

**NANOPLÁSTICOS NO
ESTADO DO AMAPÁ:
MAPEAMENTO DA
PRODUÇÃO CIENTÍFICA E
ANÁLISE DE LACUNAS DO
CONHECIMENTO**

**NANOPLASTICS IN THE STATE OF AMAPÁ: A BIBLIOMETRIC MAPPING OF
SCIENTIFIC PRODUCTION AND KNOWLEDGE GAPS**

Ciências Exatas e da Terra, Ciências Biológicas, Ciências da Saúde •

08/05/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/778129914](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/778129914)

Madson Jonhe da Costa¹
Murilo Camelo dos Santos²
Paulo Gibson Farias Bezerra³
Manoel Rodrigues da Silva⁴
Jose Celson de Almeida Souza⁵
Luiz de Souza Nunes Junior⁶
Joenilson Monteiro dos Santos⁷
Winter Moraes dos Santos⁸
Aline de Santana Carvalho⁹
Andria Vanessa Pena Pinto¹⁰
Emanoelle Lopes da Silva¹¹
Luciane Barros Silva¹²

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo mapear a produção científica sobre nanoplasticos no estado do Amapá, região integrante da Amazônia brasileira, no período de 2014 a 2024. A crescente preocupação com os impactos ambientais e à saúde humana associados às partículas plásticas em escala nanométrica tem impulsionado pesquisas em âmbito global. Entretanto, observa-se uma lacuna significativa no conhecimento científico sobre o tema em contextos amazônicos, especialmente no Amapá. A metodologia adotada caracteriza-se como uma pesquisa bibliométrica e descritiva, de abordagem qualitativa, realizada a partir das bases de dados Google Acadêmico, SciELO e Periódicos CAPES. Foram aplicados critérios rigorosos de inclusão e exclusão, priorizando publicações científicas que abordassem nanoplasticos e apresentassem relação direta com o estado do Amapá ou com a região amazônica. Os resultados evidenciaram a inexistência de estudos publicados que atendam aos critérios estabelecidos, revelando uma lacuna crítica na produção científica sobre o tema. Tal ausência não indica a inexistência do problema ambiental, mas reflete limitações estruturais relacionadas à infraestrutura científica, tecnológica e ao financiamento de pesquisas na região. Conclui-se que há uma necessidade urgente de fomentar políticas públicas voltadas à pesquisa regionalizada, fortalecer instituições locais de ensino superior e ampliar a inserção da temática nos currículos acadêmicos e na educação ambiental. O estudo contribui para a agenda científica nacional ao destacar a importância da descentralização da produção do conhecimento e da inclusão de territórios periféricos nas discussões sobre poluentes emergentes.

Palavras-chave: Poluição plástica; região Amazônica; contaminantes emergentes; pesquisa ambiental; análise bibliométrica.

ABSTRACT

This study aims to map the scientific production on nanoplastics in the state of Amapá, a region within the Brazilian Amazon, from 2014 to 2024. Growing concern about the environmental and human health impacts associated with nanoscale plastic particles has driven research worldwide. However, a significant gap in scientific knowledge is observed in Amazonian contexts, particularly in Amapá. The methodology is characterized as a bibliometric and descriptive study with a qualitative approach, based on data collected from Google Scholar, SciELO, and CAPES Journals databases. Strict inclusion and exclusion criteria were applied, prioritizing scientific publications addressing nanoplastics with a direct connection to the state of Amapá or the broader Amazon region. The results revealed the absence of published studies meeting the established criteria, highlighting a critical gap in scientific production on the topic. This absence does not indicate the nonexistence of the environmental problem, but rather reflects structural limitations related to scientific infrastructure, technological capacity, and research funding in the region. It is concluded that there is an urgent need to promote public policies aimed at fostering regional research, strengthening local higher education institutions, and expanding the inclusion of the topic in academic curricula and environmental education. This study contributes to the national scientific agenda by emphasizing the importance of decentralizing knowledge production and incorporating peripheral territories into discussions on emerging pollutants.

Keywords: Plastic pollution; Amazon region; emerging contaminants; environmental research; bibliometric analysis.

