

**DESREGULADORES
ENDÓCRINOS COMO
POTENCIAIS INDICADORES
DE CONTAMINAÇÃO
AMBIENTAL: DESAFIOS
ÉTICOS E DE
BIOSSEGURANÇA PARA A
PRESERVAÇÃO DA
AMAZÔNIA BRASILEIRA**

**ENDOCRINE DISRUPTORS AS POTENTIAL INDICATORS OF
ENVIRONMENTAL CONTAMINATION: ETHICAL AND BIOSAFETY
CHALLENGES FOR THE PRESERVATION OF THE BRAZILIAN AMAZON**

Ciências Biológicas, Ciências da Saúde • 28/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/790565264](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/790565264)

Débora Batista Pinheiro de Sousa¹

Isabel Cristina Alves Moreira²

Ana Clara Ribeiro Moraes³

Juarez da Silva Pinto Júnior⁴

Bruno Machado Araújo⁵

Kerlen Jacqueline Nunes Ferreira de Sousa⁶

RESUMO

Os desreguladores endócrinos constituem contaminantes ambientais capazes de interferir em funções hormonais, reprodutivas, metabólicas e comportamentais, representando uma preocupação crescente para a conservação dos ecossistemas e para a saúde ambiental. Diante da complexidade desses contaminantes e da necessidade de aprimorar estratégias de monitoramento, este artigo analisa criticamente vinte trabalhos selecionados sobre desregulação endócrina, contaminação ambiental, biomarcadores e estratégias de controle, discutindo sua aplicabilidade ao monitoramento dos ecossistemas da Amazônia brasileira. Realizou-se revisão bibliográfica qualitativa, exploratória e analítico-descritiva, com leitura individual dos estudos e organização das evidências em matriz comparativa. Foram consideradas autoria, ano, contaminante, matriz, organismo ou população, método, efeito observado, contribuição e limitações. A literatura reúne estudos epidemiológicos, experimentais, ambientais e de revisão, abrangendo pesticidas, hormônios, fármacos, ftalatos, alquilfenóis e metais. Os achados indicam que a detecção química ganha maior valor diagnóstico quando associada a biomarcadores hormonais, comportamentais, genotóxicos e reprodutivos. A principal lacuna está na integração dessas evidências em espécies e ambientes amazônicos. Conclui-se que o biomonitoramento integrado pode fortalecer a vigilância ambiental, desde que observe critérios de ética, biossegurança, precaução e validação de indicadores.

Palavras-chave: Disruptores Endócrinos; Biomonitoramento; Contaminação Ambiental; Biossegurança; Ética ambiental.

ABSTRACT

Endocrine disruptors are environmental contaminants capable of interfering with hormonal, reproductive, metabolic, and behavioral

functions, representing a growing concern for ecosystem conservation and environmental health. Given the complexity of these contaminants and the need to improve monitoring strategies, this article critically analyzes twenty selected studies on endocrine disruption, environmental contamination, biomarkers, and control strategies, discussing their applicability to the monitoring of Brazilian Amazon ecosystems. A qualitative, exploratory, and analytical-descriptive literature review was conducted, involving individual analysis of the studies and organization of the evidence in a comparative matrix. Authorship, year, contaminant, matrix, organism or population, method, observed effect, contribution, and limitations were considered. The literature comprises epidemiological, experimental, environmental, and review studies addressing pesticides, hormones, pharmaceuticals, phthalates, alkylphenols, and metals. The findings indicate that chemical detection gains greater diagnostic value when associated with hormonal, behavioral, genotoxic, and reproductive biomarkers. The main gap lies in the integration of this evidence in Amazonian species and environments. It is concluded that integrated biomonitoring can strengthen environmental surveillance, provided that ethical, biosafety, precautionary, and indicator-validation criteria are observed.

Keywords: endocrine disruptors; biomonitoring; environmental contamination; Brazilian Amazon; biosafety; environmental ethics.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação das atividades humanas ampliou a liberação de substâncias químicas nos ambientes naturais. Pesticidas, fármacos, plastificantes, hormônios sintéticos e metais podem alcançar água, solo e organismos, alterando processos fisiológicos e ecológicos.

Entre esses contaminantes destacam-se os desreguladores endócrinos (DEs), capazes de interferir no sistema hormonal e afetar desenvolvimento, reprodução, metabolismo e comportamento.

A ação dos DEs pode envolver mimetização ou antagonização hormonal, além de alterações na síntese, transporte, metabolismo e eliminação de hormônios. Essa diversidade de mecanismos dificulta a avaliação por uma única abordagem. A complexidade aumenta diante da exposição a baixas concentrações e da ocorrência simultânea de diferentes substâncias. As misturas podem produzir respostas distintas daquelas observadas para contaminantes avaliados isoladamente.

A preocupação ambiental com essas substâncias possui antecedentes históricos. *Primavera Silenciosa* evidenciou impactos dos pesticidas sobre organismos e ecossistemas, enquanto *Nosso Futuro Roubado* ampliou a discussão sobre interferência hormonal (Pulido Capurro *et al.*, 2021). Esse processo histórico contribuiu para ampliar a avaliação dos contaminantes. O foco passou da simples identificação química para a investigação de respostas biológicas capazes de revelar exposição e efeitos nos organismos.

Na literatura brasileira, Martins, Franchini e Figueiredo (2015) discutiram a ocorrência de estradiol, estrona, etinilestradiol e bisfenol A em corpos hídricos e seus possíveis efeitos sobre organismos aquáticos.

Pontelli, Nunes e Oliveira (2016) reuniram evidências sobre DEs presentes em ambientes aquáticos e possíveis associações com obesidade. Os autores destacaram resultados sugestivos, mas também a necessidade de aprofundar os mecanismos envolvidos.

Evidências experimentais reforçam essa complexidade. Santos *et al.* (2016) observaram alterações comportamentais em *Betta splendens* (peixe) expostas a hormônios esteróides, indicando o comportamento como possível indicador precoce de exposição.

Lupepsa *et al.* (2017) avaliaram *Astyanax altiparanae* (peixe) exposto ao 17β -estradiol e analisaram micronúcleos, aberrações cromossômicas e alterações morfológicas nucleares. Esses resultados indicam que a avaliação da contaminação pode ultrapassar a quantificação química. Biomarcadores comportamentais, hormonais e genotóxicos podem complementar a identificação da exposição. Nesse sentido, Schiavini, Cardoso e Rodrigues (2011) discutiram o potencial de organismos bioindicadores na identificação de alterações ambientais associadas aos DEs, destacando a necessidade de selecionar indicadores com respostas biologicamente relevantes.

A questão adquire maior importância na Amazônia brasileira, território marcado por elevada biodiversidade, extensa rede hidrográfica e crescente pressão de atividades urbanas, agrícolas, minerárias e outras formas de ocupação. Evidências produzidas especificamente na região demonstram a ocorrência de contaminantes. Rico *et al.* (2021) identificaram 43 contaminantes urbanos e farmacêuticos em 40 pontos de amostragem na bacia amazônica. Os autores encontraram misturas de até 40 compostos em áreas urbanizadas e estimaram efeitos potenciais de longo prazo sobre espécies aquáticas próximas a essas áreas (Rico *et al.*, 2021).

A contaminação por pesticidas também representa preocupação. Rico *et al.* (2022) identificaram 11 pesticidas em ecossistemas de água doce amazônicos, com destaque para clorpirifós, carbendazim,

diuron, atrazina e terbutilazina. Alguns desses compostos apresentaram riscos ecológicos elevados, evidenciando que a avaliação ambiental amazônica deve considerar tanto a ocorrência individual quanto a exposição a misturas químicas (Rico *et al.*, 2022).

A problemática também envolve metais. Brandão *et al.* (2024) identificaram cádmio, chumbo, mercúrio e cobre entre os metais mais investigados por sua relação com alterações endócrinas. Essas evidências revelam que a contaminação ambiental não deve ser compreendida apenas pela presença de substâncias. É necessário avaliar se a exposição produz respostas biologicamente relevantes e quais consequências podem alcançar os ecossistemas.

