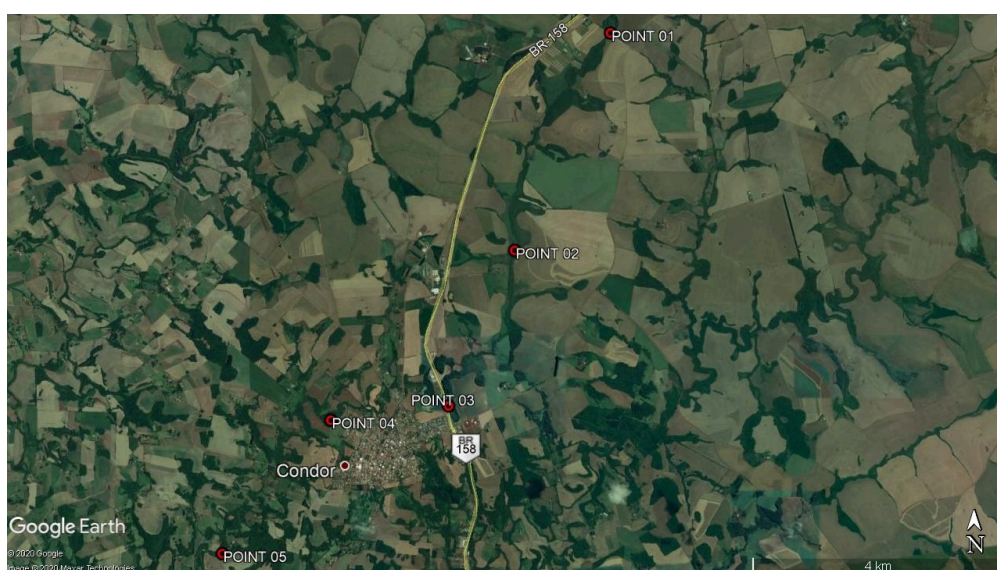


Figura 1: Pontos de amostragem de coleta de água no Rio Raiz. Condor/RS. *Google Earth*

Para o teste *A. cepa*, aproximadamente 100 sementes (SILVEIRA et al. 2018; MARTINS, 2018) de *A. cepa* (cultivar Cebolleta) foram previamente colocadas em caixas gerbox forradas com papel de filtro e algodão umedecidos com água destilada, uma para cada ponto de coleta e grupo controle. Quando as raízes atingiram 1,0 – 1,5 cm de comprimento, a água dos locais de coleta substituiu a água destilada, permanecendo as raízes por um período de 24 h (um grupo permaneceu em água destilada como controle), totalizando 6 grupos. As raízes foram coletadas e fixadas em Carnoy (3:1) por 24 h e após, mantidas em etanol 70% sob refrigeração até as análises.

As lâminas foram preparadas seguindo a técnica de esmagamento (GUERRA e SOUZA, 2002), as quais foram hidrolisadas em HCl 1N por 5 minutos, lavadas em água destilada e coradas comorceína acética 2%. Para análise das lâminas, cerca de 10 raízes foram utilizadas para observar 4000 células por grupo. Foram contados o número de células em interfase, prófase, metáfase, anáfase e telófase, com auxílio de microscópio óptico com a objetiva de 40X. Para a obtenção do índice mitótico (IM),

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 6 - Água potável e Saneamento

foi calculada a razão entre o número de células em divisão e o número total de células analisadas, multiplicado por 100. Além das fases da divisão celular, também foram avaliadas as alterações celulares e cromossômicas encontradas, tais como pontes em anáfase, cromossomos retardatários, micronúcleos, apoptoses, multipolaridades, aderência cromossômica (VIANCELLI et al. 2015; BATISTA et al., 2016; MALAKAHMAD et al., 2018). Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística pelo teste do χ^2 ($p < 0.05$), utilizando o Programa BIOESTAT 5.0 (AYRES et al, 2007), para comparação com o IM e alterações celulares entre os pontos de coleta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo de bioensaio *A. cepa* consiste em um sistema eficiente para análises anatômicas e microscópicas (EGITO et al., 2007).

