

ANÁLISE DO POTENCIAL DAS ARANHAS COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS

Havany F. Fontana Neta¹, César Roberto G. Carqueija²

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, E-mail: havanyfontana@gmail.com;

²Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, E-mail: cesar.carqueija@fieb.org.br.

ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF SPIDERS AS BIOINDICATORS OF CONTAMINATION BY HEAVY METALS

Resumo: Organismos expostos a metais pesados podem acumulá-los e apresentar estratégias de tolerância e adaptabilidade, exibindo respostas em diversos níveis de organização biológica. Este estudo teve como objetivo analisar o potencial das aranhas como bioindicadores de contaminação por metais pesados. A metodologia utilizada consistiu em levantamento bibliográfico de caráter exploratório. Para tanto, efetuaram-se buscas na literatura disponível direcionadas a publicações dos últimos 10 anos acerca do tema. As aranhas possuem particularidades biológicas e ecológicas que determinam boa capacidade bioindicadora para metais pesados, acumulando estes contaminantes, com respostas desde os níveis subletais até o ecossistêmico. Entretanto, mais pesquisas são necessárias para compreender os mecanismos pelos quais as aranhas respondem aos metais pesados, notadamente ao nível molecular.

Palavras-Chaves: aranhas; bioindicadores; metais pesados.

Abstract: Organisms exposed to heavy metals can accumulate them and present strategies of tolerance and adaptability, exhibiting responses at various levels of biological organization. This study aimed to analyze the potential of spiders as bioindicators of contamination by heavy metals. The methodology used consisted of an exploratory bibliographic research. To do so, searches in the available literature directed to publications of the last 10 years on the subject were carried out. Spiders have biological and ecological particularities that determine good bioindicator capacity for heavy metals, accumulating these contaminants, with responses from the sublethal to the ecosystemic levels. However, further research is needed to understand the mechanisms by which spiders respond to heavy metals, notably at the molecular level.

Keywords: spiders; bioindicators; heavy metals.

1. INTRODUÇÃO

“Os metais pesados têm origem natural ou antropogênica e concentração variável nos ecossistemas” [1]. “Pb [chumbo], Cd [cádmio], Cr [cromo], Cu [cobre], Zn [zinco], Ni [níquel], As [arsênio] e Hg [mercúrio] são os metais pesados poluentes mais comuns” [1]. Organismos expostos a metais pesados podem acumulá-los e apresentar estratégias de tolerância e adaptabilidade, exibindo respostas em diversos níveis de organização biológica.

“Alguns [grupos faunísticos] são mais propensos a acumular metais pesados do que outros, especialmente se estiverem em contato direto com solos ou uma dieta composta de alimentos ricos em metais” [2]. Heikens et al. [3] demonstraram que o acúmulo de metais pesados tem sido estudado em invertebrados terrestres como Arachnida, Chilopoda, Coleoptera, Collembola, Diplopoda, Diplura, Formicidae, Isopoda e Lumbricidae.

“As aranhas têm se mostrado como bons indicadores para estudos ecotoxicológicos” [4]. De acordo com Hendrickx et al. [5] e Laskowski & Kammenga [6], dentre os invertebrados, as aranhas acumulam as mais altas concentrações de metais traços. Além disso, as teias de aranhas têm apresentado potencial para capturar metais pesados presentes no ar como evidenciado por Rybak [7], revelando a possibilidade de utilização das teias como ferramentas de biomonitoramento de poluição atmosférica.

1.1 Objetivo geral

Analisar o potencial das aranhas como bioindicadores de contaminação por metais pesados.

1.1.1 Objetivos específicos

- Levantar os principais atributos ecológicos das aranhas relevantes para utilização como bioindicadores de contaminação por metais pesados;
- Compreender como os metais pesados interferem na fisiologia e ecologia das aranhas;
- Identificar os principais desafios para utilização de aranhas como bioindicadores de contaminação por metais pesados em programas de avaliação de impactos ambientais.

2. METODOLOGIA

O presente estudo consistiu em uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório. Para tanto, o levantamento bibliográfico foi realizado em duas etapas. Primeiramente realizaram-se buscas na literatura disponível acerca da ecologia das aranhas, com um total de seis publicações analisadas, entre livros, periódicos e catálogos.