1. INTRODUÇÃO

A poluição por plásticos constitui um dos principais desafios ambientais contemporâneos, com impactos crescentes sobre os ecossistemas e a saúde humana. Estima-se que milhões de toneladas de resíduos plásticos sejam produzidas anualmente, sendo uma parcela significativa descartada de forma inadequada, acumulando-se em diferentes ambientes naturais (Geyer *et al.*, 2017; Nihart *et al.*, 2025). Nesse contexto, destacam-se os nanoplásticos, partículas com dimensões inferiores a 100 nanômetros, que apresentam elevada reatividade, capacidade de adsorção de contaminantes e potencial de bioacumulação em organismos vivos (Gigault *et al.*, 2018; Winiarska, Ewa *et al.*, 2024).

Devido ao seu tamanho diminuto, os nanoplásticos apresentam características que ampliam seus riscos ambientais e à saúde humana, como a capacidade de atravessar barreiras biológicas e atuar como vetores de contaminantes (Thompson *et al.*, 2024). Estudos indicam seu potencial de bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia trófica (Koelmans *et al.*, 2015; Rist e Hartmann, 2017; Wright e Kelly, 2017; Habumugisha *et al.*, 2024).

No cenário científico internacional, observa-se avanço significativo nas pesquisas sobre nanoplásticos, especialmente quanto à sua ocorrência, dispersão e efeitos toxicológicos (Nihart *et al.*, 2025). Em contraste, na Amazônia, particularmente no estado do Amapá, a problemática dos resíduos plásticos assume maior complexidade. Localizado na porção setentrional do Brasil, o estado apresenta baixa densidade populacional e elevada biodiversidade, fatores que ampliam sua vulnerabilidade à contaminação ambiental. Nesse contexto, o cenário científico nacional revela uma assimetria na produção do conhecimento, marcada pela concentração de estudos

em regiões mais desenvolvidas e pela escassez de investigações em áreas periféricas (IBGE, 2022), o que contribui para a invisibilidade de problemáticas ambientais regionais no debate científico nacional.

Apesar dos avanços observados na literatura científica internacional e nacional, verifica-se uma lacuna significativa no que se refere à produção de estudos sobre nanoplásticos no estado do Amapá (Rodrigues e Silva, 2023). A ausência de investigações direcionadas à realidade local limita a compreensão dos possíveis impactos ambientais e à saúde humana, bem como compromete a formulação de estratégias de monitoramento e mitigação baseadas em evidências. Essa lacuna torna-se ainda mais relevante diante das especificidades socioambientais da região amazônica, que demandam abordagens científicas contextualizadas e regionalizadas.

A ciência contemporânea tem utilizado estudos de mapeamento científico como ferramenta para identificar lacunas do conhecimento, analisar tendências de pesquisa e subsidiar políticas públicas baseadas em evidências (Zupic e ČAter, 2015; ÖZtÜrk *et al.*, 2024). Ao sistematizarem a produção acadêmica, esses estudos permitem avaliar o grau de maturidade de uma área e indicar direções para novas investigações (Silva e Da Costa, 2026), sendo especialmente relevantes em temas emergentes, como os nanoplásticos.

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo mapear a produção científica sobre nanoplásticos no estado do Amapá, no período de 2014 a 2024, identificando lacunas do conhecimento e contribuindo para o fortalecimento da produção científica regionalizada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A emergência dos nanoplásticos como uma categoria de poluente ambiental tem despertado crescente atenção na comunidade científica e entre formuladores de políticas públicas. Essas partículas, derivadas da fragmentação de plásticos maiores ou produzidas intencionalmente em escala nanométrica, são definidas como materiais com dimensões inferiores a 100 nanômetros, apresentando elevada persistência e reatividade no ambiente (Gigault *et al.*, 2018). De acordo com Rocha-Santos e Duarte (2015), os nanoplásticos possuem comportamento distinto dos microplásticos, especialmente em termos de biodisponibilidade e toxicidade, o que demanda abordagens analíticas específicas.

