

TEORES DE FÓSFORO E METAIS PESADOS EM *ENYDRA ANAGALLIS* DO ARROIO SANTA BÁRBARA, PELOTAS, RIO GRANDE DO SUL

JOSIANE PINHEIRO FARIAS¹; MARCOS ANTÔNIO DA SILVA²; CAROLINA FACCIO DEMARCO³; SIMONE PIENIZ⁴; BENEDICT C. OKEKE⁵; ROBSON ANDREAZZA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – jo.anetst@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Pelotas marcos.antonio.silva.padua@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – carol_demarco@hotmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas- nutrisimone@yahoo.com.br,

⁵Universidade Federal de Pelotas -bokeke@aum.edu

⁶Universidade Federal de Pelotas – robsonandrezza@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

O arroio Santa Bárbara é um dos principais corpos hídricos do município de Pelotas, nele foi construído uma barragem para a finalidade de fornecer água bruta para a planta de tratamento da ETA Santa Bárbara e para a zona industrial, bem cheias na área urbana. Cerca de 50% do Município recebe a água tratada da Estação, abastecendo o Centro, o Porto, Bairro Navegantes, Vila Fátima, Bairro Fragata, Distrito Industrial e Vila COHAB (SANEP, 2025).

No entanto, a alta atividade antrópica na região da bacia hidrográfica do manancial Santa Bárbara tem sido responsável pela degradação e redução da qualidade da água, principalmente nas regiões a jusante da barragem. Esta é caracterizada por alta densidade populacional, baixa taxa de tratamento de efluentes domésticos e industriais (CORRÊA et al.2016). Consequentemente, os problemas de contaminação por metais pesados e eutrofização são assuntos de grande preocupação. Estudos recentes de DERMARCO et al. (2019), enfatizam a gravidade da poluição por metais pesados e nutrientes no arroio Santa Bárbara. Os autores avaliaram a presença de vários elementos, como N, P, Cd, Cr, Cu, As, Pb e entre outros. Dos elementos analisados, a grande maioria está acima do estabelecido pela legislação brasileira. Essa poluição tem múltiplos efeitos tóxicos e ameaça a vida vegetal e os ecossistemas aquáticos, bem como a saúde humana. Em função da contaminação ambiental causada por atividades antrópicas, buscaram-se estratégias de recuperação para essas áreas afetadas (VASCONCELLOS et al., 2012).

O uso de macrófitas tem sido bastante estudado, pois apresentam habilidade de remover vários contaminantes, incluindo pesticidas, nutrientes e metais pesados (DEMARCO et al 2023; RODRIGUES et al. 2025). Então, o objetivo deste trabalho é monitorar a qualidade da água do arroio Santa Bárbara e avaliar a bioacumulação de nutriente e metais tóxicos na biomassa da *Enydra anagallis*, em diferentes pontos ao longo do arroio.

2. METODOLOGIA

As plantas de *Enydra anagallis* e a água bruta foram obtidas em 3 pontos, 2 pontos no canal Santa Bárbara e 1 ponto a montante da barragem, em setembro de 2023. Os locais de amostragem foram escolhidos de acordo com sua acessibilidade, distribuição de plantas e fontes de poluição. Em cada ponto 9, plantas inteiras foram coletadas. Posteriormente à coleta, as plantas foram lavadas em água corrente e com água destilada, com o intuito de remover os sedimentos

associados. As plantas passaram por processo de secagem a 65°C, trituração e digestão em ácido nítrico-perclórico (3:1). Após essa digestão em ácido nítrico-perclórico concentrado, os metais foram analisados por espectrômetro de emissão atômica com plasma induzido por micro-ondas (equipamento Agilent 4200 MP-AES), no Laboratório de Metrologia Química da UFPEL. A água bruta foi coletada em recipientes adequados e higienizados conforme as respectivas análises. Os parâmetros como turbidez, sólidos dissolvidos totais (SDT), pH, nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e fósforo total (PT), foram analisados pelo método descrito no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th, APHA (2005). Os índices de fator de translocação (TF) e fator de bioconcentração (BCF), foram calculados com as equações propostas por Yoon et al. (2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise da água (tabela 1), verifica-se que o canal Santa Bárbara possui parâmetros acima do permitido pela resolução do CONAMA n °357/2005 para águas doces de classe II. No qual, o valor máximo permitido para nitrogênio total Kjeldahl conforme a referida legislação é de 2,18 mg. L⁻¹. Conforme a tabela 1, os valores de NTK para três pontos amostrados variam 7 a 22 mg. L⁻¹. O nutriente fósforo (P) foi detectado apresentando variação de concentração de 0,45 a 1,74 mg. L⁻¹, também acima do estabelecido pela legislação brasileira (0,025 mg/L). O ponto 1, que apresenta menor valor de NTK e PT está situado em uma região de menor impacto antrópico a montante de barragem. No entanto, jusante da barragem dentem aumentar, devido ao lançamento de esgotos domésticos não tratados (DEMARCO et al. 2019).

