Cienciometria sobre Toxicidade de Cádmio em Organismos Aquáticos

Elizete Rodrigues de Morais[1]*; Ana Paula da Silva[1]; Nédia de Castilhos Ghisi[2]; Elton Celton de Oliveira[2]

[1]Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas (PPGSIS) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná/ Campus Dois Vizinhos (UTFPR-DV), Brasil.
[2] Programa de Pós-graduação em Biotecnologia (PPGBIOTEC), UTFPR-DV, Brasil.

E-mail: elizetemorais.28@hotmail.com

Resumo: O Cádmio é um oligoelemento não essencial tóxico e bioacumulativo capaz de provocar sérios danos à biota aquática. O presente estudo objetivou avaliar o impacto das publicações, a rede de citações e as palavras-chave por países e instituições, sumarizando os resultados em uma revisão cienciométrica. Os dados foram obtidos no banco de dados do *Web of Science* por meio das palavras de buscas ("toxicity AND cadmium AND aquatic organisms") e analisados no *CiteSpace*. Obteve-se 2671 publicações e os resultados apontam que a China exerce forte influência nessa área de pesquisa e que o assunto apresenta um volume crescente de publicações nos últimos anos, sendo que os organismos mais utilizados para avaliar a toxicidade de Cádmio são os vertebrados.

Palavras-chave: Metal pesado; CiteSpace; Toxicologia aquática; Vertebrados; Invertebrados.

Cenciometry on cadmium toxicity in aquatic organisms

Abstract: Cadmium is a non-essential toxic and bioaccumulative oligoelement capable of provoking serious damage to aquatic biota. The present study aimed to evaluate the impact of publications, quote network and keywords by countries and institutions, summarizing the results in a cienciometric review. Data were obtained from the *Web of Science* database through searches ("Toxicity and Cadmium and Aquatic Organisms") and analyzed in the *CiteSpace.* 2671 publications and the results point out that China has a strong influence in this area of research and that the matter presents a growing volume of publications in recent years, and the most commonly used bodies to evaluate the toxicity of cadmium are vertebrates.

Keywords: Heavy metal; CiteSpace; Aquatic toxicology; Vertebrates; Invertebrates.

1. Introdução

Muitas ações antrópicas promovem a deposição de metais traço em altas concentrações no meio aquático [1,2], sendo os efluentes industriais, processo de lixiviação, escoamento superficial agrícola, dentre outras fontes, as mais importantes [3].

O Cádmio (Cd) é um oligoelemento tóxico e bioacumulativo encontrado nos ambientes aquáticos em concentrações cada vez mais elevadas [4]. Quando absorvido pelos organismos aquáticos, o Cd pode provocar danos irreversíveis e até aumento na letalidade [5]. Considerando esse cenário e diante do crescente número de publicações disponíveis na literatura mundial, técnicas cienciométricas auxiliam a identificar tendências e lacunas em diferentes áreas da ciência.

2. Objetivos

O presente estudo objetivou realizar uma revisão cienciométrica sobre a toxicidade do Cádmio nos organismos aquáticos com base no impacto das publicações e citações sobre o assunto e na analise das palavras-chave, bem como buscou identificar os países e instituições que mais colaboram com as pesquisas, estabelecendo uma rede de cooperação.

3. Material e Métodos

Os dados foram obtidos na plataforma Web of Science (WoS). Os termos pesquisados incluíram TS (Topic Search) = ("*toxicity*" AND "*cadmium*" AND "*aquatic organisms*") englobando o período de 1945 a abril de 2021. Foram encontradas 5095 publicações, as quais passaram por um refinamento a fim de selecionar apenas estudos que abordavam os efeitos tóxicos do Cádmio em organismos aquáticos, sendo selecionadas 2.671 publicações, as quais foram agrupadas em três categorias após um novo refinamento (organismos produtores, invertebrados e vertebrados).