Posteriormente, utilizou-se o portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Nesse, a busca foi direcionada a qualquer publicação dos últimos 10 anos com as palavras-chave “spider”, “bioindicator” e “heavy metal”, e revelou 37 resultados de 18 periódicos e 20 autores. Após leitura, foram excluídas 25 produções por não tratarem sobre a temática “aranhas como bioindicadores de contaminação por metais pesados”. Portanto, foram analisadas 12 publicações.

Outras 11 publicações sobre a temática foram incluídas nas análises, sendo oito da base de dados *Elsevier* e três das bases *National Center for Biotechnology Information* (NCBI), *European Society of Arachnology* e *ResearchGate*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atributos ecológicos relevantes

As aranhas possuem substanciais atributos ecológicos para sua utilização como bioindicadores de contaminação por metais pesados, dentre eles, podem-se destacar:

- **Elevada riqueza e ampla distribuição**

“Com um total de 47.518 espécies atualmente descritas, a Ordem Araneae é considerada a segunda maior ordem de aracnídeos” [8, 9]. Essa elevada riqueza revela uma variedade de potenciais bioindicadores de contaminação por metais pesados.

Além disso, as aranhas ocorrem em praticamente todas as regiões e tipos de habitats, sendo possível utiliza-las em avaliação de impactos por metais pesados em uma diversidade de locais. Segundo Wise [10] e Turnbull [11], as aranhas se distribuem por quase toda a face da Terra, sendo mais raras nas regiões de clima frio e temperado e mais diversas nos trópicos. Elas podem ser encontradas desde o solo até o dossel das árvores e até mesmo em ambientes aquáticos. “São particularmente abundantes em áreas de rica vegetação” [12].

- **Heterogeneidade de mobilidade**

As aranhas podem caminhar ou saltar explorando os ambientes horizontal e verticalmente, com auxílio de fios de seda, produzidos pela maioria das espécies. Entretanto, Foelix [12] ressalta que a maioria das espécies de aranhas vive em ambientes estritamente definidos, correspondente a uma estratificação, que varia desde a zona de solo até a zona da copa das árvores. Dessa maneira, a distribuição espacial das aranhas oferece possibilidades de detecção de metais pesados em diferentes níveis de estratificação.

- **Ocupam diversas posições na cadeia alimentar**

Zmudzki & Laskowski [4] apontam que nas teias alimentares, as aranhas são predadores – regulando populações de herbívoros; presas – fonte de alimento para diversos vertebrados, e; competidores – com outros consumidores secundários. Nesse sentido, desequilíbrios na comunidade de aranhas podem refletir em outros níveis tróficos se as causas não forem controladas.

“Algumas aranhas perseguem suas presas, outras caçam de tocaia, e muitas aprisionam suas presas em teias de seda” [13]. A multiplicidade de comportamentos alimentares possibilita uma avaliação dos efeitos dos metais pesados em diferentes guildas de aranhas.

Além disso, Yang et al. [14] ressaltam que a combinação de uma longa fase externa de digestão enzimática por veneno e por fluídos digestivos regurgitados com a digestão *in vitro* é um atributo especial das aranhas, diferente da grande maioria dos invertebrados. Além disso, segundo Foelix [12], quando o alimento liquefeito pré-digerido é sugado pelas aranhas, apenas partículas muito pequenas ($\leq 1 \mu\text{m}$) passam pelo filtro da faringe e chegam ao intestino. Isso fornece uma perspectiva de estudos sobre os mecanismos de absorção dos metais pesados nesses organismos.

- **Ciclo de vida compatível para avaliação de respostas biológicas e ecológicas**

“A maioria [das espécies de aranhas] vive de um a dois anos” [9], sendo que os machos possuem expectativa de vida menor – “a maioria morre logo após acasalamento” [12]. Esse período de tempo é o suficiente para que as aranhas apresentem efeitos subletais quando expostas a concentrações de metais pesados, como alterações no crescimento, desenvolvimento e reprodução, evidenciados em estudos realizados por Li et al. [15]; Liu et al. [16]; Babczynska et al. [17]; Chen et al. [18]; Eraly et al. [19].