Os resultados obtidos a partir do bioindicador *A. cepa* na identificação do potencial genotóxico da água do Rio Raiz, demonstraram que os valores do IM variaram de 8.90 (Ponto 5) a 31.23 (Ponto 1). Os Pontos 2 e 3 não diferiram do controle, já os pontos 1, 4 e 5 apresentaram diferença significativa conforme tabela 1. Cabe destacar que o ponto 1 apresentou o maior valor de IM e diferiu de todos os pontos, inclusive do controle. Observa-se ainda que o único ponto que apresentou redução do IM foi o Ponto 5. Essa diminuição possivelmente está relacionada com o aumento da vazão, pois no percurso o Rio Raiz recebe contribuintes que favorecem a diluição da água e da contaminação. Reduzir significa diminuir a proliferação, uma vez que o aumento do IM pode determinar a citotoxicidade de uma substância (GADANO et al. 2002). As alterações do IM podem estar associadas à presença de material de origem fecal com altas quantidades de nitrogênio e fósforo, metais como alumínio, zinco e cobre e fertilizantes (EGITO et al., 2007) ou a presença de pesticidas (BOGONI et al. 2014).

Tabela 1. Índice mitótico dos pontos de coleta de água do Rio Raiz (Condor/RS).

	Células em divisão	Células em interfase	Total	IM%
Controle	467	3533	4000	11.68a
Ponto 1	1249	2751	4000	31.23b
Ponto 2	507	3493	4000	12.68ac
Ponto 3	460	3540	4000	11.50ad
Ponto 4	417	3583	4000	10.43ade
Ponto 5	356	3644	4000	8.90e

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 6 - Água potável e Saneamento

Valores de IM seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste do χ^2 , 5%.

Silveira et al., 2018 estudaram parte do Rio Cascavel (Paraná, Brasil) em perímetro urbano. Os autores observaram, a partir de estudo com *A. cepa*, que as atividades antrópicas na área contribuíram para contaminar uma fonte de água. Além disso, a contaminação antropogênica direta maximizou o dano celular, apresentando um possível risco à saúde da população.

Em todos os pontos analisados foram observadas alterações celulares, como pontes cromossômicas, micronúcleos, multipolaridade, aderência, cromossomo retardatário e apoptose (Tabela 2, Figura 2). A porcentagem de alterações variou de 0.23 (Controle) a 3.60 (Ponto 5). Todos os pontos diferiram do grupo controle. Os pontos 4 e 5 apresentaram maior quantidade de alterações diferindo dos demais. Esses resultados podem ser justificados pelo uso de insumos agrícolas nas áreas rurais e ainda esgotos domésticos, disposição inadequada do lixo na área urbana limdeira ao recurso hídrico estudado.

Tabela 2. Alterações celulares observadas nos pontos de coleta do Rio Raiz (Condor/RS).

Tratamento	Número total de células	Alterações cromossômicas					AP	TOTAL	% de alterações celulares
		PC	MN	Multipolaridade	Aderência	CR			
Controle	4000	0	1	1	0	0	7	9	0.23a
Ponto 1	4000	7	1	0	1	0	53	62	1.55b
Ponto 2	4000	11	0	0	4	1	19	35	0.88 c
Ponto 3	4000	11	0	0	0	1	19	31	0.78 c
Ponto 4	4000	13	0	0	0	8	120	141	3.53 d
Ponto 5	4000	8	0	0	0	2	134	144	3.60 d
Total	24000	50	2	1	5	12	352	422	

Porcentagens seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste χ^2 , 5%. PC – pontes cromossômicas em anáfase e telófase. MN – Micronúcleos. CR – Cromossomo retardatário AP – Apoptoses.



Figura 2. Alterações das células em *A. cepa*. pontes cromossômicas em anáfase. b- atraso no

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 6 - Água potável e Saneamento

cromossomo. c-apoptose. Escala: 10 µm.

