



**ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DE PESQUISA MUNDIAL SOBRE
MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS NO BANCO DE DADOS DA WEB OF
SCIENCE ENTRE 1947 E 2022**

*SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF WORLDWIDE RESEARCH ON AQUATIC
MACROINVERTEBRATES IN THE WEB OF SCIENCE DATABASE BETWEEN
1947 AND 2022*

Evelin Samuelsson

Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal – Rede BIONORTE, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0508-2709>

E-mail: evelin.samuelsson@hotmail.com

Angelo Gilberto Manzatto

Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6414-8966>

E-mail: manzatto@unir.br

Submetido: 21 jul. 2023.

Aprovado: 23 ago. 2023.

Publicado: 25 ago. 2023.

E-mail para correspondência:

evelinsamuelsson@hotmail.com

Resumo: O estudo teve como objetivo analisar as tendências mundiais nos estudos relacionados a macroinvertebrados aquáticos através dos instrumentos da Cientometria. O estudo cientométrico foi conduzido no portal Web of Science, com acesso ao conteúdo integral, utilizando a busca booleana com as seguintes combinações de palavras: “aquatic macroinvertebrates” OR “aquatic macroinvertebrate” OR “aquatic insects” OR “aquatic insect” OR “benthic macroinvertebrates” OR “benthic macroinvertebrate” OR “benthic community” OR “benthic communities”. A busca resultou em n=17.997 trabalhos científicos, cujo tema estava relacionado ao estudo de macroinvertebrados aquáticos, em um recorte temporal de 75 anos. Verificou-se que a produção científica relacionada aos macroinvertebrados aquáticos aumentou no decorrer dos anos de 1947 a 2022, apresentando correlação positiva entre o número de estudos e o ano de publicação ($R=0,84$). A análise identificou publicações em 182 países, sendo que, 58.89% dos estudos foram realizados no Estados Unidos da América (EUA), Canadá, Brasil, Alemanha e Espanha. As pesquisas se concentraram principalmente na área de Environmental Sciences Ecology. Foi possível concluir que há uma tendência para a continuidade e o aumento da produção científica relacionada aos macroinvertebrados aquáticos em nível global, os quais os países, pesquisadores e instituições que mais publicam são aquelas que o incentivo e as redes de cooperação entre autores são mais fortes.

Palavras-chave: Insetos aquáticos. Comunidades aquáticas. Produção científica. Cientometria.



Abstract: The study aimed to analyze world trends in studies related to aquatic macroinvertebrates through the instruments of Scientometrics. The scientometric study was conducted on the Web of Science portal, with access to the full content, using the Boolean search with the following word combinations: “aquatic macroinvertebrates” OR “aquatic macroinvertebrate” OR “aquatic insects” OR “aquatic insect” OR “benthic macroinvertebrates” OR “benthic macroinvertebrate” OR “benthic community” OR “benthic communities”. The search resulted in $n=17,997$ scientific works, whose theme was related to the study of aquatic macroinvertebrates, in a time frame of 75 years. It was found that the scientific production related to aquatic macroinvertebrates increased over the years 1947 to 2022, with a positive correlation between the number of studies and the year of publication ($R=0.84$). The analysis identified publications in 182 countries, with 58.89% of the studies being carried out in the United States of America (USA), Canada, Brazil, Germany and Spain. Research has concentrated mainly in the area of Environmental Sciences Ecology. It was possible to conclude that there is a tendency for the continuity and increase of scientific production related to aquatic macroinvertebrates at a global level, which the countries, researchers and institutions that most publish are those that the incentive and cooperation networks between authors are stronger.

Keywords: Aquatic insects. Aquatic communities. Scientific production. Scientometrics.

Introdução

Os Macroinvertebrados Aquáticos são encontrados em sedimentos, coluna d'águas, raízes, folhas e galhos de plantas aquáticas, podendo ser água doce, marinha ou salobra. Além disto, são visíveis a olho nu ($>0,59\text{mm}$ de diâmetro) ^(1, 2). Esses invertebrados se distribuem em uma variedade de grupos taxonômicos, que incluem: as planárias (Platelmintos) minhocas e sanguessugas (Anelídeos), caramujos e bivalves (Moluscos), camarões e caranguejos (Crustáceos), insetos etc. Considerados um importante componente do sistema aquático, os macroinvertebrados atuam em diversos processos e ciclos desse ambiente, como a ciclagem da matéria, fonte de alimentação de peixes, energia, nutrientes e contribuem com o equilíbrio do sistema, pois são bioindicadores da qualidade da água e ajudam no biomonitoramento do ecossistema aquático ⁽³⁾.

Estudos com macroinvertebrados aquáticos se concentram em diversas áreas, entre elas podemos citar: as áreas de Ecologia, com trabalhos de Rieck & Sullivan ⁽⁴⁾, Min, Lee & Kong ⁽⁵⁾; trabalhos com análise de estruturas de comunidades, a exemplo de Oleszczuk, Grzelak & Kedra ⁽⁶⁾.

Macroinvertebrados aquáticos também são muito utilizados como bioindicadores ambientais, conforme citado nos trabalhos de Ruaro *et al.* ⁽⁷⁾; Pastorino *et al.* ⁽⁸⁾; Morais *et al.* ⁽⁹⁾; Souto, Corbi & Jacobucci ⁽¹⁰⁾; e Brito *et al.* ⁽¹¹⁾. Além dos estudos desenvolvidos por Sabha

et al. ⁽¹²⁾; Fekadu *et al.* ⁽¹³⁾; Kownacki & Szarek-Gwiazda ⁽¹⁴⁾; Espinoza-Toledo *et al.* ⁽¹⁵⁾ e Musonge *et al.* ⁽¹⁶⁾ sobre os efeitos dos processos antropogênicos nas comunidades de macroinvertebrados aquáticos.

É possível encontrar também trabalhos sobre interação com o sedimento e fluxo de energia, como o estudo de Wieringa *et al.* ⁽¹⁷⁾. Os trabalhos na área de taxonomia e registros de novas espécies continuam avançando são encontrados nos estudos de Santos e Nessimian ⁽¹⁸⁾, Padilla-Gil ⁽¹⁹⁾, Boas & Camargos ⁽²⁰⁾, Hamada, Silva & Pedroza ⁽²¹⁾, Graf & Vitecek ⁽²²⁾; com identificação de espécies a nível molecular no trabalho de Menabit *et al.* ⁽²³⁾; estes são apenas alguns exemplos das áreas e aplicações utilizadas para esse grupo taxonômico.

Nesse sentido, a comunicação científica sobre macroinvertebrados aquáticos enquanto prática da ciência reafirma a importância das publicações e divulgação de informação e produtos científicos na área, que especificam cada vez mais os estudos e contribuem para o desenvolvimento de novos métodos de biomonitoramento, diretamente relacionados à conservação e preservação do ecossistema aquático. As atividades desenvolvidas e publicadas por entidades ambientais em parceria ou não com instituições de ensino são essenciais para o progresso da comunicação científica, com vistas a tornar a informação acessível para diversos grupos a nível nacional e internacional, é nesse processo que a sociedade se beneficia com o investimento na ciência ⁽²⁴⁾.