3.2 Efeitos fisiológicos e ecológicos

Ramirez et al. [20] relataram que as aranhas podem assimilar metais pesados através da ingestão de presas, ingeri-los da superfície corporal através do processo natural de limpeza (*grooming*), ter contato direto com substratos contaminados ou consumir teias contaminadas.

“A principal via de acumulação de metais pesados nas aranhas conhecida são as glândulas do intestino médio, onde permanecem inativos” [19, 21]. A bioacumulação depende do metal, espécie, comportamento e gênero. Segundo Babczynska et al. [21], os metais pesados podem se manter armazenados ao longo da vida da aranha ou serem excretados.

“Os metais podem causar uma série de impactos no crescimento, desenvolvimento e reprodução, com diferenças inter ou intraespecíficas” [14]. Os mecanismos de desintoxicação do organismo para aumentar a sobrevivência requerem maiores gastos de energia e comprometem funções fisiológicas essenciais.

Os metais pesados podem ainda afetar quali e quantitativamente as aranhas no ambiente, como demonstrado por Zmudzki & Laskowski [4]; Koponen [22]; Seyyar et al. [23]; Jung et al. [24].

- **Bioacumulação e efeitos no crescimento, desenvolvimento e reprodução**

Yang et al. [25] constataram que indivíduos de *Pardosa pseudoannulata* alimentados com *Drosophila melanogaster*, criadas em meio contendo cloreto de cádmio ($CdCl_2$), apresentaram aumento dos níveis de Cd após 30 dias. Li et al. [15] também observaram aumento significativo na concentração Cd em adultos de *P. pseudoannulata* conforme número de dias de exposição a concentrações subletais de solução de $CdCl_2$, com maior potencial de bioacumulação em menor tempo de exposição nos machos. Li et al. [15] identificaram efeitos deletérios como massa corporal reduzida, atraso no desenvolvimento, menor produção de ovos e aumento da mortalidade, com taxa de mortalidade maior nos machos.

Wilczek et al. [26], em estudo realizado na Polônia, também encontraram concentrações de Zn e Cu maiores em dobro nos machos de *Agelena labyrinthica* e *Xerolycosa nemoralis* em relação as fêmeas. Esses resultados indicam o maior potencial de bioacumulação de metais pesados dos machos, explicado pelas diferenças de fisiologia e comportamento entre machos e fêmeas. A maioria dos machos tem menor tamanho corporal do que as fêmeas, por isso sofrem menos mudanças para atingir a maturidade e conseqüentemente amadurecem mais cedo e possuem expectativa de vida menor. Além disso, os machos intensificam a alimentação durante o desenvolvimento, o que pode resultar em maiores taxas de bioacumulação de metais pesados.

Em estudo realizado na Ásia, Jung & Lee [27] analisaram o conteúdo de metais pesados (Cd, Cu, Pb e Zn) em fêmeas de *Pardosa astrigera*. Os resultados mostraram uma correlação positiva entre conteúdo de metais pesados nas aranhas e o aumento dos níveis de metais pesados no solo, sendo que o Cd apresentou o maior nível de acumulação. Wilczek et al. [28] identificaram que fêmeas de *Steatoda grossa* alimentadas com *Drosophila hydei* contaminadas com cádmio e cobre apresentaram aumento de vinte vezes na concentração de cádmio no corpo, enquanto que para o cobre esse aumento foi de duas vezes em comparação com o controle.

O Cd apresenta alta solubilidade, por isso, a grande quantidade de Cd assimilado é provavelmente resultado do padrão típico de alimentação das aranhas, que sugam a parte líquida interna de sua presa. A alta toxicidade do Cd seria outra justificativa para a elevada acumulação nas aranhas.

Eraly et al. [19] observaram influência do Cd no desenvolvimento e reprodução de *Pardosa saltans* ao comparar populações de locais poluídos e não poluídos na Bélgica. Os autores observaram que em locais poluídos os indivíduos adultos eram menores e as fêmeas produziram menos ovos. O tamanho do ovo, em contrapartida, foi correlacionado positivamente com as maiores cargas metálicas corporais das fêmeas. Ovos maiores aumentam a chance de sobrevivência da prole, pois em geral, os indivíduos vão amadurecer mais cedo e se desenvolver mais rápido.