Nas últimas décadas, o avanço de técnicas analíticas tem possibilitado a detecção de nanoplásticos em diferentes matrizes ambientais, como água potável, oceanos, solo e atmosfera (Prata *et al.*, 2019). Estudos indicam que essas partículas podem ser ingeridas por organismos aquáticos, acumulando-se em tecidos e desencadeando alterações metabólicas, endócrinas e comportamentais (Rist e Hartmann, 2017). Além disso, devido à sua elevada área superficial, os nanoplásticos atuam como vetores de contaminantes orgânicos persistentes, metais pesados e patógenos, ampliando sua toxicidade ambiental e seus efeitos ecotoxicológicos (Koelmans *et al.*, 2015; Thompson *et al.*, 2024).

No que se refere à saúde humana, evidências apontam que os nanoplásticos possuem capacidade de atravessar barreiras biológicas, como a hematoencefálica, podendo alcançar órgãos vitais e interagir com diferentes tipos celulares (Yong *et al.*, 2020; Winiarska, E. *et al.*, 2024). A exposição humana pode ocorrer por

ingestão, inalação ou absorção dérmica, embora os mecanismos de absorção e os efeitos a longo prazo ainda não estejam plenamente compreendidos (Tranfield *et al.*, 2003; Wright e Kelly, 2017).

No contexto brasileiro, a produção científica sobre nanoplásticos ainda apresenta distribuição desigual, com maior concentração em centros de pesquisa consolidados, refletindo assimetrias na capacidade de desenvolvimento científico entre as regiões do país. Esse cenário está associado à distribuição heterogênea de infraestrutura laboratorial, financiamento e redes de colaboração científica, fatores que influenciam diretamente o avanço das pesquisas em áreas emergentes.

De acordo com Kohlhepp (1989) o cenário da pesquisa na Amazônia é marcado por descontinuidade de políticas científicas, baixa captação de recursos e fragilidade das redes de colaboração interinstitucionais, o que compromete a capacidade de diagnóstico e monitoramento de contaminantes emergentes.

No caso do estado do Amapá, tais desafios tornam-se mais evidentes, refletindo limitações estruturais que impactam o desenvolvimento de pesquisas ambientais na região (IBGE, 2022). Esse cenário evidencia dificuldades na consolidação do conhecimento científico sobre nanoplásticos em contextos regionais, especialmente em áreas com menor densidade de produção acadêmica (Menezes, 2026).

Nesse contexto, o mapeamento científico configura-se como uma ferramenta relevante para a análise da produção acadêmica, permitindo identificar padrões, tendências e níveis de desenvolvimento de uma área de pesquisa (Zupic; Čater, 2015). Essa

abordagem possibilita avaliar o grau de maturidade de determinado campo científico, além de subsidiar a formulação de estratégias voltadas ao fortalecimento da pesquisa.

Por fim, os nanoplásticos apresentam implicações que transcendem o campo ambiental, alcançando dimensões jurídicas, educacionais e econômicas (Yang *et al.*, 2010). Dessa forma, sua compreensão demanda uma abordagem interdisciplinar, integrando conhecimentos de áreas como toxicologia, ecologia, direito ambiental, engenharia sanitária, educação ambiental e saúde pública, a fim de enfrentar esse poluente emergente de maneira abrangente (Peters; Mendonça, 2021).

3. METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa e descritiva, com abordagem bibliométrica e de mapeamento científico. A bibliometria consiste na aplicação de métodos estatísticos e matemáticos para analisar a produção científica, permitindo identificar padrões, tendências e lacunas em determinada área do conhecimento (Zupic e Čater, 2015).

As buscas foram realizadas entre junho e julho de 2025, considerando o recorte temporal de 2014 a 2024. Esse intervalo foi definido em função do crescimento mais expressivo da produção científica sobre nanoplásticos a partir de 2014, em âmbito nacional e internacional (Prata *et al.*, 2019), permitindo contemplar estudos mais recentes e relevantes no contexto brasileiro e amazônico.

A coleta de dados foi realizada nas bases Google Acadêmico, SciELO (Scientific Electronic Library Online) e Periódicos CAPES, visando garantir maior abrangência e diversidade de publicações. Foram

utilizados os seguintes descritores: “nanoplásticos Amapá”, “nanoplásticos Amazônia”, “nanoplastics Amapá”, “nanoplastics Amazon”, “poluição por nanoplásticos”, “plásticos emergentes Amapá” e “nanoparticles plastic pollution Brazil”, com aplicação de filtros por ano de publicação (2014–2024) e idioma (português, inglês e espanhol).

