

MICROPLÁSTICOS EM SQUAMATA (LAGARTOS, ANFISBENAS E SERPENTES): UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Jéssica Cristina Mendes de Oliveira, Nathália Santos Cruz Cabral Félix, Arthur Felipe Ferreira de Freitas, Artur Torquato Pereira de Souza, Gabriella Luisa Martins de Moura, Nicole Samico Guerra, Andrea Karla Pereira da Silva, Laureen Michelle Houllou, Múcio Luiz Banja Fernandes, Geraldo Jorge Barbosa de Moura



<https://doi.org/10.36557/2674-9432.2026v5n7p159-192>

Artigo recebido em 3 de Julho e publicado em 3 de Setembro de 2026

REVISÃO DE LITERATURA

RESUMO

Os microplásticos (MPs) são contaminantes emergentes de crescente preocupação ambiental e ecotoxicológica, devido à sua ampla distribuição e aos potenciais efeitos sobre os ecossistemas, a biodiversidade e os organismos. Os répteis constituem um grupo relevante para a investigação da contaminação ambiental, por apresentarem elevada diversidade taxonômica e ocuparem diferentes habitats, incluindo ambientes terrestres, dulcícolas e marinhos, estando potencialmente expostos aos MPs por diferentes vias. Este estudo teve como objetivo realizar uma revisão integrativa da literatura sobre a ocorrência de MPs em espécies da ordem Squamata, identificando padrões de contaminação e lacunas de conhecimento relacionadas aos ambientes, às matrizes biológicas e às vias de exposição. A busca bibliográfica foi realizada entre março e junho de 2026, utilizando as bases de dados Web of Science, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar e Periódicos CAPES. O processo de identificação, triagem e inclusão dos estudos foi estruturado de acordo com as diretrizes PRISMA 2020. Foram identificados 392.717 registros nas bases selecionadas, dos quais apenas 13 artigos atenderam aos critérios de elegibilidade. Os estudos foram publicados entre 2020 e 2025 e abrangeram seis países, com predominância de avaliações realizadas em espécies terrestres de Squamata. Verificou-se uma distribuição taxonômica desigual, com predominância de pesquisas sobre lagartos, seguidos por serpentes e anfisbenas, evidenciando uma menor representatividade dos diferentes grupos da ordem. O trato gastrointestinal foi a matriz biológica mais investigada, enquanto os protocolos metodológicos empregados apresentaram baixa padronização entre os estudos. Fibras e fragmentos foram as morfologias mais recorrentes, com identificação de diferentes polímeros, principalmente poli(tereftalato de etileno) (PET), polietileno (PE) e polipropileno (PP). Os resultados evidenciam lacunas na investigação da ocorrência de MPs em Squamata,

especialmente na América do Sul, além da necessidade de maior padronização metodológica e de estudos que aprofundem o conhecimento sobre as vias de exposição e os possíveis efeitos biológicos desses contaminantes. Os achados reforçam a necessidade de ampliar e aprofundar as pesquisas sobre a ocorrência e os potenciais impactos de MPs em Squamata.

Palavras-chave: biomonitoramento, contaminação ambiental, poluição por plástico

ABSTRACT

Microplastics (MPs) are emerging contaminants of growing environmental and ecotoxicological concern due to their wide distribution and potential effects on ecosystems, biodiversity, and organisms. Reptiles constitute a relevant group for the investigation of environmental contamination, as they present high taxonomic diversity and occupy different habitats, including terrestrial, freshwater, and marine environments, being potentially exposed to MPs through different pathways. This study aimed to conduct an integrative literature review on the occurrence of MPs in species of the order Squamata, identifying contamination patterns and knowledge gaps related to environments, biological matrices, and exposure pathways. The bibliographic search was conducted between March and June 2026, using the Web of Science, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar, and CAPES Journals databases. The process of identifying, screening, and including studies was structured according to the PRISMA 2020 guidelines. A total of 392,717 records were identified in the selected databases, of which only 13 articles met the eligibility criteria. The studies were published between 2020 and 2025 and covered six countries, with a predominance of assessments carried out on terrestrial species of Squamata. An uneven taxonomic distribution was observed, with a predominance of research on lizards, followed by snakes and amphisbaenians, highlighting a lower representation of the different groups within the order. The gastrointestinal tract was the most investigated biological matrix, while the methodological protocols employed showed low standardization among the studies. Fibers and fragments were the most recurrent morphologies, with the identification of different polymers, mainly poly(ethylene terephthalate) (PET), polyethylene (PE), and polypropylene (PP). The results highlight gaps in research on the occurrence of particulate matter (PMs) in squamata, especially in South America, as well as the need for greater methodological standardization and studies that deepen the understanding of exposure pathways and the potential biological effects of these contaminants. The findings reinforce the need to expand and deepen research on the occurrence and potential impacts of PMs in squamata.

Keywords: biomonitoring, environmental contamination, plastic pollution.

Instituição afiliada – Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Jéssica Cristina Mendes de Oliveira

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4584269718113586>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0121-0750>

Nathália Santos Cruz Cabral Félix

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0362155648723648>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-1923-6499>

Arthur Felipe Ferreira de Freitas

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2454032040901369>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9962-2365>

Artur Torquato Pereira de Souza

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9472316787795074>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5005-9113>

Gabriella Luisa Martins de Moura

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/4149745182690552>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-0196-0088>

Nicole Samico Guerra

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4379798276365828>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-1266-8954>

Andrea Karla Pereira da Silva

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1375568180577579>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6961-2529>

Laureen Michelle Houllou

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2256880850002864>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5290-5969>

Múcio Luiz Banja Fernandes

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6241347351581121>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2324-4334>

Geraldo Jorge Barbosa de Moura

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1348666346504103>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7241-7524>

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



1. INTRODUÇÃO

Em decorrência do aumento contínuo da produção global de plásticos e da gestão inadequada desses resíduos, os microplásticos (MPs) são atualmente considerados contaminantes emergentes de crescente preocupação ambiental e ecotoxicológica, apresentando ampla distribuição em ecossistemas terrestres, aquáticos e atmosféricos (Rillig; Lehmann, 2020; Tran-Nguyen *et al.*, 2022). Os MPs são pequenas partículas plásticas inferiores a 5 mm, formadas por polímeros sintéticos ou semissintéticos, variam desde partículas primárias produzidas nessa dimensão até fragmentos secundários oriundo da degradação de plásticos maiores (Hanun; Hassan; Jiang, 2021). Esses materiais incluem diferentes tipos de polímeros, como polietileno, polipropileno, poliuretano e poliéster, sendo amplamente reconhecidos não apenas por sua contribuição à poluição ambiental, mas também por representarem potenciais ameaças aos ecossistemas, à biodiversidade e à saúde dos organismos (An *et al.*, 2020; Sait *et al.*, 2021).

A ingestão de MPs já foi registrada em uma ampla variedade de organismos e níveis tróficos ao redor do mundo (Naidu; Ranga Rao; Ramu, 2018; Choy *et al.*, 2019; Pappis; Kapusta; Ojeda, 2021). Uma vez ingeridas, essas partículas podem permanecer no trato gastrointestinal ou, em alguns casos, translocar-se para tecidos e compartimentos corporais, dependendo de características como tamanho, forma e composição química, podendo desencadear respostas inflamatórias e outros efeitos biológicos adversos ainda em investigação (Machovsky-Capuska; Andrades; Santos, 2020; Koelmans *et al.*, 2022). Embora a maior parte dos estudos esteja concentrada em ambientes marinhos (Kang; Kim; Oh, 2021; Eryaşar; Gedik; Mutlu, 2022; Fagiano *et al.*, 2024; Gonzalez-Pineda *et al.*, 2025), evidências recentes demonstram que organismos terrestres também estão amplamente expostos a esses contaminantes (Hou; Rao, 2022; Shetu; Parvin; Tareq, 2023; Khaliq *et al.*, 2024).

Os répteis constituem um grupo ectotérmico altamente sensível às alterações ambientais, uma vez que dependem diretamente das condições externas para regulação térmica, metabolismo, reprodução e desenvolvimento (Dursun *et al.*, 2025a). Diferentes táxons ocupam habitats terrestres, dulcícolas e marinhos, podendo estar expostos a

contaminantes em múltiplos compartimentos ambientais (Kolenda *et al.*, 2021). Além disso, características ecológicas e comportamentais, como hábitos alimentares agregados ao solo, utilização de ambientes urbanos e agrícolas e contato constante com sedimentos e serapilheira, podem aumentar o potencial de exposição desses organismos aos MPs (Borrito-Paez; León; Fabres, 2024; Teampanpong; Duengkae, 2024; Dursun *et al.*, 2025b).