Eraly et al. [29] encontraram um resultado distinto ao expor indivíduos juvenis de *P. saltans* originários de ootecas coletadas em locais poluídos e não poluídos a um tratamento controlado com Cd. Embora as concentrações de Cd no grupo de tratamento foram elevadas em comparação com o grupo controle, não foram identificados efeitos na sobrevivência ou crescimento.

Em experimento realizado com *P. astrigera*, Chen et al. [18] identificaram que indivíduos expostos a concentrações subletais de soluções de cloreto de chumbo ($PbCl_2$) e cloreto de zinco ($ZnCl_2$) tiveram atraso no desenvolvimento, taxa de ganho de peso reduzida e diminuição acentuada no número total de ovos. Os autores constataram também que pequenas concentrações da solução de $PbCl_2$ apresentaram maior toxicidade.

Liu et al. [16] observaram que indivíduos de *Agelena labyrinthica* expostos à concentração subletal de nitrato de mercúrio [$Hg(NO_3)_2$] em água potável apresentaram atraso no desenvolvimento e aumento rápido de bioacumulação de Hg, com elevação da taxa de mortalidade, conforme houve aumento da concentração da substância na água. Os autores sugerem as aranhas de teia de funil são menos tolerantes ao Hg do que aranhas de solo.

Babczynska et al. [17] avaliaram as estratégias reprodutivas de duas espécies de aranhas em locais contaminados e não contaminados por metais pesados, principalmente Cd, Pb, Zn e Cu, na Polônia. Fêmeas da espécie *Xerolycosa nemoralis* de locais contaminados produziram menos ovos relativamente ricos em energia, com sucesso de eclosão semelhante ou superior ao da população de

referência (locais não contaminados). Enquanto *Agelena labyrinthica* de locais contaminados produziram um maior número de ovos menos ricos em energia, mas com menor sucesso de eclosão em relação ao da população de referência. “Com base na quantidade de energia atribuída aos ovos, a primeira espécie parece ser menos resiliente à pressão ambiental do que a segunda” [17].

Em estudo realizado na Polônia, Babczynska et al. [21] observaram que *Linyphia triangularis* regula os metais pesados nos tecidos de maneira mais eficiente, como foi indicado por uma concentração significativamente mais baixa de Cd e Zn em comparação com outras espécies - *Araneus diadematus* e *Agelena labyrinthica*. Além disso, *A. labyrinthica* apresentou as maiores concentrações de metais pesados (Cd, Pb, Zn e Cu) no corpo em relação às demais espécies. Dessa maneira, evidencia-se que “as espécies de aranhas diferem na capacidade de acumular (ou eliminar) vários metais a que estão expostos nos seus habitats naturais” [21].

Ramirez et al. [20] amostraram fêmeas adultas de *Argiope trifasciata* em três locais da *Ballona Wetlands Ecological Reserve*, Los Angeles, entre os anos de 2006 e 2007. Os autores identificaram diferenças espaciais e anuais nas concentrações de Cd, Cr, Cu, Zn e metais totais, provavelmente mediadas pela variação nos parâmetros ambientais específicos de cada local e pluviometria. Esses resultados reforçam a importância da avaliação conjunta dos dados de biomonitoramento com fatores abióticos.

- **Composição e abundância**

Seyyar et al. [23], em estudo realizado em *Sultan Marshem*, área pantanosa na Turquia, correlacionaram o aumento da poluição por metais pesados (Cd, Zn, Pb, Cu e Ni) ao desaparecimento da espécie *Argyroneta aquatica*.

Zmudzki & Laskowski [4] amostraram aranhas de solo em ambientes contaminados por metais pesados na Polônia. Os resultados mostraram que o Índice de Riqueza Hierárquica (HRI) de aranhas foi negativamente correlacionado com os níveis de poluição por metais pesados, enquanto o Índice de Margalef (D_M) foi positivamente correlacionado. Esse último pode ser justificado pelo possível aumento da frequência de espécies raras.