Foram definidos critérios de inclusão e exclusão para assegurar o rigor metodológico, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios de inclusão e exclusão

CATEGORIA	CRITÉRIOS
Inclusão	i) Artigos científicos publicados entre 2014 e 2024;
	ii) Estudos com abordagem direta ou indireta sobre nanoplásticos;
	iii) Publicações com relação explícita com o estado do Amapá ou com a região Amazônica;
	iv) Materiais disponíveis integralmente online.
Exclusão	i) Documentos duplicados entre as bases;
	ii) Publicações que tratam exclusivamente de microplásticos, sem menção a nanoplásticos;
	iii) Artigos técnicos, normativos ou materiais jornalísticos sem embasamento científico;
	iv) Produções sem autoria identificada ou sem vinculação institucional clara.

A análise dos dados foi realizada em duas etapas. Inicialmente, procedeu-se à leitura exploratória dos títulos, resumos e palavras-

chave, com o objetivo de selecionar os estudos elegíveis. Em seguida, realizou-se a leitura analítica e a sistematização das informações, considerando variáveis como autores, ano de publicação, periódico, tipo de abordagem (empírica ou teórica), área de conhecimento e instituição de vínculo dos autores.

Por se tratar de uma pesquisa documental, baseada em dados de domínio público, não foi necessária a submissão ao comitê de ética, conforme a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos evidenciam a inexistência de publicações científicas sobre nanoplásticos no estado do Amapá no período analisado (2014–2024), mesmo após a aplicação rigorosa dos critérios metodológicos estabelecidos. Esse resultado evidencia uma lacuna crítica na produção científica regional, mas evidencia uma lacuna crítica na produção científica regional.

Esse cenário reflete a desigualdade estrutural da ciência brasileira, contribuindo para a invisibilidade de problemáticas ambientais em regiões periféricas (Kohlhepp, 1989; 2025). Assim, a ausência de estudos sobre nanoplásticos no Amapá não deve ser interpretada como inexistência do fenômeno, mas como limitação na capacidade de investigação científica local.

A escassez de produção científica pode ser explicada por fatores estruturais, como a limitada infraestrutura laboratorial para análises em escala nanométrica, a insuficiência de financiamento direcionado à pesquisa ambiental regional, a fragilidade de redes interinstitucionais e a baixa inserção do tema nos currículos

acadêmicos. Esses elementos dificultam o desenvolvimento de investigações sistemáticas e a formação de pesquisadores na área.

Além das implicações científicas, essa lacuna repercute diretamente no campo educacional. A ausência de estudos locais restringe a inserção do tema nos processos de ensino, comprometendo a formação crítica de estudantes e a atuação de professores diante de problemáticas ambientais emergentes. Nesse sentido, a integração da temática dos nanoplásticos nos currículos da educação básica e superior torna-se fundamental para aproximar o conhecimento científico da realidade amazônica.

A Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795/1999), bem como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 4 (Educação de Qualidade) e o ODS 14 (Vida na Água), reforçam a necessidade de incorporar a discussão sobre poluentes emergentes, como os nanoplásticos, de forma integrada aos currículos educacionais. No entanto, os resultados do mapeamento realizado neste estudo evidenciam que, no contexto do estado do Amapá, a ausência de produção científica sobre o tema constitui uma barreira significativa à implementação de políticas educacionais fundamentadas em evidências.

À luz do objetivo desta pesquisa, os resultados revelam que a ausência de produção científica sobre nanoplásticos no Amapá compromete não apenas o desenvolvimento do conhecimento na área, mas também sua articulação com o campo educacional. Assim, a inserção dessa temática nos currículos da educação básica e superior configura-se como estratégia fundamental para a formação de sujeitos críticos e capazes de atuar frente aos desafios ambientais contemporâneos.

A partir da abordagem metodológica adotada, baseada no mapeamento bibliométrico, foi possível identificar que essa lacuna não decorre da irrelevância do tema, mas de limitações estruturais que afetam a produção científica regional. Entre os principais fatores, destacam-se a insuficiência de infraestrutura laboratorial para análises em escala nanométrica, a escassez de financiamento direcionado à pesquisa ambiental, a fragilidade de redes interinstitucionais e a baixa inserção da temática nas agendas acadêmicas.