Os outros parâmetros pH e SDT estão dentro do limite proposto na Resolução CONAMA 357/2005, a qual informa uma variação de pH 6,0 a 9,0 e valor máximo de 500 mg L⁻¹ para Sólidos Dissolvidos Totais.

Tabela 1- Parâmetros analisados da água do canal Santa Bárbara

	P (mg L ⁻¹)	SDT (mg L ⁻¹)	pH	NtK (mg L ⁻¹)
P1	0,45 ± 0	166,2	6,81	7,4±0,74
P2	1,74 ± 0,01	198,7	6,75	22,2±1,29
P3	1,02 ±0,02	214,2	7,01	17,9±0,83

Os teores de P e metais pesados acumulados nas raízes e folhas de *Enydra anagallis* são mostrados na Tabela 2. As concentrações médias de metais pesados (Cr, Cu, Fe) armazenados nas raízes das plantas de *Enydra anagallis* foram maiores do que nos tecidos foliares. DEMARCO et al. (2020), relatam em seu estudo a tendência da *Enydra anagallis* acumular os elementos nas raízes do que na parte aérea. Quanto às raízes, as maiores concentrações de metais pesados foram relatadas nos pontos jusantes da barragem, onde ocorre maior influência de despejos domésticos e industriais (CORRÊA et al.2016).

Segundo Chedadi et al. (2024), o aumento na capacidade de acumular metais nas raízes pode ser explicado pelo contato direto da raiz da planta com água contaminada por íons metálicos. Essa maior eficiência de armazenar metais.

na parede celular, em comparação com outros tecidos vegetais, pode ser relacionada aos mecanismos de resistência (ANDREAZZA et al., 2013). Um desses mecanismos é um aumento da espessura da parede das células dos tecidos.

Portanto, aumenta a quantidade de sítios reativos pelo acréscimo de cargas negativas, protegendo os tecidos internos dos efeitos danosos dos metais pesados (RODRIGUES et al., 2016).

Tabela 2 – Concentração de P e Cu, Cr, Fe e Cd detectados em folhas e raízes na *Enydra Anagallis*

	P	Cu	Cr	Fe	Cd
Folhas (mg Kg⁻¹)					
P1	6305 ± 579	5,3 ± 1,42	3,1 ± 0,62	4092 ± 1008	<0,01
P2	5168 ± 005	6,3 ± 1,25	4,5 ± 0,15	2466 ± 1020	<0,01
P3	8027 ± 416	18,2 ± 1,55	4,9 ± 1,24	636,4 ± 76,5	<0,01
Raiz (mg Kg⁻¹)					
P1	7475 ± 511	15,9 ± 4,60	5,3 ± 0,93	27777 ± 316	<0,01
P2	4331 ± 196	17,4 ± 1,81	14,2 ± 1,17	19763 ± 3551	<0,01
P3	5025 ± 883	37,9 ± 5,20	24,5 ± 5,94	10750 ± 889	<0,01
Total na planta inteira (mg Kg⁻¹)					
P1	13779,9	21,2	8,4	31868,8	<0,01
P2	10805,1	26,2	16,6	10869,3	<0,01
P3	13051,9	56,1	29,4	11386,6	<0,01

<1: amostras com concentrações abaixo do limite de detecção do equipamento

A caracterização da fitorremediação com base nos índices está na tabela 3. Em relação à capacidade de translocação do Fósforo das raízes para a parte aérea (FT), a *Enydra anagallis* apresentou TF > 1 para os pontos de coleta 2 e 3, indicando alta capacidade de bioacumulação de P em sua biomassa (fitoextração) (Oliveira et al. 2023).

Tabela 3 - Estimativa de índices de fitorremediação de fósforo pela *E. anagallis*.