Em função do avanço científico-tecnológico e do volume de publicações que vêm crescendo em todas as áreas do conhecimento ao longo dos anos, houve a necessidade de se formular um instrumento capaz de medir e analisar a produção científica a partir de análise estatísticas com ferramentas específicas. Sendo assim, a Cientometria surgiu na década de 1970 com esse objetivo: mensurar quantitativamente o progresso científico em determinada área, isto significa que os instrumentos da cientometria, entre eles a bibliometria e a infometria, por exemplo ⁽²⁵⁾. Este instrumento é de suma importância, pois direciona novos campos de atuação tanto para pesquisadores quanto para os órgãos de fomento à pesquisa e instituições de ensino; além do mais, permite a visualização do estado da arte de determinado campo e como ocorre a evolução das atividades de pesquisa ⁽²⁶⁾.

Considerando a ampla distribuição global, sua vasta diversidade e importância ecológica, o objetivo deste trabalho foi utilizar os instrumentos da Cientometria para avaliar a tendência global dos estudos sobre macroinvertebrados aquáticos. As principais questões



analisadas neste estudo foram: i) a tendência temporal dos estudos relacionados a macroinvertebrados aquáticos de 1947 a 2022; ii) quais países, organizações e agências de fomentos que mais contribuíram; iii) quais as palavras-chave e áreas de pesquisa mais frequentes; iv) quais são as publicações altamente impactadas; v) os periódicos e idiomas mais utilizados; e vi) rede de coautoria entre os autores. Essas análises fornecem informações importantes sobre o andamento das pesquisas sobre os macroinvertebrados aquáticos em nível global e as possíveis lacunas de conhecimento existentes para esse grupo. No entanto, os indicadores aqui visualizados não têm a pretensão de esgotar a discussão acerca do tema, apenas mensurar um recorte de um campo abrangente a partir de critérios pré-estabelecidos.

Metodologia

Este trabalho possui abordagem quanti-qualitativa, quantitativa por utilizar os métodos e técnicas estatísticas orientadas pelos instrumentos da Cientometria, para fins de análise e exposição dos resultados. Conforme explica Silva, Hayashi e Hayashi (2011, p. 13) ⁽²⁷⁾, a Cientometria “consiste em analisar a atividade científica ou técnica pelos estudos quantitativos das publicações”. O caráter qualitativo se dá pela revisão bibliográfica dos assuntos abordados e a interpretação dos resultados, bem como os conceitos e pretextos que nortearam os objetivos da pesquisa, que, segundo Gil ⁽²⁸⁾, é feita a partir de material já publicado sobre o assunto.

A base de dados escolhida para a pesquisa foi o portal *Web Of Science*, que tem cobertura global, que inclui periódicos de acesso aberto e privado. Esta base é utilizada em pesquisas bibliométricas das mais diversas áreas do conhecimento, pois contém dados completos da literatura (por exemplo, título, autor, resumo, palavras-chave, ano de publicação, referências e citações).

A pesquisa na base foi realizada no mês de novembro de 2022. Foram analisados aspectos quantitativos e qualitativos de trabalhos científicos publicados, não foi definido o período específico para a pesquisa, portanto foram contabilizados todos os trabalhos publicados, estes encontraram-se em um recorte temporal de 1947 a 2022 que tratavam sobre o estudo de macroinvertebrados aquáticos.

Para este estudo, foi utilizada a busca Booleana com as seguintes combinações de palavras: “*aquatic macroinvertebrates*” OR “*aquatic macroinvertebrate*” OR “*aquatic insects*”



OR “*aquatic insect*” OR “*benthic macroinvertebrates*” OR “*benthic macroinvertebrate*” OR “*benthic community*” OR “*benthic communities*”. Para os critérios de inclusão as palavras da busca deveriam constar no título, palavras-chave ou resumo. A partir dessa busca, foram gerados 17.997 resultados. Todos os dados sobre as publicações foram extraídos da plataforma *Web Of Science* no formato de texto com os dados de registro completos e referências, os dados também foram salvos em arquivo *Excel* em formato de registro completo com dados de citação.

Os dados referentes aos anos e número de publicações foram tabulados utilizando o *software Excel*® e posteriormente analisados através do programa estatístico *XLSTAT*® e *Orange*®.

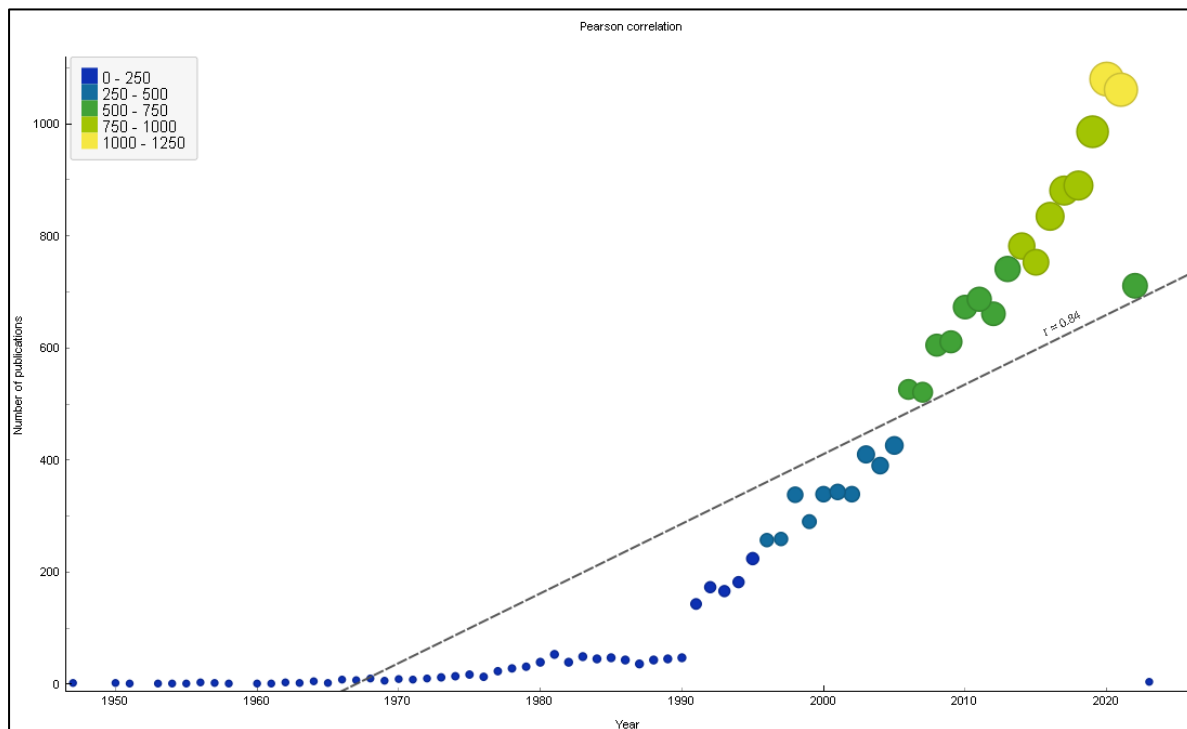
Para análise das conexões de rede de publicações científicas, revistas científicas, pesquisadores, países, instituições, palavras-chave, citação de co-ocorrência e acoplamento bibliográfico utilizamos os softwares *CiteSpace*®, versão 6.1.R3 e *VOSViewer*™, versão 1.6.17. Estes *softwares* são ferramentas utilizadas para o estudo analítico e possibilitam a visualização de redes bibliométricas, gerando um resultado gráfico baseado na quantidade e força total dos links, no qual quanto maior o círculo e os nós de ligação, mais relevante é o tópico, e, respectivamente, as conexões de rede ^(29, 30).