Entre os grupos de répteis potencialmente afetados por essa contaminação destaca-se a ordem Squamata, composta por lagartos, anfisbenas e serpentes. Esse grupo representa a linhagem de répteis mais diversa da atualidade, apresentando ampla variação ecológica, com diferenças nos hábitos alimentares, períodos de atividade, preferências de micro-habitat, densidade populacional e longevidade (Rodda, 2020). Os répteis escamados estão distribuídos em praticamente todos os biomas terrestres, incluindo ilhas oceânicas e regiões áridas, frequentemente sujeitas à influência de atividades antrópicas e ao acúmulo de resíduos ambientais (Raz *et al.*, 2024). Apesar disso, os estudos envolvendo microplásticos nesse grupo ainda permanecem escassos quando comparados a outros vertebrados, especialmente organismos marinhos. Registros recentes demonstram a ocorrência de MPs tanto em espécies aquáticas quanto terrestres da ordem Squamata (Gül *et al.*, 2022; Dursun *et al.*, 2025b), indicando que esses organismos podem atuar como importantes modelos para compreensão da contaminação por MPs em ecossistemas terrestres. Essa limitação de informação dificulta a compreensão dos padrões de exposição e dos potenciais impactos ecológicos dos MPs em vertebrados terrestres, especialmente em grupos com ampla distribuição ecológica e elevada diversidade funcional, como o Squamata.

Nesse contexto, este estudo teve como objetivo realizar uma revisão integrativa da literatura científica sobre a ocorrência de microplásticos em espécies da ordem Squamata, visando identificar os padrões de contaminação já descritos e as lacunas de conhecimento relacionadas aos ambientes e às formas de exposição, contribuindo para uma compreensão integrada dos impactos desses contaminantes nesse grupo taxonômico. Foram sistematizados e analisados estudos que relataram a presença de microplásticos nesse grupo, buscando: (i) caracterizar a distribuição temporal e geográfica das pesquisas; (ii) identificar os tipos de amostras biológicas analisadas; (iii)

descrever os grupos taxonômicos investigados; e (iv) sintetizar a diversidade, a abundância e as características dos microplásticos reportados. Adicionalmente, foram identificadas lacunas metodológicas e de conhecimento, visando apontar direções para futuras pesquisas sobre a ocorrência e os possíveis impactos dos microplásticos em espécies da ordem Squamata.

2. METODOLOGIA

2.1 Parâmetros de pesquisa bibliográfica

Este estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura científica sobre a ocorrência de microplásticos em espécies da ordem Squamata, conduzida conforme as recomendações metodológicas propostas por Siddaway, Wood e Hedges (2019). A estratégia de busca bibliográfica foi realizada entre março e junho de 2026, utilizando as bases de dados Web of Science, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar e Periódicos CAPES. O processo de identificação, triagem e inclusão dos estudos foi estruturado de acordo com as diretrizes PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2023).

Além das buscas eletrônicas, as listas de referências dos artigos selecionados também foram examinadas manualmente, permitindo a inclusão de estudos adicionais não recuperados inicialmente pelas estratégias de busca. Foram utilizados descritores em português e inglês relacionados à temática dos microplásticos e à ordem Squamata. As buscas foram realizadas por meio de combinações utilizando operadores booleanos ("IN", "AND", "OR") e variações dos termos-chave. A estratégia de busca incluiu descritores como: "microplastic*", "plastic debris", "Squamata", "lizard*", "snake*" e "amphisbaenia*", bem como suas correspondentes em português.

2.2 Critérios de elegibilidade, triagem e extração dos dados

Após a busca, foram definidos critérios de elegibilidade utilizados para selecionar os estudos incluídos nesta revisão. Foram considerados elegíveis estudos originais,

publicados em periódicos revisados por pares, que apresentassem dados empíricos relacionados à ocorrência, ingestão, detecção ou interação entre microplásticos e espécies pertencentes à ordem Squamata. Foram excluídos estudos sem relação direta com microplásticos ou com lagartos, serpentes e/ou anfisbenas, trabalhos exclusivamente teóricos, revisões, resumos de eventos, dissertações, teses, documentos sem acesso ao texto completo e estudos que não apresentassem informações suficientes para a extração dos dados de interesse.

Posteriormente, os registros recuperados seguiram para o processo de triagem. Devido ao elevado volume de resultados obtidos em determinadas plataformas, a triagem inicial foi limitada aos 100 primeiros registros ordenados por relevância em cada base consultada. Em seguida, todos os registros selecionados foram compilados em uma planilha única, com posterior remoção de duplicatas. O processo foi executado em duas etapas sequenciais. Na primeira etapa, títulos e resumos foram avaliados de acordo com os critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Os estudos que não atenderam aos critérios de inclusão foram excluídos nessa fase. Na segunda etapa, os artigos considerados potencialmente elegíveis foram analisados integralmente, a fim de confirmar sua adequação aos objetivos da revisão e permitir a extração dos dados de interesse. O processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos foi sintetizado por meio de um fluxograma adaptado das diretrizes PRISMA 2020.

Na segunda etapa, foram extraídas informações bibliográficas, geográficas, taxonômicas, metodológicas e ecotoxicológicas dos estudos incluídos na análise final. As variáveis compiladas incluíram ano de publicação, localidade do estudo, grupo taxonômico avaliado, tipo de ambiente, tipo de amostra biológica, metodologia analítica empregada, abundância de microplásticos, frequência de ocorrência, características morfológicas das partículas, composição polimérica e técnicas utilizadas para identificação dos polímeros, quando disponíveis. Os dados extraídos foram organizados em tabela padronizada para posterior síntese descritiva e análise comparativa.

3. RESULTADO e DISCUSSÃO

3.1. Resultados

Inicialmente, a busca bibliográfica retornou 392.717 registros brutos nas bases selecionadas, sendo 266.385 na Scopus, 111.754 na Web of Science, 13.218 no Google Scholar, 1.263 na ScienceDirect e 97 no Portal de Periódicos CAPES. Após a compilação dos registros, remoção de duplicatas e aplicação dos critérios de elegibilidade estabelecidos, 27 artigos permaneceram para triagem de títulos e resumos. Ao final do processo de seleção, 13 artigos atenderam aos critérios definidos e foram incluídos nesta revisão integrativa. As informações detalhadas dos estudos incluídos estão sintetizadas na **Tabela Suplementar 1**, incluindo dados taxonômicos, ambiente de ocorrência, tamanho amostral, tipos de amostras biológicas analisadas, metodologias laboratoriais empregadas e características dos microplásticos identificados.

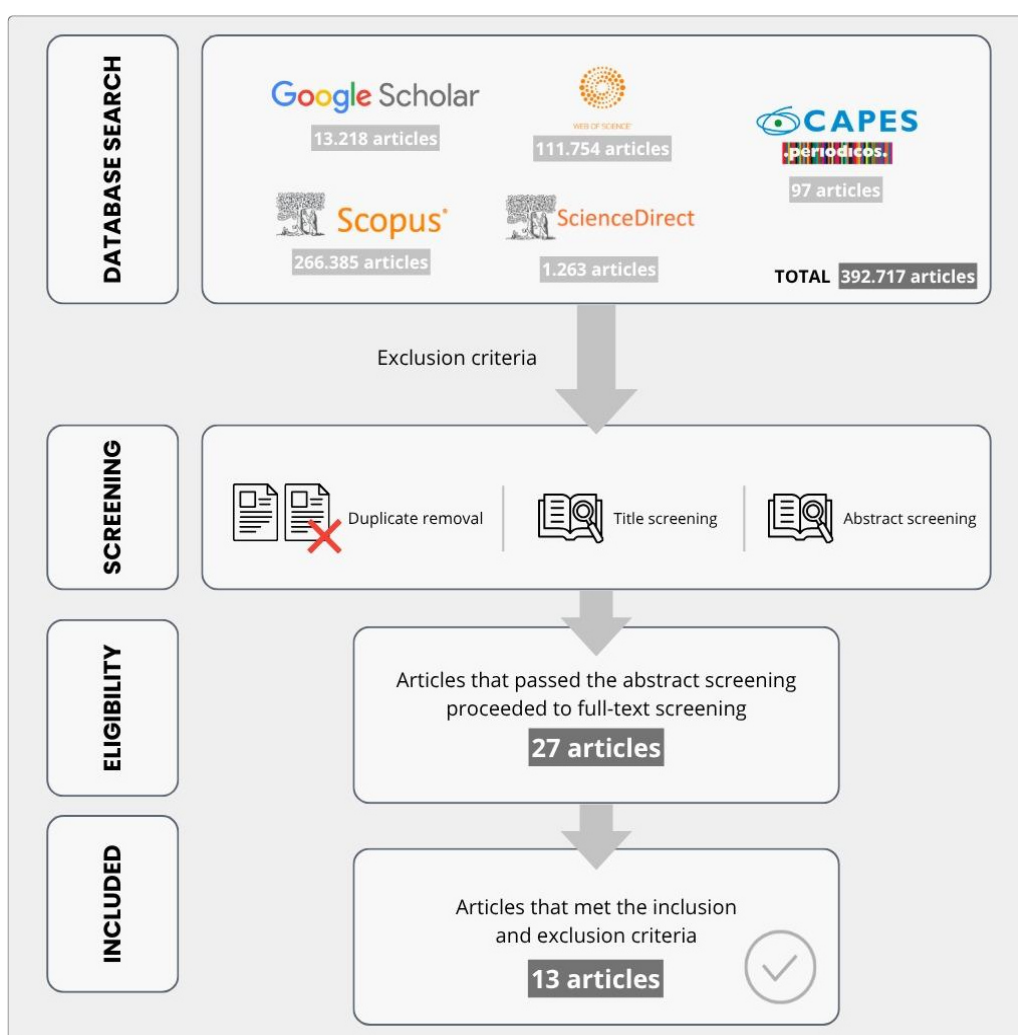


Figura 1. Diagrama de fluxo PRISMA representando o processo de identificação dos estudos incluídos na presente revisão.