	FT	BCF
P1	0,84 ± 0,03	16610 ± 1136
P2	1,34 ± 0,53	2489 ± 687
P3	1,63 ± 0,19	4929 ± 866

Os valores do BCF para o fósforo (P1 = 16610; P2 = 2489; P3 = 4929), demonstram a capacidade da *Enydra anagallis* em acumular nutrientes do ecossistema aquático poluído. Os valores encontrados neste estudo, estão de acordo com o trabalho de DEMARCO et al. (2020), que obteve um índice de BCF de 5374 para o processo de fitorremediação do P.

4. CONCLUSÕES

O canal Santa Bárbara apresenta características de ambiente eutrófico, descreve um estado de bom desenvolvimento e nutrição ou um sistema com excesso de nutrientes (P e N).

A macrófita aquática emergente *E. anagallis* demonstrou potencial *in situ* para fitorremediação de contaminantes ou nutrientes no curso d'água estudado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREAZZA, R; CAMARGO, F. A. DE. O; ANTONIOLLI, Z. I; QUADRO, M.S; BARCELOS, A. A. Bioremediation of copper contaminated areas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 127–136, 2013
- CHEDADI, M; MOUSSAOUI, A. EL; BASSOUYA, M; JAWHARI, F.Z; ZOUFRI, I; BARNOSSI, A.EL ASMI, H.EL; AMMARI, M; MERZOUKI, M; BARI, A. Capacity of an aquatic macrophyte, *Pistia stratiotes* L., for removing heavy metals from water in the Oued Fez River and their accumulation in its tissues. **Environ Monit Assess** 196:1114, 2024
- CORRÊA, H.K; RIEGEL, R.P; QUEVEDO, D.M.d. Revisão histórica do entorno da bacia do manancial Santa Bárbara-Pelotas/rs e suas relações com a qualidade da água bruta dos anos 2013 a 2015. In: **10ª SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL**, Porto Alegre, 2016. Anais.
- DEMARCO, C. F; AFONSO, T, QUADRO, M.S; PIENIZ, S; ANDRADE, L.C; CAMARGO, F.A.DE. O; ANDREAZZA, R.et al. Environmental and multivariate analysis of Santa Bárbara stream, Brazil, contaminated with heavy metals and nutrients. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 13, n. 1, p. 53–63, 2019
- DEMARCO, C. F; AFONSO, T. F; PIENIZ, S; QUADRO, M. S; CAMARGO, F.A.DE.O. ANDREAZZA, R. Evaluation of *Enydra anagallis* remediation at a contaminated watercourse in south Brazil. **International Journal of Phytoremediation**, v. 22, n. 12, p. 1216–1223, 2020.
- DEMARCO, C; AFONSO, T. F; PIENIZ, S; Selau, F. C; Machado, F.M; ANDREAZZA, R. Potential Phytoremediation of Aquatic Macrophyte Species for Heavy Metals in Urban Environments in the Southern Area of Brazil. **Sustainability (Switzerland)**, v. 15, n. 419, 2023
- OLIVEIRA, E.C. M. DE; PIRES, L. P; SANTOS, V.S.V; CAIXETA, E. S; BRAVO, J. V. M; PEREIRA, B. B. Phytoremediation, bioaccessibility and ecotoxicological risk assessment of arsenic in a gold mining area. **Chemosphere**, 319, 138030, 2023
- RODRIGUES, A. C; NOCCHI, S.R; LUIZ, J. R. JR; NASCIMENTO, V. A. DO; CAROLLO, C.A. Reevaluating the role of secondary metabolites in cadmium phytoremediation. **Environ Monit Assess**, p 197-306, 2025.
- SANEP. **Barragem Santa Bárbara comemora 50 anos de história**, Pelotas, 2025. Acessado em 29 ago. 2025. Online. Disponível em: <https://www.pelotas.com.br/noticia/barragem-santa-barbara-comemora-50-anos-de-historia>
- VASCONCELLOS, M. C.; PAGLIUSO, D.; SOTOMAIOR, V. S. Fitorremediação: Uma proposta de descontaminação do solo. **Estudos de Biologia**, v. 34, n. 83, p. 261–267, 2012.
- YOON, J.; CAO, X.; ZHOU, Q.; MA, L.Q. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. **Science of the Total Environment**, v. 368, p. 456-464, 2006