Resultados e Discussões

Evolução Temporal

Observou-se um aumento no número de publicações no decorrer dos anos, principalmente nas últimas duas décadas. O teste de correlação linear de Pearson analisando o número de publicações ($n=17.997$) entre os anos de 1947 até 2022, apresentou resultados de $R=0,84$ e $P=0,001$ (gráfico 1).

Gráfico 1: Correlação de Pearson com a tendência anual de publicações sobre pesquisas relacionadas a macroinvertebrados aquáticos com base em dados entre 1947 e 2022 da Web of Science



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Os artigos mais antigos recuperados na base de dados da Web Of Science dataram de 1947, sendo eles o trabalho de Thorpe & Crisp ⁽³¹⁾ “*studies on plastron respiration; the biology of aphelocheirus [hemiptera, aphelocheiridae (naucoridae) and the mechanism of plastron retention*” publicado no periódico Journal of Experimental Biology; e também o trabalho de Macan ⁽³²⁾ “*taxonomy of aquatic insect nymphs and larvae*” publicado no periódico Nature, no qual o autor já relatava a importância das redes de cooperação para cobrir as lacunas de conhecimento existentes sobre a identificação das larvas de insetos aquáticos.

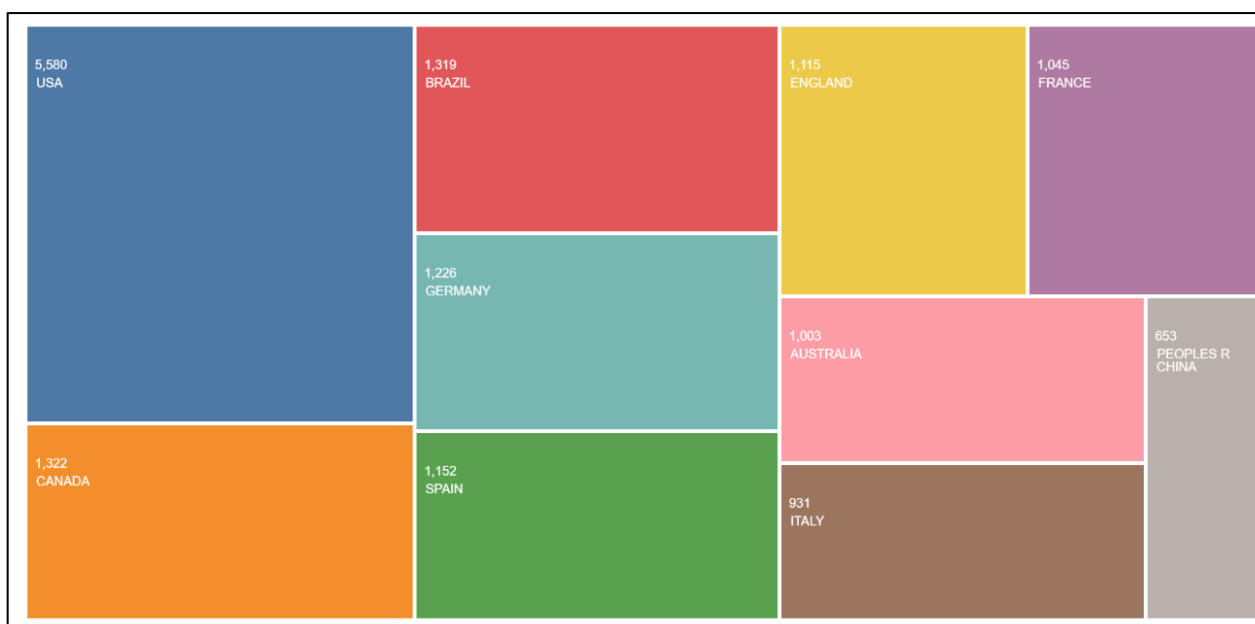
Há uma tendência crescente no número de publicações a partir dos anos 2000, sendo que 84.77% das publicações sobre macroinvertebrados aquáticos estão entre os anos de 2000 e 2022. O número de publicações do ano de 2022 apresentam-se abaixo, devido ao recorte temporal deste estudo (11/2022). O aumento do número de publicações nas últimas décadas, relacionadas a macroinvertebrados aquáticos, também foi encontrado em estudos de Brandimarte e Melo ⁽³³⁾ e Samuelsson, Manzatto e Soeiro ⁽¹⁾.

Países e idiomas

Com um *corpus* de 17.997 artigos publicados sobre a temática de macroinvertebrados aquáticos no cenário mundial, foi possível verificar que os estudos nos últimos setenta e cinco anos, foram realizados em 182 países, sendo que, 144 registros (0,80%) não continham dados sobre o país e, portanto, não puderam ser analisados.

Dentre os principais países que publicaram trabalhos sobre macroinvertebrados aquáticos, segundo dados da *Web of Science*, podemos destacar: *United States of America (USA)*, *Canada*, *Brazil*, *Germany* e *Spain*, estes cinco países juntos representam o total de 58.89% das publicações analisadas (Figura 1).

Figura 1. Os 10 principais países e seu volume de publicações sobre macroinvertebrados aquáticos entre 1947 e 2022 com base na Web of Science



Fonte: WoS com dados da Pesquisa (2022).

Foram identificados 10 idiomas nos quais os trabalhos foram publicados (tabela 1). O idioma predominante nas publicações foi a língua inglesa (97.86%), isso se dá pela universalização da língua inglesa, que, principalmente no contexto da pesquisa científica, possibilita um maior acesso a essas publicações, não restrito às fronteiras linguísticas, e, desta maneira, aumenta seu alcance e impacto no meio científico.