As variações observadas no IM e a presença de alterações celulares podem ser reflexo da agricultura e pecuária, pelos pesticidas e fertilizantes altamente utilizados nessas atividades. Os pesticidas são reconhecidos como agentes causadores de dano ao DNA pois podem induzir efeito citotóxico e genotóxico e danificar a biota e a saúde humana (DIZDARI, KOPLIKU, 2013) constituindo risco potencial para o meio ambiente, reduzindo o IM das células (BIANCHI; FERNANDES; MARIN-MORALES, 2016). *A. cepa* foi recomendado como biomarcador para a detecção de certos resíduos de pesticidas em amostras de água (FATIMA; AHMAD, 2006). O potencial de pesticidas em causar anormalidades cromossômicas neste bioindicador sugere que também possa ser prejudicial ao DNA humano (KUCHY et al., 2016). Os resultados do estudo do Rio Raiz, são consistentes com os resultados da literatura que mostra a relação entre poluição urbana e aumento do dano ao DNA (BIANCHI et al., 2011; GEREMIAS et al., 2012; TABELT et al., 2015). Resultados semelhantes aos do Rio Raiz foram encontrados em pesquisa (GOMES et al., 2015) que detectou a existência de potenciais citotóxicos e genotóxicos nas águas do Rio Guandu (RJ), onde as alterações observadas refletem o estado de contaminação dos afluentes e contribuintes e enfatizam a importância de estudos de bio-monitoramento para auxiliar os gestores no controle da liberação de efluentes domésticos e industriais. Também Batista et al. (2016) em avaliação do rio Corrente, no município de Pedro II (Piauí, Brasil) demonstraram que todas as amostras, coletadas durante as estações chuvosa e seca induziram toxicidade, (com exceção do Local 4, poucas contribuições antropogênicas), constatada pela inibição do crescimento radicular e inibição do índice mitótico, mas também mutagenicidade induzida, que foi evidenciada pela observação de frações micronucleicas e cromossômicas.

Outras anomalias foram constatadas por Malakahmed et al. (2018) e observaram aberrações celulares: aderência, atraso cromossômico, C-metáfase, perda cromossômica, ponte cromossômica, quebra de cromossomos, célula binucleada, mini célula e núcleos lobulados.

VIANCELLI et al. (2015) verificaram, em estudo no Rio Suruvi (Concórdia/SC), no teste de genotoxicidade que a água contém substâncias capazes de induzir alterações no índice mitótico nas células do meristema radicular de *A. cepa*. Em resumo, as fontes de água superficial estão contaminadas com material fecal e substâncias genotóxicas, enfatizando a importância da vigilância das águas superficiais e subterrâneas nessa região, principalmente pela proximidade do aquífero Guarani.

Düsman et al. (2013) demonstraram que atividades humanas causaram mudanças biológicas na água do rio Quatorze no município rural de Francisco Beltrão, Paraná, Brasil, em que, ao menos em um



Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 6 - Água potável e Saneamento

ponto, foram constatados aumentos de IM em *A. cepa*.

Em pesquisa realizada em dois locais (nascente e foz) no Rio da Ilha, um dos principais afluentes do Rio dos Sinos (RS), a foz foi o ponto em que mais se constatou dados de citotoxicidade nos períodos amostrados, o que pode ser justificado pela maior proximidade aos impactos antropogênicos (ZIMMERMANN et al., 2016).

A contaminação dos ambientes aquáticos por substâncias tóxicas é uma preocupação especial, pois os poluentes podem induzir mutações e câncer (BEYERSMANN; HARTWIG, 2008). Assim, estudos de monitoramento ambiental que empregam biomarcadores e metodologias para a aplicação de ensaios rápidos e simplificados são cada vez mais valiosos, pois podem ser usados como parâmetros para medir o potencial de poluição e contaminação de corpos d'água.

A conservação da biodiversidade deve ser repensada no sentido de desenvolver atividades que permitam assegurar a qualidade ambiental para todas as formas de vida e manter os ecossistemas naturais funcionando e saudáveis é uma questão primordial. Isso incorpora a preservação, manutenção, uso sustentável, recuperação e aprimoramento dos componentes da diversidade biológica, permitindo que as necessidades da geração atual sejam atendidas sem comprometer a capacidade para as gerações futuras (RAWAT & AGAWAL, 2015). Neste contexto, o uso de espécies bioindicadoras pode ser de extrema importância para diagnóstico e direcionamento de estratégias para a conservação do ambiente (TEDESCO & LAUGHINGHOUSE, 2012, PARMAR et al., 2016, PIMENTA et al., 2016, ASIF et al., 2018). Mesmo por quê, de acordo com Von Sperling (2005), em bacias hidrográficas preservadas e nas condições naturais, a qualidade da água é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultante das precipitações atmosféricas.