Jung et al. [24] investigaram a relação entre as aranhas de solo e os níveis de poluição do solo por metais pesados, Cd e Pb, na Coreia do Sul. A diversidade de espécies entre locais não poluídos e moderadamente poluídos não diferiu de maneira significativa, embora o valor fosse maior nos locais não poluídos. Os autores relacionaram a diminuição da diversidade em locais moderadamente poluídos a um aumento na abundância de Lycosidae, demonstrando que essa família é dominante em ambientes contaminados por metais pesados. Foi observado também que a abundância de Linyphiidae em locais não poluídos foi maior,

indicando que essa família seja mais sensível a metais pesados do que aranhas de outras famílias.

Koponen [22] comparou abundância e riqueza de aranhas em locais altamente e ligeiramente poluídos por metais pesados, enxofre e dióxido de carbono na Rússia e encontraram correlação negativa entre os níveis de poluição e a abundância e riqueza de aranhas. Os locais altamente poluídos apresentaram um total de 101 indivíduos de 18 espécies e 10 famílias, já os locais ligeiramente poluídos apresentaram um total 1083 indivíduos de 58 espécies e 13 famílias. A família Linyphiidae apresentou elevada dominância em locais pouco poluídos. Já a família Lycosidae teve baixa abundância nos diferentes níveis de poluição, o que é justificado pelo autor pela possibilidade de influência do método de coleta.

3.3 Principais desafios para aplicação de aranhas como bioindicadores de contaminação por metais pesados em programas de avaliação de impactos ambientais

As aranhas são fáceis de amostrar, com técnicas de coleta simples e de baixo custo. Apesar disso, a identificação taxonômica é complexa em muitas famílias de aranhas, sendo necessária sua realização por especialistas. Devido a essa complexidade e a inexpressiva quantidade de especialistas em aranhas, muitos estudos nacionais sobre a araneofauna têm apresentado resultados contendo identificação em nível de família e morfoespécie, como pode ser observado em Azevedo et al. [30]; Melo et al. [31]; Melo et al. [32]; Peres et al. [33]; Pinto-Leite et al. [34]. Entretanto, como exposto nos estudos referidos no presente trabalho, as respostas à contaminação por metais pesados nas aranhas podem apresentar variações a nível específico. Por isso, ressalta-se a importância da identificação a este nível e do incentivo à formação de especialistas no grupo.

É importante salientar que indivíduos juvenis dificilmente são passíveis de identificação a nível específico, não sendo possível sua inclusão em algumas análises ecológicas como, por exemplo, abundância relativa, similaridade, diversidade e riqueza de espécies.

Li et al. [35] enfatizam o potencial das aranhas como bioindicadores de contaminação por metais pesados, entretanto, ressaltam a carência de estudos sobre os mecanismos pelos quais as aranhas respondem aos metais pesados em nível molecular. Wilczek et al. [28] também apontam uma deficiência de pesquisas sobre os aspectos fisiológicos e os efeitos celulares dos metais pesados nas aranhas. É primordial a compreensão de tais mecanismos para a efetiva utilização das aranhas como bioindicadores de contaminação por metais pesados.

4. CONCLUSÃO

As aranhas apresentam boa capacidade bioindicadora de metais pesados, sendo potencialmente capazes de responder em diversos níveis de organização biológica nos mais diversos ecossistemas aquáticos e terrestres, devido as suas características biológicas e ecológicas.

As aranhas exibem alta capacidade de biocumulação para Cd, Cu, Pb, Zn, Hg e Cr, com maior potencial para o Cd. Além disso, as aranhas apresentam efeitos deletérios à exposição por metais pesados, com alterações no crescimento, desenvolvimento e reprodução, e reflexos na composição e abundância da comunidade. No entanto, os mecanismos de tolerância e adaptabilidade dependem do tipo de metal, de fatores ambientais e de diferenças intra e interespecíficas, sendo necessários mais estudos para compreender tais relações.

Apesar das aranhas serem propensas a bioindicação de metais pesados, existe uma carência de pesquisas sobre os aspectos fisiológicos, celulares e moleculares de resposta aos metais pesados nesses organismos. Compreender tais vertentes é de suma importância para a efetiva utilização das aranhas como bioindicadores de contaminação por metais pesados.

