

**EFICÁCIA DO MARCADOR MICRONÚCLEO COMO INDICADOR DE
GENOTOXICIDADE EM PEIXES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**
**NEUZA TAMANHO^{1,2*}, IARA DENISE ENDRUWEIT BATISTI³, SUZYMEIRE
BARONI^{2,4}**

1 Introdução

O uso de agrotóxicos no mundo, com vista a aumentar a produção de alimentos, deve ser acompanhado de protocolos de análise e monitoramento ambiental. Oluah et al. (2020) e Ullah et al. (2019) argumentam que os agrotóxicos tornaram-se indispensáveis na agricultura moderna para controlar pragas e ervas daninhas a fim de produzir alimentos adequados para a população global, garantir o crescimento de safras, gerar lucro, elevar o padrão de vida humana, proteger as plantações nos campos e alimentos armazenados, destruir criadouros de diferentes doenças. Contudo, paralelamente aos avanços tecnológicos, surge um problema mundial, que é a contaminação de córregos e rios, através da pulverização, escoamento e lixiviação do solo, que atingem as águas superficiais e subterrâneas, resultando em efeitos diretos ou indiretos nos organismos aquáticos alvo e não-alvo (EZEYOILI et al., 2019).

Existem inúmeras pesquisas sobre a genotoxicidade dos pesticidas através do teste de micronúcleo, e este tem se mostrado excelente ferramenta para o monitoramento em peixes (SELVI et al., 2011), já que são muito sensíveis às mudanças em seu ambiente e desempenham papéis importantes na avaliação do risco potencial associado à contaminação de novos produtos químicos no ambiente aquático (LAKRA; NAGPURE, 2009; PANDEY et al., 2006; AHMAD DAR et al., 2015). Conforme Obiakor et al. (2012) a utilização dos peixes como bioindicadores e dos micronúcleos como marcadores, permite-nos fazer uma avaliação precoce dos danos e os efeitos ambientais na saúde de organismos, populações e comunidades (FLORES-GALVÁN et al., 2020).

O teste de MN (Micronúcleo) e AN (Anormalidades Nucleares) têm sido utilizados em peixes de água doce devido à sua simplicidade, baixo custo, alta sensibilidade, dados precisos e aplicabilidade para estudos em condições de laboratório e de campo (AYLLON; GARCIA-

1 Mestranda em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis, instituição UFFS *campus* Cerro Largo, contato: tamanhoneuza@gmail.com

2 Grupo de Pesquisa: Toxicologia Comparada

3 Doutora em Epidemiologia UFFS, *campus* Cerro Largo

4 Doutora em Genética, UFFS, *campus* Cerro Largo, **Orientadora.**



VAZQUEZ, 200; FENECH, 2020)

2 Objetivos

Objetivo desse trabalho foi determinar, através de busca bibliográfica em bancos de dados, artigos que usaram o protocolo de MN em peixes fim de verificar se o teste tem eficácia no monitoramento ambiental.

3 Metodologia

A busca dos estudos foi realizada nas bases de periódicos *Pubmed* <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> *Web of Science* <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/> *Scopus* <https://www.scopus.com/> e *Scielo* <https://www.scielo.br/> .

No banco de dados buscou-se artigos publicados escritos em português, inglês ou espanhol, através das palavras-chaves (micronuclei OR micronucleus OR micronúcleo OR micronúcleos) AND (fish OR fishes OR pisce) AND (pesticide OR herbicide OR insecticide OR fungicide OR organophosphate OR agrochemical OR pesticide OR herbicide OR insecticide) inseridas no campo “Find articles with these terms”. Contemplaram-se artigos publicados no período de 2000 (inclusive) a 2021 (inclusive).

Foram selecionados apenas artigos que contemplaram os critérios de inclusão que foram: testes com peixe, MN em sangue periférico, inclusão ou não de AN, tipo de agrotóxico, princípio ativo, grupo químico, resultados significativos ou não. Foram excluídos da revisão quaisquer artigos que (a) MN feito em brânquias (b) MN em fígado; (c) Testes de drogas; (d) Testes com extratos vegetais.

4 Resultados e Discussão

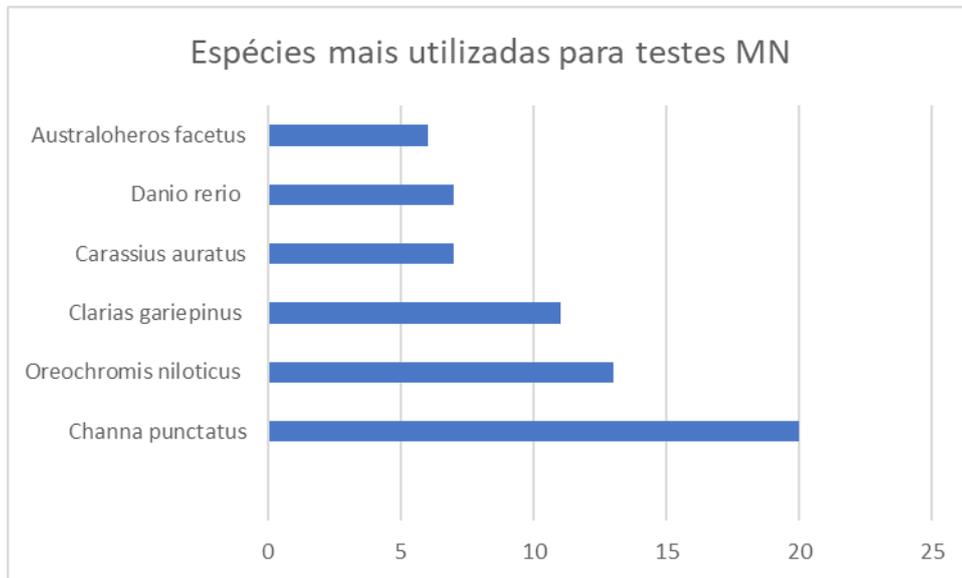
No total, dos 149 artigos foram selecionados entre 01/01/2000 e 30/06/2021, obedecendo todos os critérios estabelecidos.