As metodologias de monitoramento biológico podem ser empregadas como ferramentas de vigilância, isto é, para acompanhamento contínuo das condições dos ecossistemas de maneira a detectar impactos acidentais ou decorrentes da implantação de empreendimentos produtivos. Podem servir ainda como instrumento regulador, sendo utilizadas como prova cientificamente aceita das alterações ambientais provocadas por ações antrópicas, bem como orientação na tomada de decisões com relação a aplicação de medidas mitigadoras contra poluição ambiental, visando a melhoria da qualidade dos recursos naturais hídricos (FARIA et al., 2017).

Além disso, os indicadores e índices ambientais são importantes mecanismos para a comunicação de informações resumidas ou para a provisão de bases sólidas sobre o estado da água aos responsáveis por sua gestão, contribuindo para uma relação sustentável entre os compartimentos social, econômico

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 6 - Água potável e Saneamento

e ambiental (MOLLER, 2015).

Poucas regiões do mundo ainda estão livres da perda de fontes potenciais de água doce, degradação da qualidade da água e poluição das fontes de água superficial. Os problemas mais sérios que afetam a qualidade da água dos rios e lagos são fatores de extrema importância em diferentes situações, como esgoto doméstico tratado inadequadamente, erros na escolha de locais para instalações industriais, desmatamento e práticas agrícolas. Assim, os ecossistemas aquáticos são perturbados e o suprimento de água doce é ameaçado, e, portanto, é importante integrar análises químicas e biológicas a fim de preservar esses ambientes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O indicador biológico *A. cepa*, evidenciou variações no IM e alterações celulares, as quais podem ser reflexo da agricultura, pecuária e intenso uso de pesticidas e fertilizantes nessas atividades.

Nas áreas lindeiras rurais, as práticas agrícolas sustentáveis, preservação de vegetação ciliar são formas possíveis de conservação da qualidade hídrica dos contribuintes. Destaca-se a relevância na preservação desse recurso hídrico por ser uma importante fonte de água para consumo humano no futuro, e a presença de áreas verdes urbanas que possibilitam o contato com a natureza para a qualidade de vida da população.

As análises dos resultados obtidos nesta pesquisa podem contribuir de forma pontual e corroborar com a geração de dados para melhor a gestão e o planejamento do município.

AGRADECIMENTOS

Esse estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001, Processo nº 88887.364509/2019-00. Agradecemos a Capes, Prefeitura Municipal de Condor (RS, Brazil) e Hidroelétrica Panambi S. A. (HIDROPAN/RS/Brazil) pelo financiamento e suporte logístico, e Programa de Educação Tutorial (PET Biologia UNIJUI; MEC/SESU).

REFERÊNCIAS

- Ayres, M., Ayres Jr, M., Ayres, D.L., Santos, A.A.S, 2007. Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém: IDSM. 364p.
- Asif, N., Malik, M.F., Chaudhry, F.N, 2018. A Review of on Environmental Pollution Bioindicators. Pollution 4: 111-118.

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 6 - Água potável e Saneamento

Baptista, M., Cardoso, A., 2013. Rios e Cidades: uma longa e Sinuosa História. Rev. UFMG. 20, 124-153.

Batista, N.J.C., Cavalcante, A.A.C.M., Oliveira, M.G., Medeiros, E.C.N., Machado, J.L., Evangelista, S.R., Dias, J.F., Santos, C.E.I., Duarte, A., Silva, J., 2016. Genotoxic and mutagenic evaluation of water samples from a river under the influence of different anthropogenic activities. Chemosphere 164, 134-141. DOI [10.1016/j.chemosphere.2016.08.091](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.08.091)

Beyersmann, D., Hartwig, A., 2008. Carcinogenic metal compounds: recent insight into molecular and cellular mechanisms. Arch Toxicol. 1-21. DOI: [10.1007/s00204-008-0313-y](https://doi.org/10.1007/s00204-008-0313-y).

Bianchi, J., Fernandes, T.C.C., Marin-Morales, M.A., 2016. Induction of mitotic and chromosomal abnormalities on *Allium cepa* cells by pesticides imidacloprid and sulfentrazone and the mixture of them. Chemosphere 144, 475-483. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2015.09.021](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.09.021)

Bianchi, J., Espindola, E.L.G., Marin-Morales, M.A., 2011. Genotoxicity and mutagenicity of water samples from the Monjolinho River (Brazil) after receiving untreated effluents. Ecotoxicol Environ Saf. 74, 826-833. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2010.11.006](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.11.006).