Nesse contexto, os DEs podem ser considerados indicadores de pressão ambiental quando sua ocorrência é integrada a biomarcadores capazes de demonstrar exposição ou alteração biológica. Entretanto, os estudos analisados apresentam diferentes desenhos, organismos, contaminantes e contextos geográficos. Essa heterogeneidade limita comparações diretas e evidencia a necessidade de uma síntese crítica voltada às especificidades amazônicas. Além disso, parte da literatura concentra-se em estudos experimentais ou realizados fora da Amazônia. Embora relevantes para compreender mecanismos e métodos, esses resultados não podem ser automaticamente considerados evidências de contaminação dos ecossistemas amazônicos.

Assim, justifica-se a realização de uma revisão que integre evidências sobre ocorrência de DEs, respostas biológicas, biomarcadores e estratégias de monitoramento, relacionando-as às particularidades ambientais da Amazônia brasileira. A relevância do estudo também se relaciona aos desafios éticos e de biossegurança.

O uso de organismos sentinelas deve minimizar impactos sobre a biodiversidade, enquanto a manipulação de contaminantes requer procedimentos seguros de coleta, transporte, análise e descarte. Dessa forma, o problema de pesquisa que orienta esta revisão é: *em que medida os desreguladores endócrinos e as respostas biológicas associadas à exposição podem contribuir para o monitoramento da contaminação ambiental na Amazônia brasileira?*

A partir desse problema, o objetivo geral é analisar criticamente vinte estudos sobre desreguladores endócrinos, identificando contaminantes, matrizes, organismos, métodos, efeitos, contribuições e limitações, e discutir sua aplicabilidade ao biomonitoramento da Amazônia brasileira. Busca-se, especificamente, identificar as principais abordagens utilizadas para detectar DEs e seus efeitos; comparar biomarcadores e bioindicadores empregados nos estudos; reconhecer lacunas na literatura; e discutir desafios éticos e de biossegurança relacionados ao biomonitoramento.

A revisão pretende, portanto, contribuir para a construção de uma base teórica capaz de orientar pesquisas futuras e fortalecer estratégias integradas de vigilância ambiental, conciliando evidências químicas, biológicas e ecológicas para a preservação dos ecossistemas amazônicos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA OU REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Desreguladores Endócrinos e Complexidade Ambiental

Os desreguladores endócrinos (DEs) constituem um grupo diversificado de substâncias capazes de interferir no funcionamento do sistema endócrino. Seus efeitos podem ocorrer por mecanismos

diferentes, como imitação ou bloqueio da ação hormonal e alterações na síntese, no transporte ou no metabolismo dos hormônios. Por isso, sua avaliação não pode ser baseada apenas na concentração de uma substância.

Pulido Capurro *et al.* (2021) discutem a evolução histórica da preocupação ambiental com essas substâncias, enquanto Galván-Soto *et al.* (2025) apresentam a evolução científica do conceito de desregulação endócrina. Essa trajetória mostra que os DEs passaram de uma questão predominantemente toxicológica para um problema que envolve saúde, reprodução, ecologia e políticas ambientais.

Outro desafio é a exposição simultânea a diferentes substâncias. Gómez-Mercado *et al.* (2022) demonstram a possibilidade de identificar ftalatos por biomarcadores urinários, mas também destacam que uma única medida pode não representar toda a exposição ao longo do tempo. Assim, concentração, duração, espécie, estágio de desenvolvimento e misturas devem ser considerados.

2.2. Principais Grupos de Contaminantes

Os 20 estudos abrangem pesticidas, hormônios, fármacos, ftalatos, alquilfenóis, bisfenol A, DDT, HCH e metais. Essa diversidade demonstra que os DEs estão relacionados a diferentes atividades humanas e podem alcançar água, sedimento, alimentos e organismos.

Dutra e Ferreira (2019) relacionaram maior exposição estimada a pesticidas a taxas de malformações congênitas, enquanto Dutra *et al.* (2020) analisaram associações entre uso de agrotóxicos e

mortalidade por câncer. Morales e Rodríguez (2004) discutiram o clorpirifós como possível DE em bovinos, destacando a necessidade de relacionar resíduos e respostas hormonais.

Martins, Franchini e Figueiredo (2015) discutiram estradiol, estrona, etinilestradiol e bisfenol A em corpos hídricos. Cifuentes-Cetina *et al.* (2016) abordaram o levonorgestrel, enquanto Madera-Parra *et al.* (2018) identificaram diferentes fármacos e micropoluentes no ciclo urbano da água.

Gómez-Mercado *et al.* (2022) estudaram ftalatos e Doria Herrera, Peñuela Meza e Valencia (2020) o 4-nonilfenol. Brandão *et al.* (2024) acrescentaram os metais, especialmente cádmio, chumbo, mercúrio e cobre. Portanto, a problemática não está limitada a uma única classe química.

2.3. Efeitos Biológicos e Biomonitoramento

Santos *et al.* (2016) observaram alterações comportamentais em *Betta splendens* expostos a hormônios esteroides. Lupepsa *et al.* (2017) avaliaram *Astyanax altiparanae* exposto ao 17 β -estradiol e identificaram respostas citogenéticas. Esses estudos demonstram que a exposição pode ser investigada por diferentes níveis de resposta.

Schiavini, Cardoso e Rodrigues (2011) ressaltam a importância da seleção de organismos bioindicadores com respostas biologicamente relevantes. Peña-Corona *et al.* (2022) mostram que os efeitos reprodutivos também variam conforme o composto, o sexo e o estágio de desenvolvimento.

2.4. Ocorrência Química, Exposição e Resposta

A literatura permite organizar o biomonitoramento em três níveis: ocorrência do contaminante; exposição e resposta biológica; e possível consequência ecológica ou sanitária. Madera-Parra *et al.* (2018) demonstram ocorrência química, enquanto Santos *et al.* (2016) e Lupepsa *et al.* (2017) demonstram respostas em organismos. São evidências diferentes, mas complementares.

2.5. Contexto Amazônico e Lacuna de Pesquisa

Rico *et al.* (2021) identificaram 43 contaminantes urbanos e farmacêuticos em 40 pontos de amostragem da bacia amazônica, com misturas de até 40 compostos em áreas urbanizadas. Rico *et al.* (2022) identificaram 11 pesticidas em ecossistemas amazônicos de água doce, incluindo clorpirifós, carbendazim, diuron, atrazina e terbutilazina.

Esses resultados demonstram ocorrência de pressão química na região, mas não permitem afirmar, isoladamente, que os contaminantes estejam produzindo efeitos endócrinos ou ecológicos nas populações naturais. A principal lacuna está na integração entre ocorrência, exposição, biomarcadores e consequências ecológicas em espécies e ambientes amazônicos.

3. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica, de abordagem qualitativa, natureza exploratória e caráter analítico-descritivo, desenvolvida mediante levantamento, seleção, leitura e análise crítica de publicações científicas relacionadas aos desreguladores endócrinos (DEs), à contaminação ambiental, aos biomarcadores, à bioética e à biossegurança.

A abordagem bibliográfica foi adotada em razão do objetivo de sistematizar e interpretar criticamente conhecimentos produzidos sobre a ocorrência de DEs, seus efeitos ambientais e biológicos, métodos de identificação e possibilidades de utilização desses contaminantes como indicadores de pressão ambiental.

A literatura científica constituiu o universo documental da pesquisa, sendo os estudos selecionados considerados unidades de análise. Cada publicação foi examinada quanto ao objetivo, delineamento metodológico, contaminante investigado, matriz ambiental ou biológica, organismo ou população, método empregado, efeitos observados, contribuições, limitações e aplicabilidade ao biomonitoramento na Amazônia brasileira.

