



Contribuições da Endocrinologia para a Minimização do Impacto de Poluentes Ambientais no Sistema Endócrino Humano

Contributions of Endocrinology to Minimizing the Impact of Environmental Pollutants on the Human Endocrine System

Maria Elba Bandeira

Departamento de Endocrinologia e Diabetes. Hospital Agamenon Magalhães MS/SES/UPE Recife PE, Brasil. Faculdade de Medicina de Olinda, Olinda, PE., Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2938-1815>

Galba Maria de Campos-Takaki

Escola de Tecnologia e Comunicação; Centro Multiusuário. Biomoléculas e Superfície de Materiais-CEMACBIOS, MCTI/ Universidade Católica de Pernambuco -UNICAP. 52050-900 Recife, PE, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0519-0849>

Resumo: Este capítulo faz uma revisão narrativa sobre disruptores endócrinos (DEs) que são substâncias químicas desreguladoras do sistema endócrino, associadas a distúrbios no sistema reprodutor, distúrbios metabólicos como obesidade e diabetes, alterações na função tireoidianas, aumento do risco de cânceres hormônio-dependentes e no sistema neuroendócrino com impactos no desenvolvimento neuropsiquiátrico. Discorre sobre as características dessas substâncias reportadas em estudos recentes e a importância da parceria endocrinologia ambiental com instituições envolvidas na execução da Agenda 2030 visando a proteção da saúde humana e do meio ambiente. Mostra a importância e as lacunas para regulamentações dos DEs para a obtenção de um ambiente livre de substâncias tóxicas, como proposto na Agenda 2030, pois estão presentes em vasta gama de produtos de uso doméstico e rotineiro, podem contaminar o solo, o ar e a água com possibilidade de bioacumulação e contaminação do ecossistema ocasionando retroalimentação, caracterizando um problema de saúde pública.

Palavras-chave: disruptores endócrinos; distúrbios endócrinos; agenda 2030,

Abstract: This chapter provides a narrative review of endocrine-disrupting chemicals (EDCs), which are chemical substances that disrupt the endocrine system and are associated with reproductive system disorders, metabolic disorders such as obesity and diabetes, changes in thyroid function, an increased risk of hormone-dependent cancers, in the neuroendocrine system with impacts on neuropsychiatric development. The chapter discusses the characteristics of these substances reported in recent studies and the importance of a partnership between environmental endocrinology and institutions involved in implementing the 2030 Agenda to protect human health and the environment. It highlights the importance of and gaps in the regulation of EDCs to achieve a toxic-free environment, as proposed in the 2030 Agenda. Because they are present in a wide range of household and everyday products, they can contaminate soil, air, and water, potentially bioaccumulating and contaminating the ecosystem, causing feedback loops and posing a public health problem.

Keywords: endocrine-disrupting chemicals; endocrine system disorders; agenda 2030.

INTRODUÇÃO

Sustâncias químicas desreguladoras do sistema endócrino conhecidas como disruptores endócrinos (DEs) (do inglês *endocrine-disrupting Chemicals* -EDCs), nas últimas décadas é causa de preocupação crescente, que ultrapassa o campo biomédico e se insere nas políticas globais de sustentabilidade e saúde pública sendo tema transversal da Agenda 2030 das Nações Unidas devido à exposição humana frequente a esses compostos e reconhecidos danos ao sistema endócrino. (1,2).(United Nations, 2015; W.H.O,2013).

O avanço industrial e o consumo de substâncias sintéticas expandiram a exposição a DEs e tem se associado a crescente prevalência de distúrbios metabólicos, infertilidade e alterações no desenvolvimento neurológico e sexual em populações expostas. A exposição a DEs demonstra que o impacto ambiental sobre o sistema endócrino é também um determinante social e ambiental da saúde. (U.N.E.P, 2023). Este capítulo discute as evidências científicas sobre os efeitos deletérios, mecanismos fisiopatológicos, medidas e desafios de políticas públicas na interface entre disruptores endócrinos no ser humano, meio ambiente e desenvolvimento sustentável.

AGENDA 2030 E OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

A Agenda 2030 da ONU é um plano de ação global para o desenvolvimento sustentável até o ano de 2030, que propõe 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que inclui 169 metas. A endocrinologia ambiental(EA) está diretamente relacionada a várias ODS devido efeitos dos disruptores endócrinos. A ODS 3 (Saúde e bem-estar) em sua meta 3.9 que se refere a redução de número de mortes e doenças causadas por produtos químicos perigosos e pela poluição e contaminação do ar, da água e do solo, por investigar efeitos dos DEs na saúde humana, fornecendo evidências sobre o risco dos mesmos, A ODS 6 (Água potável e saneamento) na sua meta 6,3 que visa a redução da poluição e eliminação de despejo e redução da liberação de produtos químicos e materiais perigosos, considerando que os DEs são contaminantes frequentes e persistentes da água o que é agravado pelo saneamento inadequado, ODS 12 (Consumo e produção responsáveis) na sua meta 12.4 que visa o manejo saudável de produtos químicos e todos os resíduos no ambiente, como é o caso dos DEs presentes em produtos do dia a dia e ODS 14 e 15 (Vida na água e terrestre), DEs podem afetar a vida selvagem (peixes, anfíbios e aves) (Agenda, 2030).

FUNDAMENTOS DA ENDOCRINOLOGIA AMBIENTAL

O sistema endócrino é formado por glândulas distribuídas por todo corpo que produzem hormônios liberados na circulação sanguínea para exercer sua ação em órgãos alvo, por meio da ligação através de receptores. Os hormônios desempenham funções complexas que interferem no metabolismo, gerando respostas comportamentais ou outras respostas fisiológicas. O sistema endócrino consiste em uma das principais interfaces entre o corpo e o meio ambiente que permite adaptação, desenvolvimento e manutenção dos processos de saúde corporal, seu desequilíbrio leva a doenças e mesmo a morte (Gore *et al.*, 2024).