3.1.1. Distribuição temporal dos estudos selecionados

A distribuição temporal dos artigos selecionados mostrou que os 13 estudos incluídos nesta revisão foram publicados entre 2020 e 2025 (Figura 2). O primeiro registro ocorreu em 2020, com uma publicação, seguido por dois estudos em 2022 e um estudo em 2023. Os maiores números de publicações foram observados nos anos mais recentes da série, com quatro estudos publicados em 2024 e cinco em 2025. Não foram registrados estudos para o ano de 2021.

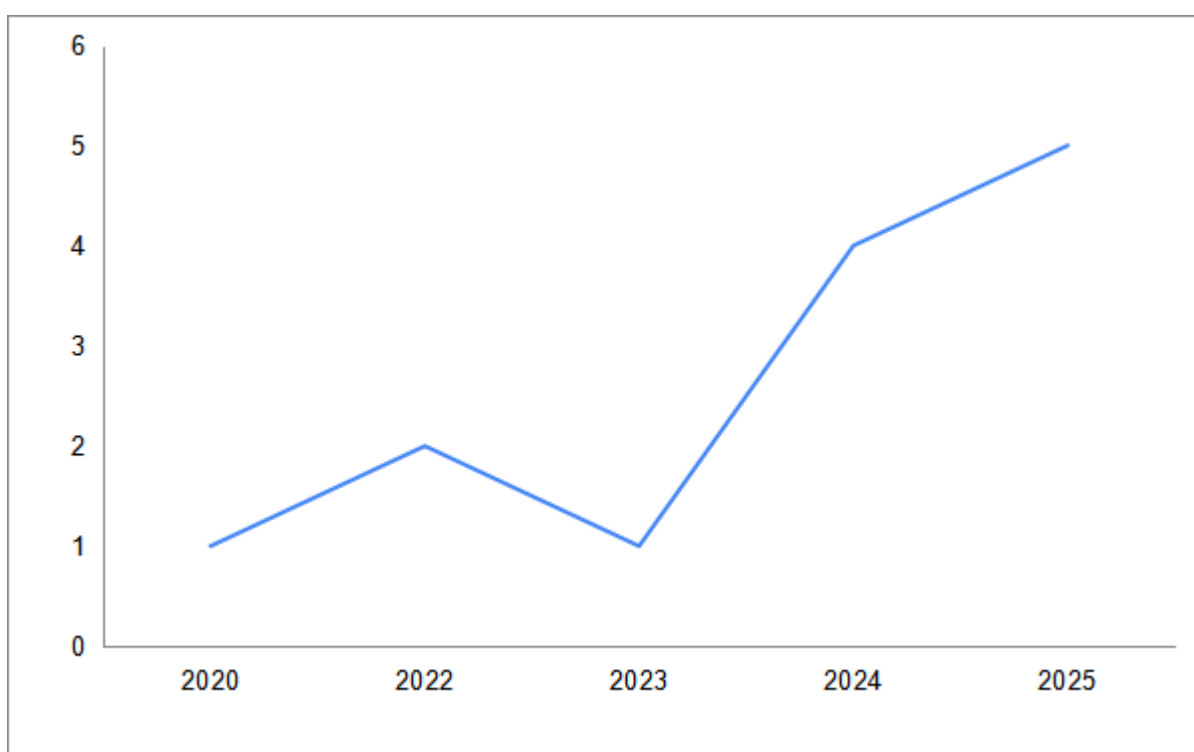


Figura 2: Distribuição anual dos estudos incluídos na revisão sobre microplásticos em espécies da ordem Squamata, no período de 2020 a 2025.

3.1.2. Distribuição geográfica e ambientes investigados

Foram identificadas publicações relacionadas à ocorrência de microplásticos em espécies da ordem Squamata em seis países: Turquia, Tailândia, China, Cuba, Paraguai e Emirados Árabes Unidos (Figura 3). A Turquia apresentou o maior número de registros, com cinco estudos, seguida pela Tailândia, com três, e pela China, com dois. Cuba,

Paraguai e Emirados Árabes Unidos apresentaram um estudo cada. Quanto ao ambiente investigado, a maior parte dos estudos avaliou espécies terrestres de Squamata. Apenas um estudo foi realizado em ambiente marinho, envolvendo serpentes marinhas nos Emirados Árabes Unidos, e outro avaliou espécies associadas a ambientes estuarinos ou semi-aquáticos na Tailândia. Os demais trabalhos envolveram espécies terrestres, principalmente lagartos registrados em áreas urbanas, agrícolas ou sob influência antrópica.

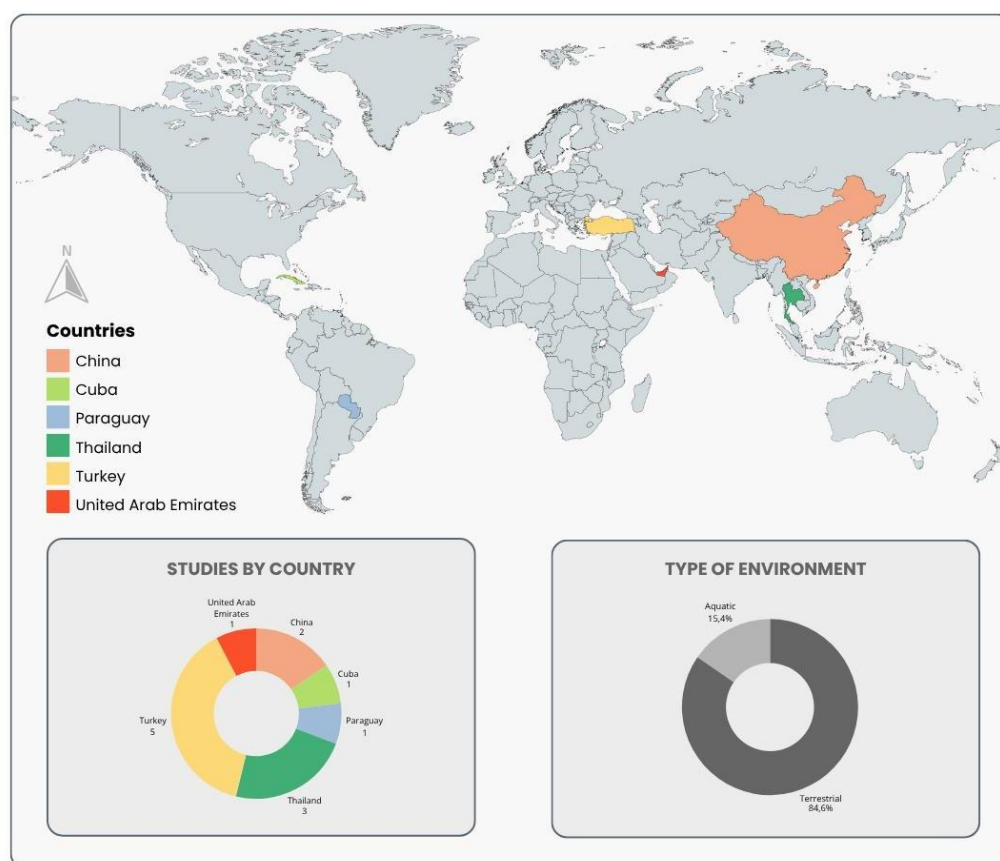


Figura 3: Distribuição geográfica dos estudos sobre microplásticos em Squamata no mundo.