3.1. Base de Dados e Estratégia de Busca

O levantamento bibliográfico foi realizado na base de dados *Web of Science*, selecionada por sua abrangência multidisciplinar e pela indexação de literatura das áreas ambiental, biológica, toxicológica e de saúde. A busca e a seleção do corpus foram realizadas em agosto de 2026, considerando os registros recuperados para esta pesquisa.

A estratégia de busca inicial foi construída a partir dos conceitos centrais do estudo, utilizando os operadores booleanos OR e AND, com a combinação: ("Disruptores Endócrinos" OR "Endocrine Disrupting Chemicals") AND Bioethics AND "Environmental Contamination" AND Biosafety. Após a recuperação dos registros, foram examinados títulos e resumos e, quando pertinentes, os textos completos. A seleção final considerou também a pertinência aos eixos de biomonitoramento, biomarcadores, bioindicadores, saúde ambiental, detecção e remoção de contaminantes.

O operador OR foi empregado para contemplar denominações em português e inglês relacionadas aos DEs, enquanto AND foi utilizado para articular os conceitos centrais da pesquisa. A triagem posterior foi necessária porque nem todos os registros recuperados apresentavam a mesma profundidade de abordagem em bioética, biossegurança e biomonitoramento.

A busca inicial teve caráter abrangente. Em seguida, os registros foram triados por título e resumo, eliminando-se duplicidades e estudos sem relação suficiente com o problema. Os trabalhos potencialmente pertinentes foram submetidos à leitura integral, e o corpus principal foi definido após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

Os 20 estudos foram selecionados por pertinência temática, diversidade de delineamentos e contribuição para pelo menos um dos eixos da revisão. O número não representa a amostra estatística da produção mundial sobre DEs, mas um corpus documental delimitado para leitura integral e comparação crítica.

3.2. Critérios de Inclusão

Foram considerados elegíveis os estudos que apresentassem relação com os seguintes aspectos:

- a. desreguladores endócrinos e seus mecanismos ou possíveis efeitos;
- b. ocorrência ou exposição ambiental a contaminantes com atividade endócrina;

- c. efeitos hormonais, reprodutivos, comportamentais, genotóxicos, metabólicos ou neurológicos;
- d. utilização de biomarcadores ou bioindicadores;
- e. identificação ou quantificação de contaminantes em matrizes ambientais ou biológicas;
- f. métodos de detecção, tratamento ou remoção de contaminantes;
- g. relações entre contaminantes ambientais e saúde humana;
- h. aspectos relacionados à bioética na utilização de organismos, populações ou recursos ambientais;
- i. aspectos de biossegurança relacionados à coleta, manipulação, análise ou monitoramento de contaminantes;
- j. contribuições metodológicas ou conceituais aplicáveis ao biomonitoramento ambiental.

Foram priorizados estudos publicados nos dez anos anteriores ao período da busca. Excepcionalmente, foram mantidas publicações anteriores quando consideradas essenciais ao desenvolvimento conceitual do tema ou diretamente relevantes à discussão de bioindicadores e contaminantes específicos. Essas exceções são explicitadas na análise do corpus.

A localização geográfica não foi utilizada isoladamente como critério de exclusão. Estudos realizados em outros países ou regiões foram considerados quando apresentaram contribuição científica,

metodológica ou comparativa para a compreensão dos DEs e sua possível aplicação ao contexto amazônico.

3.3. Critérios de Exclusão

Foram excluídos estudos que não apresentassem relação suficientemente direta com o problema de pesquisa ou que não contribuíssem para os objetivos estabelecidos.

Também foram excluídos:

- a. registros duplicados;
- b. publicações sem relação com desreguladores endócrinos ou contaminantes de interesse;
- c. estudos que não apresentassem informações suficientes sobre seus procedimentos ou resultados;
- d. trabalhos sem contribuição identificável para contaminação ambiental, efeitos biológicos, biomonitoramento, bioética ou biossegurança;
- e. documentos que não permitissem análise crítica adequada do fenômeno investigado.

A exclusão não foi determinada exclusivamente pela localização geográfica dos estudos. Publicações internacionais e latino-americanas foram mantidas quando apresentaram evidências relevantes para a fundamentação teórica ou metodológica da revisão.

3.4. Constituição do Corpus Documental

Após o processo de busca e seleção, o corpus principal foi constituído por 20 artigos científicos, submetidos à leitura integral e análise crítica. Além desse corpus, foram utilizadas publicações complementares especificamente voltadas à Amazônia brasileira para contextualização territorial e atualização das evidências regionais. Essas fontes complementares não foram contabilizadas entre os 20 estudos da Tabela 1.

O corpus foi composto por publicações que abordam diferentes dimensões dos DEs, incluindo saúde ambiental, microcontaminantes em água, pesticidas, agrotóxicos, obesidade, comportamento de peixes, contaminantes em alimentos, ftalatos, metais, reprodução, arsênio e mercúrio, tratamento de água, bioindicadores, 4-nonilfenol, genotoxicidade, levonorgestrel e exposição a hormônios.

3.4.1. Justificativa da Delimitação em 20 Artigos

A delimitação do corpus em 20 artigos foi adotada para possibilitar leitura integral, análise individualizada e comparação sistemática dos estudos selecionados.

A opção não significa que os 20 trabalhos representam toda a produção científica sobre DEs. O conjunto corresponde ao corpus definido para esta revisão, selecionado por sua pertinência ao problema de pesquisa e pela diversidade de abordagens necessárias à construção da análise.

A delimitação também permitiu trabalhar com estudos de diferentes naturezas, evitando que a revisão fosse restrita a uma

única perspectiva. O corpus contempla investigações ambientais, experimentais, epidemiológicas, revisões e estudos relacionados à detecção, quantificação, biomonitoramento e remoção de contaminantes.

Essa composição foi considerada adequada ao objetivo de compreender os DEs não apenas como contaminantes químicos, mas como elementos capazes de produzir respostas biológicas e de subsidiar estratégias de monitoramento ambiental.

3.5. Matriz de Análise dos Estudos

Após a definição do corpus, cada artigo foi submetido à leitura analítica. As informações foram organizadas em uma matriz comparativa, posteriormente utilizada para elaboração da tabela de síntese apresentada nos resultados.

Foram consideradas as seguintes categorias:

- a. identificação bibliográfica: autores, ano, título e periódico;
- b. objetivo do estudo;
- c. delineamento metodológico;
- d. contaminante ou grupo de contaminantes;
- e. matriz ambiental ou biológica;
- f. organismo ou população estudada;
- g. método ou técnica analítica;

h. resposta ou efeito observado;

i. contribuição para o biomonitoramento;

j. aplicabilidade ao contexto da Amazônia brasileira;

k. limitações metodológicas e lacunas.

A matriz permitiu comparar estudos com diferentes desenhos metodológicos sem reduzir as evidências a uma única variável.

3.6. Procedimentos de Análise

A análise foi realizada em três etapas.

A primeira, denominada análise descritiva, caracterizou os estudos quanto aos contaminantes, organismos, matrizes, métodos, períodos e principais resultados.

A segunda, denominada análise temática, agrupou as evidências em cinco eixos: contaminação ambiental; efeitos endócrinos e reprodutivos; biomarcadores e bioindicadores; detecção, tratamento e remoção; e aspectos éticos e de biossegurança.

A terceira, denominada análise comparativa e crítica, confrontou os resultados dos diferentes estudos, buscando identificar convergências, divergências, limitações e lacunas.

Essa última etapa permitiu ultrapassar a descrição individual dos artigos e estabelecer relações entre ocorrência química, exposição, resposta biológica e possíveis consequências ambientais.

3.7. Níveis de Evidência

Para orientar a interpretação, os estudos foram organizados em três níveis:

Nível 1 – ocorrência: identificação ou quantificação do contaminante em matriz ambiental ou biológica;

Nível 2 – exposição e resposta: identificação de alterações em organismos ou populações associadas à exposição;

Nível 3 – consequência ecológica ou sanitária: evidências ou associações entre exposição e alterações reprodutivas, populacionais, ecológicas ou relacionadas à saúde.

