



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA - DEOLI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

FELIPE OLIVEIRA DOS SANTOS

**ORGANISMOS BIVALVES COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINAÇÃO
AMBIENTAL: UMA ANÁLISE SISTEMÁTICA E BIBLIOMÉTRICA**

SÃO LUÍS - MA
2025

FELIPE OLIVEIRA DOS SANTOS

**ORGANISMOS BIVALVES COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINAÇÃO
AMBIENTAL: UMA ANÁLISE SISTEMÁTICA E BIBLIOMÉTRICA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de
Oceanografia da Universidade
Federal do Maranhão para obtenção
do grau de bacharelado em
Oceanografia.

Orientadora: Profa. Dra. Katiene
Régia Silva Sousa

SÃO LUÍS - MA

2025

Oliveira dos Santos, Felipe.

ORGANISMOS BIVALVES COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE SISTEMÁTICA E BIBLIOMÉTRICA /

Felipe Oliveira dos Santos. - 2025.

40 f.

Orientador(a): Katiene Régia Silva Sousa.

Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia,
Universidade Federal do Maranhão, Ccbs - Deoli, 2025.

1. Poluição Marinha. 2. Moluscos. 3. Impactos Antrópicos. I. Silva Sousa, Katiene Régia. II. Título.

**ORGANISMOS BIVALVES COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINAÇÃO
AMBIENTAL: UMA ANÁLISE SISTEMÁTICA E BIBLIOMÉTRICA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de
Oceanografia da Universidade
Federal do Maranhão para
obtenção do grau de bacharel
em Oceanografia.

APROVADO EM: / /

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Katiene Régia Silva Sousa (Orientadora)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA

Profa. Dra. Talita da Silva Esposito (Titular)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA

Profa. Dra. Maria do Socorro Saraiva Pinheiro (Titular)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA

Prof. Dr. José Ribamar Torres Junior (Suplente)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA

Dedico este trabalho a todos que,
de alguma forma, contribuíram
para que eu conseguisse chegar
aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar por ter me dado força e disposição para concluir essa etapa e aos meus pais Francisco e Maria por ter dado todo o apoio e incentivo do mundo.

Citar os demais nomes que fizeram parte dessa trajetória seria desafiador e o número de páginas para esse agradecimento seria enorme (risos). Espero que entendam. Então eu só tenho a agradecer a todos que de alguma forma fizeram parte dessa caminhada. A todos que me deram força e coragem para seguir em frente, que sempre puxaram minha orelha (literalmente) nos momentos certos, que fizeram eu rir, tanto em dias bons quanto em dias ruins, que conseguiram entender meus momentos de sumiço, que conseguiram quebrar meu orgulho em relação a muitas coisas, que mostraram que pedir ajuda não é o fim do mundo. E por fim, agradeço a mim, por ter aprendido a lidar com tudo de uma forma leve e menos caótica.

Obrigado!

***“O barco é feito assim torto pra
ficar direito na água”***

(Pedro Alcântara Corrêa)

RESUMO

Os bivalves são organismos filtradores e bioacumuladores, e por esse motivo, são utilizados como organismos indicadores da qualidade da água e do meio ambiente, além disso são bastante utilizados por serem de fácil manuseio. O objetivo do trabalho foi sintetizar e avaliar os resultados e as implicações das pesquisas científicas e informações sobre moluscos bivalves como bioindicadores da qualidade do meio ambiente. Para o desenvolvimento do trabalho, foram realizadas pesquisas utilizando revisão sistemática e análise bibliométrica com dados extraídos das bases de dados *Scopus*, *Science Direct* e *Web of Science*. Os termos utilizados foram “*contaminants AND bioindicators AND cellular alteration AND bivalve*”. A análise de inclusão e exclusão dos trabalhos para a revisão sistemática foi feita dentro do site Rayyan e a análise bibliométrica foi conduzida no software Vosviewer. Além disso, dentro do processo de revisão, foram retirados da pesquisa trabalhos que abordavam outros organismos aquáticos ou apenas do ambiente que, após a seleção, resultaram em 348 documentos. A combinação das duas abordagens (revisão sistemática e bibliometria) possibilitou uma análise do trabalho, resultando em uma síntese da literatura disponível, a verificação de tendências e padrões, como a espécie *Mytilus galloprovincialis* (mexilhão-mediterrâneo) sendo a mais utilizada entre os trabalhos selecionados. Além disso, observou-se os tópicos mais relevantes sobre o tema que foram ‘oxidative stress’ (estresse oxidativo), ‘biomarkers’ (biomarcadores) e ‘bivalve’ e o coautor com mais publicações, como FREIRE, ROSA. Por meio da revisão sistemática e da bibliometria obteve-se uma visão ampla de como os variados poluentes podem influenciar os organismos bivalves, permitindo um maior conhecimento sobre essa classe e sua utilidade como bioindicadores. A partir desses resultados foi possível constatar que o Brasil está atrás de outros países, como Portugal, referente a produção científica sobre organismos bivalves.

Palavras-chave: impactos antrópicos, moluscos, poluição marinha

ABSTRACT

Bivalves are filter-feeding and bioaccumulating organisms, and for this reason, they are used as indicator organisms for water and environmental quality. Additionally, they are widely utilized due to their ease of handling. The objective of this study was to synthesize and evaluate the results and implications of scientific research and information on bivalve mollusks as bioindicators of environmental quality. For the development of this work, research was conducted using systematic review and bibliometric analysis with data extracted from the Scopus, Science Direct, and Web of Science databases. The terms used were "contaminants AND bioindicators AND cellular alteration AND bivalve." The inclusion and exclusion analysis of the studies for the systematic review was conducted on the Rayyan website, and the bibliometric analysis was carried out using the Vosviewer software. Additionally, during the review process, studies addressing other aquatic organisms or only the environment were excluded from the research, resulting in 348 documents after selection. The combination of the two approaches (systematic review and bibliometrics) enabled an analysis of the work, resulting in a synthesis of the available literature, the identification of trends and patterns, such as the species *Mytilus galloprovincialis* (Mediterranean mussel) being the most frequently used among the selected studies. Furthermore, the most relevant topics on the subject were observed, including 'oxidative stress,' 'biomarkers,' and 'bivalve,' as well as the co-author with the most publications, such as FREIRE, ROSA. Through the systematic review and bibliometrics, a broad understanding of how various pollutants can influence bivalve organisms was achieved, allowing for greater knowledge about this class and its usefulness as bioindicators. From these results, it was possible to conclude that Brazil lags behind other countries, such as Portugal, in terms of scientific production on bivalve organisms.

Keywords: marine pollution, mollusks, anthropogenic impacts

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
4. METODOLOGIA.....	16
4.1 REVISÃO SISTEMÁTICA.....	17
4.2 BIBLIOMETRIA.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5.1 REVISÃO SISTEMÁTICA.....	20
5.2 BIBLIOMETRIA	26
6. CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

Dentro do filo Mollusca, os bivalves são organismos que possuem corpo mole, protegido por uma concha constituída por carbonato de cálcio, que é dividida em duas partes, chamadas de valvas (De Souza *et al.*, 2021). Esses animais estão inseridos na segunda maior família desse filo, possuindo um equivalente a 31.000 espécies, ficando atrás apenas dos gastrópodes. Estão inclusos dentro da classe bivalvia, as ostras, amêijoas, mexilhões e outros similares (Eddy *et al.*, 2019; Jannah e Restu, 2023). O quantitativo de bivalves marinhos de estuário possui uma estimativa de 8.000 espécies distribuídas em 1.100 gêneros com 04 subclasses e 99 famílias (Nyabakken, 1992; Jannah e Restu, 2023).

Os bivalves são organismos que, em sua maioria, são sésseis, filtradores e de fácil manuseio e que podem ser utilizados como bioindicadores por serem capazes de fornecer informações na avaliação da poluição dos ambientes marinhos, isto porque podem acumular em seus organismos resíduos, como por exemplo, os microplásticos, metais pesados, patógenos (bactérias, vírus e protozoários) que podem estar presentes nos locais em que estão inseridos (Potasman *et al.*, 2002; De Freitas Rebelo *et al.*, 2003; Chandurvelan *et al.*, 2012, Chandurvelan *et al.*, 2013), isto porque são capazes de filtrar de 19 a 50 litros de água por hora durante seu período de alimentação, fazendo com que esses fiquem acumulados em suas brânquias e aparelho digestivo (Beirão *et al.*, 2000).

Com o intuito de avaliar o progresso da bioindicação de moluscos bivalves como ferramenta no monitoramento da qualidade da água, foi realizada uma revisão sistemática e da bibliometria, contribuindo, portanto, para o conhecimento das alterações tanto celulares quanto nucleares que acontecem nos organismos e, também, para trabalhos futuros na escolha do molusco bivalve. Logo, a revisão sistemática é um tipo de ferramenta que realiza uma investigação científica utilizando métodos explícitos e sistemáticos. A partir da identificação, seleção e avaliação criteriosa dos estudos, são escolhidos os trabalhos que farão parte da pesquisa (Galvão e Ricarte, 2019; Martins *et al.*, 2018). Ademais, a revisão sistemática precisa ser planejada, indicar de forma clara os termos de inclusão dos

trabalhos, mostrar os descritores de busca dos trabalhos, além de apresentar a cronologia da revisão (Martins *et al.*, 2018).