Ademais, a ausência de estudos locais contribui para a subnotificação dos impactos dos nanoplásticos na biodiversidade e na saúde humana, especialmente em uma região ambientalmente sensível como o Amapá, caracterizada por extensas áreas de várzea, importantes bacias hidrográficas e populações que dependem diretamente dos recursos naturais.

Nesse contexto, o vazio científico identificado deve ser compreendido como um resultado relevante do mapeamento realizado, uma vez que evidencia a necessidade de fortalecer a produção de conhecimento regional. Conforme destacado por Zupic e Čater (2015), a identificação de lacunas na literatura científica constitui um instrumento estratégico para orientar investimentos, subsidiar políticas públicas e ampliar a democratização do conhecimento.

Dessa forma, os resultados deste estudo reforçam a urgência de políticas voltadas à descentralização da pesquisa científica, ao fortalecimento das instituições de ensino superior na região amazônica e à promoção de redes colaborativas de investigação, de

modo a integrar o Amapá de forma mais efetiva nas discussões sobre poluentes emergentes.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo atinge o objetivo proposto ao mapear a produção científica sobre nanoplasticos no estado do Amapá no período de 2014 a 2024, evidenciando a inexistência de publicações que atendam aos critérios estabelecidos.

Os resultados indicam que essa ausência não representa a inexistência do problema ambiental, mas reflete limitações estruturais da produção científica regional, relacionadas à insuficiência de infraestrutura, financiamento e inserção da temática nas agendas acadêmicas. Nesse contexto, o Amapá permanece marginalizado no cenário científico nacional sobre poluentes emergentes, comprometendo a geração de conhecimento local e a formulação de políticas públicas baseadas em evidências.

A lacuna identificada configura-se como um resultado científico relevante, ao evidenciar a necessidade de regionalização das pesquisas e de fortalecimento da produção científica na Amazônia. Assim, o desenvolvimento científico na região depende do fortalecimento das instituições de ensino superior, da ampliação do financiamento à pesquisa e da inserção da temática nos currículos acadêmicos.

Conclui-se que a descentralização da produção do conhecimento é fundamental para integrar territórios periféricos às discussões sobre poluentes emergentes, contribuindo para o avanço científico e para a implementação de estratégias de monitoramento, mitigação e educação ambiental no contexto amazônico.

Nesse sentido, o estudo demonstra que a ausência de produção científica constitui, em si, um resultado relevante, ao evidenciar a invisibilidade de territórios amazônicos na agenda de pesquisa. Tal constatação reforça a necessidade de reorientação das políticas científicas nacionais, com foco na promoção da equidade regional e na consolidação de uma ciência mais inclusiva e territorialmente representativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Resolução N° 510, de 7 de abril de 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais.** Brasília, DF: Diário Oficial da União: 44-46 p. 2016.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science advances**, v. 3, n. 7, p. e1700782, 2017. ISSN 2375-2548.

GIGAULT, J. et al. Current opinion: What is a nanoplastic? **Environmental pollution**, v. 235, p. 1030-1034, 2018. ISSN 0269-7491.

HABUMUGISHA, T. et al. Toxicological review of micro-and nano-plastics in aquatic environments: Risks to ecosystems, food web dynamics and human health. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 278, p. 116426, 2024. ISSN 0147-6513.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Amapá: panorama estatístico dos municípios.** IBGE. Brasília. 2022

KOELMANS, A. A.; BESSELING, E.; SHIM, W. J. Nanoplastics in the aquatic environment. Critical review. **Marine anthropogenic litter**, p. 325-340, 2015.

KOHLHEPP, G. Desafios à ciência e às políticas de desenvolvimento regional: reflexões e recomendações sobre o futuro desenvolvimento da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 3, n. 7, p. 183-199, 1989. ISSN 0103-4014.

_____. **The Brazilian Amazonia in Change II: Five Decades of Exploitation, Deforestation and Attempts at Sustainable Development.** transcript Verlag, 2025. ISBN 383947535X.

MENDONÇA, I. D. C. Um continente de inovação e um direito em ilhas? Tecnociência nano e proteção marinha: como a ciência jurídica navegará e tutelará o ambiente aquático frente ao Ocean Nanotech. 2021.