A classificação permitiu diferenciar presença, exposição e efeito, evitando que a simples detecção química fosse interpretada como demonstração automática de dano ambiental.

3.8. Recorte Territorial: Amazônia Brasileira

Após a análise individual dos 20 artigos, os resultados foram interpretados à luz das características da Amazônia brasileira, estabelecida como recorte territorial do artigo.

Os estudos realizados fora da Amazônia foram utilizados como base comparativa e metodológica, não sendo apresentados como evidências diretas da ocorrência ou dos efeitos dos DEs na região.

Os estudos amazônicos, por sua vez, foram utilizados para estabelecer a conexão territorial entre a literatura analisada e a realidade ambiental brasileira.

Essa distinção foi necessária para evitar extrapolações indevidas, uma vez que diferenças entre espécies, condições ambientais, concentrações, vias de exposição e características socioambientais podem modificar as respostas aos contaminantes.

3.9. Fontes Complementares para o Recorte Amazônico

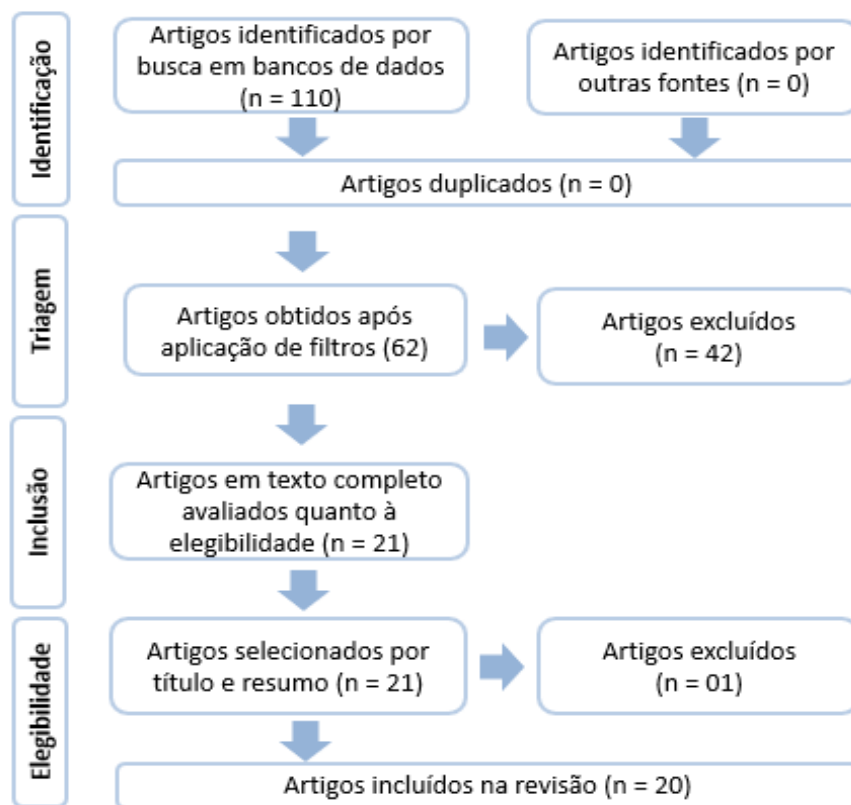
Para evitar que estudos externos ao corpus principal fossem apresentados como evidências diretas da Amazônia brasileira, foram utilizadas, de modo complementar, duas publicações específicas sobre a região: Rico *et al.* (2021), sobre contaminantes urbanos e farmacêuticos, e Rico *et al.* (2022), sobre pesticidas em ambientes de água doce. Essas fontes foram empregadas exclusivamente para contextualização territorial, comparação e sustentação da discussão amazônica, não compondo o conjunto dos 20 estudos analisados na matriz.

3.10. Síntese do Percurso Metodológico

O percurso metodológico adotado pode ser representado pela seguinte sequência: Web of Science → estratégia de busca → identificação dos estudos → aplicação dos critérios de inclusão e exclusão → seleção do corpus de 20 artigos → leitura integral → matriz de análise → análise descritiva → análise temática → análise comparativa → identificação das lacunas → interpretação da aplicabilidade à Amazônia brasileira.

Esse procedimento permitiu desenvolver uma revisão bibliográfica qualitativa e crítica, articulando contaminação ambiental, exposição, respostas biológicas, biomarcadores, bioindicadores, saúde, ética e biossegurança.

Figura 1. Visão geral esquemática da revisão de desreguladores endócrinos como potenciais indicadores de contaminação ambiental



Fonte: elaborado pelos autores (2026), com base nos 20 estudos selecionados na Web of Science

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES OU ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos estudos selecionados permitiu identificar diferentes contaminantes, abordagens metodológicas e respostas biológicas associadas à desregulação endócrina. Nesta seção, os resultados são apresentados de forma comparativa e crítica, buscando evidenciar convergências, limitações e lacunas da literatura, com atenção à aplicabilidade das evidências ao biomonitoramento da Amazônia brasileira.

4.1. Caracterização dos 20 Estudos Analisados

A análise dos 20 artigos demonstra que os desreguladores endócrinos constituem um problema ambiental amplo e multidimensional. O corpus reúne estudos ambientais, experimentais, epidemiológicos e de revisão, abrangendo pesticidas, hormônios, fármacos, ftalatos, alquilfenóis, bisfenol A, DDT, HCH e metais.

Os estudos também utilizaram diferentes matrizes, como água, sedimentos, leite, urina, organismos aquáticos e dados populacionais. Essa diversidade permitiu investigar o problema em diferentes níveis: identificação do contaminante, exposição, resposta biológica e possíveis consequências ambientais ou sanitárias.

A Tabela 1 apresenta a síntese dos 20 estudos e sua principal contribuição para a revisão.

Tabela 1. Síntese dos 20 estudos selecionados e sua contribuição para a revisão

Nº	Estudo	Ano	Tema/contaminante	Abordagem	Principal contribuição para a revisão
1	Martins et al. – Disruptores endócrinos, transtornos	2023	Agrotóxicos e DEs	Revisão/estudo documental	Relação exposição ambiental a DEs e possíveis repercussões

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em:

<https://revistatopicos.com.br/artigos/desreguladores-endocri- nos-como-potenciais->

Fonte: elaborado pelos autores (2026), com base nos 20 estudos selecionados na Web of Science

4.2. Principais Contaminantes Identificados

Os pesticidas aparecem entre os contaminantes mais recorrentes. Dutra e Ferreira (2019) identificaram associação entre maior exposição estimada a pesticidas e taxas de malformações congênitas. Dutra *et al.* (2020) analisaram o uso de agrotóxicos e a mortalidade por câncer em regiões de monocultura. Morales e Rodríguez (2004) discutiram o clorpirifós como possível desregulador endócrino em bovinos.

Esses estudos apresentam perspectivas diferentes. Um trabalha com saúde reprodutiva, outro com dados populacionais e outro com um pesticida específico. Juntos, mostram que os pesticidas podem ser analisados como contaminantes ambientais, fontes de exposição e possíveis agentes associados a alterações biológicas.

Hormônios e fármacos também foram recorrentes. Martins, Franchini e Figueiredo (2015) discutiram estradiol, estrona, etinilestradiol e bisfenol A em corpos hídricos. Cifuentes-Cetina *et al.* (2016) abordaram o levonorgestrel, e Madera-Parra *et al.* (2018) demonstraram a ocorrência de diversos micropoluentes no ciclo urbano da água.

Gómez-Mercado *et al.* (2022) acrescentaram os ftalatos e Doria Herrera, Peñuela Meza e Valencia (2020) o 4-nonilfenol. Brandão *et al.* (2024) acrescentaram os metais. Portanto, o corpus demonstra

que a problemática é diversificada e não está limitada a uma única classe química.

4.3. Diversidade de Efeitos Biológicos

Uma das principais conclusões da comparação dos estudos é a diversidade das respostas associadas aos DEs. Foram encontradas alterações comportamentais, citogenéticas, reprodutivas, metabólicas, hormonais e possíveis repercussões sobre a saúde humana.