Tabela 1. Idiomas utilizados nas publicações sobre macroinvertebrados aquáticos entre 1947 e 2022 com base na Web of Science

Languages	Number of Publications	%
English	17.613	97.87%
Spanish	176	0.98%
French	84	0.47%
Portuguese	53	0.29%
Russian	42	0.23%
German	13	0.07%
Japanese	11	0.06%
Malay	2	0.01%
Croatian	1	0.01%
Italian	1	0.01%
Unspecified	1	0.01%

Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Organizações e agências de fomentos que mais contribuíram

Analizamos a filiação institucional dos autores e obtivemos um total de 9.026 instituições diferentes. Para a análise de clusters utilizamos como critério incluir as instituições que publicaram mais de 100 trabalhos sobre macroinvertebrados aquáticos, resultando em n=27, estas instituições foram agrupadas em 5 clusters (tabela 2).

A *United States Geological Survey* é a organização que possui maior volume de publicações (n=339), seguida pela *Russian Academy Of Sciences* (n=220) e *United States Environmental Protection Agency* (n=210). Em relação ao número de citações, as três principais organizações são a *United States Geological Survey* (n=12.288), demonstrando mais uma vez sua influência na área, em segundo lugar a *CSIC Centro Mediterraneo de Investigaciones Marinas y Ambientales CMIMA* (n=2.866) e a *University Of Barcelona* (n=2.265). Além disso, a *CSIC Centro Mediterraneo de Investigaciones Marinas y Ambientales CMIMA*, a *United States Geological Survey* e a *Oregon State University* foram as instituições que mais colaboraram com outras organizações, conforme indicado por seu número de força de links.

Tabela 2. Clusters das organizações com mais de 100 publicações sobre macroinvertebrados aquáticos entre 1947 e 2022 com base na Web of Science

Cluster	Organization	Documents	Citations	Total Link strength
1	Centre National De La Recherche Scientifique CNRS	104	3073	25
	Csic Centro Mediterraneo De Investigaciones Marinas Y Ambientales Cmima	202	2866	10
	National Institute Of Water Atmospheric Research Niwa New Zealand	134	5663	31
	University Of Barcelona	188	8265	77
	Universidade De Coimbra	104	3577	21
	University Of Genoa	117	4544	27
	University Of Helsinki	101	3061	10
2	National Oceanic Atmospheric Admin Noaa Usa	137	4938	52
	Oregon State University	194	7810	79
	University System Of Maryland	109	5756	17
	University Of Minnesota	102	3056	21
	University Of Washington	114	6867	48
	United States Environmental Protection Agency	210	8176	69
3	Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre For Polar Marine Research	104	5573	34
	Fisheries Oceans Canada	117	3156	19
	Ifremer	135	6362	40
	Russian Academy Of Sciences	220	3670	19
	University Of California San Diego	114	7081	47
	Ghent University	135	6362	40
4	Chinese Academy Of Sciences	202	2866	10
	Colorado State University	139	6286	40
	University Of California Berkeley	113	5801	31
	University Of Georgia	144	7303	34
	United States Geological Survey	339	12288	90
5	James Cook University	109	3478	19
	Universidade Federal Do Rio De Janeiro	130	2354	31
	Universidade De São Paulo	173	2872	41

Fonte: Dados da Pesquisa (2022).



Ao analisarmos as principais agências que têm por finalidade fomentar a pesquisa científica e tecnológica, além de estimular a formação de pesquisadores, por meio da concessão de bolsas ou auxílios, verificamos que, dos 17.997 trabalhos publicados, 8.536 (47.43%) não apresentaram dados relacionados às agências de fomento, esta informação demonstra que muitos pesquisadores trabalham sem auxílios e estímulos financeiros para o desenvolvimento de pesquisas na área.

Entre as principais agências de fomento, estão o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ (n=724 ou 4.02%), a *National Science Foundation* - NSF (n= 724 ou 4.02%), a *European Commission* (n= 676 ou 3.76%), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (n = 450 ou 2.50%), e a *Uk Research Innovation* - Ukri (n= 368 ou 2.05%).

Neste sentido, os dados apontam que, EUA e Brasil, que são dois dos principais países com o maior número de publicações na área, também são os dois países que possuem os maiores números de trabalhos publicados com auxílio de agências de fomento. Cabe, portanto, destacar a importância atual das agências de fomento à pesquisa, estes incentivos contribuem para desenvolvimento, finalização e publicação de trabalhos científicos e consequentemente para o desenvolvimento tecnológico e destaque científico de seus países, além do retorno para sociedade.

Periódicos e áreas de pesquisa

Os autores publicaram seus trabalhos em 1.726 periódicos diferentes. Dentre estes periódicos, 33 deles publicaram mais de 100 artigos relacionados a área. Com destaque para o periódico *Hydrobiologia* que foi o mais utilizado (815 ou 4.53%), seguido por *Freshwater Biology* (533 ou 2.96%), *Marine Ecology Progress Series* (501 ou 2.78%) e *Ecological Indicators* (395 ou 2.20%) com base nos dados da Web of Science (Fig. 2).

Figura 2. Os 10 principais periódicos e seu volume de publicação sobre macroinvertebrados aquáticos entre 1947 e 2022 com base nos dados da Web of Science



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Todos os periódicos e publicações disponíveis na base de dados da *Web of Science* são atribuídos a pelo menos uma categoria de assunto. Os trabalhos foram agrupados em 91 áreas gerais de pesquisa, segundo dados da *Web of Science*, sendo *Environmental Sciences Ecology* (8.800 trabalhos) e *Marine Freshwater Biology* (7.384 trabalhos) as principais áreas, ambas representam um total de 89.93% das áreas de pesquisa relacionadas aos macroinvertebrados aquáticos, conforme tabela 3.

Tabela 3. As 10 principais áreas de pesquisa classificadas por frequência de ocorrência em trabalhos que tratam de macroinvertebrados aquáticos

Research Areas	Number of publications	%
Environmental Sciences Ecology	8,800	48.90%
Marine Freshwater Biology	7,384	41.03%
Oceanography	2,323	12.91%
Biodiversity Conservation	1,437	7.99%
Zoology	1,162	6.46%
Fisheries	1,012	5.62%
Water Resources	915	5.08%
Entomology	785	4.36%
Geology	753	4.18%
Toxicology	738	4.10%