Dos artigos que permanecem para a análise, a maioria se encontra na plataforma *Web of Science* e *Scopus*, isso certamente se aplica pelo escopo dos trabalhos que são ligados às ciências ambientais e não à saúde humana como no caso da base de dados *Pubmed*.

As cinco espécies de peixes mais utilizadas para o teste de MN estão expostas na figura 1. A espécie *Channa punctatus* é de ampla distribuição na Ásia e há uma clara relação do uso desse bioindicador com a origem dos autores. Percebemos que o modelo *Oreochromis niloticus* se mostrou um modelo muito apreciado pelos autores, visto ser uma espécie robusta

que se adapta a vários habitats.

Figura 1: Número de artigos selecionados em relação à espécie estudada.



Dos 149 artigos selecionados, 85 também incluíram a análise de Anormalidades Nucleares (AN). Vários estudos desta pesquisa mostraram a relação positiva entre as frequências de AN e MN, sugerindo que a identificação dessas alterações é útil em estudos de genotoxicidade (VAN DER, et al., 2003; FENECH, 2020)

Quanto aos diversos tipos de agrotóxicos analisados os mais comuns foram: Organofosforados (77 artigos), Piretróides (32), Glicina substituída (22) seguido do Carbamato (20). Outros compostos foram testados em número menor como neonicotinóides, uréia e ciclodienos.

Outro aspecto analisado foi quanto ao tipo de experimento estabelecido pelos pesquisadores. Na tabela 1 observa-se que a maior parte dos experimentos foram em ambiente controlado, com doses previamente determinadas para análise de MN e AN. Sendo os testes mais frequentes feitos em ambiente controlado, há de se questionar quais variáveis do testes não são adequados para um maior número de trabalhos em indivíduos expostos no seu habitat, o que realmente daria um panorama da situação do ambiente quanto aos danos dos agrotóxicos.

Tabela 1: Número de artigos quanto ao tipo de experimentos realizados.

Tipo de experimento	Número de artigos
---------------------	-------------------

Teste controlado 60

Teste peixe/habitat 14

Dos artigos selecionados 125 (83%) apresentam resultado significativo para aumento de MN e AN em peixes expostos aos diferentes agrotóxicos. Deste modo os agrotóxicos, associados ou não a outros contaminantes antropogênicos lançados nas águas, provocam risco ambiental que pode ser detectado por peixes através do teste de micronúcleo evitando situações desastrosas. (ADEDEJI et al., 2012; NWANI; EJERE; MADU, 2020).

5 Conclusão

O teste de Micronúcleo e Anormalidades Nucleares são bons marcadores para determinar potencial genotóxico em peixes que estão em contato com agrotóxicos.

Referências Bibliográficas

ADEDEJI, O. B., OKOCHA, R. O. Overview of pesticide toxicity in fish. *Advances in Environmental Biology*, 2344-2352, 2012.

AYLLÓN, F.; GARCIA-VAZQUEZ, E. Micronuclei and Other Nuclear Lesions as Genotoxicity Indicators in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 49, p. 221-225, 2001.

EZEOYILI, I. C., MGBENKA, B. O., ATAMA, C. I., NGWU, G. I., MADU, J. C., & NWANI, C. D. Changes in brain acetylcholinesterase and oxidative stress biomarkers in African catfish exposed to carbendazim. **Journal of Aquatic Animal Health**, 31(4), 371-379, 2019.

FENECH, M. Cytokinesis-block micronucleus cytome assay Evolution into a more comprehensive method to measure chromosomal instability. **Genes**, v. 11, n. 1203, p. 1-13, 2020.

FLORES-GALVÁN, M. A., DAESSLÉ, L. W., ARELLANO-GARCÍA, E., TORRES-BUGARÍN, O., MACÍAS-ZAMORA, J. V., RUIZ-CAMPOS, G. Genotoxicity in fishes environmentally exposed to As, Se, Hg, Pb, Cr and toxaphene in the lower Colorado River basin, at Mexicali valley, Baja California, México. **Ecotoxicology**, 29(4), 493-502, 2020.

LAKRA, W. S., NAGPURE, N. S. Genotoxicological studies in fishes: a review. **Indian Journal of Animal Sciences**, 79(1), 93-97, 2009.

NWANI, C. D., EJERE, V. C., & MADU, J. C. Toxicity and genotoxic evaluations in African

catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) exposed to Act Force Gold®, Butaforce®, and Atraforce®. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 262-269, 2021.

OBIAKOR, M.O.; OKONKWO, J.C; NNABUDE, P.C.; EZEONYEJIA, C.D.. Eco-genotoxicology: micronucleus assay in fish erythrocytes as in situ aquatic pollution biomarker: a review. **Journal of Animal Science Advances**, v. 2, n. 1, p. 123-133, 2012.

OLUAH, C.; AKINLABI, E. T.; NJOKU, Howard O. Selection of phase change material for improved performance of trombe wall systems using the entropy weight and TOPSIS methodology. **Energy and Buildings**, v. 217, p. 109967, 2020.

VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N. P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v.13, p.57-149, 2003.

YIN, T., YAO, R., ULLAH, I., XIONG, S., HUANG, Q., YOU, J., SHI, L. Effects of nanosized okara dietary fiber on gelation properties of silver carp surimi. **LWT**, 111, 111-116, 2019.

Palavras-chave: Anormalidades nucleares. Organofosforados. Herbicida. Inseticida. Pesticida.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES 2018-022