Santos et al. (2016) observaram alterações comportamentais em *Betta splendens* expostos a hormônios esteroides. Os peixes expostos ao 17β -estradiol apresentaram maior frequência de repouso e inatividade, redução de comportamentos agressivos e ocorrência de natação errática. O resultado demonstra que o comportamento pode ser uma resposta mensurável à exposição.

Lupepsa *et al.* (2017) avaliaram *Astyanax altiparanae* exposto ao 17β -estradiol e investigaram micronúcleos, aberrações cromossômicas e alterações morfológicas nucleares. O estudo amplia a análise para o nível celular e demonstra a possibilidade de utilizar biomarcadores citogenéticos.

A comparação desses dois trabalhos é importante: Santos *et al.* (2016) mostram uma resposta comportamental, enquanto Lupepsa *et al.* (2017) investigam alterações celulares. Entretanto, nenhum dos dois estudos, isoladamente, demonstra dano populacional ou ecológico.

4.4. Reprodução, Saúde e Exposição Humana

Peña-Corona *et al.* (2022) identificaram efeitos reprodutivos associados a DEs em ruminantes e demonstraram que as respostas dependem do contaminante, do sexo e do estágio de desenvolvimento. Isso mostra que a avaliação de risco deve considerar períodos de maior vulnerabilidade.

Na saúde humana, Dutra e Ferreira (2019) relacionaram exposição estimada a pesticidas e malformações congênitas, enquanto Dutra *et al.* (2020) analisaram associações entre agrotóxicos e mortalidade por câncer. Martins *et al.* (2023) ampliaram o debate ao discutir possíveis relações entre DEs e depressão, transtornos mentais e sofrimento psíquico.

Esses resultados mostram que os possíveis efeitos dos DEs não estão limitados ao sistema reprodutivo. Entretanto, associações epidemiológicas ou ecológicas não devem ser interpretadas automaticamente como relações causais individuais.

4.5. Biomarcadores e Bioindicadores

Schiavini, Cardoso e Rodrigues (2011) discutem o potencial de organismos bioindicadores, enquanto Santos *et al.* (2016), Lupepsa *et al.* (2017) e Gómez-Mercado *et al.* (2022) apresentam exemplos de respostas comportamentais, citogenéticas e biomarcadores de exposição.

A principal vantagem dessa integração é permitir uma interpretação mais completa. A concentração química demonstra ocorrência ou exposição potencial; o biomarcador demonstra uma resposta do organismo; e indicadores ecológicos podem mostrar consequências em níveis superiores.

Assim, a análise química não deve ser abandonada, mas complementada por respostas biológicas. A evidência se torna mais consistente quando diferentes níveis de informação apontam para a mesma direção.

4.6. Misturas de Contaminantes e Complexidade Ambiental

Madera-Parra *et al.* (2018) identificaram diferentes grupos de micropoluentes no ciclo urbano da água. Os autores encontraram 43 contaminantes urbanos e farmacêuticos em 40 pontos de amostragem da bacia amazônica e misturas de até 40 compostos em áreas urbanizadas.

Rico *et al.* (2022) também identificaram 11 pesticidas em ecossistemas amazônicos de água doce. Esses resultados mostram que a exposição ambiental real pode envolver várias substâncias simultaneamente.

Essa realidade cria uma diferença entre laboratório e ambiente natural. Estudos experimentais são importantes para identificar mecanismos, mas frequentemente trabalham com condições controladas. No ambiente, os organismos podem estar expostos a diferentes contaminantes ao mesmo tempo.

4.7. Limitações dos Estudos Analisados

Os estudos experimentais apresentam como principal limitação a utilização de condições controladas. Isso favorece a identificação de respostas específicas, mas não reproduz completamente as variações ambientais encontradas na natureza.

Os estudos epidemiológicos apresentam dificuldades para medir a exposição individual. Dutra *et al.* (2020), por exemplo, trabalharam com dados agregados de consumo de agrotóxicos e mortalidade. Gómez-Mercado *et al.* (2022) demonstraram que uma única amostra de urina pode não representar adequadamente a exposição ao longo do tempo.

Outra limitação é a heterogeneidade do corpus. Os 20 artigos apresentam diferentes organismos, matrizes, contaminantes, períodos e metodologias. A comparação deve, portanto, considerar o tipo de evidência produzido por cada estudo.

4.8. O Que a Literatura Permite Afirmar Sobre a Amazônia

Os estudos especificamente amazônicos demonstram ocorrência de diferentes contaminantes. Rico *et al.* (2021) identificaram contaminantes urbanos e farmacêuticos, enquanto Rico *et al.* (2022) registraram diferentes pesticidas em ecossistemas de água doce.

Por outro lado, os estudos experimentais demonstram que determinados contaminantes podem produzir respostas comportamentais, citogenéticas, reprodutivas e metabólicas. A principal dificuldade está em conectar essas duas evidências no mesmo sistema amazônico.

Assim, os resultados não permitem afirmar que todos os efeitos identificados em outros contextos já estejam ocorrendo nas populações naturais da Amazônia. Permitem afirmar que existem contaminantes na região e que a literatura oferece métodos e indicadores para investigar possíveis efeitos.

4.9. GAP Científico e Proposta de Integração

A principal lacuna identificada pela revisão não é a ausência de estudos sobre DEs, mas a fragmentação das evidências. Existem pesquisas sobre ocorrência química, exposição, efeitos biológicos, saúde humana, biomarcadores e tratamento, porém são menos frequentes os estudos que integram essas etapas em um mesmo sistema amazônico.

O GAP pode ser sintetizado como a insuficiente integração entre fonte de contaminação, ocorrência química, exposição, biomarcadores, resposta biológica e consequência ecológica em espécies e ambientes específicos da Amazônia brasileira.

A partir dos resultados, propõe-se uma estrutura de biomonitoramento em três níveis: análise química para identificar contaminantes; biomarcadores para investigar exposição e resposta; e indicadores ecológicos para avaliar possíveis consequências sobre reprodução, sobrevivência, abundância e estrutura das comunidades.

4.10. Implicações Éticas e de Biossegurança

A utilização de organismos como bioindicadores envolve uma dimensão ética que deve ser considerada desde o planejamento da pesquisa. O organismo utilizado não deve ser tratado apenas como instrumento de medição, mas como parte de um sistema ecológico que pode ser afetado pela coleta, contenção, transporte e experimentação.

No caso de peixes e outros organismos aquáticos, a escolha da espécie deve considerar abundância, distribuição, importância ecológica, sensibilidade ao contaminante e possibilidade de reposição da população. Sempre que houver alternativa

metodológica adequada, deve-se evitar a utilização de espécies raras, ameaçadas ou de elevada importância para a conservação.

Essa preocupação está alinhada aos princípios dos 3Rs — substituição, redução e refinamento — adotados pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). O planejamento de pesquisas com animais deve justificar sua necessidade, dimensionar o número de indivíduos e reduzir sofrimento e estresse (BRASIL, 2023).

Nesse sentido, a escolha de um bioindicador não deve considerar apenas sua capacidade de acumular contaminantes. É necessário avaliar se sua utilização produzirá um benefício científico proporcional ao impacto causado pela captura ou experimentação. Essa análise fortalece a relação entre validade científica, responsabilidade ética e conservação ambiental.

A ética também se relaciona à representatividade dos resultados. A retirada de organismos de determinada área para fins de pesquisa deve ser planejada de modo a não alterar significativamente as populações locais. Em ambientes de elevada biodiversidade, como a Amazônia brasileira, essa preocupação é particularmente importante.

Outro aspecto envolve a autorização e a rastreabilidade das atividades de campo. A captura, marcação, coleta e transporte de fauna silvestre, bem como a manutenção temporária de espécimes, devem observar as exigências do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBio) e da regulamentação aplicável (ICMBIO, 2024).