Enquanto a Bibliometria é uma metodologia quantitativa e estatística que tem como objetivo, realizar uma estimativa das produções e extensão de determinada área do conhecimento científico (revistas, livros, artigos, documentos, entre outros) com o intuito de analisar e evidenciar a disseminação e desenvolvimento do mesmo (Araújo, 2006). Além disso, a bibliometria promove uma maior visibilidade do trabalho acadêmico favorecendo a profundidade e as discussões sobre os conteúdos a serem examinados e podem ser utilizadas para medir determinados padrões de comunicação escrita (Araújo, 2006; Ferreira *et al.*, 2015; Quevedo-Silva *et al.*, 2016).

Este estudo explora aspectos-chave das alterações que ocorrem em organismos bivalves utilizados como bioindicadores de contaminação ambiental, por meio de uma revisão sistemática e análise bibliométrica. Com isso, será possível levantar dados sobre os tipos de danos a que esses animais estão expostos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Sintetizar e avaliar os resultados e as implicações das pesquisas científicas e informações sobre moluscos bivalves como bioindicadores da qualidade do meio ambiente.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a quantidade de artigos publicados sobre as alterações celulares dos bivalves;
- Apresentar os resultados de pesquisas acadêmicas sobre a alteração celular a partir da base de dados da Scopus, Science Direct e Web of Science, com o software Vosviewer;
- Avaliar o grau de palavras-chaves e coautores mais relevantes sobre a temática;
- Identificar o grau de intensidade entre as palavras-chaves mais utilizadas nas pesquisas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Os organismos da classe Bivalvia ocupam uma ampla variedade de habitats aquáticos, incluindo zonas costeiras, recifes de coral, plataformas continentais e áreas entremarés em ambientes marinhos. Em ecossistemas estuarinos, eles estão presentes em rios, lagos de maré, marismas e manguezais, onde desempenham funções ecológicas essenciais. Além disso, adaptam-se a ambientes dulcícolas, como riachos e rios, demonstrando grande plasticidade ecológica. Essa diversidade de habitats reflete não apenas a adaptabilidade desses organismos, mas também sua relevância ecológica nos ecossistemas que habitam (Dame; Kenneth, 2011).

Os impactos causados por serem organismos filtradores e estarem em algum ambiente contaminado variam, o que inclui alterações nos processos fisiológicos, mudanças comportamentais e aumento da mortalidade, o que, por sua vez, desestabiliza a teia alimentar e o ecossistema. Além disso, os desequilíbrios causados podem repercutir negativamente na saúde humana (Kim *et al.*, 2019; Verdelhos *et al.*, 2015).

Young *et al.* (1976) foram os primeiros a realizarem o biomonitoramento através de organismos bivalves. A espécie de mexilhões utilizada pelos autores foi a *Mytilus californianus*, onde ela foi usada como bioindicadora para hidrocarbonetos clorados na região Sul da Baía da Califórnia. A partir deste trabalho, outros trabalhos foram realizados utilizando os bivalves marinhos como bioindicadores, principalmente, pelo fato desses organismos possuírem uma vasta distribuição geográfica pelo mundo, serem de extrema importância comercial e papéis ecológicos (Beyer *et al.*, 2017; Ward *et al.*, 2019; Ding *et al.*, 2021).

Estudos como os de Boening (1999), Su *et al.* (2018) e Wang *et al.* (2021) destacam que os organismos bivalves atuam como concentradores de bioacumulação, apresentando níveis dessa acumulação mais elevados do que o próprio substrato do ambiente onde vivem. Nesse contexto, Helmholz *et al.* (2016) ressaltam que, embora altamente resilientes às condições ambientais adversas, os bivalves desempenham um papel crucial na detecção precoce de impactos ambientais, auxiliando na mitigação de danos, antes que se tornem irreversíveis.

Trabalhos têm sido feitos e mostram que as alterações causadas pela poluição podem levar, no homem, o surgimento de infecções geradas por

patógenos, como por exemplo, intoxicação alimentar, gastroenterite, infecção intestinal (Nascimento *et al.*,2011), pois devido à sua fisiologia e anatomia, os bivalves podem manter microrganismos vivos em seu aparelho digestório, o que pode acarretar no consumo dos mesmos antes da finalização do processo de fagocitose pelas células de defesa (Pereira *et al.*, 2006; Nascimento *et al.*,2011).

De acordo com Cunã Casasbelas (1991), a ostra do mangue (*Crassostrea rhizophorae*) possui a capacidade de filtrar em torno de 90 a 100 litros de água do mar por dia. E a partir disso, é possível analisar os níveis de concentração dos contaminantes de determinada área onde eles se encontram.

Outro fator a ser apresentado, é que devido o seu hábito filtrador, os bivalves acumulam substâncias químicas em seus organismos, como por exemplo, metais pesados e, segundo Souza (2018), dentre esses elementos, o arsênio (As), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) são os que mais possuem a probabilidade de gerar câncer em um indivíduo. Além disso, este mesmo autor apresentou em seus resultados, que o metal pesado que possui maior risco carcinogênico devido ao consumo de mariscos é o chumbo.

Além disso, os poluentes que são despejados nesses ambientes podem causar alterações celulares e danos ao DNA dos organismos aquáticos (Galvão *et al.*, 2009; Geremia, 2015). Geremia (2015) ao analisar hemócitos de mexilhões *Perna perna* (Linnaeus, 1758) na região de pesca de Tramandaí e Cidreira, litoral norte do Rio Grande do Sul, observou que houve alterações nucleares do tipo micronúcleos, células binucleadas e brotamento, indicando que o ambiente em questão está sofrendo impacto ambiental com grande potencial genotóxico, podendo acarretar danos ao material genético dos mexilhões.

Ao trabalhar com alterações morfológicas e funcionais em hemócitos de *Mytilus galloprovincialis*, Calisi *et al.* (2023) constataram que os efeitos genotóxicos ocasionados pelo conjunto de substâncias poluentes causaram o aumento de micronúcleos. Além disso, os valores de frequência nos locais de controle estavam alinhados com os valores fisiológicos de referência, o que consolidou uma atribuição dos fenômenos de genotoxicidade à presença de contaminantes inorgânicos e orgânicos nos locais impactados. Um aumento considerável de células binucleadas também foi observado nos locais amostrados.

Em seu trabalho sobre o potencial mutagênico por meio do sistema-teste de micronúcleo em molusco bivalve, Pantaleão *et al.* (2017) certificaram que o teste de micronúcleo em *Mytella falcata* teve uma boa eficiência com relação ao impacto ambiental, demonstrando assim que a região de estudo à qual sofre ações antrópicas gera impacto no DNA dos organismos ali presentes.

Fiskesjö (1985) afirma que as alterações cromossômicas e celulares (micronúcleos, brotamentos e células binucleadas) são indicativos de genotoxicidade ambiental, ou seja, ocasiona alteração no material genético dos organismos expostos a determinadas substâncias.

Os mexilhão *P. perna* são consumidos pela maioria da população nas regiões costeiras do país (Lavradas *et al.* 2016). No Brasil, esses mesmos autores, examinaram a exposição a metais e metalóides em mexilhões *Perna perna* em duas baías tropicais ambientalmente impactadas (Baía de Guanabara e Baía da Ilha Grande, no estado do Rio de Janeiro), e constataram que essa espécie estava imprópria para o consumo humano, devido a sua contaminação por metais e que ela é uma sentinela adequada para a contaminação por metais.

A Ilha do Boi, localizada na cidade de Vitória (ES) é uma área com altos níveis de material particulado atmosférico sedimentável (MPAS). De Almeida Duarte *et al.* (2023) investigaram os efeitos desse poluente na espécie *Perna perna* (mexilhão-marrom). Os moluscos foram coletados em uma região de maricultura na praia de Cocanha, litoral paulista, distantes de fontes de contaminação e levados ao laboratório. Eles constataram que o MPAS afeta os ecossistemas aquáticos e que os moluscos são biologicamente ameaçados pela exposição ao MPAS, contendo elementos tóxicos como os elementos de terras raras (ETR). Além disso, o tempo de depuração (30 dias) não foi suficiente para diminuir os níveis dos elementos bioacumulados.

As respostas letais e subletais na espécie de molusco bivalve *Scrobicularia plana* exposto a diferentes sedimentos ácidos de CO₂, foram analisadas por Conradi *et al.* (2016), com o objetivo de determinar os efeitos biológicos adversos associados ao enriquecimento de CO₂. Os resultados mostraram que a acidificação da água do mar afetou o tempo de vida médio da espécie, induziu também uma forte resposta ao estresse oxidativo, resultando em danos ao DNA. Esses efeitos podem resultar

no declínio populacional de *S. plana*, o que reduziria os recursos alimentares, já que a espécie é um recurso importante para a economia do sul da Europa.

Hamer *et al.* (2008), ao analisarem os efeitos relacionados ao estresse hiposmótico pela aclimação da baixa salinidade no molusco bivalve *Mytilus galloprovincialis*, confirmaram que os efeitos das variações de salinidade no ambiente marinho podem modificar os parâmetros medidos, como por exemplo, consumo de oxigênio e quantificação de metalotioneína. Além disso, os autores destacaram a importância de considerar tanto a salinidade quanto a temperatura ao explicar resultados de bioindicação e bioensaios que são utilizados como evidências para avaliar a qualidade da água e a saúde dos organismos.

A revisão sistemática e a bibliometria são ferramentas metodológicas essenciais para a realização de uma análise detalhada sobre determinado tema na literatura. Além disso, são ferramentas complementares que auxiliam na busca por informações. Com a revisão sistemática, é possível sintetizar os trabalhos, obtendo uma atualização sobre determinada temática. A partir disso é possível reunir evidências empíricas para tirar conclusões e tomar decisões. Já a bibliometria baseia-se no quantitativo de trabalhos que serão utilizados na análise da produção científica, medindo seu impacto, colaborações e tendências. Assim, ambas as metodologias fornecem dados concretos para futuros trabalhos e o avanço científico (Araújo, 2006; Ferreira *et al.*, 2015; Quevedo-Silva *et al.*, 2016; Martins *et al.*, 2018; Chandler *et al.*, 2019; Galvão e Ricarte, 2019).

4. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho, foram realizadas pesquisas utilizando revisão sistemática e a análise bibliométrica. Essas abordagens permitiram identificar os estudos mais relevantes sobre bivalves como bioindicadores. O levantamento foi realizado no Periódicos Capes, nas bases de dados *Scopus*, *Science Direct* e *Web of Science*, com o objetivo de encontrar artigos relacionados a alterações celulares e nucleares em bivalves. A pesquisa foi conduzida entre junho e dezembro de 2024, abrangendo publicações científicas dos últimos 21 anos (2003 a 2024).

Os trabalhos selecionados para compor a revisão sistemática e a bibliométrica seguiram os seguintes critérios (Figura 01): (i) Trabalhos que tratam especificamente sobre organismos bivalves; (ii) Trabalhos publicados apenas em inglês e português; (iii) Trabalhos que possuem as seguintes palavras-chaves: “contaminants AND bioindicators AND cellular alteration AND bivalve”. Antes de chegar a tais palavras-chaves, realizou-se vários testes, para que o resultado da pesquisa obtivesse o maior número possível de resultados sobre as alterações celulares dos organismos bivalves.

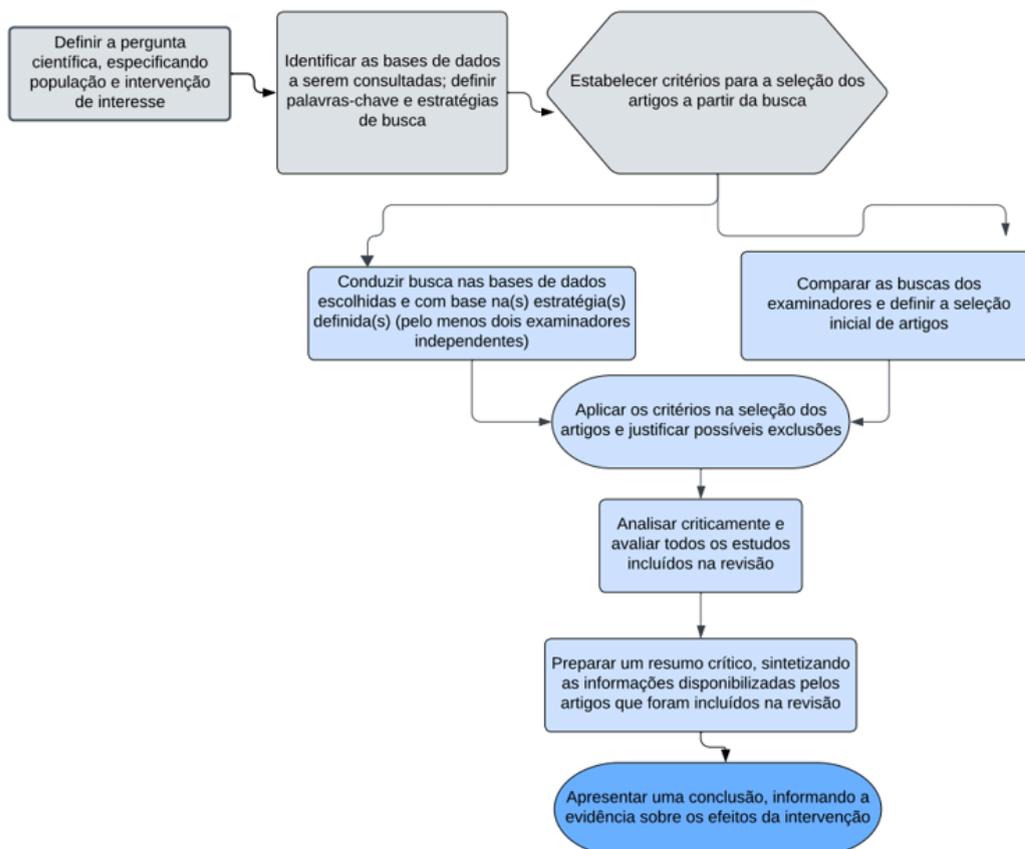
Foram obtidos 692 trabalhos como resultado de pesquisa das três bases de dados utilizadas: *Scopus* (2), *Science Direct* (688) e *Web of Science* (2). Após essa etapa, aplicaram-se filtros para refinar a busca como: artigos publicados nos últimos 21 anos. Como resultado, o número de estudos foi reduzido para 472.

Além disso, foram retirados da pesquisa trabalhos que falavam de outros organismos aquáticos ou apenas do ambiente e após o processo de inclusão e exclusão e da eliminação de duplicatas, o quantitativo de trabalhos foi reduzido para 348 resultados.

4.1 REVISÃO SISTEMÁTICA

Para garantir maior precisão e estruturação no trabalho, utilizamos o acrônimo PICO, que representa os termos em inglês “Population” (População ou Participantes), “Intervention” (Intervenção), “Comparison” (Comparação) e “Outcome” (Desfecho). Esse acrônimo ajuda a definir de forma clara os aspectos principais de uma pesquisa, facilitando a busca por materiais mais relevantes. Com base nisso, a pergunta a ser respondida por meio da revisão sistemática é: Como a análise de alterações celulares e nucleares em bivalves de ambientes contaminados, comparada a bivalves de ambientes não contaminados, pode ser utilizada para avaliar a qualidade da água, a saúde pública e a qualidade de vida?

Figura 01. Fluxo da informação com as diferentes fases de uma revisão sistemática.



Fonte: Retirado e modificado de SAMPAIO e MANCINI (2007).

O processo de revisão dos trabalhos selecionados foi iniciado com sua inserção no Rayyan (software gratuito) em formato RIS (Figura 02). Este recurso disponibiliza tanto os resumos quanto os textos completos diretamente na plataforma, o que otimiza significativamente o tempo dedicado à revisão. Dessa forma, a inclusão e exclusão de trabalhos torna-se mais eficiente e sistematizada.

Figura 02. Rayyan: Plataforma de gerenciamento de revisão sistemática

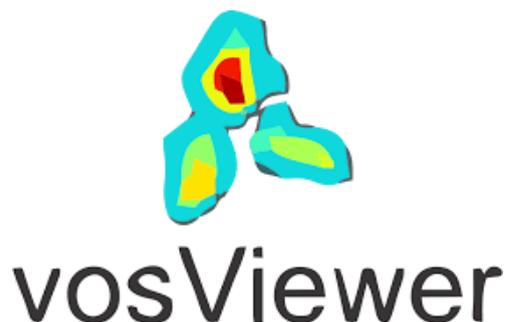


Fonte: Google imagens

4.2 BIBLIOMETRIA

Para a análise bibliométrica, utilizamos o programa VOSviewer (software gratuito) (Figura 03). Com ele, realizamos as seguintes análises: co-ocorrência de palavras-chave; Densidade da rede de colaborações de coautores e mapa temático.

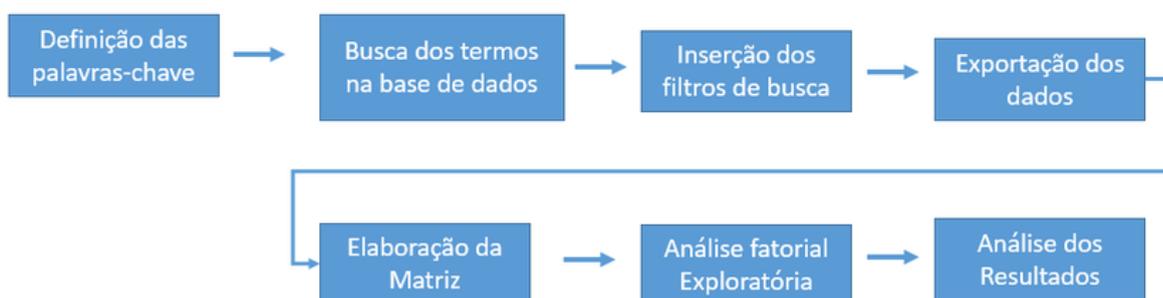
Figura 03. VOSviewer: Ferramenta de Software para construção e visualização de redes bibliométricas.



Fonte: Imagem google

Os documentos resultantes da pesquisa foram exportados em formato Excel para o VOSviewer. Todos os trabalhos foram inseridos em uma tabela, na qual descrevemos detalhadamente o conjunto de dados (autor, ano de publicação, revista, espécie utilizada).

Figura 04. Passo a passo para a bibliometria.



