

IMPACTOS ECOTOXICOLÓGICOS DA ENCHENTE DE 2024 NO RS: REGULAÇÃO DO GENE *NPY* EM *DANIO RERIO*

KAYLANE PIEPER VASCONCELOS¹; NATIÉLI MACHADO GONÇALVES²;
EDUARDO NUNES DELLAGOSTIN³; MARIANA HÄRTER REMIÃO⁴;
VINICIUS FARIAS CAMPOS⁵; TONY LEANDRO REZENDE DA SILVEIRA⁶

¹*Universidade Federal de Pelotas – kaylanepvasconcelos@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – natielimgoncalves@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas - edu.ndell@gmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – marri.hr@hotmail.com*

⁵*Universidade Federal de Pelotas - fariascampos@gmail.com*

⁶*Universidade Federal de Pelotas - silveira.tlr@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

As ações antropogênicas aceleraram as mudanças climáticas, tornando-as um acelerador de eventos extremos, como as enchentes (HÄDER; BARNES, 2019). As inundações transportam diversos poluentes, como resíduos domésticos, agrotóxicos e contaminantes industriais (ULLAH BHAT; QAYOOM. 2022; TUDI et al., 2021; MITRA et al., 2020), os quais podem provocar efeitos adversos nos organismos, incluindo danos hepáticos, genotoxicidade, estresse oxidativo e neurotoxicidade (WANG et al., 2013; TABREZ et al., 2021; PAGANO et al., 2024). Estes eventos representam riscos à saúde humana e ao ambiente, com destaque aos efeitos deletérios à biodiversidade e a estrutura dos ecossistemas aquáticos (PRIYA et al., 2023).

Em maio de 2024, uma grande enchente atingiu o estado do Rio Grande do Sul, causando graves impactos sociais e ambientais (BRASIL DE FATO, 2024). O aumento do fluxo de água atingiu estabelecimentos como postos de combustíveis e indústrias, resultando na liberação de diferentes contaminantes nos corpos hídricos (CNN BRASIL, 2024; G1, 2024). Além dos efeitos imediatos observados sobre a população humana e os animais terrestres durante o evento, é provável que a fauna aquática também tenha sido afetada, o que torna necessária a realização de estudos para avaliar esses possíveis impactos.

A espécie *Danio rerio* (*zebrafish*) é um vertebrado amplamente utilizado como biomodelo em pesquisas científicas e ecotoxicológicas (TEAME et al., 2019; DERIKVANDY et al., 2020). Trata-se de um peixe de fácil manutenção, com rápido desenvolvimento e genoma totalmente sequenciado, características que favorecem sua aplicação em estudos laboratoriais. Seu uso em análises toxicológicas é bastante relevante, pois permite investigar os efeitos de diferentes contaminantes por meio de avaliações histológicas, genotóxicas e bioquímicas com respaldo científico (ZOU et., 2022; SANTOS et al., 2024).

O Neuropeptídeo Y (*npy*) é um dos neurotransmissores mais abundantes e multifuncionais do sistema nervoso, desempenhando um papel crucial na regulação de homeostase energética, da resposta ao estresse e do sistema cardiovascular (SILVA et al., 2002). Produzido principalmente no hipotálamo, o *npy* atua como um potente estimulador do apetite ao ativar os receptores Y1 e Y5, promovendo a ingestão de alimentos e o armazenamento da energia (HEILIG et al., 2002). Paralelamente, o *npy* atua como um modulador endógeno da

ansiedade, conferindo resiliência ao estresse, e como vasoconstritor importante na regulação do fluxo sanguíneo e da pressão arterial (ZUKOWSKA, 2005).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo relatar os efeitos da contaminação da água da Lagoa dos Patos, coletada após o evento das enchentes de maio de 2024, na expressão do gene neuropeptídeo Y (*npy*) em *D. rerio*.

2. METODOLOGIA

A pluma de sedimentação formada na Laguna dos Patos após a entrada do lixiviado das enchentes foi monitorada por imagens de satélite. Quando essa pluma alcançou o estreito canal que conecta a laguna ao mar, na Barra do Rio Grande, no município de Rio Grande (RS), a equipe do grupo de pesquisa deslocou-se até o local para realizar a coleta de amostras de água. A água foi coletada com bomba submersa a 2 metros de profundidade no canal de acesso ao porto do Rio Grande-RS, totalizando 400 litros.