A biossegurança constitui o segundo eixo dessa discussão. Em estudos com desreguladores endócrinos, os riscos não estão relacionados somente aos organismos utilizados, mas também às substâncias químicas, amostras ambientais e resíduos gerados durante a pesquisa.

Água, sedimentos, tecidos de organismos e outras matrizes podem conter misturas de contaminantes. Dessa forma, coleta, transporte, armazenamento, preparação das amostras e análises laboratoriais devem ser planejados para reduzir a exposição dos pesquisadores e impedir a dispersão dos contaminantes para outros ambientes.

Esse cuidado é especialmente relevante quando o estudo envolve pesticidas, metais, hormônios ou outros contaminantes capazes de permanecer nas matrizes ambientais. O material coletado não deve retornar ao ambiente de forma inadequada após sua utilização experimental.

A biossegurança também exige capacitação da equipe, equipamentos adequados, procedimentos padronizados, identificação dos riscos, armazenamento seguro das amostras e destinação apropriada dos resíduos. Assim, não se trata apenas de proteger o pesquisador, mas também de evitar que a própria pesquisa produza uma nova fonte de contaminação.

Outro ponto importante é a relação entre biossegurança e qualidade científica. Procedimentos inadequados podem provocar contaminação cruzada entre amostras, alterar os resultados analíticos e comprometer a interpretação dos biomarcadores. Portanto, medidas de segurança também contribuem para a confiabilidade dos dados produzidos.

No contexto amazônico, essas questões tornam-se ainda mais relevantes porque o biomonitoramento pode ocorrer em áreas remotas, comunidades ribeirinhas, unidades de conservação e locais submetidos a diferentes pressões antrópicas. O planejamento deve considerar não apenas o organismo e o contaminante, mas também as características do território e das populações humanas envolvidas.

Quando a pesquisa envolver comunidades tradicionais ou conhecimentos associados à biodiversidade, devem ser observadas as regras brasileiras sobre acesso ao patrimônio genético e ao conhecimento tradicional associado, incluindo os procedimentos de consentimento prévio informado quando aplicáveis (BRASIL, 2015).

Dessa forma, ética e biossegurança devem ser compreendidas como componentes estruturais do biomonitoramento, e não como etapas posteriores à coleta. Um programa ambientalmente responsável precisa responder simultaneamente a três perguntas: *o indicador é cientificamente adequado? seu uso causa impacto aceitável? e os procedimentos protegem pesquisadores, comunidades, organismos e ambiente?*

Essa perspectiva amplia a proposta de utilização dos DEs como indicadores ambientais. O objetivo não deve ser simplesmente aumentar a quantidade de organismos coletados ou de análises realizadas, mas produzir evidências confiáveis com o menor impacto possível sobre os sistemas naturais.

Para a Amazônia brasileira, portanto, recomenda-se priorizar estratégias que combinem monitoramento químico, biomarcadores e indicadores ecológicos, utilizando métodos não destrutivos ou de menor impacto sempre que cientificamente válidos. Essa

abordagem aproxima o biomonitoramento dos princípios de precaução, conservação da biodiversidade, responsabilidade científica e justiça ambiental.

4.11. Perspectivas para Pesquisas Futuras

A lacuna identificada indica a necessidade de estudos que integrem ocorrência química, exposição, biomarcadores e respostas ecológicas em ambientes amazônicos. Pesquisas futuras devem priorizar desenhos longitudinais e amostragens em períodos hidrológicos distintos.

Também se recomenda avaliar misturas de contaminantes, especialmente em áreas urbanas, agrícolas e sob influência de mineração. A combinação entre métodos analíticos, biomarcadores e indicadores ecológicos pode produzir evidências mais robustas do que a análise isolada de concentrações.

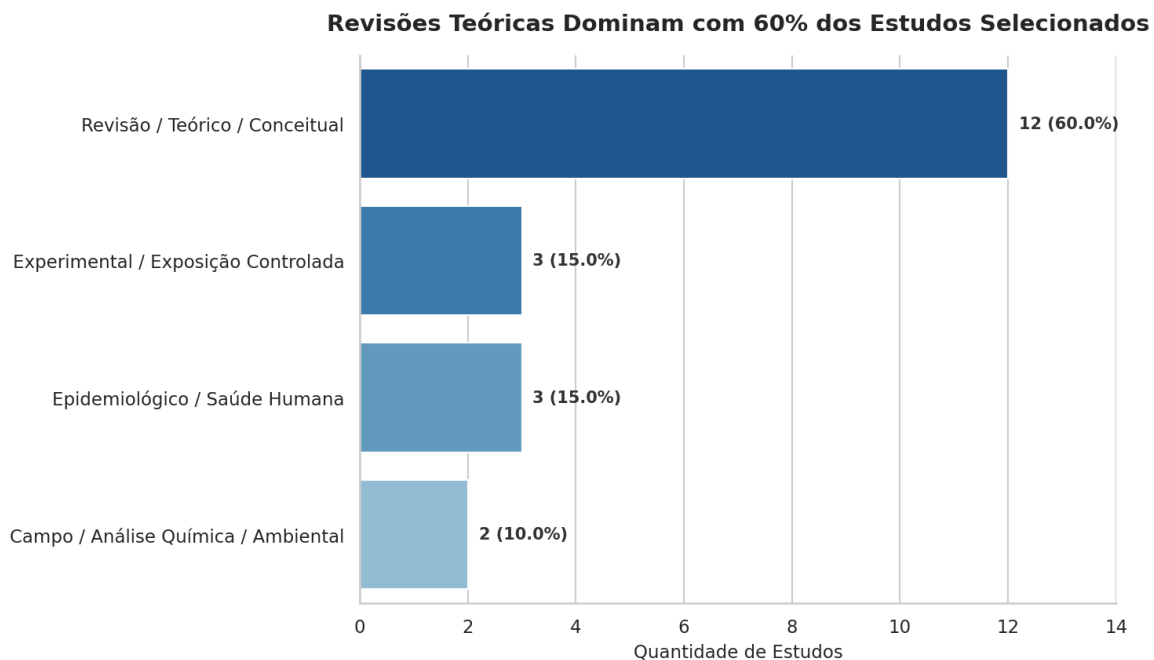
Outra frente necessária é a validação de espécies sentinelas nativas, considerando sensibilidade, distribuição, importância ecológica e viabilidade ética. Métodos não destrutivos ou de menor impacto devem ser priorizados quando apresentarem validade científica.

Por fim, estudos futuros devem incorporar dimensões sociais e territoriais, incluindo exposição de populações dependentes dos recursos hídricos, além de protocolos de ética, biossegurança, rastreabilidade das amostras e padronização dos biomarcadores.

Nota-se que houve um interesse recente sobre o tema na última década, mas em contrapartida a produção científica permanece de forma teórica (60%) com produções que permanecem concentradas em revisões teóricas, focadas em contaminantes agrícolas e urbanos

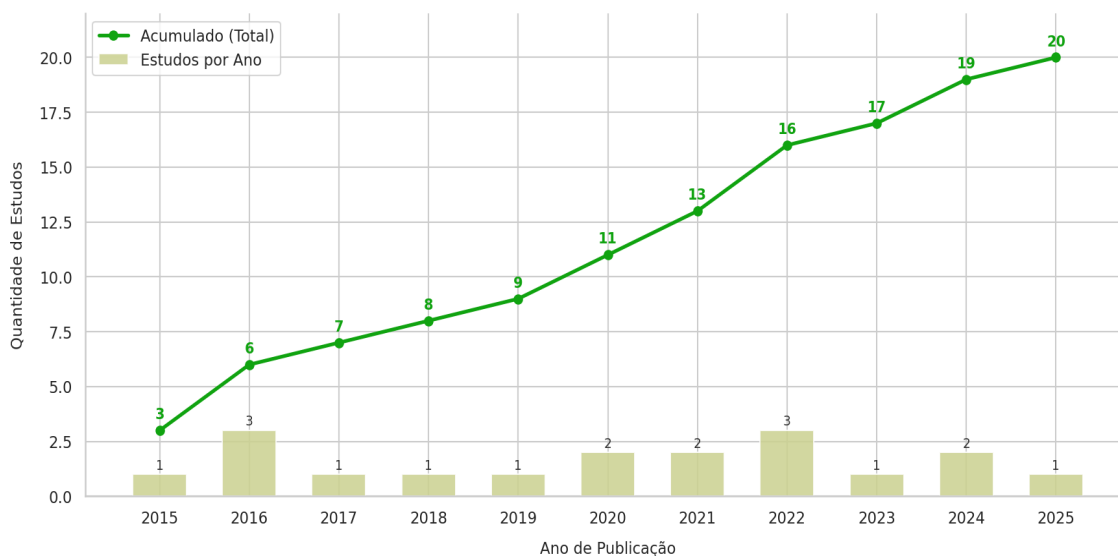
(60% do total de estudos), os estudos de campo para esta temática representam apenas 10% do total de estudos de biomonitoramento. Este fator seria crucial para entender os efeitos reais dessas substâncias em ambientes complexos.