Fonte: Retirado de Quevedo-Silva *et al* (2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

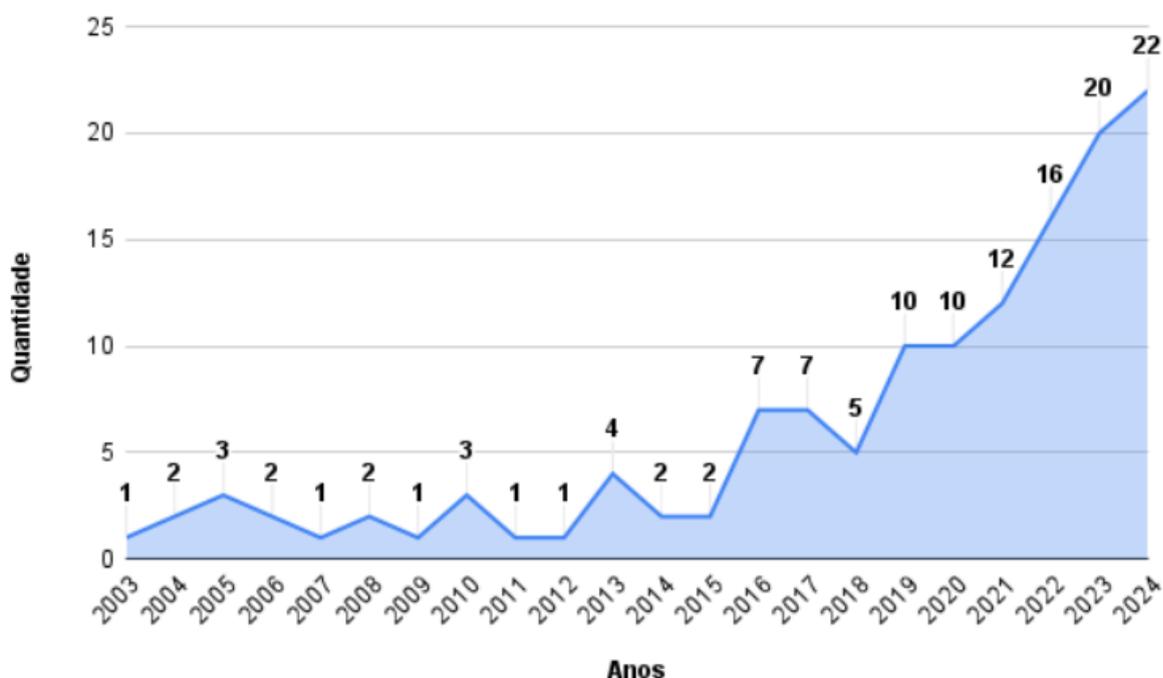
Com a utilização das duas abordagens, revisão sistemática e a bibliometria, realizou-se a análise do trabalho, permitindo uma síntese da literatura dos trabalhos

adquiridos ao longo de 21 anos e a verificação de tendências e padrões, além de observar os tópicos mais relevantes. Assim, foi possível buscar de forma aprofundada os avanços do uso dos bivalves como bioindicadores de alterações dentro de um ambiente contaminado.

5.1 REVISÃO SISTEMÁTICA

Ao longo desta revisão, foi possível analisar que os bivalves têm sido bastante utilizados em diversas áreas de pesquisa como bioindicadores ambientais, para a obtenção de resultados de como o ambiente se encontra e de que forma os contaminantes afetam o próprio organismo. Observou-se que a espécie de bivalve mais utilizada para análises de contaminação do ambiente foi a *Mytilus galloprovincialis* (mexilhão-mediterrâneo) com um total de 134 trabalhos, ou seja, 38,51% dos documentos. Ela possui grande importância econômica em vários países e é a principal espécie utilizada na produção aquícola da Europa (Speciale *et al.* 2018; Romero-Freire *et al.*, 2020).

Figura 07. Quantitativo de trabalhos relacionados à espécie *Mytilus galloprovincialis* no período de 21 anos.



Fonte: autor

Os trabalhos analisados ressaltam o impacto de diversos poluentes, como microplásticos (Teng *et al.* 2024; Choi *et al.* 2022), esgotos (Santos *et al.* 2023), bitucas de cigarro (Lucia *et al.* 2023), fármacos (Nardi *et al.* 2022; Mezzelani *et al.* 2023), elementos químicos variados, incluindo terras raras (como lantânio, gadolínio) (Chelyadina *et al.* 2023; Andrade *et al.* 2023), metais traços (mercúrio, arsênio, cádmio) (Leis *et al.* 2024), hidrocarbonetos aromáticos (Xu *et al.* 2020), filtros UV (Colás-Ruiz *et al.* 2024), pesticidas e herbicidas (Ahmed e Rahman 2024), conforme Tabela 01. O objetivo da tabela é destacar os estudos que se destacaram como mais pertinentes e comuns ao longo da pesquisa, enfatizando aqueles que tiveram maior influência ou visibilidade no campo de estudo.

Tabela 01. Quantitativo de trabalhos relacionados a poluentes mais encontrados na revisão sistemática.

POLUENTE	Nº DE TRABALHOS	EXEMPLOS DE REFERÊNCIAS
Microplástico	35	LI et al. (2024); Bebianno et al. (2022); Park et al. (2024); Teng et al.(2024); Choi et al. (2022);
Esgotos	8	Oberholster et al. (2016); Quinn et al. (2004); Dos Santos et al. (2023); Azevedo-Linhares e Freire (2015);
Bitucas De Cigarro	01	Lucia et al., (2023)
Fármacos	38	Mezzelani et al (2023); Nardl et al. (2022); Teixeira et al. (2017); Almeida et al. (2014); Pretti et al (2023); Cruz, et al. (2016); Maranhão, L. A.
Terras Raras (Como Lantânio, Gadolínio)	15	Chelyadina et al. (2023); Andrade et al. (2023).
Metais Traços	16	Chouikh et al. (2024); Romero-Freire et al. (2020); Nesto et al. (2007).
Hidrocarbonetos Aromáticos	20	Xie et al. (2017); Francioni et al. (2007); Sun et al. (2020).
Filtros Uv	06	Cuccaro et al. 2022; BORDALO et al. (2023).
Pesticidas e Herbicidas	15 PESTICIDAS 04 HERBICIDAS	Tao et al. 2013; Uluturhan et al. (2019).

A utilização das enzimas, como superóxido dismutase (SOD), glutathione S-transferase (GST), fosfatase alcalina (ALP) para avaliar a resposta de organismos bivalves a diferentes condições ambientais e estressantes, foi amplamente discutida em diversos trabalhos (Iummato *et al.* 2013; Tao *et al.* 2013; Papo *et al.* 2014; Khazri *et al.* 2015; Sapone *et al.* 2016). Essas pesquisas indicam diferentes alterações nas células, uma vez que alterou a expressão das proteínas em questão.

Um exemplo disso, é o trabalho de Fang *et al.* (2010), que ao estudarem as respostas das proteínas metalotioneína e da SOD ao Cádmio no molusco *Macra veneriformis*, relataram um aumento significativo da enzima SOD no início da exposição ao Cádmio (0, 50, 100 e 200 µg/L de Cd por 21 dias) que logo após diminuiu e voltou ao seu nível normal. Os resultados mostraram que ambas as proteínas executam funções valiosas para a estabilidade da homeostase do metabolismo celular e, conseqüentemente, na preservação da espécie.

Os microplásticos são um dos principais problemas ambientais atuais, devido a extrema quantidade que é lançada nos ecossistemas aquáticos e terrestres, ocasionando impactos nos organismos e na saúde humana. Alguns desses impactos incluem risco toxicológico, efeitos ecológicos e condições de estresse nos organismos (Teng *et al.*, 2021). Além disso, segundo Romdhani *et al.* (2024), há o impacto direto na capacidade reprodutiva dos bivalves, pois os gametas são expostos a contaminantes da água e, também afeta seu sistema imunológico, uma vez que há um aumento na produção de enzimas relacionados ao estresse oxidativo.

Os fármacos apresentaram-se como novos contaminantes ambientais, pois podem apresentar um risco não intencional para organismos não-alvo, como a ativação da resposta imune e comprometimento celular de combater as alterações osmóticas (Filice *et al.*, 2024). Complicações, como reservas de glicogênio alteradas, tendem a ser mais aparentes em regiões marinhas costeiras e estuarinas próximas a áreas de intensa atividade humana devido ao maior índice de poluição (Piedade *et al.* 2020). O trabalho de Almeida *et al.* (2014), avaliou a toxicidade do fármaco carbamazepina (CBZ) (0,00, 0,03, 0,30, 3,00, 9,00 µg/L) em amêijoas comestíveis *Venerupis decussata* (uma espécie nativa) e *Venerupis philippinarum* (uma espécie invasora) coletadas na Ria de Aveiro (Portugal) e analisadas em

laboratório. Os resultados demonstraram que tais concentrações afetaram de forma negativa o estado de saúde dos organismos e induziu o estresse oxidativo. Além disso, os resultados mostraram que a *V. philippinarum* foi mais sensível aos efeitos do fármaco, apresentando um sistema antioxidante menos eficiente comparado a *V. decussata*.

Com relação aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs), eles são um dos poluentes orgânicos que mais se propagam no ambiente marinho e são capazes de acumular-se na cadeia alimentar (Papo *et al.* 2014; Speciale *et al.* 2018; Xu *et al.* 2020). O benzo[a]pireno (B(a)P), por exemplo, é o mais tóxico entre os HAPs, sendo considerado carcinogênico (Xu *et al.* 2020). Papo *et al.* (2014) investigaram as expressões gênicas de citocromo PA50 (CYP4) e glutathione S-transferase (GSTr) em *Venerupis philippinarum* exposto ao benzo(a)pireno. Os resultados apresentaram que o B(a)P afetou de forma significativa a expressão de mRNA de GSTr na glândula digestiva do organismo. Além disso, a pesquisa sugeriu que o gene GSTr pode apresentar um papel importante na biotransformação de B(a)P.

O Pireno, que também é um HAP, originado principalmente pela queima incompleta de combustíveis fósseis, pode provocar distúrbios imunológicos e estresse oxidativo, causando imunotoxicidade, danos ao DNA, uma redução na taxa de reprodução e mudanças comportamentais. Tais efeitos foram observados em um estudo com a ostra perliífera, *Pinctada martensii* coletadas na Baía de Li'an em Hainan, na China (Xie *et al.*, 2017).