Enquanto isso, machos adultos de *D. rerio* foram adquiridos de um fornecedor comercial e aclimatados por duas semanas em condições de temperatura, pH, amônia, nitrito, oxigênio, dureza, condutividade e salinidade controladas. Após este período, os animais foram distribuídos em dois grupos: Controle (CT) em água padrão do biotério, e Enchente (FL) em água da enchente, expostos cronicamente por 14 dias. Os parâmetros de água foram monitorados diariamente. Quanto à alimentação, os animais foram alimentados duas vezes ao dia com dieta comercial e uma vez ao dia com microcrustáceos (*Artemia salina*).

Após o período experimental, os animais foram capturados, anestesiados e eutanasiados para medição, pesagem e coleta de cérebro, seguido de posterior armazenamento em nitrogênio líquido até o uso. Todas as atividades envolvendo manipulação e experimentação animal foram realizadas sob aprovação do parecer 75/2024/CEUA/REITORIA da Comissão de Ética no Uso de Animais da UFPEL.

Posteriormente, o tecido seguiu para extração de RNA, quantificação e confecção de DNA complementar (cDNA) para a realização da análise da expressão gênica. A expressão do gene *npy* foi analisada através da técnica de PCR quantitativa em tempo real (RT-qPCR) utilizando o equipamento QuantStudio3 (Applied Biosystems, EUA), sendo realizada em duplicata. Quanto às condições de ciclagem térmica, foram realizadas as seguintes etapas: desnaturação inicial a 95°C por 2 minutos, seguida por 40 ciclos de 95°C por 15 segundos e 60°C por 60 segundos. Os primers utilizados para esse estudo foram: F: GACTCTCACAGAAGGGTATCC e R: GGTTGATGTAGTGCTTAGTGCTG.

A Análise estatística foi realizada através da comparação dos resultados dos grupos CT e FL. Os resultados foram analisados pelo método estatístico teste T de Student com valor de significância $p < 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de expressão gênica revelou um aumento significativo na expressão de *npy* no cérebro de animais do grupo FL em comparação ao grupo CT. Esses resultados indicam uma regulação positiva do *npy*, um marcador neuroendócrino associado à regulação do apetite, homeostase energética e resposta ao estresse (BODAS et al. 2023). Outro resultado encontrado, foi um aumento no peso corporal dos peixes de ambos os grupos após 14 dias de

exposição à água da enchente. A superexpressão de *npy* estimula a ingestão de alimentos, o que promove o crescimento somático dos peixes por meio da indução da síntese e liberação do hormônio do crescimento (GH) (DELLAGOSTIN et al., 2022; MARTINS et al. 2022).

4. CONCLUSÕES

Este estudo foi capaz de fornecer evidências de que a exposição à água das enchentes ocorridas no sul do Brasil em 2024 desencadeou alterações moleculares e fisiológicas em *D. rerio*. A superexpressão do gene *npy* indica uma possível modulação do metabolismo energético e da regulação do apetite em resposta às condições ambientais adversas. A utilização de *npy* como biomarcador molecular demonstrou ser eficaz para a detecção de efeitos subletais da exposição, reforçando a importância de integrar marcadores neuroendócrinos em estudos ecotoxicológicos. Da mesma forma, esses achados contribuem para a compreensão dos impactos ambientais decorrentes de eventos extremos em um biomodelo amplamente utilizado e validado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRESSA LIBERAL SANTOS et al. Polystyrene nanoplastics induce developmental impairments and vasotoxicity in zebrafish (*Danio rerio*). Journal of Hazardous Materials, v. 464, p. 132880–132880, 1 fev. 2024.

A.K. PRIYA et al. Impact of climate change and anthropogenic activities on aquatic ecosystem – A review. Environmental Research, v. 238, p. 117233–117233, 1 dez. 2023.