Figura 2. Revisões teóricas prevalecem 60% a mais do que outras modalidades de estudo



Fonte: elaborado pelos autores (2026), com base nos 20 estudos selecionados na Web of Science

Figura 3. Evolução recente das Publicações: Estudos nos últimos 10 anos (2015 a 2025)



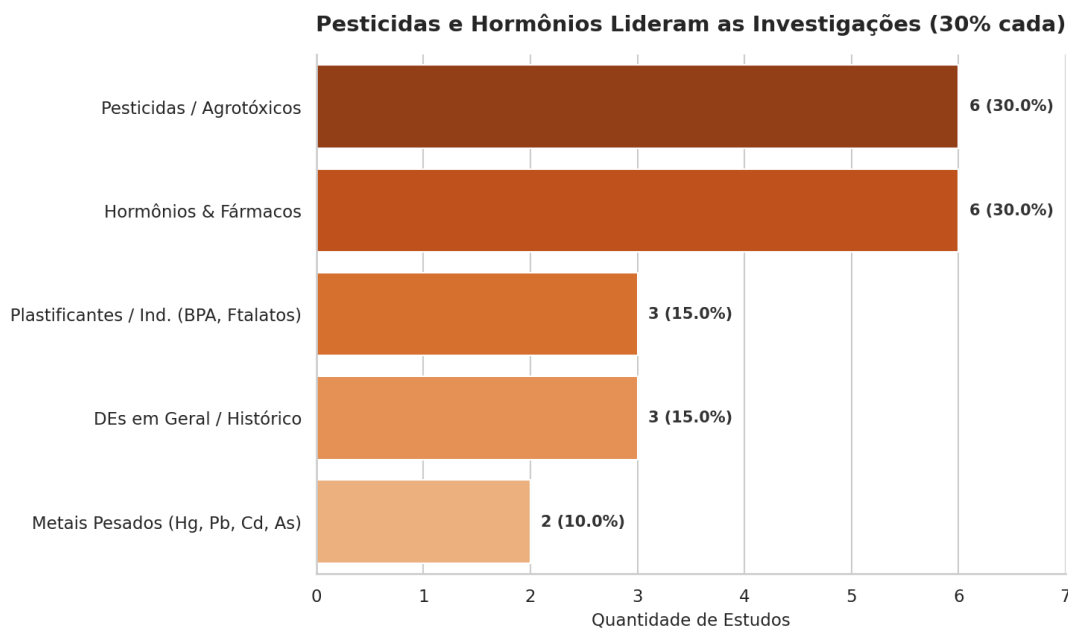
Fonte: elaborado pelos autores (2026), com base nos 20 estudos selecionados na Web of Science

4.12. Síntese dos Resultados

A comparação dos 20 estudos permite identificar quatro convergências principais: múltiplas fontes de exposição; diversidade de respostas biológicas; importância dos biomarcadores e bioindicadores; e ocorrência de misturas de contaminantes.

Também foram identificadas limitações relacionadas à distância entre condições experimentais e ambientes naturais, às dificuldades de medir exposições individuais e à escassez de estudos que integrem contaminantes, respostas biológicas e consequências ecológicas na Amazônia.

Figura 4. Estratificação dos temas/contaminantes do estudo (2015 a 2025)



Fonte: elaborado pelos autores (2026), com base nos 20 estudos selecionados na Web of Science

Dessa forma, os DEs apresentam potencial para contribuir com o biomonitoramento ambiental, mas seu valor como indicador aumenta quando sua ocorrência é associada a respostas biológicas mensuráveis e, posteriormente, a indicadores ecológicos.

5. CONCLUSÃO

A análise dos vinte estudos permite concluir que os desreguladores endócrinos constituem um grupo diversificado de contaminantes com potencial para interferir em processos hormonais, reprodutivos, comportamentais, genotóxicos e metabólicos. A revisão também demonstra que diferentes classes químicas e matrizes exigem estratégias complementares de avaliação.

Os objetivos foram atendidos ao identificar contaminantes, matrizes, métodos, biomarcadores, bioindicadores e limitações da literatura. A principal contribuição da síntese é demonstrar que a detecção química, isoladamente, informa ocorrência ou exposição potencial, mas ganha valor para o biomonitoramento quando associada a respostas biológicas e indicadores ecológicos.

Para a Amazônia brasileira, as fontes complementares utilizadas demonstram ocorrência de contaminantes urbanos, farmacêuticos e pesticidas. Entretanto, permanecem limitados os estudos que relacionam diretamente ocorrência química, biomarcadores e consequências ecológicas em espécies nativas. Essa é a principal lacuna científica identificada.

Conclui-se que o biomonitoramento da Amazônia brasileira pode ser fortalecido pela integração entre análise química, biomarcadores e indicadores ecológicos, acompanhada de validação específica para as espécies e condições ambientais da região. A principal contribuição proposta é um modelo interpretativo que conecta fonte de contaminação, ocorrência, exposição, resposta biológica e possível consequência ecológica. Sua aplicação deve observar ética, biossegurança, precaução, rastreabilidade e conservação da biodiversidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANDÃO, Lorena Neves; SALES, Diego da Silva; NUNES, Camila Henriques; SALES, Camila Mendonça Romero; CHAVES, Gustavo de Carvalho. Metais pesados como disruptores endócrinos. *Revista de Gestão e Secretariado*, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 1342-1357, 2024. DOI: 10.7769/gesec.v15i1.3425.

BRASIL. Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Guia brasileiro de produção, manutenção ou utilização de animais em atividades de ensino ou pesquisa científica. Brasília, DF: MCTI, 2023.

BRASIL. Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015. Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao

conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios. Brasília, DF, 2015.

CIFUENTES CETINA, Angie Rocío; AVILA VIATELA, Joahan Katherine; RODRÍGUEZ MIRANDA, Juan Pablo. Remoción de sustancias disruptoras endocrinas “levonorgestrel” en fuentes hídricas. Revista Logos, Ciencia & Tecnología, Bogotá, v. 8, n. 1, p. 183-197, 2016. DOI: 10.22335/rlct.v8i1.305.

DORIA, Gloria Maria; PEÑUELA, Gustavo Antonio; VALENCIA URIBE, Gloria Cristina. 4-nonilfenol: efectos, cuantificación y métodos de remoción en aguas superficiales y potables. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, Bogotá, v. 11, n. 1, p. 117-132, 2020. DOI: 10.22490/21456453.3235.

DUTRA, Lidiane Silva; FERREIRA, Aldo Pacheco; HORTA, Marco Aurélio Pereira; REIS JUNIOR, Paulo Roberto Palhares. Uso de agrotóxicos e mortalidade por câncer em regiões de monoculturas. Saúde em Debate, Rio de Janeiro, v. 44, n. 127, p. 1018-1035, 2020. DOI: 10.1590/0103-1104202012706.