Os bivalves retêm partículas sólidas, devido ao seu processo de filtração da água, ocasionando a absorção de poluentes, como os metais traços (Rainbow, 1995). Eles podem sofrer estresse oxidativo, o que pode levar a uma indução de defesas antioxidantes protetoras, tanto enzimáticas quanto não enzimáticas (Santovito *et al.*, 2021) Os efeitos tóxicos dos metais traços foram investigados no mexilhão *Mytilus platensis* a partir da glândula digestiva e da citoarquitetura branquial. Os resultados mostraram que as glândulas digestivas acumularam grânulos de lipofuscina, correspondendo a uma peroxidação lipídica e proteica. Além disso, as alterações histológicas observadas no estudo foram relevantes para caracterizar esses efeitos dos metais como biomarcadores (Leis *et al.*, 2024).

Os efeitos toxicológicos das bitucas de cigarro (BC) ainda é algo novo e inexplorado no ambiente, evidenciando a necessidade de mais pesquisas sobre os riscos que essas substâncias possuem para os organismos aquáticos. Lucia *et al.* (2023) ao realizarem uma pesquisa sobre os efeitos tóxicos das bitucas de cigarro em cinco espécies de organismos marinhos, entre elas o *M. galloprovincialis*, mostrou que após 24h na água do mar artificial, as BC liberam compostos químicos como metais traço, hidrocarbonetos aromáticos alifáticos e policíclicos, nicotina e cotinina. A nicotina foi o produto químico mais abundante. Os autores concluíram que o estudo demonstrou os perigos das bitucas de cigarros e a liberação de seus compostos químicos na água do mar, evidenciando que são um poluente emergente e destacando a necessidade imediata dele do ambiente, como as praias.

Os filtros UV são produtos amplamente utilizados e, por conta disso, são constantemente lançados nos ambientes aquáticos sem nenhum tipo de regulamentação, tornando-o um contaminante emergente (Cuccaro *et al.*, 2022; Colás-Ruiz *et al.*, 2024). O oxibenzona (BP-3), um filtro UV orgânico (absorve a radiação UV), integra os protetores solares e os produtos para cuidado pessoal, conduzindo sua entrada no ambiente por meio dos nadadores e por efluentes de águas que contêm resíduos. Os efeitos do filtro UV em conjunto com microplásticos (MPs) mostraram que após uma exposição de 07 dias houve a indução do estresse oxidativo na amêijoia *Scrobicularia plana*. Com 14 dias de exposição ao filtro UV e ao MPs, resultou-se em efeitos neurotóxicos. As alterações dos bioindicadores foram relacionadas a toxicidade de BP-3 (O'donovan *et al.*, 2020). O filtro UV 4-metilbenzilideno cânfora (4-MBC) além de ser utilizado como protetor solar, também possui uso em sabonetes e batons (Colás-Ruiz *et al.*, 2024).

Os pesticidas são mundialmente utilizados em regiões agrícolas para o controle de pragas no ambiente, entretanto, segundo Ahmed e Rahman (2024), tais produtos prejudicam organismos aquáticos que não são o alvo principal da ação. Esses mesmos autores verificaram os efeitos da exposição de diferentes concentrações de pesticidas na ostra americana, *Crassostrea virginica*. Os resultados sugeriram que essa exposição causa alterações morfológicas, alteração do fluido corporal e prejudica as funções fisiológicas das ostras. Ademais, Tresnakova *et al.* (2023) afirmaram que o uso excessivo de pesticidas tem gerado

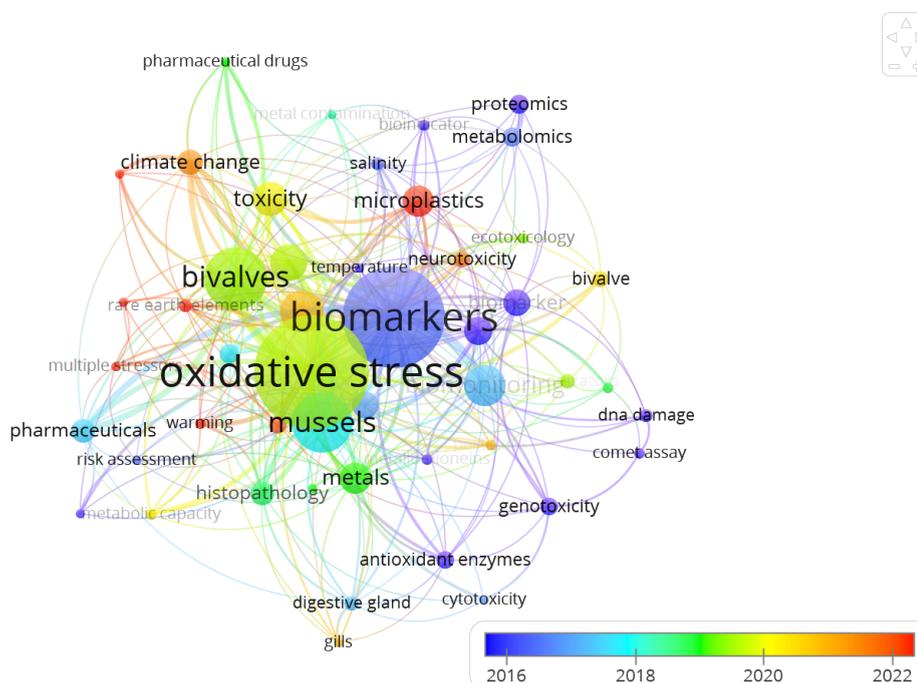
uma lacuna no entendimento sobre como os efeitos desses produtos afetam organismos aquáticos não-alvos, como no caso do herbicida cloroacetanilida.

Sapone *et al* (2016) comentaram sobre a importância do saneamento e a necessidade de obter segurança no consumo de água potável, entretanto, expõe o método de cloração da água e suas implicações nos organismos. Esses autores, ao submeterem *in situ* o bivalve *Dreissena polymorpha*, utilizando água purificada com três tipos de desinfetante - Dióxido de Cloro (ClO_2), Hipoclorito de Sódio (NaClO) e Ácido Peracético (PAA) - no Lago Trasimene (Itália), observaram a indução da proteína CYP. Além disso, a contaminação da água levou a formação de subprodutos de desinfecção, os quais podem interferir significativamente nas reações mediadas por CYP.

5.2 BIBLIOMETRIA

A partir dos trabalhos selecionados através da revisão sistemática, excluindo duplicatas e estudos não alinhados com o escopo da pesquisa, obtivemos um total de 348 artigos publicados nos últimos 21 anos, retirados das bases de dados *Scopus*, *ScienceDirect* e *Web of Science*. Em seguida realizamos uma análise bibliométrica dos estudos através do software VOSviewer. Com isso obtivemos os termos com maior ocorrência dentro desta pesquisa (figura 05) e suas coautorias (figura 06).

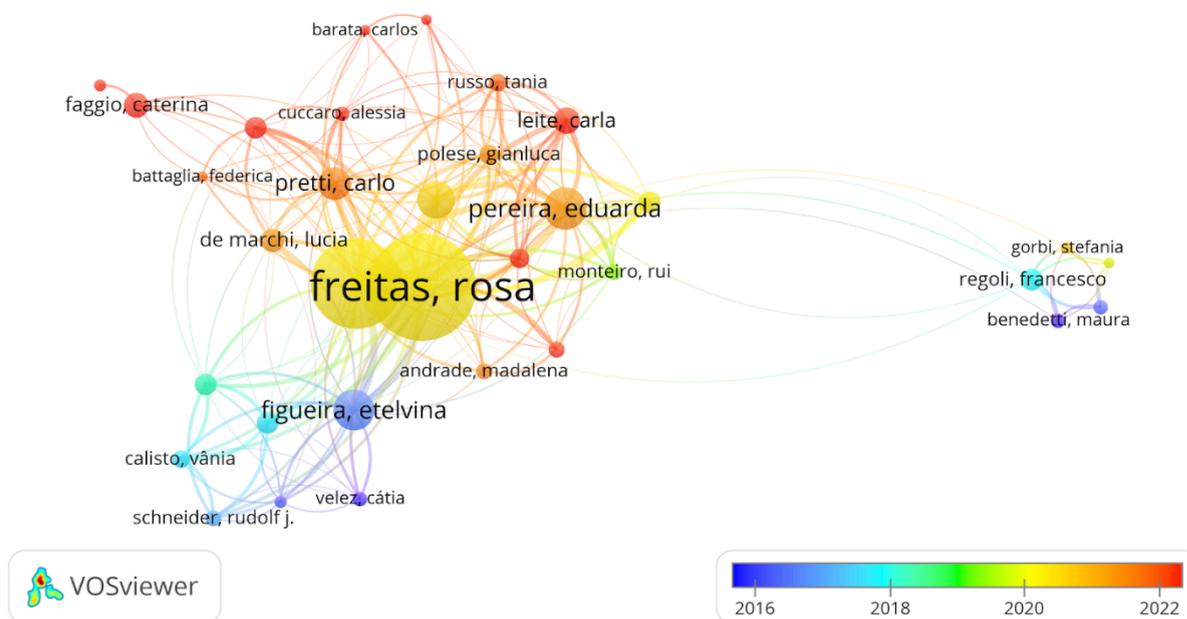
Figura 05. Rede de co-ocorrência de palavras-chave sobre os bivalves nos últimos 21 anos nas bases de dados *Scopus*, *ScienceDirect* e *Web of Science*.