Bogoni, J.A., Armiliato, N., Araldi-Favassa, C.T., Techio, V.H., 2014. Genotoxicity in *Astyanax bimaculatus* (Twospot *Astyanax*) exposed to the waters of Engano River (Brazil) as determined by micronucleus tests in erythrocytes. Arch Environ Contam Toxicol. 66, 441-449. DOI: [10.1007/s00244-013-9990-5](https://doi.org/10.1007/s00244-013-9990-5).

_____. Resolução n. 388/2007, de 23 de fevereiro de 2007. Dispõe sobre a convalidação das resoluções que definem a vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica para fins do disposto no art. 4o § 1o da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Brasília, DF. Available in: https://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/_arquivos/res_conama_388-07.pdf. Acesso em: Julho. 2020.

Dizdari, A.M., Kopliku, D. 2013. Cytotoxic and Genotoxic Potency Screening of Two Pesticides on *Allium cepa* L. Procedia Technology 8, 19-26 . DOI: [10.1016/j.protcy.2013.11.005](https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.11.005).

Düsman, E., Luzza, M., Savegnago, L., Lauxen, D., Vicentini, V.E.P., Tonial, I.B., Sauer, T.P., 2013. *Allium cepa* L. as a bioindicator to measure cytotoxicity of surface water of the the Quatorze River, located in Francisco Beltrao, Parana, Brazil. Environ Monit Assess. 1-9, 2013. DOI: [10.1007/](https://doi.org/10.1007/)

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 6 - Água potável e Saneamento

[s10661-013-3493-8](#)

Egito, L.C.M., Medeiros, M.G., Medeiros, S.G.B., Lima, L.F.A., 2007. Cytotoxic and genotoxic potential of surface water from the Pitimbu river, northeastern/RN Brazil. *Genet. Mol. Biol.* 30, 435–441. DOI: [10.1590/S1415-47572007000300023](#)

El-Shahaby, A.O., Abdel Migid, H.M., Soliman M.I., Mashaly, I.A. 2003. Genotoxicity screening of industrial waste water using the *Allium cepa* chromosome aberration assay. *Pak. J. Biol. Sci.* 6, 23-28. DOI: [10.3923/pjbs.2003.23.28](#)

Faria, M. L. C., Costa, F.M., Silva, F.C., Bosso, R.M.V., 2017. Potencial de citotoxicidade e mutagenicidade das águas do rio Jaru, estado de Rondônia, em células de *Allium cepa*. *Gaia Scientia.* 11, 104-114. DOI: [10.22478/ufpb.1981-1268.2017v11n2.29160](#)

Fatima, R.A.; Ahmad, M., 2006. *Allium cepa* derived EROD as a potential biomarker for the presence of certain pesticides in water. *Chemosphere* 62, 527-537. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2005.06.032](#)

Gadano, A., Gurni, A., López, P., Ferraro, G., Carballo, M., 2002. In vitro genotoxic evaluation of the medicinal plant *Chenopodium ambrosioides* L. *Journal of Ethnopharmacology* 81, 11-6. DOI: [10.1016/s0378-8741\(01\)00418-4](#)

Geremias, R., Bortolotto, T., Wilhelm-Filho, D., Pedrosa, R.C., Fávere, V.T., 2012. Efficacy assessment of acid mine drainage treatment with coal mining waste using *Allium cepa* L. as a bioindicator. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 79, 116-121. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2011.12.010](#)

Gomes, J.V., Teixeira, J.T.S., Lima, V.M., Borba, H.R., 2015. Induction of cytotoxic and genotoxic effects of Guandu River waters in the *Allium cepa* system. *Rev. Ambient. Água* 10, 48-58. DOI: [10.4136/ambi-agua.1487](#).

Guerra, M., Souza, M.J., 2002. Como observar cromossomos: um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana. Ribeirão Preto: Ed. FUNPEC. 131p

Gupta, A.K., Ahmad, M., 2012. Assessment of cytotoxic and genotoxic potential of refinery waste effluent using plant, animal and bacterial systems. *Journal of Hazardous Materials* 201-202, 92–99. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2011.11.044](#)

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 6 - Água potável e Saneamento

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Base Estatcart de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por Setor Censitário. Rio de Janeiro/RJ/Brazil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/condor.html>. Acesso em: Julho. 2020.