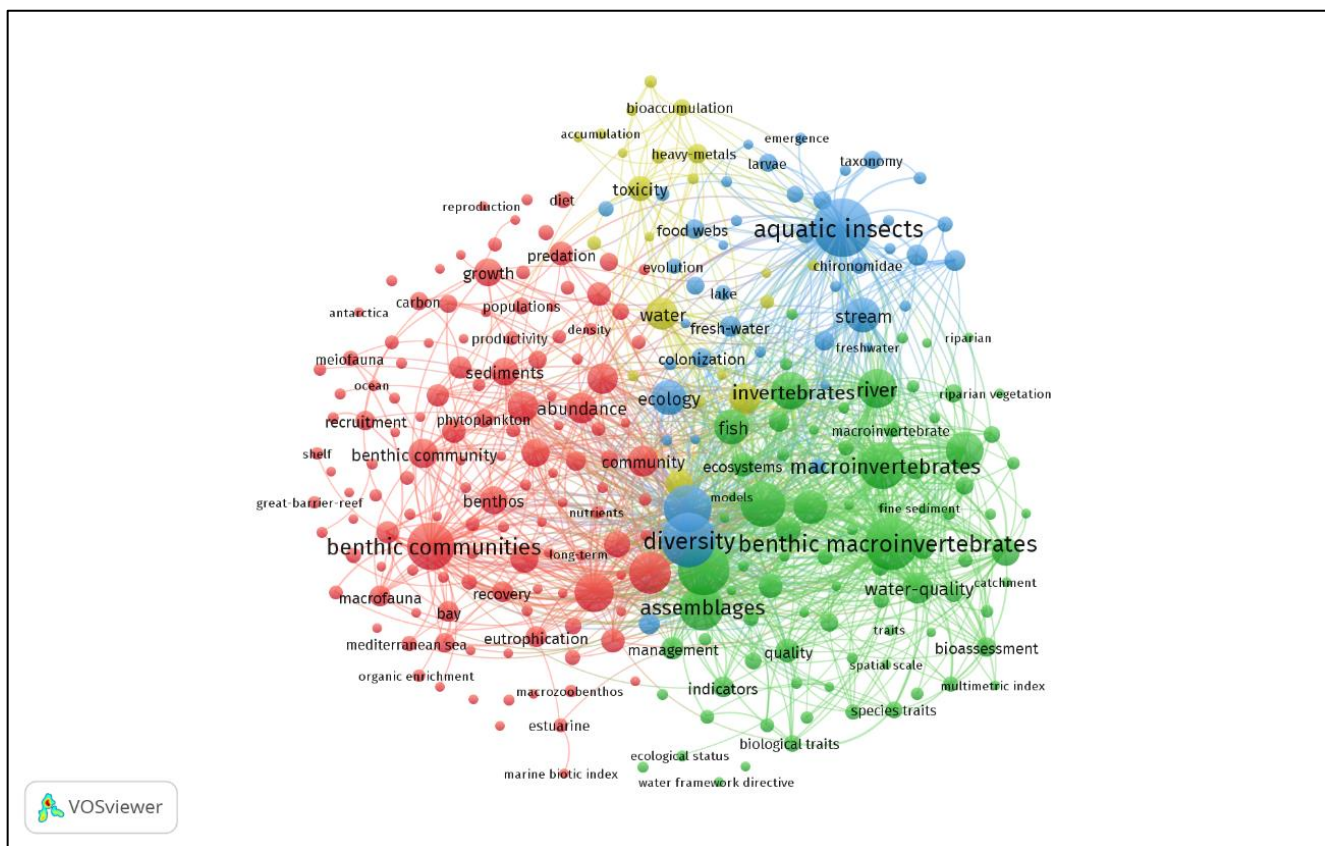
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

O tipo de documento dominante é o artigo completo publicado em periódico científico, que responde por $n=16.674$ ou 92,65% do total de publicações, seguido de *Proceeding Paper* com $n=1.100$ ou 6.11% das publicações e artigos de revisão que respondem por $n=645$ ou 3.58% do total de publicações.

Palavras-chave

As publicações analisadas capturaram $n=43.564$ palavras-chave listadas pelos autores. Para a análise, aplicamos como critério que cada palavra deveria aparecer em pelo menos 100 publicações, sendo assim, chegamos a um total de 277 palavras-chaves, que foram agrupadas em 97.461 *links* e 4 clusters identificados por cores, sendo que o tamanho do nó indica a frequência de ocorrência de cada palavra (Fig. 3).

Figura 3. Redes formadas a partir de associações das palavras-chave mais citadas



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Essas palavras-chave são agrupadas em quatro grupos: vermelho, verde, azul e amarelo (Figura 3). O cluster de cor vermelha é referente às comunidades bentônicas, e é o cluster com maior número de itens, 129. O cluster de cor verde está relacionado à macroinvertebrados bentônicos associados principalmente a questão de biomonitoramento e bioindicadores, o cluster apresenta 84 itens. O cluster de cor azul tem como tema insetos aquáticos e biodiversidade, enquanto o cluster de cor amarela é apresentado por componentes relacionados a parâmetros da água, como bioacumulação, metais e pesticidas, o cluster apresenta 21 itens.

As principais palavras-chave estão classificadas por frequência de ocorrência nos artigos, e foram listadas na Tabela 4.

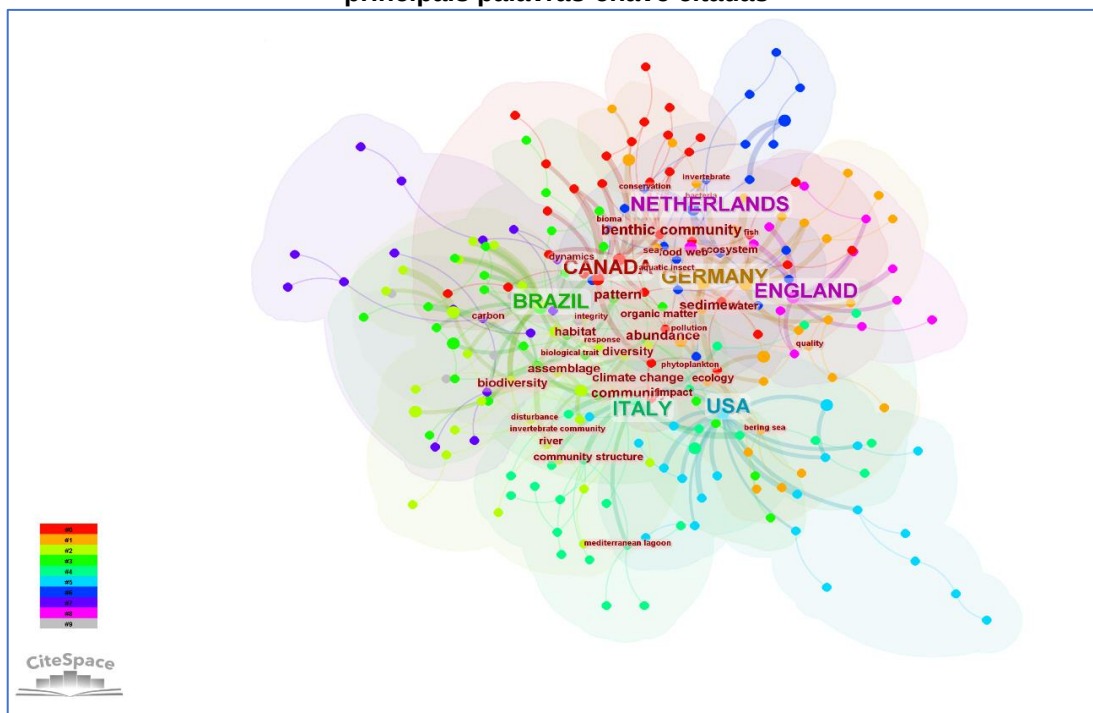
Tabela 4. Principais palavras-chave classificadas por frequência de ocorrência em artigos que tratam de macroinvertebrados aquáticos