A maioria das publicações analisadas neste trabalho tem proveniência Asiática e Europeia. Dessa maneira, existe uma lacuna de estudos nacionais que avaliem o potencial das aranhas como bioindicadores de contaminação por metais pesados. Concomitantemente, a formação de mais especialistas no grupo revela-se essencial para o avanço de tais pesquisas.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ STANKOVIC, S.; KALABA, P.; STANKOVIC A. R. Biota as toxic metal indicators. **Environ Chem Lett**, [S.l.], v. 12, n. 1, 63-84, 2013.
- ² GALL, J. E.; BOYD, R. S.; RAJAKARUNA, N. Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: a review. **Environ Monit Assess**, [S.l.], v. 187, n. 201, 21 p., 2015.
- ³ HEIKENS, A.; PEIJNENBURG W. J. G. M.; HENDRIKS, A. J. Bioaccumulation of heavy metals in terrestrial invertebrates. **Environmental Pollution**, [S.l.], v. 113, n. 3, p. 385-93, 2001.
- ⁴ ZMUDZKI, S. & LASKOWSKI, R. Biodiversity and structure of spider communities along a metal pollution gradient. **Ecotoxicology**, [S.l.], v. 21, p. 1523-1532, 2012.

-
- ⁵ HENDRICKX, F. et al. The importance of biological factors affecting trace metal concentration as revealed from accumulation patterns in co-occurring terrestrial invertebrates. **Environmental Pollution**, [S.l.], v. 127, p. 335-341, 2004.
- ⁶ LASKOWSKI R. & KAMMENGA, J. **Demography in ecotoxicology**. New York: Wiley, p. 57-71. 2000.
- ⁷ RYBAK, J. Accumulation of major and trace elements in spider webs. **Water, Air, & Soil Pollution**, [S.l.], v. 226, n. 105, 12 p., 2015.
- ⁸ WORLD SPIDER CATALOG (2018). **World Spider Catalog**. Museu de História Natural Berna. Versão 19.0. Disponível em: <<http://wsc.nmbe.ch>>. Acesso em: 22 maio 2018.
- ⁹ RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D.; FOX, R. S. **Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva**. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. p. 600-658.
- ¹⁰ WISE, D. H. **Spiders in ecological webs**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 329 p.
- ¹¹ TURNBULL, A. L. Ecology of the true spiders (Araneomorphae). **Annual Review of Entomology**, [S.l.], v. 18. p. 305-348, 1973.
- ¹² FOELIX, R. F. **Biology of spiders**. 3. ed. Oxford: Oxford University Press, 2011. 419 p.
- ¹³ HICKMAN J. R., C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. **Princípios integrados de zoologia**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 846 p.
- ¹⁴ YANG, H. et al. Spiders as excellent experimental models for investigation of heavy metal impacts on the environment: a review. **Environ Earth Sci**, [S.l.], v.75 n. 1059, 6 p., 2016.
- ¹⁵ LI, C. C. et al. The effects of cadmium exposure on fitness-related traits and antioxidant responses in the wolf spider, *Pardosa pseudoannulata*. **Bull Environ Contam Toxicol**, [S.l.], v. 97, n. 1, p. 31-36, 2016.
- ¹⁶ LIU, J. et al. Bioaccumulation of mercury and its effects on survival, development and web-weaving in the funnelweb spider *Agelena labyrinthica* (Araneae: Agelenidae). **Bull Environ Contam Toxicol**, [S.l.], v. 90, n. 5, p. 558-562, 2013.
- ¹⁷ BABCZYNSKA, A. et al. The reproductive potential of the spiders *Agelena labyrinthica* and *Xerolycosa nemoralis* from areas contaminated with metals. **Science of the Total Environment**, [S.l.], v. 435-36, p. 374-379, 2012.