DUTRA, Lidiane Silva; FERREIRA, Aldo Pacheco. Identificación de malformaciones congénitas asociadas a plaguicidas disruptores endocrinos en estados brasileños productores de granos. Revista Gerencia y Políticas de Salud, Bogotá, v. 18, n. 36, p. 1-19, 2019. DOI: 10.11144/Javeriana.rgps18-36.imcp.

FARIAS, Rhuan Gabriel Cesario; ROSINKE, Patrícia. Transposição didática de método de tratamento de água com carvão ativado para separação de estradiol. Revista Insignare Scientia, v. 7, n. 1, 2024.

GALVÁN-SOTO, Luz Cecilia; CUEVAS-CRUZ, Maritza; GASCA-PESTAÑAS, Luis Enrique; GUERRERO-MEZA, Fernando Manuel; SOLÍS-SÁINZ, Juan Carlos; SÁNCHEZ-TUSIE, Ana Alicia; HERNÁNDEZ-PUGA, Ana Gabriela. Del pasado al presente: una perspectiva histórica del impacto de los disruptores endocrinos en la salud y el medio ambiente. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, v. 28, e. 2025.771, 2025. DOI: 10.22201/fesz.23958723e.2025.771.

GÓMEZ-MERCADO, Carlos Alberto; ESCOBAR, Natalia; GONZÁLEZ, María C.; LINCE, Manuela; VÁSQUEZ, María C.; ARANGO-ALZATE, Catalina María; SEGURA-CARDONA, Angela M.; MEJÍA-SANDOBAL, Gregory; BARRAZA-VILLAREAL, Albino. Exposición intrauterina a disruptores endocrinos (ftalatos): fuentes de exposición y cuantificación de metabolitos urinarios. *Universidad y Salud*, v. 24, n. 3, p. 235-247, 2022. DOI: 10.22267/rus.222403.278.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Coleta e transporte de material biológico. Brasília, DF, 2024.

LUPEPSA, Luara; PRIZON, Ana Camila; CIUS, Andréa; RANUCCI, Leandro; LEMOS, Layon Zafra; GAZOLLA, Camila Borges; BARBIERI, Pablo Américo; MELO, Rafael Fernando de; OLIVA, Júlio Henrique; CARVALHO, Luciana Andréia Borin; CASTRO, Ana Luiza de Brito Portela. Avaliação do potencial genotóxico em espécimes de *Astyanax altiparanae* (Pisces, Characidae) submetidos ao hormônio 17 β -estradiol. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 38, n. 1 supl., p. 103, 2017. DOI: 10.5433/1679-0367.2017v38n1suplp103.

MADERA-PARRA, Carlos A.; JIMÉNEZ-BAMBAGUE, Eliana M.; TORO-VÉLEZ, Andrés F.; LARA-BORRERO, Jaime A.; BEDOYA-RÍOS, Diego

F.; DUQUE-PARDO, Verónica. Estudio exploratorio de la presencia de microcontaminantes en el ciclo urbano del agua en Colombia: caso de estudio Santiago de Cali. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, v. 34, n. 3, p. 475-487, 2018. DOI: 10.20937/RICA.2018.34.03.10.

MARTINS, Claudio Hansel; BOLOGNANI, Fábio de Almeida; LOPES, Josiane Bentes; PYRRHO, Alexandre dos Santos; SILVA, Jaqueline da; VARRICCHIO, Marcia Cristina Braga Nunes. Disruptores endócrinos, transtornos mentais: estratégias em saúde ambiental. *Revista Foco*, v. 16, n. 8, e2861, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n8-088.

MARTINS, H.; FRANCHINI, S. E.; FIGUEIREDO, C. A. C. de. Disruptores endócrinos e hormônios sexuais: os danos causados pela exposição a esses contaminantes. *Visão Acadêmica*, Curitiba, v. 16, n. 2, p. 175-186, 2015.

MORALES, Carlos; RODRÍGUEZ, Nélida. El Clorpirifos: posible disruptor endocrino en bovinos de leche. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, Medellín, v. 17, n. 3, p. 255-266, 2004.

PARDÍO SEDAS, Violeta Trinidad; LÓPEZ HERNÁNDEZ, Karla María; FLORES PRIMO, Argel; USCANGA SERRANO, Roxana. Efecto de la pasteurización en la concentración de diclorodifeniltricloroetano (DDT) y hexaclorociclohexano (HCH) en leche de bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, v. 12, n. 2, p. 318-333, 2021. DOI: 10.22319/rmcp.v12i2.5483.

PEDRAZA, Mary Luz; ESPINOSA-RAMÍREZ, Adriana Janneth. El legado del arsénico y mercurio en el Complejo Cenagoso Ramsar de Ayapel, (Córdoba, Colombia): aproximación a la macrocuenca

Magdalena-Cauca. Acta Biológica Colombiana, Bogotá, v. 27, n. 2, p. 164-176, 2022. DOI: 10.15446/abc.v27n2.89084.

PEÑA-CORONA, Sheila Irais; PÉREZ-RIVERO, Juan José; VARGAS, Dinorah; JUÁREZ, Iván; MENDOZA-RODRÍGUEZ, C. Adriana. Efectos de los disruptores endocrinos en la reproducción de rumiantes. Revista MVZ Córdoba, v. 27, supl., e2449, 2022. DOI: 10.21897/rmvz.2449.

PONTELLI, Regina Célia Nucci; NUNES, Altacilio Aparecido; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Impacto na saúde humana de disruptores endócrinos presentes em corpos hídricos: existe associação com a obesidade? Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 753-766, 2016. DOI: 10.1590/1413-81232015213.25212015.

PULIDO CAPURRO, Víctor; DALMAU BEDOYA, Augusto; OLIVERA CARHUAZ, Edith. Antes que la naturaleza muera: de la primavera silenciosa a Nuestro futuro robado. Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu, v. 8, n. 1, p. 18-28, 2021. DOI: 10.36955/RIULCB.2021v8n1.002.

RICO, Andreu; DE OLIVEIRA, Rhaul; DE SOUZA NUNES, Gabriel Silva; RIZZI, Cristiana; VILLA, Sara; LÓPEZ-HERAS, Isabel; VIGHI, Marco; WAICHMAN, Andrea Viviana. Pharmaceuticals and other urban contaminants threaten Amazonian freshwater ecosystems. Environment International, v. 155, 106702, 2021. DOI: 10.1016/j.envint.2021.106702.

RICO, Andreu; DE OLIVEIRA, Rhaul; SILVA DE SOUZA NUNES, Gabriel; RIZZI, Cristiana; VILLA, Sara; DE CAROLI VIZIOLI, Beatriz; MONTAGNER, Cassiana C.; WAICHMAN, Andrea Viviana. Ecological

risk assessment of pesticides in urban streams of the Brazilian Amazon. Chemosphere, v. 291, 132821, 2022. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.132821.

SANTOS, B. D.; SILVA, M. C. G.; SANTOS, T. P.; SILVA, S. C. B. L.; CADENA, M. R. S.; CADENA, P. G. Efeitos de hormônios esteróides de contraceptivos orais combinados sobre os parâmetros comportamentais de *Betta splendens* (Regan, 1909). Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 68, n. 2, p. 387-396, 2016. DOI: 10.1590/1678-4162-8357.

SCHIAVINI, Joyce de Araújo; CARDOSO, Carlos Eduardo; RODRIGUES, William Costa. Desreguladores endócrinos no meio ambiente e o uso de potenciais bioindicadores. Revista Eletrônica TECCEN, Vassouras, v. 4, n. 3, p. 33-48, 2011. DOI: 10.21727/teccen.v4i3.279.

¹ Docente do Curso Superior de Doutorado do Instituto Bionorte Campus UFMA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Discente do Curso Superior de Doutorado do Instituto Bionorte Campus UFMA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Discente do Curso Superior de Doutorado do Instituto Bionorte Campus UEA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Discente do Curso Superior de Doutorado do Instituto Bionorte Campus UEMA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁵ Discente do Curso Superior de Doutorado do Instituto Bionorte Campus UEMASUL. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁶ Discente do Curso Superior de Doutorado do Instituto Bionorte Campus IFMA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)