Palavra-chave	Ocorrência	Força do link
aquatic insects	2025	7853
diversity	1756	9917
benthic macroinvertebrates	1679	9137
biodiversity	1660	9355
benthic communities	1449	6171
patterns	1398	7810
macroinvertebrates	1350	7663
assemblages	1311	7809
communities	1280	7185
community structure	1138	5987

Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Quando analisamos as redes formadas no *software CiteSpace*[®] a partir da associação dos países que mais publicaram trabalhos entre os anos de 2000 a 2022 e as principais palavras chaves utilizadas nestas publicações, verificamos a formação de 9 clusters (Figura 4).

Figura 4. Redes formadas no CiteSpace® a partir de associações entre os países e as principais palavras-chave citadas



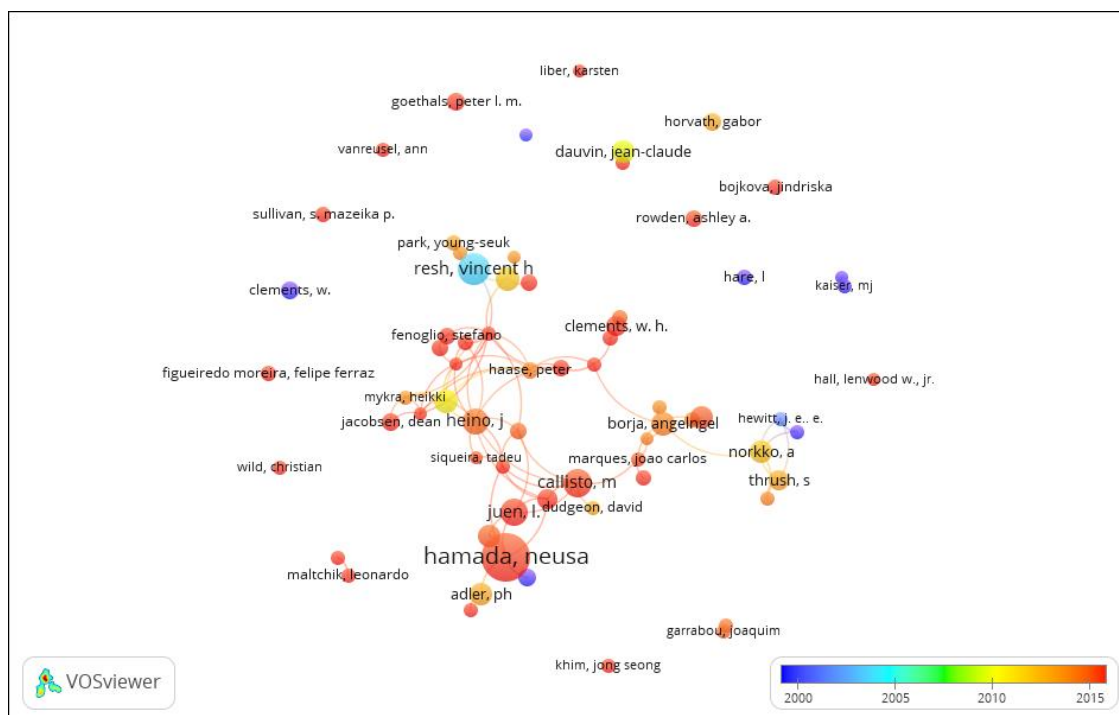
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

Observamos que, por exemplo, as palavras-chave utilizadas com maior frequência por autores dos Estados Unidos da América estão relacionadas a trabalhos sobre comunidades marinhas; Itália, Brasil e Alemanha compartilham o cluster das palavras “*climate change*”, “*impact*” e “*biodiversity*”; enquanto os Países Baixos relacionam seus trabalhos às comunidades bentônicas.

Redes de coautoria dos autores

Para os trabalhos analisados, foram identificados 38.040 autores diferentes. Como critério para a análise de cluster, estipulamos para os autores o limite mínimo de 20 publicações na área, resultando em 68 autores (Fig. 5). Eles foram agrupados em 27 clusters, que indicam as redes de coautoria, demonstrando as ligações dos autores que colaboraram entre si, destes, 14 clusters apresentaram apenas um autor, ou seja, são autores que tiveram menos colaborações em conjunto com os 68 selecionados na análise.

Figura 5. Rede de visualização de coautoria para autores com o mínimo de 20 publicações em pesquisas relacionadas a macroinvertebrados aquáticos com base em dados da Web of Science



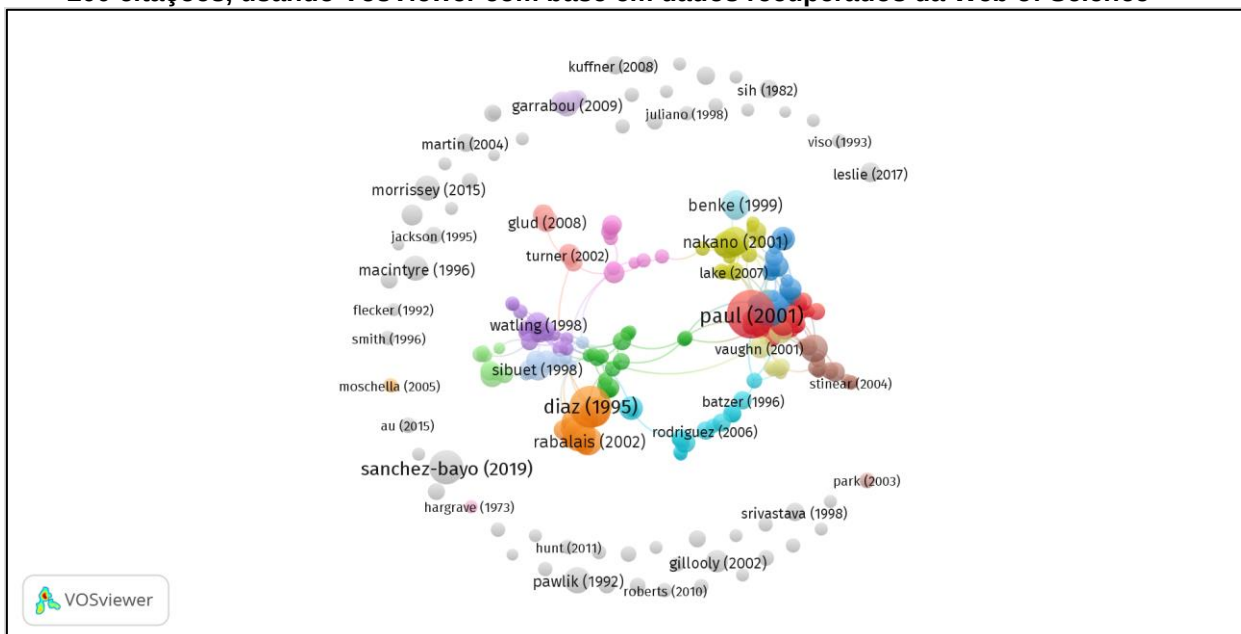
Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