3.1.3 Grupos taxonômicos avaliados nos estudos

Foram registrados representantes dos três grupos da ordem Squamata, os lagartos, as serpentes e as anfisbenas, totalizando 17 espécies distribuídas em sete famílias (Figura 4). Os lagartos corresponderam ao grupo com maior número de

registros, estando presentes em oito estudos, com três famílias e seis espécies. Entre eles, a família Gekkonidae apresentou três espécies, *Gekko subpalmatus* (Günther, 1864), *Hemidactylus mabouia* (Moreau De Jonnès, 1818) e *Hemidactylus angulatus* (Hallowell, 1854); a família Lacertidae incluiu *Ophisops elegans* (Ménétries, 1832) e *Apathya cappadocica* (Werner, 1902); e Leiolepididae foi representada por *Leiolepis belliana* (Hardwicke & Gray, 1827). As serpentes foram registradas em cinco estudos, totalizando três famílias e dez espécies. A família Elapidae apresentou o maior número de espécies, incluindo *Hydrophis lapemoides* (Gray, 1849), *Hydrophis platurus* (Linnaeus, 1766), *Hydrophis spiralis* (Shaw, 1802), *Hydrophis ornatus* (Gray, 1842), *Hydrophis cyanocinctus* (Daudin, 1803) e *Hydrophis curtus* (Shaw, 1802). A família Homalopsidae foi representada por *Hypsiglossus plumbeus* (Boie, 1827) e *Cerberus rynchops* (Schneider, 1799), enquanto Natricidae incluiu *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) e *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768). As anfisbenas foram representadas por uma única espécie, *Blanus strauchi* (Bedriaga, 1884), pertencente à família Blanidae, registrada em um estudo.

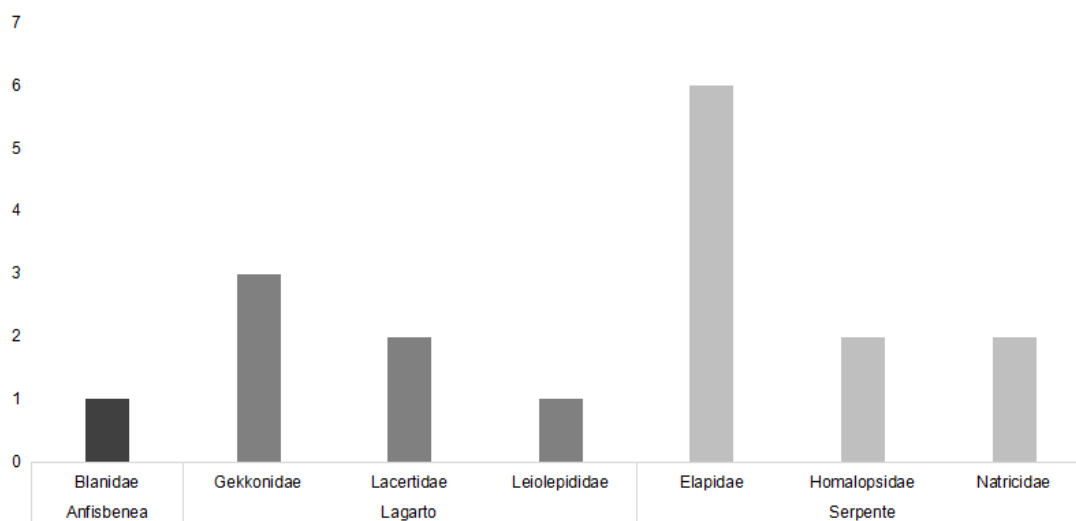


Figura 4: Distribuição do número de espécies avaliadas por família taxonômica em estudos sobre microplásticos em Squamata.

3.1.4. Tipos de amostras biológicas utilizadas nas análises de microplásticos

Foram registrados diferentes tipos de amostras biológicas utilizadas para a investigação de microplásticos em espécies de répteis escamados. O trato gastrointestinal foi a matriz biológica mais frequentemente analisada nos estudos avaliados, seguido por amostras fecais e conteúdo estomacal. Outros compartimentos biológicos também foram mencionados, porém com menor frequência entre os trabalhos analisados. De modo geral, as amostras utilizadas concentraram-se em matrizes associadas à ingestão e eliminação de partículas, com predominância de análises realizadas no trato gastrointestinal. As fezes corresponderam ao segundo tipo de amostra mais recorrente, enquanto o conteúdo estomacal e demais compartimentos foram registrados em menor número de estudos.

3.1.5. Metodologias aplicadas para detecção, identificação e controle de contaminação em microplásticos em Squamata

Foram registrados diferentes protocolos metodológicos para o processamento das amostras e identificação de microplásticos. Entre os procedimentos de digestão da matéria orgânica, foram observados protocolos oxidativos com peróxido de hidrogênio a 30% (H₂O₂ 30%) e digestões alcalinas com hidróxido de potássio a 10% (KOH 10%). Alguns estudos também utilizaram etapas complementares de separação por densidade, principalmente com soluções saturadas de cloreto de sódio (NaCl) ou iodeto de potássio (KI). Outros trabalhos não empregaram digestão química, realizando o processamento das amostras por meio de diluição em água destilada. Em relação ao controle de contaminação, parte dos estudos relatou medidas preventivas durante o processamento laboratorial, enquanto outros não apresentaram informações sobre o uso de controles em branco ou procedimentos para prevenção de contaminação aérea. Para a identificação das partículas, foram registradas técnicas visuais e espectroscópicas. A identificação visual foi realizada por meio de estereomicroscópio ou microscópio digital, enquanto a caracterização química dos polímeros incluiu o uso de FTIR associado à estereomicroscopia, μ -FTIR, FTIR imaging e ATR-FTIR.

3.1.6. Abundância, frequência e características dos microplásticos em Squamata

Os microplásticos registrados foram descritos quanto à abundância, frequência de ocorrência, morfologia e composição polimérica. Entre os tipos morfológicos identificados, fibras e fragmentos foram as categorias mais recorrentes nos estudos analisados, ocorrendo isoladamente ou em associação nas amostras avaliadas. Partículas classificadas como filmes e espumas também foram registradas, porém em menor frequência. Quanto à composição polimérica, foram identificados diferentes tipos de polímeros, incluindo principalmente Poly(ethylene terephthalate) (PET), Polyethylene (PE) e Polypropylene (PP), além de Polyamide (PA), Poly(vinyl chloride) (PVC), Poly(vinyl alcohol) (PVA), Polyurethane (PU) e Polyacrylonitrile (PAN). Outros polímeros também foram reportados em menor número de estudos, como Ethylene-vinyl acetate (EVA), Poly(vinylidene chloride) (PVDC), Poly(methyl methacrylate) (PMMA), Silicone (SI) e Polystyrene (PS). Partículas compostas por rayon/celulose regenerada também foram registradas em alguns trabalhos. As unidades utilizadas para quantificação dos microplásticos variaram entre os estudos, incluindo itens por indivíduo (itens/ind), itens por grama (itens/g) e frequência de ocorrência (%FO).

3.2. Discussão

Embora a ocorrência de microplásticos já tenha sido amplamente documentada em diferentes matrizes ambientais e em diversos organismos, incluindo espécies marinhas, terrestres e seres humanos, bem como sintetizada em revisões voltadas a diferentes grupos taxonômicos, até onde foi possível verificar, ainda não havia sido publicada uma revisão integrativa ou sistemática dedicada exclusivamente à ordem *Squamata*. Dessa forma, o presente estudo preenche uma importante lacuna do conhecimento ao reunir e analisar criticamente, pela primeira vez, as evidências disponíveis sobre a ocorrência de microplásticos em lagartos, serpentes e anfisbenas em escala global. Além de sintetizar a distribuição espacial e temporal das pesquisas, esta revisão descreve os grupos taxonômicos investigados, as metodologias empregadas para detecção e caracterização das partículas, os principais polímeros e formas registrados, bem como as limitações metodológicas e as lacunas existentes na literatura. Em conjunto, esses resultados reforçam o potencial das espécies de *Squamata* como modelos biológicos para o monitoramento da poluição por microplásticos e fornecem

subsídios para o direcionamento de futuras pesquisas sobre os efeitos desses contaminantes neste importante grupo de vertebrados.

3.2.1. Distribuição temporal das pesquisas

A concentração recente das publicações sobre microplásticos em Squamata é compatível com a expansão de uma área científica ainda pouco desenvolvida para esse grupo taxonômico (Cera; Scalici, 2021). A produção global sobre esses polímeros cresceu de forma mais expressiva nas últimas décadas, acompanhada pela diversificação dos ambientes, organismos e questões ecológicas investigadas (Zhang *et al.*, 2020). Entretanto, mesmo diante desse crescimento geral, as pesquisas com animais permaneceram concentradas em um conjunto restrito de organismos-modelo, predominantemente associados aos ambientes marinhos, mantendo lacunas expressivas para diversos grupos de vertebrados (Prokić *et al.*, 2021). Assim, o padrão temporal observado aqui, sugere que os répteis, mais especificamente os lagartos, as serpentes e as anfisbenas, foram percebidos apenas recentemente como modelos para pesquisas sobre microplásticos.