BODAS, D. S. et al. Convergent Energy State–Dependent Antagonistic Signaling by Cocaine- and Amphetamine-Regulated Transcript (CART) and Neuropeptide Y (NPY) Modulates the Plasticity of Forebrain Neurons to Regulate Feeding in Zebrafish. Journal of Neuroscience, v. 43, n. 7, p. 1089–1110, 4 jan. 2023.

DAYRES VITORIA; FARIAS, J.; GRASSO, M. Bactérias e metais pesados são encontrados na água do RS após enchentes. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/bacterias-e-metais-pesados-sao-encontrados-na-agua-do-rs-apos-enchentes/>>.

DE. Militares recolhem tonéis de produtos químicos levados pela enchente em Canoas. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/06/04/militares-recolhem-tonéis-de-produtos-químicos-levados-pela-enchente-em-canoas.ghtml>>. Acesso em: 26 ago. 2025.

DELLAGOSTIN, E. N. et al. Chronic cold exposure modulates genes related to feeding and immune system in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish & Shellfish Immunology, v. 128, p. 269–278, set. 2022.

DERIKVANDY, A. et al. Genotoxicity and oxidative damage in zebrafish (*Danio rerio*) after exposure to effluent from ethyl alcohol industry. Chemosphere, v. 251, p. 126609, jul. 2020.

- HÄDER, DONAT-P.; BARNES, P. W. Comparing the impacts of climate change on the responses and linkages between terrestrial and aquatic ecosystems. *Science of The Total Environment*, v. 682, p. 239–246, set. 2019.
- HEILIG, M.; THORSELL, A. Brain Neuropeptide Y (NPY) in Stress and Alcohol Dependence. *Reviews in the Neurosciences*, v. 13, n. 1, jan. 2002.
- LARHAMMAR, D. Evolution of neuropeptide Y, peptide YY and pancreatic polypeptide. *Regulatory Peptides*, v. 62, n. 1, p. 1–11, abr. 1996.
- MARTINS, A. W. S. et al. Exposure to salinity induces oxidative damage and changes in the expression of genes related to appetite regulation in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Frontiers in Genetics*, v. 13, 8 set. 2022.
- MITRA, T. et al. Transcriptomic responses to pollution in natural riverine environment in Rita rita. *Environmental Research*, v. 186, p. 109508, jul. 2020.
- PAGANO, A. D. et al. Assessment of oxidative stress biomarkers in the threatened annual killifish *Austrolebias charrua* exposed to Roundup. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, v. 276, p. 109787, fev. 2024.
- SILVA, A. P.; CAVADAS, C.; GROUZMANN, E. Neuropeptide Y and its receptors as potential therapeutic drug targets. *Clinica Chimica Acta*, v. 326, n. 1-2, p. 3–25, dez. 2002.
- TABREZ, S.; ZUGHAIBI, T. A.; JAVED, M. Bioaccumulation of heavy metals and their toxicity assessment in *Mystus* species. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 28, n. 2, p. 1459–1464, fev. 2021.
- TEAME, T. et al. The use of zebrafish (*Danio rerio*) as biomedical models. *Animal Frontiers*, v. 9, n. 3, p. 68–77, 25 jun. 2019.
- TUDI, M. Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 3, 27 jan. 2021.
- ULLAH BHAT, S.; QAYOOM, U. Implications of Sewage Discharge on Freshwater Ecosystems. *Sewage - Recent Advances, New Perspectives and Applications*, 9 mar. 2022.
- WANG, H. et al. Acute Toxicity, Respiratory Reaction, and Sensitivity of Three Cyprinid Fish Species Caused by Exposure to Four Heavy Metals. *PLoS ONE*, v. 8, n. 6, p. e65282, 3 jun. 2013.
- ZOU, H. et al. Antimony accumulation in zebrafish (*Danio rerio*) and its effect on genotoxicity, histopathology, and ultrastructure. *Aquatic toxicology*, v. 252, p. 106297–106297, 1 nov. 2022.
- ZUKOWSKA, Z. Atherosclerosis and angiogenesis: what do nerves have to do with it? *PubMed*, v. 57 Suppl, p. 229–34, 1 jan. 2005.