A análise também possibilita visualizar os períodos ativos dos autores, ou seja, na legenda da Figura 5, as cores indicam os períodos em que os autores realizaram maiores interações entre si e publicações, com a cor “azul” indicando os clusters dos pesquisadores que publicaram estudos sobre macroinvertebrados aquáticos a partir dos anos 2000 até 2010, como por exemplo Clements ⁽³⁴⁾; Resh & Rosenberg ⁽³⁵⁾ e Hare, Tessier & Borgmann ⁽³⁶⁾; e as cores laranja e vermelha indicando que, a maioria dos clusters foram de redes e trabalhos publicados a partir de 2010, como por exemplo Fenoglio *et al.* ⁽³⁷⁾; Faria *et al.* ⁽³⁸⁾; Ligeiro *et al.* ⁽³⁹⁾ e Andrade *et al.* ⁽⁴⁰⁾.

Publicações altamente impactadas

Existem 253 de 17.997 publicações que atendem ao limite de 200 citações, elas são divididas em 78 clusters com o maior conjunto de documentos conectados, consistindo em 21 artigos (Fig. 6). Cada nó representa uma publicação, o tamanho do nó representa o número de citações, as linhas representam a relação de cocitação entre documentos e quanto mais grossas as linhas, mais fortes são os links.

Figura 6. O mapa de visualização da rede de citações para 253 publicações com um mínimo de 200 citações, usando VosViewer com base em dados recuperados da Web of Science



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).



Os estudos que foram citados mais de 1000 vezes com base nos registros do WoS, foram Paul & Meyer ⁽⁴¹⁾ sobre as influências antrópicas nas comunidades aquáticas, Diaz & Rosenberg ⁽⁴²⁾ relatando os efeitos da hipóxia na fauna bentônica em áreas estuarinas e costeiras, Poff ⁽⁴³⁾ buscando entender e prever a distribuição e abundância categórica de espécies em comunidades de riachos, Sanchez-Bayo & Wyckhuys ⁽⁴⁴⁾ apresentando uma revisão sobre o processo de declínio dos insetos em todo mundo e Vaquer-Sunyer & Duarte ⁽⁴⁵⁾ sobre o processo de hipóxia em organismos bentônicos marinhos.

Considerações Finais

Dado o exposto, foi possível perceber que, a nível mundial, o número de publicações sobre macroinvertebrados aquáticos têm apresentado uma evolução temporal crescente, principalmente nas duas últimas décadas, nos quais se concentram 84.77% do volume de publicações.

As publicações se enquadram, em sua maioria, na área de pesquisa Environmental Sciences Ecology, porém, os trabalhos com macroinvertebrados aquáticos abrangem as mais diversas áreas. O *Hydrobiologia* é o periódico mais utilizado pelos autores, publicando mais de 800 artigos sobre macroinvertebrados aquáticos. Em relação ao idioma, a língua inglesa é a mais utilizada (97.87%).

A análise de co-ocorrência de palavras-chave demonstra que os estudos geralmente se concentram em aspectos relacionados aos insetos aquáticos, diversidade e estruturas de comunidades.

O grande número de países que realizam e publicam estudos sobre a temática, reforça mais uma vez a abrangência e a importância deste grupo. Observamos também que existe uma relação entre os países que mais publicam e a cooperação de agências de fomento à pesquisa, o que contribui para o fortalecimento do cenário científico nesses países. Porém, muitos trabalhos (47.43%) não apresentaram dados relacionados a agências de fomento, demonstrando ainda um déficit de apoio financeiro às atividades científicas.

Verificamos a consolidação de algumas instituições e autores na área, destacamos que as redes de cooperação entre instituições de pesquisa e interação de co-autoria são valiosas para divulgação e avanço científico. As redes de co-autoria foram mais ativas a partir de 2010, demonstrando uma maior interação entre os pesquisadores da área.



Neste sentido, este trabalho procurou demonstrar o potencial e a abrangência que os macroinvertebrados aquáticos apresentam nos estudos científicos a nível mundial, buscando contribuir para que os pesquisadores possam esclarecer o status atual da pesquisa nesta área tão abrangente, fortalecendo, assim, pesquisas futuras e cobrindo as lacunas de conhecimento existentes.

Referências

- 1 Samuelsson E, Soeiro HM de A do N, Manzatto AG. Studies with aquatic macroinvertebrates in the Amazon biome: a scientometric analysis. *Research, Society and Development*, 2022;11(13):e168111335308. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35308>.
- 2 American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20. ed. Water Environmental Federation, 1998.
- 3 Silveira MP, Queiroz JF. Uso de coletores com substrato artificial para monitoramento biológico de qualidade de água. *Comunicado Técnico*, 39. São Paulo: Embrapa Meio Ambiente; 2006.
- 4 Rieck LO, Sulliván SMP. Ecological Impacts of Altered Stream Hydrogeomorphic Characteristics Extend Beyond the Channel Boundary: Evidence From Urban Streams of Columbus, OH, United States. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.817289>
- 5 Min JK, Lee H, Kong D. Development of a benthic macroinvertebrate predictive model based on the physical and chemical variables of rivers in the Republic of Korea. *Journal of Freshwater Ecology*, 2022;37(1):425-453. DOI: <https://doi.org/10.1080/02705060.2022.2105967>
- 6 Oleszczuk B, Grzelak K, Kedra M. Community structure and productivity of Arctic benthic fauna across depth gradients during springtime. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2021;170:103457. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103457>
- 7 Ruaro R, et al. Comparison of fish and macroinvertebrates as bioindicators of Neotropical streams. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2016;188(5). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5046-9>
- 8 Pastorino P, et al. Macrobenthic invertebrates as bioindicators of trace elements in high-mountain lakes. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020;27:5958–5970. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07325-x>
- 9 Morais SS, et al. Diversity of larvae of littoral Chironomidae (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. *Brazilian Journal Biology*, 2010;70(4):995-1004. DOI: 10.1590/s1519-69842010000500011.
- 10 Souto RMG, Corbi JJ, Jacobucci GB. Aquatic insects as bioindicators of heavy metals in sediments in Cerrado streams. *Limnetica*, 2019;38(2):575-586. DOI: 10.23818/limn.38.33.