Essa incorporação tardia pode ser contextualizada pelo desenvolvimento histórico do próprio campo (De Souza Machado *et al.*, 2018). As primeiras décadas de investigação sobre microplásticos priorizaram sua ocorrência, distribuição e seus efeitos nos oceanos, enquanto os ambientes dulcícolas e terrestres permaneceram comparativamente menos estudados (Horton *et al.*, 2017). Posteriormente, muitos autores chamaram atenção para a presença disseminada dessas partículas nos solos e para a necessidade de ampliar a investigação de seus efeitos sobre processos ecológicos e organismos terrestres (De Souza Machado *et al.*, 2018; Rillig; Lehmann, 2020; Baho; Bundschuh; Futter, 2021). Essa mudança gradual do interesse científico para os sistemas continentais oferece uma explicação plausível para a concentração recente de trabalhos com répteis, embora não permita estabelecer uma relação causal direta entre a expansão das pesquisas terrestres e o número de estudos recuperados nesta revisão.

Além do viés ambiental, a distribuição temporal encontrada também pode estar associada à sub-representação histórica dos répteis nas pesquisas sobre exposição da

fauna aos microplásticos. Prokić *et al.* (2021), ao avaliarem a literatura baseada em organismos animais, verificaram que os modelos mais utilizados eram predominantemente marinhos. De maneira semelhante, Cera e Scalici (2021) identificaram os répteis entre os táxons ainda pouco examinados quanto à exposição aos microplásticos, mesmo no contexto dos ecossistemas dulcícolas. A baixa frequência inicial de publicações sobre Squamata parece refletir, portanto, a combinação entre dois vieses da literatura: a menor atenção dedicada aos ambientes terrestres e continentais e a concentração das avaliações ecotoxicológicas em poucos grupos animais. A ampliação recente das publicações pode representar o início da redução dessas lacunas, mas o conjunto disponível ainda é insuficiente para indicar uma consolidação plena do campo.

A interpretação desse crescimento deve, contudo, distinguir a cronologia da produção científica da dinâmica temporal da contaminação ambiental. O aumento do número de artigos indica maior esforço de investigação, mas não demonstra que a exposição dos Squamata aos microplásticos tenha se iniciado ou se intensificado no mesmo período. A identificação de tendências temporais de contaminação requer amostras comparáveis obtidas ao longo do tempo, programas de monitoramento contínuo ou séries históricas provenientes de coleções biológicas (Hou *et al.*, 2021; Dettling *et al.*, 2024). Hou *et al.* (2021), por exemplo, avaliaram uma tendência histórica utilizando espécimes de peixes preservados ao longo de aproximadamente um século, enquanto Dettling *et al.* (2024) destacaram que o monitoramento temporal de microplásticos permanece limitado pela escassez de séries de longa duração. Desse modo, a distribuição das publicações encontrada nesta revisão sustenta apenas uma expansão recente da atenção científica dirigida aos Squamata, não uma tendência de aumento da contaminação nesses organismos.

3.2.2. Concentração geográfica e representatividade dos ambientes investigados

O conhecimento disponível sobre microplásticos em Squamata ainda apresenta uma abrangência geográfica bastante limitada, visto que a concentração dos estudos aparece em um número reduzido de países. Esse padrão acompanha a distribuição desigual da produção científica sobre microplásticos em escala global, historicamente

concentrada em poucos países e instituições, com participação proporcionalmente menor de diversas regiões tropicais e de países em desenvolvimento (Zhang *et al.*, 2020). De forma mais ampla, a produção científica sobre biodiversidade tende a acompanhar a capacidade econômica e a infraestrutura de pesquisa dos países mais do que sua riqueza biológica, resultando em menor cobertura de regiões tropicais com elevada diversidade de espécies (Titley; Snaddon; Turner, 2017). Para os répteis, essa assimetria também foi demonstrada por Guedes, Moura e Diniz-Filho (2023), que identificaram vieses espaciais no esforço científico e sua associação com fatores socioeconômicos, biológicos e relacionados à acessibilidade dos organismos. Nesse sentido, a predominância de publicações em determinados países pode estar associada a uma maior concentração do interesse e esforço de pesquisa nesta temática.

Esse limite espacial também restringe a representatividade biogeográfica dos estudos com microplásticos. Os répteis apresentam distribuição global e padrões de riqueza e endemismo que variam consideravelmente entre regiões, inclusive com áreas de elevada diversidade de lagartos e serpentes que não coincidem com os padrões observados em outros grupos de vertebrados (Roll *et al.*, 2017). Portanto, a ausência de estudos em grande parte da África, das Américas, da Oceania e de extensas regiões asiáticas impede que os resultados atualmente disponíveis sejam generalizados para a ordem Squamata em escala global.

A predominância de estudos realizados em ambientes terrestres acompanha a ampliação recente das pesquisas sobre microplásticos para os ecossistemas continentais (Horton *et al.*, 2017). Embora os ambientes terrestres tenham recebido menor atenção nas fases iniciais desse campo, atualmente são reconhecidos como importantes compartimentos de entrada, retenção e redistribuição dessas partículas, com potencial de exposição para organismos associados ao solo, à serapilheira e à vegetação (De Souza Machado *et al.*, 2018; Rillig; Lehmann, 2020).

A recorrência de estudos em áreas urbanas, agrícolas ou submetidas a outras formas de influência humana pode estar relacionada à expectativa de maior disponibilidade ambiental de resíduos plásticos nesses locais. Diferentes atividades antrópicas introduzem microplásticos nos solos por meio do descarte e da fragmentação de resíduos, do uso de filmes agrícolas, da aplicação de lodo e compostos orgânicos, da irrigação com águas residuárias e da deposição atmosférica (De Souza Machado *et al.*,

2018). Evidências recentes também indicam que o tipo de uso do solo e a intensidade das atividades humanas podem influenciar a abundância e as características dos microplásticos, com concentrações distintas entre áreas agrícolas, residenciais e outros usos da paisagem (Hu *et al.*, 2018).

Os resíduos plásticos são transportados e redistribuídos entre os compartimentos terrestres, atmosféricos e aquáticos, de modo que a exposição dos organismos pode ocorrer por vias distintas conforme o habitat, a alimentação e o contato com a água ou os sedimentos (Stubbins *et al.*, 2021). Apesar dessa conectividade ambiental, revisões sobre a biota dulcícola demonstram que os répteis permanecem entre os grupos menos examinados quanto à exposição aos microplásticos (Cera; Scalici, 2021). A escassez de estudos com serpentes marinhas e espécies semiaquáticas limita, portanto, a comparação entre diferentes vias de exposição e impede avaliar se a ocorrência, a quantidade ou as características das partículas variam entre espécies terrestres, estuarinas e marinhas.

3.2.3. Representatividade taxonômica e limitações da cobertura das espécies

A representatividade taxonômica desigual observada em Squamata mostra que o conhecimento sobre microplásticos ainda está concentrado em poucas linhagens e cobre apenas parte da diversidade ecológica e funcional do grupo. Os escamados apresentam ampla variação em dieta, uso do habitat, estratégias de forrageamento e comportamento, fatores que influenciam as formas e a intensidade de exposição aos contaminantes ambientais (Oskyrko *et al.*, 2024; Title *et al.*, 2024). A concentração dos estudos em determinados táxons pode gerar uma percepção distorcida sobre quais grupos estão mais expostos aos MPs. Evidências recentes mostram que essa exposição pode variar entre populações de uma mesma espécie em função das condições ambientais e da forma como os indivíduos utilizam o habitat (Altunişik; Yildiz; Tatli, 2024).

Essa limitação é mais evidente entre os Squamata fossoriais. Anfisbenas e algumas espécies de lagartos e serpentes associadas ao ambiente subterrâneo são historicamente pouco estudadas devido à dificuldade de localização, captura e

acompanhamento desses animais (Martín; Rodríguez-Ruiz; Cuervo, 2024). Oskyrko et al. (2024) apontaram *Amphisbaenia* e outras linhagens fossoriais entre os grupos com maiores lacunas em bases globais de dados ecológicos. Colli et al. (2016) também destacaram a baixa detectabilidade das anfisbenas, com várias espécies conhecidas por poucos indivíduos ou localidades. A baixa representação desses grupos nos estudos sobre microplásticos reflete, portanto, uma limitação de amostragem.

Os poucos dados disponíveis também restringem a compreensão da exposição aos MPs no ambiente subterrâneo. Estudos com organismos edáficos mostram que partículas presentes no solo podem ser ingeridas pela fauna que vive nesse compartimento. El-Masry, Khedre e Mustafa (2025) detectaram MPs em *Aporrectodea caliginosa* coletadas em campo, com predominância de fibras e polímeros como poliéster, PE e PP. Entre os Squamata, Dursun *et al.* (2025b) registraram MPs em *Blanus strauchi*, espécie fossorial associada diretamente ao solo e com dieta baseada em invertebrados edáficos. Esses registros indicam uma via de exposição relevante para organismos subterrâneos, mas ainda faltam dados para avaliar sua magnitude e seus efeitos biológicos em Squamata fossoriais.