As ferramentas "*Analyze Results*" e "*Create Citation Report*" do WoS foram utilizadas para a análise de publicações e citações por ano e o cálculo do índice H do banco de dados. Para cada publicação foram identificados os tipos de documento, ano de publicação, fonte e seu fator de impacto, categoria, país, autor e citações. Os dados dos registros refinados foram analisados no software CiteSpace [6] e Microsoft Excel 2016. O fator de impacto dos periódicos foi obtido no Journal Citation Reports (JCR) do WoS.

4. Resultados

A categoria "produtores" foi formada por 393 publicações, com o primeiro registro em 1980. O conjunto de dados possui um índice H de 51, com 10204 citações e uma média de 25,96 citações por item. As palavras-chave que mais se destacaram foram: "toxicity", "cadmium", "heavy metal", "cooper" e "accumulation". A figura 1, apresenta a cooperação entre países, autores e instituições sobre as pesquisas de toxicidade de Cádmio em algas e plantas aquáticas, indicando que o país com maior destaque é a China, onde localiza-se a instituição mais influente da área a "Chinese Acad. Sci.". Outros países que se destacam são Canadá, Índia e Brasil. Os autores mais influentes do assunto: Claude Fortin e Peter G. C. Campbell.

Nas figuras, o número de publicações é representado pelo tamanho dos nós e fonte, *bursts,* que são as explosões de citações são representados pelos anéis vermelhos e a centralidade é representada pelos anéis roxos indicando a influência em determinada área.

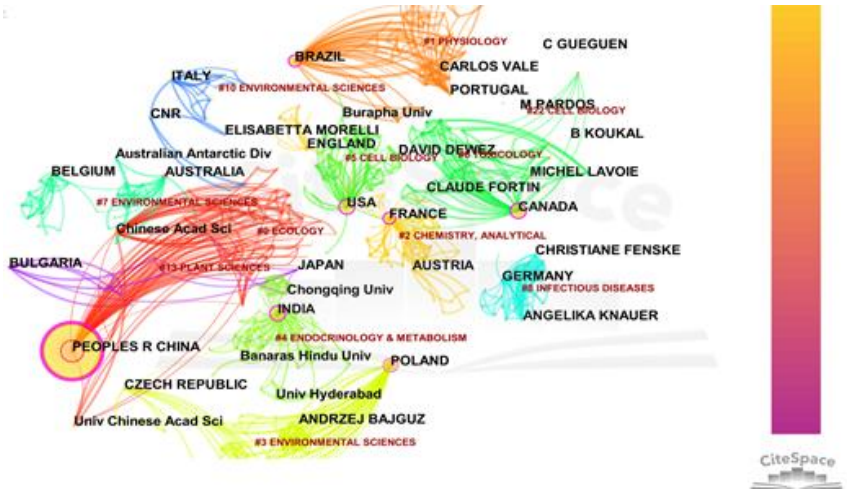


Figura 1 - Cooperação entre países, autores e instituições nas publicações da toxicidade do Cd em "produtores".

A categoria de "vertebrados" incluiu 1244 publicações de 1974 a 2021. O conjunto apresentou um índice H de 77, 33096 citações e uma média anual de 26,6 citações por item. A figura 2 apresenta a cooperação entre países, autores e instituições sobre as publicações da toxicidade de Cd em organismos aquáticos vertebrados, indicando que os países mais influentes são: China, EUA e Canadá. A instituição que mais se destaca é a "McMaster Univ." localizada no Canadá e os autores mais influentes são: Peter G.C. Campbell e Patrice Couture. As principais palavras-chave são: "cadmium", "toxicity", "heavy metal" e "fish".