MENEZES, E. M. L. Avaliação bibliométrica da produção científica sobre poluição plástica marinha: uma análise de tendências, lacunas e perspectivas no Sul Global, Norte Global e Brasil. 2026.

NIHART, A. J. et al. Bioaccumulation of microplastics in decedent human brains. **Nature medicine**, v. 31, n. 4, p. 1114-1119, 2025. ISSN 1078-8956.

PETERS, S. R. Análise de Técnicas de Remediação para a Mitigação de Micro e Nanoplásticos em Oceanos com base na Revisão da Literatura.

PRATA, J. C. et al. Solutions and integrated strategies for the control and mitigation of plastic and microplastic pollution. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 13, p. 2411, 2019. ISSN 1660-4601.

RIST, S.; HARTMANN, N. B. Aquatic ecotoxicity of microplastics and nanoplastics: lessons learned from engineered nanomaterials. In: (Ed.). **Freshwater microplastics: Emerging environmental contaminants?**: Springer, 2017. p.25-49.

ROCHA-SANTOS, T.; DUARTE, A. C. A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. **TrAC Trends in analytical chemistry**, v. 65, p. 47-53, 2015. ISSN 0165-9936.

RODRIGUES, D. L.; SILVA, D. N. Pobreza na Amazônia brasileira e os desafios para o desenvolvimento. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 39, p. e00100223, 2023. ISSN 0102-311X.

SILVA, L. B.; DA COSTA, M. J. O Uso de TDICs no Ensino de Ciências com Ênfase na Química: Uma Revisão Sistemática da Literatura. **Revista Tópicos**, v. 4, n. 32, p. 1-33, 2026. ISSN ISSN: 2965-6672.

THOMPSON, R. C. et al. Twenty years of microplastic pollution research—what have we learned? **Science**, v. 386, n. 6720, p. ead12746, 2024. ISSN 0036-8075.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003/09/01 2003. ISSN 1045-3172. Available at: <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>. Accessed on: 2026/05/01.

WINIARSKA, E.; JUTEL, M.; ZEMELKA-WIACEK, M. The potential impact of nano- and microplastics on human health: Understanding human health risks. **Environ Res**, v. 251, n. Pt 2, p. 118535, Jun 15 2024. ISSN 0013-9351.

_____. The potential impact of nano-and microplastics on human health: Understanding human health risks. **Environmental research**, v. 251, p. 118535, 2024. ISSN 0013-9351.

WRIGHT, S. L.; KELLY, F. J. Plastic and human health: a micro issue? **Environmental science & technology**, v. 51, n. 12, p. 6634-6647, 2017. ISSN 0013-936X.

YANG, Z. et al. Pharmacological and toxicological target organelles and safe use of single-walled carbon nanotubes as drug carriers in treating Alzheimer disease. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine**, v. 6, n. 3, p. 427-441, 2010/06/01/ 2010. ISSN 1549-9634. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1549963409003396>.

YONG, C. Q. Y.; VALIYAVEETIL, S.; TANG, B. L. Toxicity of microplastics and nanoplastics in mammalian systems. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 05, p. 1509, 2020. ISSN 1660-4601.

ZUPIC, I.; ČATER, T. Bibliometric methods in management and organization. **Organizational research methods**, v. 18, n. 3, p. 429-472, 2015. ISSN 1094-4281.

ÖZTÜRK, O.; KOCAMAN, R.; KANBACH, D. K. How to design bibliometric research: an overview and a framework proposal. **Review of managerial science**, v. 18, n. 11, p. 3333-3361, 2024. ISSN 1863-6683.

¹ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE na Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Especialização em Ensino de Ciências nos anos finais do Ensino Fundamental (IFAP). Especialização em Ciências Forense (FUNIP). Especialização em Gestão Escolar (FUNIP). Especialização em Educação (FUNIP). Especialização em Docência no Ensino Superior (UNIBF). Especialização em Docência no Ensino de Química (UNIBF). Especialização em Metodologia do Ensino de Química (UNIBF). Graduação em Licenciatura em Pedagogia (UNIBF). Graduação em Licenciatura em Química (UNIFAP). Técnico em Química (IECB). Professor substituto na Secretaria de Estado de Educação do Amapá (SEED AP). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9435385566748333>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5905-9563>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE na Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Especialização em Gestão e Docência no Ensino Superior (FATECH). Graduação em Bacharelado em Engenharia Química (UEAP). Técnico em Informática (EEESV). Analista Técnico no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial no Amapá (SENAI - DR/AP). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9812836917126140>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2129-7868>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE na Universidade Federal do