Fonte: o autor

A construção científica sobre os organismos bivalves como bioindicadores de contaminação ambiental teve uma evolução a partir de 2016, tendo seu ápice em 2022. A palavra-chave “oxidative stress (estresse oxidativo)” foi a que apresentou a maior densidade de ocorrências, entre os trabalhos que foram analisados, atingindo seu ápice no ano de 2019; seguida por “biomarkers (biomarcadores)” que também se destacou nos índices de pesquisa, atingindo seu ápice de ocorrência no ano de 2016. Em terceira posição fica a palavra-chave “bivalve”, apresentando seu destaque no ano de 2019. Isso demonstra que os temas possuem relevância no meio científico.

Figura 06. Densidade da rede de colaborações de coautores dos trabalhos sobre os organismos bivalves nos últimos 21 anos.

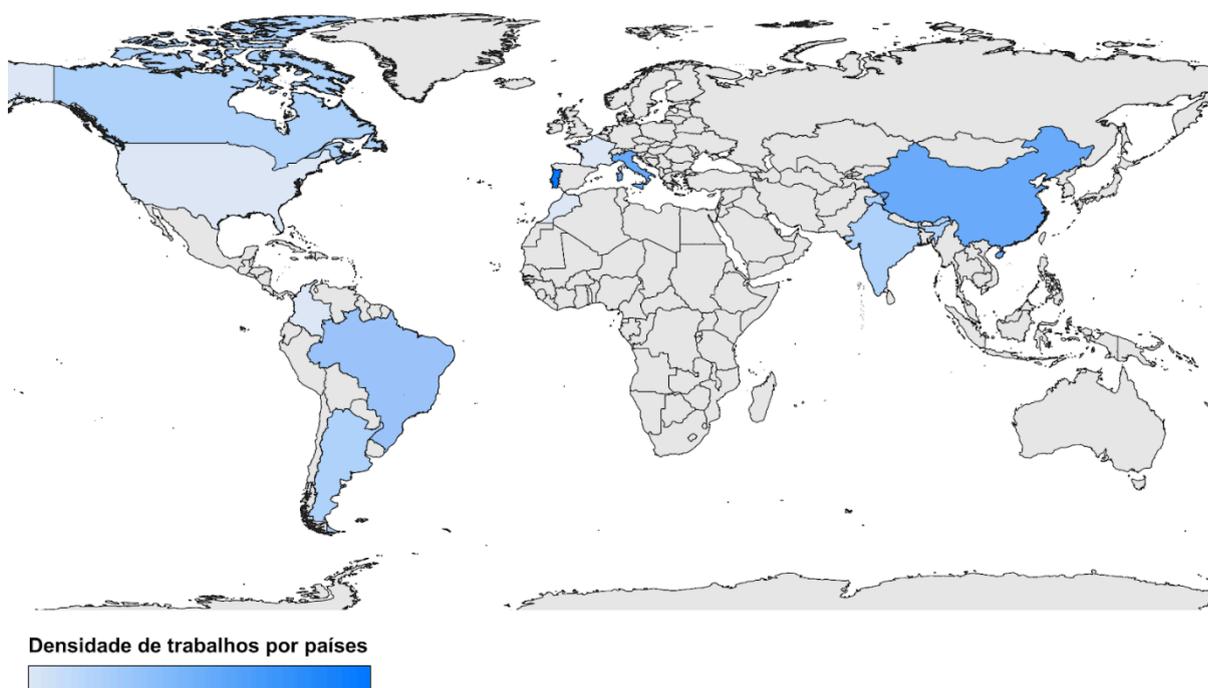


Fonte: autor

A densidade (cores amarela e verde no mapa) reflete a concentração dos autores e colaboradores. A região mais amarela do mapa, indica alta intensidade dos colaboradores, enquanto as áreas com menor intensidade, indicada em verde,

apresenta menor densidade de colaboradores. “Freitas,rosa”, apresenta-se em destaque, por possuir o maior número de trabalhos com outros pesquisadores relacionados ao uso de bivalves como bioindicadores de poluição ambiental. Tal autor possui um total de 68 documentos, ou seja, 19,54% do número total de trabalhos. Isso demonstra o interesse dos pesquisadores sobre a temática ao longo dos anos.

Figura 07. Produção científica dos países sobre o uso de organismos bivalves como bioindicadores de poluição ambiental.



Fonte: o autor

Podemos observar que Portugal (Figura 07) desempenha um papel crucial na geração de conhecimento a partir dos estudos relacionados aos organismos bivalves como bioindicadores de contaminação ambiental, logo, suas contribuições são essenciais para o desenvolvimento de informações que serão úteis para pesquisas futuras.

6. CONCLUSÃO

Através da revisão sistemática e da bibliometria foi possível obter uma visão ampla de como os variados poluentes podem influenciar os organismos bivalves, permitindo um maior conhecimento sobre essa classe e sua utilidade como bioindicadores. A partir desses resultados foi possível constatar que o Brasil está

atrás de outros países, como Portugal, referente a produção científica sobre organismos bivalves como bioindicadores.

Ao longo dessas observações, destacou-se a poluição dos ambientes habitados pelos organismos bivalves, que são abundantemente consumidos em diversos lugares do mundo. Além disso, o presente trabalho foi capaz de responder a pergunta criada a partir do acrônimo PICO (Como a análise de bivalves de ambientes contaminados, comparada a bivalves de ambientes não contaminados, pode ser utilizada para avaliar a qualidade da água, a saúde pública e a qualidade de vida?). Os trabalhos adquiridos a partir das duas metodologias demonstraram que os ambientes aquáticos estão constantemente expostos a poluição antrópica, o que implica diretamente na qualidade da água e, conseqüentemente, na qualidade de vida, uma vez que os organismos bivalves, como as ostras e mexilhões, também são afetados por essa contaminação. Por serem filtradores, acumulam esses contaminantes em seu organismo, como metais pesados e microplásticos. O consumo inadequado desses organismos pode trazer riscos para a saúde humana, ressaltando a importância de realizar monitoramentos referente a poluição aquática.

A bibliometria feita através do software vosviewer, identificou os termos mais frequentes nos trabalhos ao longo dos anos, como 'oxidative stress' (estresse oxidativo), 'biomarkers' (biomarcadores) e 'bivalve'. Além disso, mostrou os autores com mais publicações, como FREIRE, ROSA. Tais resultados mostram que os temas são atuais e necessários para a compreensão dos tipos de impactos ambientais, fortalecendo os estudos contínuos nesta área.

Diante disso, torna-se necessário buscar políticas públicas voltadas à regulação, ao manuseio adequado, ao consumo e a comercialização desses organismos, para que não haja risco no consumo humano e nenhum indivíduo seja vítima de algum poluente presente nos organismos bivalves.

REFERÊNCIAS

AHMED, Asif; RAHMAN, Md Saydur. Histological, biochemical and immunohistochemical assessments of Roundup®, atrazine, and 2, 4-D mixtures on tissue architecture, body fluid conditions, nitrotyrosine protein and Na⁺/K⁺-ATPase expressions in the American oyster, *Crassostera virginica*. **Comparative**

Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, v. 283, p. 109951, 2024.

ALMEIDA, Ângela et al. Presence of the pharmaceutical drug carbamazepine in coastal systems: effects on bivalves. **Aquatic toxicology**, v. 156, p. 74-87, 2014.

ANDRADE, Madalena et al. Assessing the impact of terbium on *Mytilus galloprovincialis*: Metabolic and oxidative stress responses. **Chemosphere**, v. 337, p. 139299, 2023.

ALMEIDA et al. Presence of the pharmaceutical drug carbamazepine in coastal systems: effects on bivalves. **Aquatic toxicology**, v. 156, p. 74-87, 2014.

ARAÚJO, Carlos AA. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em questão**, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.

AUDINO, Jorge Alves et al. Síntese do conhecimento sobre a diversidade de sistemas visuais em Mollusca, com ênfase em Bivalvia. **Revista da Biologia**, v. 14, n. 1, p. 24-32, 2015.

AZEVEDO-LINHARES, Maristela; FREIRE, Carolina A. Evaluation of impacted Brazilian estuaries using the native oyster *Crassostrea rhizophorae*: Branchial carbonic anhydrase as a biomarker. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 122, p. 483-489, 2015.

BEIRÃO, L.H. et al. Processamento e industrialização de moluscos. In: **SEMINÁRIO E WORKSHOP: TECNOLOGIA PARA APROVEITAMENTO INTEGRADO DO PESCADO, 2000**, Campinas. Anais. Campinas: ITAL, Centro de Tecnologia de Carnes, 2000.p. 38-84.

BEBIANNO, M. J. et al. Effects of microplastics alone and with adsorbed benzo (a) pyrene on the gills proteome of *Scrobicularia plana*. **Science of the Total Environment**, v. 842, p. 156895, 2022.

BEYER, Jonny et al. Blue mussels (*Mytilus edulis* spp.) as sentinel organisms in coastal pollution monitoring: a review. **Marine environmental research**, v. 130, p. 338-365, 2017.

BOENING, Dean W. An evaluation of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution in marine waters. **Environmental monitoring and assessment**, v. 55, p. 459-470, 1999.

BORDALO, Diana et al. Will warmer summers increase the impact of UV filters on marine bivalves?. **Science of the Total Environment**, v. 872, p. 162108, 2023.

CALISI, Antonio et al. Morphological and functional alterations in hemocytes of *Mytilus galloprovincialis* exposed in high-impact anthropogenic sites. **Marine Environmental Research**, v. 188, p. 105988, 2023.

CHANDURVELAN, Rathishri et al. Impairment of green-lipped mussel (*Perna canaliculus*) physiology by waterborne cadmium: Relationship to tissue bioaccumulation and effect of exposure duration. **Aquatic Toxicology**, v. 124, p. 114-124, 2012.