O crescimento recente das pesquisas sobre MPs em Squamata pode ampliar a cobertura taxonômica nos próximos anos. Estratégias como o uso de animais atropelados, espécimes de coleções zoológicas e amostras não letais, como fezes, aumentam o acesso a espécies pouco representadas. Teampanpong e Duengkae (2024ab) utilizaram carcaças obtidas de forma oportunística para investigar microplásticos em diferentes espécies de répteis terrestres, enquanto Dursun *et al.* (2025ab) mostraram que exemplares preservados em coleções podem fornecer informações sobre exposição ao longo do tempo.

Ainda assim, o aumento do número de estudos precisa vir acompanhado de maior diversidade de espécies, linhagens e modos de vida. A concentração geográfica das pesquisas também interfere na cobertura taxonômica. Como os estudos estão concentrados em poucos países, a fauna representada reflete principalmente as regiões onde existe maior esforço de pesquisa. A baixa cobertura da América do Sul, África e grande parte da Oceania deixa de fora várias linhagens e estratégias ecológicas de Squamata. Daru e Rodriguez (2023) mostraram que a produção de dados sobre biodiversidade apresenta fortes desigualdades geográficas, influenciadas por

acessibilidade, infraestrutura e concentração do esforço de amostragem. A expansão dos estudos para regiões pouco investigadas tende a aumentar a diversidade taxonômica representada na literatura sobre microplásticos.

3.2.4. Matrizes biológicas e limites da interpretação da exposição aos microplásticos

Os resultados obtidos na revisão revelaram que o trato gastrointestinal foi a matriz biológica mais utilizada para a detecção de microplásticos em espécies da ordem *Squamata*, seguido pelas amostras fecais. Esse padrão retrata que a principal via de exposição aos microplásticos em répteis se dá pela ingestão, ocorrendo tanto de forma direta, ao consumirem água, solo e sedimentos contaminados, quanto indiretamente, por meio da cadeia alimentar (Dursun *et al.*, 2025a). A exploração do trato gastrointestinal para as análises pode ser atribuída ao fato de essa matriz fornecer evidências diretas da ingestão recente das partículas e, conseqüentemente, apresentar maior sensibilidade para detectar a exposição ambiental. Embora as análises do trato gastrointestinal forneçam evidências diretas da ingestão, o uso de fezes tem recebido crescente atenção por representar uma opção não invasiva para o biomonitoramento de espécies silvestres.

A identificação de microplásticos em excrementos demonstra que esses contaminantes podem ser eliminados pelos organismos (Bessa *et al.*, 2019); contudo, essa matriz deve ser interpretada com atenção. Moore *et al.* (2020) observaram notáveis concentrações de microplásticos no trato gastrointestinal de baleias-beluga, enquanto partículas foram detectadas em menor quantidade nas fezes dos mesmos indivíduos, indicando que análises fecais podem subestimar a exposição real, uma vez que parte das partículas pode permanecer retida ao longo do trato gastrointestinal antes de ser eliminada. Esses achados também foram relatados por Philipp *et al.* (2020), que identificaram microplásticos tanto no intestino quanto nas fezes de focas, demonstrando que ambas as matrizes trazem informações complementares. Além disso, Padula *et al.* (2025) mostraram diferenças na distribuição de partículas ao longo do trato digestório de cetáceos, indicando que a retenção dos microplásticos pode variar entre os compartimentos digestivos. Essas evidências sugerem que a escolha da matriz

biológica deve ser considerada a partir dos objetivos do estudo.

3.2.5. Heterogeneidade metodológica, controle de contaminação e comparabilidade dos estudos

Os estudos revisados apresentaram heterogeneidade entre as metodologias aplicadas durante as etapas de digestão, identificação e controle de contaminação, dificultando a comparação direta dos resultados entre os táxons e regiões. Embora os protocolos sejam baseados na utilização do H₂O₂ e KOH tenham sido os mais citados, diferenças nas concentrações dos reagentes, tempo de digestão e uso de separação densimétrica demonstram que ainda existe uma lacuna na padronização para análises de microplásticos em *Squamata*. Essa variedade é particularmente relevante, uma vez que diferentes protocolos podem interferir tanto na recuperação quanto na integridade dos polímeros (Prata *et al.*, 2019). Outro fato importante refere-se à identificação química das partículas. Apesar da predominância do FTIR vinculado à estereomicroscopia, técnicas como μ -FTIR e FTIR imaging ainda foram pouco aplicadas. Além disto, procedimentos de digestão quando realizados de forma inadequada podem alterar as características de alguns polímeros, comprometendo sua correta identificação (Prata *et al.*, 2019). Da mesma maneira, a recuperação de partículas menores ainda é um desafio metodológico, sobretudo para microplásticos inferiores a 200 μ m (Herrera *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2019; Jâms *et al.*, 2020). Mesmo que os estudos tenham relatado medidas para mitigar a contaminação laboratorial, parte deles não descreveu procedimentos de garantia e controle da qualidade. Segundo Shruti e Kutralam-Muniasamy (2023), a ausência de protocolos padronizados para o controle da contaminação externa permanece como uma das principais limitações das pesquisas sobre microplásticos. Em forma que, a padronização dos protocolos analíticos e das medidas de QA/QC torna-se indispensável para aumentar a credibilidade e a comparabilidade dos estudos futuros envolvendo espécies da ordem *Squamata*.

3.2.6. Padrões de ocorrência e características dos microplásticos

Os resultados desta revisão demonstraram que fibras e fragmentos foram os

tipos de microplásticos mais constantemente registrados em espécies da ordem *Squamata*, corroborando com o padrão observado em lagartos, anfíbios e outros vertebrados (Hu *et al.*, 2018; Pastorino *et al.*, 2023; Tatli; Altunişik; Gedik, 2022; Mackenzie; Vladimirova, 2022; Shetu; Parvin; Tareq, 2023). A predominância das fibras pode ser atribuída à sua ampla distribuição ambiental, oriunda principalmente da liberação de materiais têxteis sintéticos durante o uso e a lavagem de roupas, o que favorece seu transporte seja pelo ar ou pela água (Hernandez; Nowack; Mitrano, 2017; De Falco *et al.*, 2018; Altunişik, 2023). Entre os polímeros, PET, PE e PP foram os mais frequentes, refletindo sua elevada produção e utilização na confecção de embalagens, recipientes e fibras sintéticas (Cera; Cesarini; Scalici, 2020). Esses padrões fortalecem que a ocorrência de microplásticos em táxons da ordem *Squamata* está diretamente relacionada à intensidade das atividades antropica, ao elevado consumo de plásticos e à gestão inadequada de resíduos, fatores que contribuem para ampla dispersão desses contaminantes nos ecossistemas (Jang *et al.*, 2020; Wong *et al.*, 2020; Lin; Chiu; Kuo, 2021; Liu *et al.*, 2021).

3.2.7. *Lacunas de conhecimento e vieses na literatura sobre microplásticos em Squamata*

Apesar do crescimento no número de publicações sobre microplásticos em espécies da ordem *Squamata*, a literatura disponível ainda apresenta importantes lacunas taxonômicas, geográficas e metodológicas. O reduzido número de artigos demonstra que as investigações sobre esses poluentes nesse grupo permanecem iniciais quando comparadas às realizadas com outros vertebrados, especialmente organismos marinhos. Observa-se assimetria taxonômica, com predominância de estudos voltados para lagartos e baixa representatividade de serpentes e anfisbenas. Representantes de anfisbenas foram registradas em apenas um estudo, evidenciando a escassez de informações sobre grupos fossoriais e de difícil amostragem. Além disso, apenas uma pequena fração das mais de 12 mil espécies de *Squamata* foi investigada.

Geograficamente, os estudos concentraram-se principalmente na Ásia e no Oriente Médio, enquanto regiões com alta diversidade, como América do Sul, África e

grande parte da Oceania, permanecem com baixa significância amostral. Também foram observados vieses em relação aos ambientes investigados, com predominância de espécies terrestres oriundas de áreas urbanizadas ou sob influência antrópica, enquanto ambientes aquáticos, estuarinos, insulares e habitats naturais preservados foram pouco explorados.

Os trabalhos também apresentaram elevada heterogeneidade metodológica, o que inclui diferenças nos protocolos de processamento amostrais, identificação e quantificação dos microplásticos, além de lacunas na descrição dos procedimentos de controle de qualidade, como o uso de blanks laboratoriais e o monitoramento da contaminação por fibras atmosféricas.

Por fim, grande parte das pesquisas restringiu-se à detecção de microplásticos no trato gastrointestinal e nas fezes, esses dados reforçam a escassez de estudos sobre translocação, bioacumulação e efeitos fisiológicos das partículas. Além do que, nenhum dos trabalhos avaliou os contaminantes associados aos microplásticos, embora essas partículas possam absorver poluentes ambientais e conter aditivos químicos potencialmente tóxicos, limitando a compreensão dos riscos ecotoxicológicos para as espécies de Squamata.

4. CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa reuniu 13 estudos sobre a ocorrência de microplásticos na ordem Squamata, publicados entre 2020 e 2025. Os resultados evidenciaram que essa temática ainda é recente e pouco explorada, sem tendência constante de aumento das publicações no período analisado.

A distribuição geográfica analisada foi desigual, com predominância de estudos na Ásia e no Oriente Médio. Entretanto, regiões com elevada diversidade de escamados, como a América do Sul, a África e a Oceania, permanecem pouco investigadas, destacando-se a ausência de estudos no Brasil.

Foram identificadas 17 espécies, distribuídas em sete famílias e representantes dos três principais grupos de ordem pesquisada. Os lagartos apresentaram maior número de registros, seguidos pelas serpentes, enquanto as anfisbenas foram representadas apenas uma vez. O trato gastrointestinal foi a principal matriz analisada, seguido por fezes e conteúdo estomacal. Quanto aos microplásticos, fibras e fragmentos

foram predominantes, com destaque para os polímeros PET, PE e PP.

Também foram observadas diferenças entre os métodos de digestão, separação, identificação e controle de contaminação dentre as pesquisas publicadas. Essa heterogeneidade limita a comparação dos resultados entre estudos e evidencia uma lacuna na padronização metodológica para Squamata. Além disso, a baixa cobertura geográfica e taxonômica demonstra que os padrões de exposição aos microplásticos ainda não são suficientemente compreendidos nesse grupo.

Diante dessas lacunas, é fundamental ampliar as pesquisas sobre microplásticos em Squamata, especialmente em regiões e táxons ainda pouco estudados, como na América do Sul, África, Oceania e no Brasil. Novos estudos devem também buscar maior padronização metodológica e investigar as vias de exposição e os possíveis efeitos biológicos desses contaminantes. A ampliação dessas investigações será essencial para consolidar o conhecimento sobre a ocorrência e os potenciais impactos dos microplásticos na ordem.

5. REFERÊNCIAS

ALTUNIŞIK, Abdullah. Microplastic pollution and human risk assessment in Turkish bottled natural and mineral waters. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 14, p. 39815–39825, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-25054-6>.

ALTUNIŞIK, Abdullah; YILDIZ, Mehmet Zülfü; TATLI, Hatice Hale. Microplastic accumulation in a lizard species: observations from the terrestrial environments. **Environmental Pollution**, v. 359, art. 124754, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124754>.

AN, Lihui et al. Sources of microplastic in the environment. In: HE, Defu; LUO, Yongming (ed.). *Microplastics in terrestrial environments: emerging contaminants and major challenges*. Cham: Springer, 2020. p. 143–159. DOI: https://doi.org/10.1007/698_2020_449.

BAHO, Didier L; BUNDSCHUH, Mirco; FUTTER, Martyn N. Microplastics in terrestrial ecosystems: moving beyond the state of the art to minimize the risk of ecological surprise. **Global Change Biology**, v. 27, n. 17, p. 3969–3986, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.15724>.

BESSA, Filipa et al. Microplastics in gentoo penguins from the Antarctic region. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, art. 14191, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50621-2>.

BORROTO-PAEZ, Rafael; SÁNCHEZ LEÓN, Orlando Enrique; FABRES, Boris A. Microplastics in invasive geckos (*Hemidactylus mabouia* and *H. angulatus*): first evidence in Cuba and the Caribbean, and transfer pathways of concern. **Reptiles & Amphibians**, v. 31, n. 1, art. e22751, 2024. DOI: <https://doi.org/10.17161/randa.v31i1.22751>.

CERA, Alessandra; CESARINI, Giulia; SCALICI, Massimiliano. Microplastics in

freshwater: what is the news from the world?. **Diversity**, v. 12, n. 7, art. 276, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/d12070276>.

CERA, Alessandra; SCALICI, Massimiliano. Freshwater wild biota exposure to microplastics: a global perspective. **Ecology and Evolution**, v. 11, n. 15, p. 9904–9916, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.7844>.

CHOY, C. Anela et al. The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, art. 7843, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44117-2>.

COLLI, Guarino R. et al. In the depths of obscurity: knowledge gaps and extinction risk of Brazilian worm lizards (Squamata, Amphisbaenidae). **Biological Conservation**, v. 204, p. 51–62, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.033>.

DARU, Barnabas H.; RODRIGUEZ, Jordan. Mass production of unvouchered records fails to represent global biodiversity patterns. **Nature Ecology & Evolution**, v. 7, p. 816–831, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02047-3>.

DE FALCO, Francesca et al. Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics. **Environmental Pollution**, v. 236, p. 916–925, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.057>.

DE SOUZA MACHADO, Anderson Abel et al. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. **Global Change Biology**, v. 24, n. 4, p. 1405–1416, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14020>.

DETLING, Valentin et al. Can natural history collection specimens be used as aquatic microplastic pollution bioindicators? **Ecological Indicators**, v. 160, art.

111894, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111894>.

DURSUN, Cantekin et al. Microplastic accumulation in snake-eyed lizard (*Ophisops elegans* Menetries, 1832) after long-term monitoring: habitats matter, not years. **Environmental Sciences Europe**, v. 37, art. 8, 2025a. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12302-024-01042-0>.

DURSUN, Cantekin et al. Microplastic contamination of the Turkish worm lizard (*Blanus strauchi* Bedriaga, 1884) in Muğla Province (Türkiye). **Biology**, v. 14, n. 4, art. 441, 2025b. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology14040441>.

DURSUN, Cantekin et al. Characterization of Ingested Microplastics in a Regional Endemic Lizard *Apathya cappadocica* (Werner, 1902) from Türkiye. **Biology**, v. 14, n. 10, p. 1457, 2025c. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology14101457>

EL-MASRY, Safa M.; KHEDRE, Azza M.; MUSTAFA, Asmaa N. Seasonal variations and risk assessment of microplastic contamination in agricultural soil and associated macroinvertebrates in Egypt. **Scientific Reports**, v. 15, art. 6590, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88715-9>.

ERYAŞAR, Ahmet Raif; GEDIK, Kenan; MUTLU, Tanju. Ingestion of microplastics by commercial fish species from the southern Black Sea coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 177, art. 113535, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113535>.

FAGIANO, Valentina et al. Global meta-analysis and review of microplastic in marine copepods. **Environmental Pollution**, v. 351, art. 124092, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124092>.

GONZALEZ-PINEDA, Mariona et al. Experimental ingestion of microplastics in three common Antarctic benthic species. **Marine Environmental Research**, v. 204, art. 106879, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106879>.

GUEDES, Jhonny J. M.; MOURA, Mario R.; DINIZ-FILHO, José Alexandre F. Species out of sight: elucidating the determinants of research effort in global reptiles. **Ecography**, v. 2023, n. 3, art. e06491, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.06491>.

GÜL, Serkan et al. Occurrence of microplastics in herpetological museum collection: grass snake (*Natrix natrix* [Linnaeus, 1758]) and dice snake (*Natrix tessellata* [Laurenti, 1769]) as model organisms. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, n. 5, art. 160, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05626-5>.

HANUN, Jihan Nabillah; HASSAN, Fahir; JIANG, Jheng-Jie. Occurrence, fate, and sorption behavior of contaminants of emerging concern to microplastics: influence of the weathering/aging process. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 5, art. 106290, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106290>.

HERNANDEZ, Edgar; NOWACK, Bernd; MITRANO, Denise M. Polyester textiles as a source of microplastics from households: a mechanistic study to understand microfiber release during washing. **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 12, p. 7036–7046, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b01750>.

HERRERA, Alicia et al. Novel methodology to isolate microplastics from vegetal-rich samples. **Marine Pollution Bulletin**, v. 129, n. 1, p. 61–69, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.015>.

HISCOCK, Madeleine; VANCOMPERNOLLE, MICHELLE; DICKENS, Jeremy K. Dietary competition between *Hemidactylus mabouia* (Sauria: Gekkonidae) and a native anuran in Pilar, Paraguay. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 18, n. 1, p. 9-19, 2023.

HORTON, Alice A. et al. Microplastics in freshwater and terrestrial environments:

evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. **Science of the Total Environment**, v. 586, p. 127–141, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>.

HOU, Dong-Min; RAO, Ding-Qi. Microplastics: their effects on amphibians and reptiles—a review. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 54, n. 6, p. 2931–2951, 2022. DOI: <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20210820080823>.

HOU, Loren et al. A fish tale: a century of museum specimens reveal increasing microplastic concentrations in freshwater fish. **Ecological Applications**, v. 31, n. 5, art. e02320, 2021. DOI: 10.1002/eap.2320.

HU, Lingling et al. Microplastics in small waterbodies and tadpoles from Yangtze River Delta, China. **Environmental Science & Technology**, v. 52, n. 15, p. 8885–8893, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02279>.