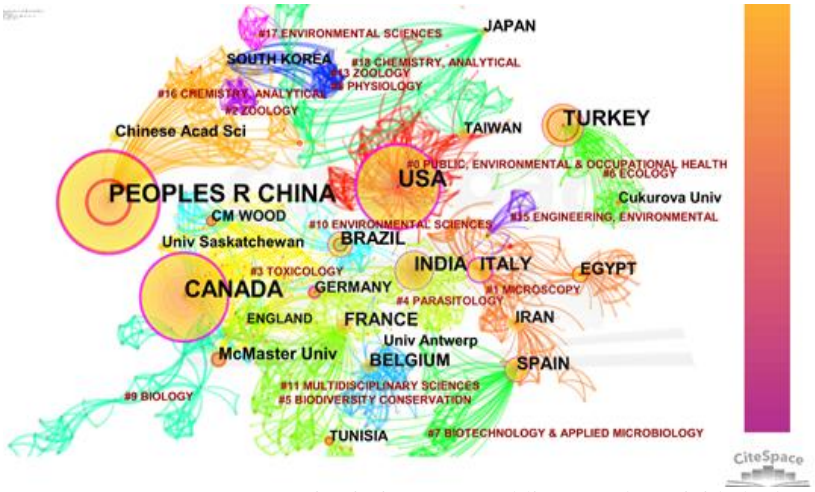


Figura 2 – Cooperação entre países, autores e instituições nas publicações da toxicidade do Cd em vertebrados.

A categoria de "invertebrados" reuniu 1090 publicações entre os anos de 1979 e 2021. O conjunto apresentou um índice H de 71, com 29696 citações, apresentando uma média por item de 27,24 citações. Em 2013 ocorreu o ápice de publicações (73 trabalhos). O país com

maior destaque é a China, seguida de EUA e França. “Chinese Academy of Sciences” e a “The Hong Kong University of Science and Technology” são as principais instituições. Wen-Xiong Wang e Lan Wang os autores mais representativos. As palavras mais frequentes nos estudos são “cadmium”, “heavy metal”, “toxicity”, “cooper” e “bioaccumulation” (Fig. 3).

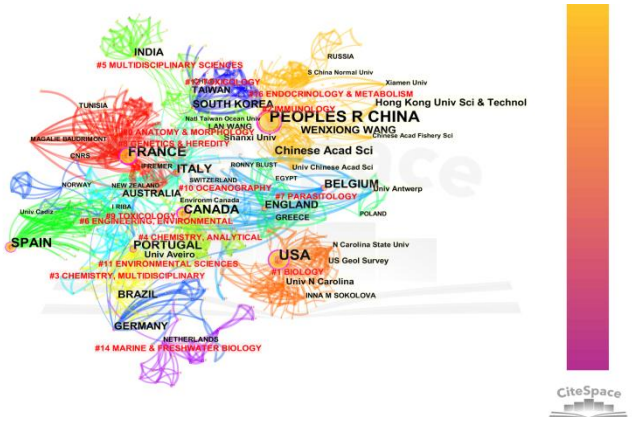


Figura 3 – Cooperação entre países autores e instituições nas publicações de toxicidade do Cd em invertebrados.

5. Discussão

Houve um crescente volume de publicações nos últimos anos, indicando que o assunto é de interesse na comunidade científica e que apresenta grande influência na atualidade. Dentre os países, a China exerce a maior influência, se destacando nos estudos dos três grupos de organismos, incluindo as instituições que mais colaboram com as pesquisas da área. Sua elevada representatividade pode ser justificada pelo aumento do número de novas instituições de ensino e pesquisa, impulsionado por suporte financeiro e por políticas públicas que visam o crescimento econômico [7]. Além do mais, há uma forte pressão para publicação de dados, principalmente para recém-formados, os quais buscam ascensão profissional [8].

Da rede de palavras-chave da categoria “produtores”, as algas *Chlorella vulgari* e *Chlamydomonas reinhardtii* são duas espécies principais de organismos modelos para os estudos, as quais apresentam elevada capacidade de remoção de nutrientes da água [9]. A palavra “bioaccumulation” ganha destaque pelo fato de plantas aquáticas serem utilizadas na biorremediação de locais poluídos com metais, devido sua capacidade de retenção [10].