- 11 Brito JG, et al. Biological indicators of diversity in tropical streams: Congruence in the similarity of invertebrate assemblages. *Ecological Indicators*, 2018;85:85-92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.001>.
- 12 Sabha I, Hamid A, Bhat SU, Islam ST. Water Quality and Anthropogenic Impact Assessment Using Macroinvertebrates as Bioindicators in a Stream Ecosystem. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2022;233(387). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05839-8>
- 13 Fekadu MB, Agembe S, Kiptum CK, Mingist M. Impacts of Anthropogenic Activities on the Benthic Macroinvertebrate Assemblages During the Wet Season in Kipsinende River, Kenya. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2022;22, TRJFAS18410. DOI: <https://doi.org/10.4194/TRJFAS18410>
- 14 Kownacki A, Szarek-Gwiazda E. The Impact of Pollution on Diversity and Density of Benthic Macroinvertebrates in Mountain and Upland Rivers. *Water*. 2022;14(9):1349. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14091349>
- 15 Espinoza-Toledo A, et al. Taxonomic and functional responses of macroinvertebrates to riparian forest conversion in tropical streams. *Science of The Total Environment*, 2021;757(25):143972. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143972>
- 16 Musonge PSL, et al. Drivers of Benthic Macroinvertebrate Assemblages in Equatorial Alpine Rivers of the Rwenzoris (Uganda). *Water*, 2020;12(6):1668. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12061668>
- 17 Wieringa N, et al. Contribution of sediment contamination to multi-stress in lowland Waters. *Science of The Total Environment*, 2022;844:(20):157045. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157045>
- 18 Santos APM, Nessimian JL. Description of a new species of Byrsoteryx (Trichoptera: Hydroptilidae) from Rio de Janeiro State, Brazil, including its immature stages. *Zootaxa*, 2010;2668:44-54.
- 19 Padilla-Gil DN. Two new species of Buenoa (Hemiptera: Heteroptera: Notonectidae) from Colombia, with a key to the species in Colombia. *Zootaxa*, 2012;3316(1). DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3316.1.5>
- 20 Boas AHV, Camargo FV. Avaliação rápida da qualidade da água utilizando invertebrados bentônicos, através dos índices bióticos BMWP' e ASPT no Ribeirão São Bernardo, Piranguçu, Sul de Minas Gerais. *CES Revista*, 2017;31(1):7-25.
- 21 Hamada N, Silva JO, Pedroza MK. A new species of Enderleina Jewett (Plecoptera, Perlidae) from Amazonas State, Brazil. *Zootaxa*, 2016;64098(2):392-400. DOI: [10.11646/zootaxa.4098.2.11](https://doi.org/10.11646/zootaxa.4098.2.11).
- 22 Graf W, Vitecek S. A new species of Limnephilidae (Insecta: Trichoptera) from the Western Alps (Insecta: Trichoptera). *Zootaxa*, 2016;4085(3):431-437. DOI: [10.11646/zootaxa.4085.3.6](https://doi.org/10.11646/zootaxa.4085.3.6).
- 23 Menabit S, Iancu L, Pavel A, Popa A, Lupascu N, Purcarea C. Molecular identification and distribution of insect larvae in the Lower Danube River. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 2022;51(1):74-89. DOI: <https://doi.org/10.26881/oahs.2022.1.07>.



- 24 Caribé RCV. Comunicação científica: reflexões sobre o conceito. *Informação & Sociedade: Estudos*, 2015;25(3):89-104.
- 25 Hayashi MCPI. Afinidades eletivas entre a cientometria e os estudos sociais da ciência. *Filosofia e Educação*, 2013;5(2):57-88.
- 26 Pinto LA. Cientometria: é possível avaliar a qualidade da pesquisa científica?. *Scientia Medica*, 2008;18(2):64-65.
- 27 Silva MR, Hayashi CRM, Hayashi MCPI. Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. *InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação*, 2011;2(1):110-129.
- 28 Gil AC. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas; 2010.
- 29 Van Eck NJ, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 2010;84(2):523–538.
- 30 Chen C. A Glimpse of the First Eight Months of the COVID-19 Literature on Microsoft Academic Graph. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 2020;5:607286.
- 31 Thorpe WH, Crisp DJ. Studies on plastron respiration; the biology of *Aphelocheirus* [Hemiptera, Aphelocheiridae (Naucoridae) and the mechanism of plastron retention. *Journal of Experimental Biology*, 1947;24(3-4):227-69. DOI: 10.1242/jeb.24.3-4.227.
- 32 Macan T. Taxonomy of Aquatic Insect Nymphs and Larvae. *Nature*, 1947;159:595–596. DOI: <https://doi.org/10.1038/159595a0>
- 33 Brandimarte AL, Melo ALU. Cienciometria dos estudos de invertebrados bentônicos de água doce no Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2016;28(20).
- 34 Clements WH. Small-Scale Experiments Support Causal Relationships between Metal Contamination and Macroinvertebrate Community Responses. *Ecological Applications*, 2004;14(3):954–67.
- 35 Resh VH, Rosenberg DM. Recent trends in life-history research on benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 2010;29:(1). DOI: <https://doi.org/10.1899/08-082.1>.
- 36 Hare L, Tessier A, Borgmann U. Metal sources for freshwater invertebrates: Pertinence for risk assessment. *Human and Ecological Risk Assessment: na international jornal*, 2003;9(4). DOI: <https://doi.org/10.1080/713610009>.
- 37 Fenoglio S, et al. Freshwater ecosystems and aquatic insects: a paradox in biological invasions. The Royal Society Publishing, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.1075>
- 38 Faria ANJ, et al. Response of aquatic insect assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia. *Hydrobiologia*, 2017;802:39–51. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3238-8>
- 39 Ligeiro R, et al. Choice of field and laboratory methods affects the detection of anthropogenic disturbances using stream macroinvertebrate assemblages. *Ecological Indicators*, 2020;155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106382>.



40 Andrade AL, et al. Niche breadth and habitat preference of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera (Insecta) in streams in the Brazilian Amazon. *Hydrobiologia*, 2022;849:4287–4306. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04987-6>.

41 Paul MJ, Meyer JL. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2001;32:333-365. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114040>

42 Diaz R, Rosenberg R. Marine benthic hypoxia: A review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and Marine Biology*, 1995;33:245-303.

43 Poff NL. Landscape filters and species traits: Towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, 1997;16(2):391-409. DOI: <https://doi.org/10.2307/1468026>

44 Sánchez-Bayo F, Wyckhuys KAG. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 2019;232:8-27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>.

45 Vaquer-Sunyer R, Duarte CM. Thresholds of hypoxia for marine biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 2008;105(40):15452-7. DOI: [10.1073/pnas.0803833105](https://doi.org/10.1073/pnas.0803833105).



10.31072/rcf.v14i2.1335

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da *Creative Commons Attribution License*. A licença permite o uso, a distribuição e a reprodução irrestrita, em qualquer meio, desde que creditado as fontes originais.



Open Access