JÂMS, Ifan B. et al. Estimating the size distribution of plastics ingested by animals. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, art. 1594, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15406-6>.

JANG, Mi et al. A close relationship between microplastic contamination and coastal area use pattern. **Water Research**, v. 171, art. 115400, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115400>.

KANG, Teawook; KIM, Dongsung; OH, Je Hyeok. Ingestion of microplastics by free-living marine nematodes, especially *Enoplolaimus* spp., in Mallipo Beach, South Korea. **Plankton and Benthos Research**, v. 16, n. 2, p. 109–117, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3800/pbr.16.109>.

KHALIQ, Zunaira et al. Assessment of microplastics in gastrointestinal tract of cattle egret (*Bubulcus ibis*) from a metropolitan city Lahore, Pakistan. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 56, p. 64903–64912,

2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35540-8>.

KOELMANS, Albert A. et al. Risk assessment of microplastic particles. **Nature Reviews Materials**, v. 7, n. 2, p. 138–152, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41578-021-00411-y>.

KOLENDA, Krzysztof et al. Online media reveals a global problem of discarded containers as deadly traps for animals. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, art. 267, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79549-8>.

LIN, Chun-Ting; CHIU, Ming-Chih; KUO, Mei-Hwa. Effects of anthropogenic activities on microplastics in deposit-feeders (Diptera: Chironomidae) in an urban river of Taiwan. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, art. 400, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79881-z>.

LIU, Xiaoning et al. Transfer and fate of microplastics during the conventional activated sludge process in one wastewater treatment plant of China. **Chemical Engineering Journal**, v. 362, p. 176–182, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.01.033>.

LIU, Yang et al. Insights into the horizontal and vertical profiles of microplastics in a river emptying into the sea affected by intensive anthropogenic activities in Northern China. **Science of the Total Environment**, v. 779, art. 146589, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146589>.

LU, Shibo et al. Prevalence of microplastics in animal-based traditional medicinal materials: Widespread pollution in terrestrial environments. **Science of the Total Environment**, v. 709, p. 136214, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136214>

MACHOVSKY-CAPUSKA, Gabriel E.; ANDRADES, Ryan; SANTOS, Robson Guimarães. Debris ingestion and nutritional niches in estuarine and reef green

turtles. **Marine Pollution Bulletin**, v. 153, art. 110943, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110943>.

MARTÍN, José; RODRÍGUEZ-RUIZ, Gonzalo; CUERVO, José Javier. Coping with drought? The hidden microhabitat selection and underground movements of amphisbaenians under summer drought conditions. **Current Zoology**, v. 70, n. 5, p. 647–658, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/cz/zoad034>.

MACKENZIE, Cullen; VLADIMIROVA, Varvara. Food in the city: the urbanized diets of *Rhinella diptycha* (Anura: Bufonidae), *Hemidactylus mabouia* (Squamata: Gekkonidae), and *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae) in Pilar, Paraguay. **Herpetology Notes**, v. 15, p. 523-532, 2022.

MOORE, R. C. et al. Microplastics in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the Eastern Beaufort Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 150, art. 110723, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110723>.

NAIDU, S. A.; RANGA RAO, V.; RAMU, K. Microplastics in the benthic invertebrates from the coastal waters of Kochi, Southeastern Arabian Sea. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 40, n. 4, p. 1377–1383, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10653-017-0062-z>.

OSKYRKO, Oleksandra et al. ReptTraits: a comprehensive dataset of ecological traits in reptiles. **Scientific Data**, v. 11, art. 243, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03079-5>.

PADULA, Antonella D. et al. Microplastics in the digestive tract of an endangered cetacean of the Southwest Atlantic Ocean: the franciscana dolphin. **Marine Pollution Bulletin**, v. 210, art. 117348, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117348>.

PAGE, Matthew J. et al. A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para

relatar revisões sistemáticas. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 46, art. e112, 2023. DOI: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.112>.

PAPPIS, Thatiane; KAPUSTA, Simone Caterina; OJEDA, Telmo. Metodologia de extração de microplásticos associados a sedimentos de ambientes de água doce. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 4, p. 749–756, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200143>.

PASTORINO, Paolo et al. Microplastics in biotic and abiotic compartments of high-mountain lakes from Alps. **Ecological Indicators**, v. 150, art. 110215, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110215>.

PENGCHUI, Chompoonut et al. The examination of food and microplastics in the digestive tract of *Cerberus rynchops*. **Arab Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 32, n. 1, p. 188-197, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1080/25765299.2025.2524931>

PHILIPP, Carolin et al. Handle with care—microplastic particles in intestine samples of seals from German waters. **Sustainability**, v. 12, n. 24, art. 10424, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su122410424>.

PRATA, Joana C. et al. Identifying a quick and efficient method of removing organic matter without damaging microplastic samples. **Science of the Total Environment**, v. 686, p. 131–139, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.456>.

PROKIĆ, Marko D. et al. Studying microplastics: lessons from evaluated literature on animal model organisms and experimental approaches. **Journal of Hazardous Materials**, v. 414, art. 125476, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125476>.

RAZ, T. et al. Diversity gradients of terrestrial vertebrates—substantial variations

about a common theme. **Journal of Zoology**, v. 322, n. 2, p. 126–140, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/jzo.13130>.

RILLIG, Matthias C.; LEHMANN, Anika. Microplastic in terrestrial ecosystems. **Science**, v. 368, n. 6498, p. 1430–1431, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abb5979>.

RODDA, Gordon H. Lizards of the world: natural history and taxon accounts. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2020.

ROLL, Uri et al. The global distribution of tetrapods reveals a need for targeted reptile conservation. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 11, p. 1677–1682, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0332-2>.

SAIT, Shannen T. L. et al. Microplastic fibres from synthetic textiles: environmental degradation and additive chemical content. **Environmental Pollution**, v. 268, art. 115745, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115745>.

SHETU, Mabia Hossain; PARVIN, Fahmida; TAREQ, Shafi M. Identifying the presence of microplastics in frogs from the largest delta of the world. **Environmental Advances**, v. 11, art. 100355, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100355>.

SHRUTI, V. C.; KUTRALAM-MUNIASAMY, Gurusamy. Blanks and bias in microplastic research: implications for future quality assurance. **Trends in Environmental Analytical Chemistry**, v. 38, art. e00203, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.teac.2023.e00203>.

SIDDAWAY, Andy P.; WOOD, Alex M.; HEDGES, Larry V. How to do a systematic review: a best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. **Annual Review of Psychology**, v. 70, p.

747–770, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803>.

STUBBINS, Aron et al. Plastics in the Earth system. **Science**, v. 373, n. 6550, p. 51-55, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abb0354>.

TATLI, Hatice Hale; ALTUNIŞIK, Abdullah; GEDIK, Kenan. Microplastic prevalence in Anatolian water frogs (*Pelophylax* spp.). **Journal of Environmental Management**, v. 321, art. 116029, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116029>.

TEAMPANPONG, Jiraporn; DUENGKAE, Prateep. Terrestrial wildlife as indicators of microplastic pollution in western Thailand. **PeerJ**, v. 12, art. e17384, 2024a. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.17384>.

TEAMPANPONG, Jiraporn; DUENGKAE, Prateep. Using feces to indicate plastic pollution in terrestrial vertebrate species in western Thailand. **PeerJ**, v. 12, art. e17596, 2024b. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.17596>.

TITLE, Pascal O. et al. The macroevolutionary singularity of snakes. **Science**, v. 383, n. 6685, p. 918–923, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.adh2449>.

TITLEY, Mark A.; SNADDON, Jake L.; TURNER, Edgar C. Scientific research on animal biodiversity is systematically biased towards vertebrates and temperate regions. **PLOS ONE**, v. 12, n. 12, art. e0189577, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189577>.

TRAN-NGUYEN, Quynh Anh et al. Urban drainage channels as microplastics pollution hotspots in developing areas: a case study in Da Nang, Vietnam. **Marine Pollution Bulletin**, v. 175, art. 113323, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113323>.

WONG, Johnny Kee Hong et al. Microplastics in the freshwater and terrestrial

environments: prevalence, fates, impacts and sustainable solutions. **Science of the Total Environment**, v. 719, art. 137512, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137512>.

YAGHMOUR, Fadi et al. Microplastic Ingestion in Sea Snakes: Insights into Age-Related Exposure and Regional Differences. **Journal of Hazardous Materials: Plastics**, p. 100015, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hazmp.2025.100015>

ZHANG, Ying et al. Global trends and prospects in microplastics research: a bibliometric analysis. **Journal of Hazardous Materials**, v. 400, art. 123110, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123110>.

ZHENG, Xiaobo et al. Transfer of microplastics in terrestrial and aquatic food webs: the impact of e-waste debris and ecological traits. **Environmental Science & Technology**, v. 57, n. 3, p. 1300-1308, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c06473>

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), por meio da concessão de bolsa de doutorado.