Amapá (UNIFAP). Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Especialização em Biotecnologia e Bioprocessos (UEM). Especialização em Gestão e Docência no Ensino Superior (FATECH). Graduação em Licenciatura em química (FAEP). Graduação em Engenharia Química (UEAP). Técnico em Química Industrial (CESFA). Técnico de Laboratório no Departamento de Meio Ambiente da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8589853324437681>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3461-1198>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE na Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Mestre em Engenharia Química (UFRGS). Graduação em Bacharelado em Engenharia Química (UEAP). Docente substituto na coordenação do curso de Engenharia Química na Universidade do Estado do Amapá (UEAP). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7775602335350674>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1453-1721>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁵ Mestrando em Ensino de Física pelo Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) na Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Especialização em Ensino de Física (UNIFAP). Graduação em Licenciatura em Física (UNIFAP). Professor de Física vinculado ao Governo do Estado do Amapá. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7491524723748249>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁶ Mestrando em Matemática pelo Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) na Universidade Federal

do Amapá (UNIFAP). Especialização em Gestão Escolar com Ênfase em Administração, Supervisão, Orientação e Inspeção (FACULESTE).

Especialização em Educação Financeira (FACULESTE).

Especialização em Metodologia do Ensino de Química (UNIFOZ).

Especialização em Matemática, suas tecnologias e o Mundo de

Trabalho (UFPI). Especialização em Metodologia do Ensino de

Matemática e Física (UNIFOZ). Especialização em Docência no

Ensino Superior (FUNIP). Graduação em Licenciatura em Pedagogia

(UNIBF). Graduação em Licenciatura em Matemática (IFAP).

Professor substituto na Secretaria de Estado de Educação do Amapá

(SEED AP). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3192343474392242>.

E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁷ Especialização em Ensino Religioso (FATECH). Especialização em

Psicopedagogia Institucional. (FATECH). Especialização em Gestão,

Supervisão e Orientação Educacional (FATECH). Graduação em

Matemática (UNINTER). Graduação em Pedagogia (UNINTER).

Graduação em História (UVA). Secretário Escolar em escola da rede

estadual do Amapá e Pedagogo vinculado ao Governo do Estado do

Amapá. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6437350124304037>. E-

mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁸ Especialização em Ciências e Matemática (IFAP). Graduação em

Licenciatura em Química (UNIFAP). Tecnólogo em Recursos

Humanos (UNIP). Técnico em Eletrotécnica (CEPGRS). Professor

substituto na Secretaria de Estado da Educação do Amapá (SEED-

AP). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4879933339705998>. E-mail:

[acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁹ Especialização em Metodologia do Ensino de Física e Química (FAVENI). Graduação em Licenciatura em Química (UNIFAP). Técnico

em Informática (EEPJBT). Professora substituta na Secretaria de Estado da Educação do Amapá (SEED-AP). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4855253642074889>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

¹⁰ Especializando em Ensino de Ciências, Matemática e suas Tecnologias (UNIFAP). Graduação em Licenciatura em Química (UNIFAP). Professora substituta na Secretaria de Estado de Educação do Amapá (SEED AP). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1653448972601000>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9008-5997>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

¹¹ Especialização em Educação Especial e Inclusiva com Ênfase em Tecnologia Assistiva (UNIFOZ). Graduação em Licenciatura em Matemática (IFAP). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0651891802698148>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

¹² Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE na Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Mestra em Química Medicinal e Modelagem Molecular pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Especialização em Ensino de Ciências nos anos finais do Ensino Fundamental (IFAP). Especialização em Ciências da Natureza, Suas Tecnologias e o Mundo do Trabalho (UFPI). Especialização em Docência no Ensino de Química (UNIBF). Graduação em Licenciatura em Química (UNIFAP). Técnico em Informática (EEPJBT). Docente substituta na coordenação do curso de Licenciatura em Química na Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9433148104558465>. ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-1678-8851>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)