Na categoria “vertebrados”, as palavras-chave referem-se principalmente as espécies de peixes: *Cyprinus carpio*, *Oncorhynchus mykiss*, *Salmo gairdneri* e *Oreochromis niloticus*, que são os principais organismos vertebrados utilizados em bioensaios do assunto, sendo também muito comercializadas para consumo humano [11]. Nos invertebrados, as palavras-chave estão relacionadas à *Daphnia magna* e *Mytilus galloprovincialis* que são nomes científicos de espécies de invertebrados utilizados em testes ecotoxicológicos [12].

6. Conclusões

Os estudos com peixes se destacaram dentro das publicações sobre toxicologia do Cd e países como a China, Estados Unidos, Canadá e França exerceram grande influência sobre as pesquisas, contribuindo fortemente com as publicações. Os vertebrados foram os organismos mais avaliados, visto que muitos são consumidos pelos humanos e podem reter metais nos tecidos. O uso de algas vem ganhando espaço e pode indicar o rumo de pesquisas futuras, assim como os estudos de biorremediação. O crescente volume de publicações e citações nos últimos anos indica que o tema é de grande interesse dos pesquisadores.

Agradecimentos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Laboratório Multiusuário de Análises Biológicas a Biologia Molecular (BioMol) e CAPES.

Referências

1. Mahjoub M, El Maadoudi M, Smiri Y. Trace metal concentrations in water and edible tissues of *Liza ramada* from the Northeastern Moroccan Mediterranean coast: Implications for health risk assessment. Regional Studies in Marine Science, v.46, p.
2. Zhang C, Jin Y, Yu Y, Xiang J, Li F. Cadmium-induced oxidative stress, metabolic dysfunction and metal bioaccumulation in adult palaemonid shrimp *Palaemon macrodactylus* (Rathbun, 1902). Ecotoxicol. Environ. Saf., v. 208, p. 111591, 2021.
3. Kolarova N, NapiórkowskI P. Trace elements in aquatic environment. Origin, distribution, assessment and toxicity effect for the aquatic biota. Ecohydrology & Hydrobiology, 2021.
4. Zhang H, Reynolds M. Cadmium exposure in living organisms: A short review. Sci.Total Environ., v. 678, p. 761-767, 2019.
5. Cheng, C.H, Ma H.L, Deng Y.Q, Feng J, Jie Y.K, Guo Z.X. Oxidative stress, cell cycle arrest, DNA damage and apoptosis in the mud crab (*Scylla paramamosain)* induced by cadmium exposure. Chemosphere, v. 263, p. 128-277, 2021.
6. Chen C. CiteSpace: a practical guide for mapping scientific literature. Nova Publishers. ISBN: 978-1-53610-280-2, 2016.
7. Rong Z, Wu, B. Scientific personnel reallocation and firm innovation: Evidence from China's college expansion. J. Comp. Econ, v. 48, n. 3, p. 709-728, 2020.
8. Wang L, Liu Z. Keeping a clean research environment: Addressing research misconduct and improving scientific integrity in China. Canc. Lett. v.464, p.1-4, 2019.
9. Lee H, Jeong D, Im S.J, Jang A. Optimization of alginate bead size immobilized with *Chlorella vulgaris* and *Chlamydomonas reinhardtii* for nutrient removal. Bioresource technology, v. 302, p. 122891, 2020.
10. Bwapwa J.K, Jaiyeola A.T, Hetty R. Bioremediation of acid mine drainage using algae strains: A review. S. Afr. J. Chem. Eng. v 4, p. 62-70, 2017.
11. Lins J.A.P.N, Kirschnik P.G, Queiroz V.S, Cirio S.M. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. Revista Acadêmica Ciência Agrárias e Ambientais, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 469–484, 2010.
12. Nasser F, Lynch I. Updating traditional regulatory tests for use with novel materials: Nanomaterial toxicity testing with *Daphnia magna*. Saf. Sci. v.118, p. 497-504, 2019.