CHANDLER, Jacqueline et al. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. **Hoboken: Wiley**, 2019.

CHANDURVELAN, Rathishri et al. Waterborne cadmium impacts immunocytotoxic and cytogenotoxic endpoints in green-lipped mussel, *Perna canaliculus*. **Aquatic toxicology**, v. 142, p. 283-293, 2013.

CHELYADINA, Natalya S. et al. Rare earth elements in different body parts of the mussel *Mytilus galloprovincialis* (Crimea, Black Sea) and assessment of associated human health risks from its consumption. **Marine Pollution Bulletin**, v. 195, p. 115462, 2023.

CHEMICALS, U. N. E. P. Guidance for a global monitoring programme for persistent organic pollutants. **Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals, Geneva.**-<http://www.chem.unep.ch/gmn/GuidanceGPM.pdf>, 2004.

CHOI, Jin Soo et al. Long-term exposure of the Mediterranean mussels, *Mytilus galloprovincialis* to polyethylene terephthalate microfibers: Implication for reproductive and neurotoxic effects. **Chemosphere**, v. 299, p. 134317, 2022.

CHOUIKH, Nor-eddine et al. Trace metal bioaccumulation in *Mytilus galloprovincialis* from Essaouira protected coastal area (Atlantic coast of Morocco): Implications for

marine ecosystem and human health. **Marine Pollution Bulletin**, v. 209, p. 117126, 2024.

COLÁS-RUIZ, Nieves R. et al. Bioconcentration, biotransformation, and transcriptomic impact of the UV-filter 4-MBC in the manila clam *Ruditapes philippinarum*. **Science of the Total Environment**, v. 912, p. 169178, 2024.

CONRADI, M. et al. Lethal and sublethal responses in the clam *Scrobicularia plana* exposed to different CO₂-acidic sediments. **Environmental Research**, v. 151, p. 642-652, 2016.

CUCCARO, Alessia et al. Ecotoxicological effects of the UV-filter 4-MBC on sperms and adults of the mussel *Mytilus galloprovincialis*. **Environmental Research**, v. 213, p. 113739, 2022.

CUÑA CASASBELLAS, M. **Instalaciones en el criadero de moluscos**. Consellería de Pesca, Marisqueo e Acuicultura. Xunta de Galicia (1991).

CRUZ, Diogo et al. Caffeine impacts in the clam *Ruditapes philippinarum*: Alterations on energy reserves, metabolic activity and oxidative stress biomarkers. **Chemosphere**, v. 160, p. 95-103, 2016.

DAME, Richard F.; KENNETH, Michael J. **Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach**. Taylor & Francis, 2011.

DE ALMEIDA DUARTE, Luis Felipe et al. Settleable atmospheric particulate matter harms a marine invertebrate: Integrating chemical and biological damage in a bivalve model. **Science of The Total Environment**, v. 881, p. 163380, 2023.

DE FREITAS REBELO, Mauro; DO AMARAL, Maria Clara Rebouças; PFEIFFER, Wolfgang Christian. High Zn and Cd accumulation in the oyster *Crassostrea rhizophorae*, and its relevance as a sentinel species. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, n. 10, p. 1354-1358, 2003.

DE SOUZA, Robson Ventura; SUPLICY, Felipe Matarazzo; NOVAES, André Luis Tortato. Depuração de moluscos bivalves. **Boletim Didático**, n. 160, 2021.

DEPLEDGE, M.H. The ecotoxicological significance of genotoxicity in marine invertebrates. **MutationResearch.**, Amsterdam, v. 399, p. 109-122, 1998.

DING, Jinfeng et al. Microplastics in four bivalve species and basis for using bivalves as bioindicators of microplastic pollution. **Science of the Total Environment**, v. 782, p. 146830, 2021.

DIXON, D. R.; WILSON, J. T. Genetics and marine pollution. **Marine Genetics**, p. 29-43, 2000.

DOS FERNANDES VIEIRA, Regine Helena Silva et al. Contaminação fecal da ostra *Crassostrea rhizophorae* e da água de cultivo do estuário do Rio Pacoti (Eusébio, Estado do Ceará): isolamento e identificação de *Escherichia coli* e sua susceptibilidade a diferentes antimicrobianos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 45, n. 3, p. 180-189, 2008.

DOS SANTOS, Fernanda Silva et al. O primeiro uso da abordagem proteômica LC-MS/MS no mexilhão marrom *Perna perna* após desafio bacteriano: Buscando proteínas-chave na resposta imune. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 134, p. 108622, 2023.

Eddy, L., Suryani, S., & Manufury, J. D. (2019). **Struktur Komunitas Bivalvia pada Perairan Pantai Desa Dullah Kecamatan Dullah Utara Kota Tual Maluku**. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 10(2), 192-200.

ERCOLE, Flávia Falci; DE MELO, Laís Samara; ALCOFORADO, Carla Lúcia Goulart Constant. Revisão integrativa versus revisão sistemática. **REME-Revista Mineira de Enfermagem**, v. 18, n. 1, 2014.

FANG, Yan et al. Metallothionein and superoxide dismutase responses to sublethal cadmium exposure in the clam *Macra veneriformis*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 151, n. 3, p. 325-333, 2010.

FERREIRA, J. B.; SADOYAMA, A. S. P.; CORREIA, A. F. C.; GOMES, P. A. T.P.. **Diversidade e gênero no contexto organizacional: um estudo bibliométrico**. *Revista Pensamento Contemporâneo*, Rio de Janeiro, n. 3, p. 45-66, 2015.

FILICE, Mariacristina et al. The effects of ACE inhibitor Enalapril on *Mytilus galloprovincialis*: Insights into morphological and functional responses. **Aquatic Toxicology**, v. 273, p. 107014, 2024.

FISKESJÖ, Geirid. The Allium test as a standard in environmental monitoring. **Hereditas**, v. 102, n. 1, p. 99-112, 1985.

FRANCIONI, E. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbon in inter-tidal mussel *Perna perna*: space–time observations, source investigation and genotoxicity. **Science of the total environment**, v. 372, n. 2-3, p. 515-531, 2007.

GALVÃO, Petrus Magnus Amaral et al. Bioacumulação de metais pesados em moluscos bivalves: aspectos evolutivos e ecológicos a serem considerados para a biomonitoração de ambientes marinhos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 2, p. 59-66, 2009.

GEREMIA, Gabriela. **Análise de micronúcleos em hemócitos de mexilhões *Perna perna* (Linnaeus, 1758)(Mollusca: Bivalvia: Mytilidae) nas plataformas de pesca de Tramandaí e Cidreira, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. 2015.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Curso de Ciências Biológicas: Gestão Ambiental marinha e Costeira, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

Giribet G. 2008. Bivalvia. In: Ponder WF, Lindberg DR, editores. *Filogenia e Evolução dos Moluscos*. Califórnia: Imprensa da Universidade da Califórnia.

HAMER, Bojan et al. Effect of hypoosmotic stress by low salinity acclimation of Mediterranean mussels *Mytilus galloprovincialis* on biological parameters used for pollution assessment. **Aquatic Toxicology**, v. 89, n. 3, p. 137-151, 2008.

HELMHOLZ, Heike et al. Seasonal and annual variations in physiological and biochemical responses from transplanted marine bioindicator species *Mytilus* spp. during a long term field exposure experiment. **Science of the Total Environment**, v. 565, p. 626-636, 2016.

IUMMATO, María Mercedes et al. Evaluation of biochemical markers in the golden mussel *Limnoperna fortunei* exposed to glyphosate acid in outdoor microcosms. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 95, p. 123-129, 2013.

JANNAH, Raudatul; RESTU, Adam. Bivalvia Community Structure in The Poton Bako Beach Area, Jerowaru, East Lombok. **Jurnal Biologi Tropis**, v. 23, n. 2, p. 292-297, 2023.

KHAZRI, Abdelhafidh et al. Acute toxicity of cypermethrin on the freshwater mussel *Unio gibbus*. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 115, p. 62-66, 2015.

KIM, Eun-Kyo et al. Spatial and temporal trends of PCDD/Fs in sediment and bivalves along the Korean coasts during 2001–2012. **Marine pollution bulletin**, v. 146, p. 183-189, 201.

LAVRADAS, Raquel T. et al. Differential metallothionein, reduced glutathione and metal levels in *Perna perna* mussels in two environmentally impacted tropical bays in southeastern Brazil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 129, p. 75-84, 2016.

LEGAT, Jefferson Francisco Alves et al. Programa de cultivo de moluscos bivalves da empresa Meio-Norte. 2008.

LEIS, Magalí et al. Histological alterations as a recommended biomarker in the mussel *Mytilus platensis* (Bivalvia, Mytilidae) to study anthropic impact on seaports. **Regional Studies in Marine Science**, v. 70, p. 103373, 2024.

LUCIA, Giulia et al. Toxicological effects of cigarette butts for marine organisms. **Environment International**, v. 171, p. 107733, 2023.

MARANHO, L. A.; DELVALLS, T. A.; MARTÍN-DÍAZ, M. L. Assessing potential risks of wastewater discharges to benthic biota: An integrated approach to biomarker responses in clams (*Ruditapes philippinarum*) exposed under controlled conditions. **Marine pollution bulletin**, v. 92, n. 1-2, p. 11-24, 2015.

MARTINS, Maria de Fátima Moreira et al. Estudos de revisão de literatura. 2018. 37f. Monografia (Curso de Acesso à Informação Científica e Tecnológica em Saúde) - FIOCRUZ/ICICT, Rio de Janeiro, 2018.