-
- ¹⁸ CHEN, X. Q. et al. Effects of the metals lead and zinc on the growth, development, and reproduction of *Pardosa astrigera* (Araneae: Lycosidae). **Bull Environ Contam Toxicol**, [S.I.], v. 86 n. 2, p. 203-20, 2011.
- ¹⁹ ERALY, D. et al. Direct and indirect effects of metal stress on physiology and life history variation in field populations of a lycosid spider. **Ecotoxicol Environ Saf.**, [S.I.], v. 74, n. 6, p. 1489-1497, 2011.
- ²⁰ RAMIREZ, M. G et al. Relationships between physiological characteristics and trace metal body burdens of banded garden spiders *Argiope trifasciata* (Araneae, Araneidae). **Ecotoxicol Environ Saf.**, [S.I.], v. 74, n. 4, p. 1081-1088, 2011.
- ²¹ BABCZYNSKA, A. et al. Quantitative immunodetection of metallothioneins in relation to metals concentration in spiders from variously polluted areas. **Ecotoxicol Environ Saf.**, [S.I.], v. 74, p. 1498-1503, 2011.
- ²² KOPONEN, S. Ground-living spiders (Araneae) at polluted sites in the Subarctic. **Arachnologische Mitteilungen**, [S.I.], v. 40, p. 80-84, 2011.
- ²³ SEYYAR, O. et al. *Argyroneta aquatica* (CLERCK, 1757) (Araneae: Cybaeidae) as a biological indicator for environmental pollution of Sultan Marsh National Park, Turkey. **Acta zool. bulg.**, [S.I.], v. 62, n. 1, p.107-112, 2010.
- ²⁴ JUNG, M. P. et al. Species diversity and community structure of ground-dwelling spiders in unpolluted and moderately heavy metal-polluted habitats. **Water Air Soil Pollut**, [S.I.], v. 195, n. 1, p. 15-22, 2008.
- ²⁵ YANG H. et al. Transcriptome assembly and expression profiling of the molecular responses to cadmium toxicity in cerebral ganglia of wolf spider *Pardosa pseudoannulata* (Araneae: Lycosidae). **Ecotoxicology**, [S.I.], v. 27, n. 2, p. 198-208, 2018.
- ²⁶ WILCZEK, G. et al. Cellular stress reactions assessed by gender and species in spiders from areas variously polluted with heavy metals. **Ecotoxicol Environ Saf.**, [S.I.], v. 70, n. 1, p. 127-137, 2008.
- ²⁷ JUNG M. P. & LEE J. H. Bioaccumulation of heavy metals in the wolf spider, *Pardosa astrigera* L. Koch (Araneae: Lycosidae). **Environ Monit Assess**, [S.I.], v. 184, n. 3, p. 1773-1779, 2012.
- ²⁸ WILCZEK, G. et al. Effects of food contaminated with cadmium and copper on hemocytes of *Steatoda grossa* (Araneae: Theridiidae). **Ecotoxicol Environ Saf.**, [S.I.], v. 149, p. 267-274, 2018.

-
- ²⁹ ERALY, D. et al. Experimental exposure to cadmium affects metallothionein-like protein levels but not survival and growth in wolf spiders from polluted and reference populations. **Environmental Pollution**, [S.l.], v. 158, n. 6, p. 2124-2131, 2010.
- ³⁰ AZEVEDO, R. et al. Aranhas epígeas de um fragmento de mata em área urbana em Fortaleza, Ceará, Brasil. **Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza**, Campina Grande, v. 1, n. 2, p.104-114, 2017.
- ³¹ MELO, T. da S. et al. Ants (Formicidae) and Spiders (Araneae) listed from the Metropolitan Region of Salvador, Brazil. **Check List**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 355-365, 2014.
- ³² MELO, T. da S. et al. Panorama da araneofauna de fragmentos florestais em Salvador, Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, Feira de Santana, v. 11, n. 1, p. 37-47, 2011.
- ³³ PERES, M. C. L. et al. Distribution of leaf litter spider (Araneae) in treefall gaps and on adjacent forest in an atlantic rainforest remnant in Bahia State, Brazil. **Revista Biociências Unitaú**, Taubaté, v. 16, n. 2, p. 109-115, 2010.
- ³⁴ PINTO-LEITE, C. M.; GUERRERO, A. C.; BRAZIL, T. K. Non-random patterns of spider species composition in an Atlantic rainforest. **Journal of Arachnology**, [S.l.], v. 36, n. 2, p. 448-452, 2008.
- ³⁵ LI, C. C. et al. Transcriptome profiling analysis of wolf spider *Pardosa pseudoannulata* (Araneae: Lycosidae) after cadmium exposure. **International Journal of Molecular Science**, [S.l.], v. 17, 12 p., 2016.