Kuchy, A.H., Wani, A.A., Kamili, A.N., 2016. Cytogenetic effects of three commercially formulated pesticides on somatic and germ cells of *Allium cepa*. Environ Sci Pollut Res. 23, 6895–6906. DOI 10.1007/s11356-015-5912-6

Malakahmad, A., Manan, T.S.B.A., Sivapalan, S. Khan, T., 2018. Genotoxicity assessment of raw and treated water samples using *Allium cepa* assay: evidence from Perak River, Malaysia. Environ Sci Pollut Res. 25, 5421-5436. DOI: 10.1007/s11356-017-0721-8

Martins, L.P., 2018. Avaliação da qualidade ambiental do Arroio Demétrio através de critérios físico-químicos, microbiológicos e toxicológicos. Dissertação (Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais) – Universidade La Salle, Canoas, 2018.

Mazzeo, D.E.C., Fernandes, T.C.C., Marin-Morales, M. A., 2011. Cellular damages in the *Allium cepa* test system, caused by BTEX mixture prior and after biodegradation process. Chemosphere 85, 13-18. DOI:10.1016/j.chemosphere.2011.06.056.

Moller, A.P., 2015. Environmental Indicators of Biological Urbanization. In: Armon, R.H., Cunha e Silva, D.C., Albuquerque Filho, J.L., Oliveira, R.A., Lourenço, R.W. Hänninen, O. (Eds.), Environmental Indicators. Springer, Netherlands. 421-432. DOI: 10.1007/978-94-017-9499-2_25.

Organização das Nações Unidas. ONU. 2015. A ONU e a água. Available in: <https://nacoesunidas.org/acao/agua/>. Access in: June 2020.

Parmar, T.K., Rawtani, D., Agrawal, Y.K., 2016. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. Frontiers In Life Science 9, 1-9. DOI: [10.1080/21553769.2016.1162753](https://doi.org/10.1080/21553769.2016.1162753)

Pimenta, S.M., Boaventura, G.R., Peña, A.P., Ribeiro, T.G., 2016. Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana. Rev. Ambient. Água 11, 198-210. DOI:[10.4136/ambi-agua.1672](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1672)

Rank, J., Nielsen, M.H., 1994. Evaluation of the *Allium* anaphase-telophase test in relation to genotoxicity screening of industrial wastewater. Mutat Res. 312, 17–24. DOI: [10.1016/0165-1161\(94\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0165-1161(94)90004-3)

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 6 - Água potável e Saneamento

Rawat, U.S., Agarwal, N.K., 2015. Biodiversity: Concept, threats and conservation. Environment Conservation Journal 16, 19-28.

Silva, J.C.A., Porto, M.F.A., 2015. Recuperação de córregos urbanos através do controle de cargas pontuais e Difusas. Córrego Ibiraporã, SP. RBRH. 20, 82-90. DOI: [10.21168/rbrh.v20n1.p82-90](https://doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p82-90)

Silveira, M.A.D., Ribeiro, D.L., Vieira, G.M., Demarco, N.R. d'Arce, L.P.G., 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 100, 216-220.

Tabet, M., Abda, A., Benouareth, D.E., Liman, R., Konuk, M., Khallef, M., Taher, A., 2015. Mutagenic and genotoxic effects of Guelma's urban wastewater, Algeria. Environ. Monit Assess. 187, 13-26. DOI: [10.1007/s10661-015-4281-4](https://doi.org/10.1007/s10661-015-4281-4)

Tedesco, S.B., Laughinghouse, H.D., 2012. Bioindicator of Genotoxicity: The *Allium cepa* Test. Environmental Contamination. 137-156. DOI: [10.5772/31371](https://doi.org/10.5772/31371)

Viancelli, A., Deuner, C.W., Rigo, M., Padilha, J., Marchesi, J.A.P., Fongaro, G., 2015. Microbiological quality and genotoxic potential of surface water located above the Guarani aquifer. Environ Earth Sci. 74, 5517-5523. DOI: [10.1007/s12665-015-4561-x](https://doi.org/10.1007/s12665-015-4561-x)

Von Sperling, M., 2005. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG. 1, 452 p.

Zimmermann, G.P.R., Dalzochio, T., Gehlen, G., 2016. Uso do bioensaio com *Allium cepa* L. e análises físico-químicas e microbiológicas para avaliação da qualidade do Rio da Ilha, RS, Brasil. Acta Toxicol. Argent. 24, 97-104.

Parecer CEUA: Protocolo nº 2260474