MEZZELANI, Marica et al. Mixtures of environmental pharmaceuticals in marine organisms: Mechanistic evidence of carbamazepine and valsartan effects on *Mytilus galloprovincialis*. **Science of The Total Environment**, v. 860, p. 160465, 2023.

NASCIMENTO, Viviane Andrade; SANTOS, Rafaela Cristiane Andrade; MITTARAQUIS, Alida Siqueira Perrucho; TRAVÁLIA, Beatriz Medeiros; NUNES, Maria Lúcia; AQUINO, Luciana Cristina Lins de. Qualidade Microbiológica de

Moluscos Bivalves - Sururu e Ostras submetidos a tratamento térmico e estocagem congelada. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 7, n. 4, 2011.

NARDI, Alessandro et al. Marine heatwaves hamper neuro-immune and oxidative tolerance toward carbamazepine in *Mytilus galloprovincialis*. **Environmental Pollution**, v. 300, p. 118970, 2022.

NESTO, N. et al. Bioaccumulation and biomarker responses of trace metals and micro-organic pollutants in mussels and fish from the Lagoon of Venice, Italy. **Marine Pollution Bulletin**, v. 55, n. 10-12, p. 469-484, 2007.

Nyabakken J.W.(1992).Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis.Jakarta: Gramedia.

OBERHOLSTER, Paul J. et al. Applying genotoxicology tools to identify environmental stressors in support of river management. **Chemosphere**, v. 144, p. 319-329, 2016.

O'DONOVAN, Sarit et al. Effects of the UV filter, oxybenzone, adsorbed to microplastics in the clam *Scrobicularia plana*. **Science of the Total Environment**, v. 733, p. 139102, 2020.

PANTALEÃO, S. de M.; SANTOS, C. S.; S. DE S. JÚNIOR, D. S. de S. J.; OLIVEIRA, J. . O. dos S.; CASTRO, K. M. da S. A.; FEITOSA, M. B. de J. Potencial mutagênico de um afluente do Rio Vaza-Barris (SE), por meio do sistema-teste micronúcleo (TMN) em molusco bivalve. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 13, n. 10, 2017. DOI: 10.14808/sci.plena.2017.109916. Disponível em: <https://www.scientiaplenua.org.br/sp/article/view/3796>.

PAPO, Michele Boscolo et al. Expression of CYP4 and GSTr genes in *Venerupis philippinarum* exposed to benzo (a) pyrene. **Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger**, v. 196, n. 4, p. 241-246, 2014.

PARK, Kiyun et al. Metabolic responses of the marine mussel *Mytilus galloprovincialis* after exposure to microplastics of different shapes and sizes. **Environmental Pollution**, v. 360, p. 124660, 2024.

PEREIRA, Murilo Anderson et al. Microbiological quality of oysters (*Crassostrea gigas*) produced and commercialized in the coastal region of Florianópolis-Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 37, p. 159-163, 2006.

PIEADADE, Francisca; BIO, Sofia; NUNES, Bruno. Effects of common pharmaceutical drugs (paracetamol and acetylsalicylic acid) short term exposure on biomarkers of the mussel *Mytilus* spp. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 73, p. 103276, 2020.

POTASMAN, Israel; PAZ, Alona; ODEH, Majed. Infectious outbreaks associated with bivalve shellfish consumption: a worldwide perspective. **Clinical Infectious Diseases**, v. 35, n. 8, p. 921-928, 2002.

PRETTI, Carlo et al. Gene expression and biochemical patterns in the digestive gland of the mussel *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) exposed to 17 α -ethinylestradiol. **Aquatic Toxicology**, v. 254, p. 106376, 2023.

Pritchard, A. Statistical bibliography or bibliometrics? **Journal of Documentation**, v. 24, n. 4, p. 348-349, 1969.

Purchon, R. D. 1968. Feeding methods and evolution in the bivalvia. In: G. A. KERKUT (ed.) **The biology of the Mollusca**. Pergamon Press. 102-145 pp.

QUEVEDO-SILVA, Filipe et al. Estudo bibliométrico: orientações sobre sua aplicação. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 15, n. 2, p. 246-262, 2016.

QUINN, Brian et al. The endocrine disrupting effect of municipal effluent on the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). **Aquatic Toxicology**, v. 66, n. 3, p. 279-292, 2004.

RAINBOW, P.S. Physiology, physicochemistry and metal uptake: a crustacean perspective. **Marine Pollution Bulletin**, v.31, n.1- 3, p.55-59, 1995.

ROMAN, Arlete Regina; FRIEDLANDER, Maria Romana. Revisão integrativa de pesquisa aplicada à enfermagem. **Cogitare enferm**, v. 3, n. 2, p. 109-12, 1998.

ROMDHANI, Ilief et al. Unveiling the impact of environmental microplastics on mussel spermatozoa: First evidence of prothymosin- α detection in invertebrate's male gametes. **Journal of Hazardous Materials**, v. 461, p. 132521, 2024.

ROMERO-FREIRE, Ana et al. Trace metal accumulation in the commercial mussel *M. galloprovincialis* under future climate change scenarios. **Marine Chemistry**, v. 224, p. 103840, 2020.

SAMPAIO, Rosana Ferreira; MANCINI, Marisa Cotta. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Brazilian journal of physical therapy*, v. 11, p. 83-89, 2007.

SANTOVITO, Gianfranco et al. Non-enzymatic antioxidant responses of *Mytilus galloprovincialis*: Insights into the physiological role against metal-induced oxidative stress. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 240, p. 108909, 2021.

SAPONE, Andrea et al. Perturbation of xenobiotic metabolism in *Dreissena polymorpha* model exposed in situ to surface water (Lake Trasimene) purified with various disinfectants. **Chemosphere**, v. 144, p. 548-554, 2016.

SHUMWAY, SANDRA E. et al. Mussels and public health. **The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics, and Culture, Developments in Aquaculture and Fisheries Science**, v. 25, p. 511-542, 1992.

SOUZA, Manuel Cezar Macedo Barbosa Nogueira de. **Avaliação em nível de rastreamento do risco toxicológico para a saúde humana por ingestão de invertebrados marinhos: Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil**. 2018.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo)**, v. 8, p. 102-106, 2010.

SPECIALE, A. et al. Experimental exposure of blue mussels (*Mytilus galloprovincialis*) to high levels of benzo [a] pyrene and possible implications for human health. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 150, p. 96-103, 2018.

SU, Lei et al. Using the Asian clam as an indicator of microplastic pollution in freshwater ecosystems. **Environmental pollution**, v. 234, p. 347-355, 2018.

SUN, Jiawei et al. Biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Laizhou, Rushan and Jiaozhou, bays of China, and investigation of its relationship with human carcinogenic risk. **Marine Pollution Bulletin**, v. 160, p. 111556, 2020.

TAO, Yanxia et al. Assessment of the toxicity of organochlorine pesticide endosulfan in clams *Ruditapes philippinarum*. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 93, p. 22-30, 2013.

TENG, Jia et al. The physiological response of the clam *Ruditapes philippinarum* and scallop *Chlamys farreri* to varied concentrations of microplastics exposure. *Marine Pollution Bulletin*, v. 200, p. 116151, 2024.

TENG, Jia et al. Oxidative stress biomarkers, physiological responses and proteomic profiling in oyster (*Crassostrea gigas*) exposed to microplastics with irregular-shaped PE and PET microplastic. **Science of the total environment**, v. 786, p. 147425, 2021.

TEIXEIRA, Miguel et al. Toxic effects of the antihistamine cetirizine in mussel *Mytilus galloprovincialis*. **Water research**, v. 114, p. 316-326, 2017.

TRESNAKOVA, Nikola et al. Fitness assessment of *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 after exposure to herbicide metabolite propachlor ESA. **Environmental Pollution**, v. 331, p. 121878, 2023.

ULUTURHAN, Esin et al. Seasonal variations of multi-biomarker responses to metals and pesticides pollution in *M. galloprovincialis* and *T. decussatus* from Homa Lagoon, Eastern Aegean Sea. **Marine pollution bulletin**, v. 141, p. 176-186, 2019.

VERDELHOS, T.; MARQUES, J. C.; ANASTÁCIO, P. Behavioral and mortality responses of the bivalves *Scrobicularia plana* and *Cerastoderma edule* to temperature, as indicator of climate change's potential impacts. **Ecological Indicators**, v. 58, p. 95-103, 2015.

WANG, Gang et al. Effects of marine pollution, climate, and tidal range on biomass and sediment organic carbon in Chinese mangrove forests. **Catena**, v. 202, p. 105270, 2021.

WARD, J. Evan et al. Selective ingestion and egestion of plastic particles by the blue mussel (*Mytilus edulis*) and eastern oyster (*Crassostrea virginica*): implications for using bivalves as bioindicators of microplastic pollution. **Environmental science & technology**, v. 53, n. 15, p. 8776-8784, 2019.

XIE, Jia et al. Effects of pyrene exposure on immune response and oxidative stress in the pearl oyster, *Pinctada martensii*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 63, p. 237-244, 2017.

XU, Ruiyi et al. Temporal transcriptome analysis in female scallop *Chlamys farreri*: First molecular insights into the disturbing mechanism on lipid metabolism of reproductive-stage dependence under benzo [a] pyrene exposure. **Science of the Total Environment**, v. 746, p. 142032, 2020.

YOUNG, David R.; HEESEN, Theodore C.; MCDERMOTT, Dierdre J. An offshore biomonitoring system for chlorinated hydrocarbons. **Marine Pollution Bulletin**, v. 7, n. 8, p. 156-159, 1976.