A endocrinologia ambiental estuda a relação entre o sistema endócrino e o meio ambiente, analisa fatores ambientais, como produtos químicos (disruptores endócrinos), condições físicas e interações sociais que podem afetar a função hormonal e, como o sistema endócrino influencia a interação do organismo e o meio ambiente. Desfechos biológicos podem ser afetados com a exposição a DEs mesmo em dosagens extremamente baixas, e seus efeitos não podem ser previstos através dos efeitos observados com altas doses, além disso, é possível que não haja dose segura de exposição a DEs. Portanto, esse ramo da endocrinologia pode contribuir na orientação de políticas de produção e consumo, especialmente identificando os DEs presentes em produtos de consumo rotineiro e incentivando o desenvolvimento de alternativas mais seguras (Gubbi *et al.*, 2022).

O controle de poluentes endócrinos é essencial para o cumprimento das ODS, pois substâncias como os PFAS, ftalatos e bisfenóis contaminam cadeias alimentares, águas subterrâneas e ecossistemas aquáticos, gerando repercussões sanitárias intergeracionais (3,4). A redução da exposição humana a químicos perigosos é, portanto, um eixo central para alcançar a sustentabilidade em saúde (Gore *et al.*, 2024 e Gubbi *et al.*, 2022).

PRINCIPAIS DISRUPTORES ENDÓCRINOS E SUAS FONTES

O Programa Internacional de Segurança Química define disruptores endócrinos como substâncias exógenas ou misturas que podem afetar a função do sistema endócrino e causar a saúde do organismo intacto, seus descendentes ou (sub)populações. E potenciais disruptores endócrinos como substâncias exógenas ou misturas que possuem propriedades que tem a possibilidade de causar ruptura endócrina em organismo intacto, seus descendentes ou (sub)populações (WHO PCS Edcs, 2002; U.N.E.P., 2002).

Os DEs são moléculas heterogêneas que incluem substâncias químicas sintéticas utilizadas na indústria de plásticos (bisfenóis), plastificantes(ftalatos), solventes/lubrificantes e seus sub produtos (dioxinas, bifenilos polibromados e bifenilos policlorados), fungicidas (vinclozolin), pesticidas [Clorpirifós, Metoxicloro e Diclorodifeniltricloroetano (DDT)] e agentes farmacêuticos [(diethylstilbestrol (DES)]. Entretanto, algumas substâncias químicas naturais encontradas em alimentos para

o ser humano e animais podem agir como DEs como exemplos podem ser listados os fitoestrógenos incluindo genisteína, cumestrol e daidizeína encontrados na soja e leguminosas (Diamanti-Kandarakis *et al.* 2009; W.H.O, 2024).

Diversas classes químicas possuem potencial disruptor endócrino. (KUMAR *et al.* 2020). Entre as mais estudadas estão:

a) Bisfenóis A,B e F (BPA, BPS, BPF): plásticos e resinas epóxi; mimetizam o estrogênio e associam-se a obesidade e infertilidade (Seli *et al.*, 2023; Ighalo *et al.* 2024).

b) Ftalatos: plastificantes encontrados em PVC, cosméticos e embalagens; interferem em hormônios sexuais e na função testicular, resistência insulínica (Sieck, *et al.*, 2024; Martin *et al.*, 2022).

c) PFAS (“químicos eternos”): utilizados em revestimentos antiaderentes e têxteis. Podem levar a contaminação aguda e persistir no ambiente, com bioacumulação e biomagnificação com efeitos adversos a longo prazo.. Estudos tem associado a alteração do desenvolvimento fetal, baixo peso ao nascer, desordem de hiperatividade com déficit de atenção, doença renal, alterações em hormônios reprodutivos , puberdade precoce, da função tireoidiana e metabólica, (Dehghani *et al.* 2025).

d) Pesticidas organoclorados e organofosforados: Sua exposição podem levar a alterações das funções hormonais alterar sinalização estrogênica, e afetam o eixo HPA e o metabolismo da glicose (Gea *et al.* ,2022; Diamanti-Kandarakis *et al.* 2009).

e) Metais pesados (chumbo, mercúrio, cádmio): interferem na função tireoidiana e na espermatogênese, em hormônios sinalizadores que regulam o eixo hipotálamo- hipófise -adrenal, causando estresse oxidativo, sinalização intracelular e alteração na homeostase da glicose (chumbo) (Yilmaz *et al.* 2020; Chen *et al.*, 2025).

A exposição a DEs ocorre por via respiratória, ingestão de água e alimentos contaminados, contato dérmico e até por produtos de consumo diário. Os efeitos incluem distúrbios reprodutivos (infertilidade, alterações do ciclo menstrual, diminuição da qualidade espermática), distúrbios metabólicos (obesidade, diabetes), alterações tireoidianas, aumento do risco de cânceres hormônio-dependentes e impactos no desenvolvimento neuropsiquiátrico infantil. (Kumar *et al.* 2020, Maqbool *et al.*, 2016, Chen *et al.*, 2025, Seli *et al.*, 2023 e Giudice *et al.*, 2021) Crianças, gestantes e populações vulneráveis apresentam maior risco devido à sensibilidade dos sistemas endócrinos em desenvolvimento (Woodruff 2024 e Chen *et al.*, 2025). Disruptores endócrinos estão apresentados no Tabela 1 com grupo que pertencem, modo de exposição e suas fontes (W.H.O, 2024; Diamanti-Kandarakis *et al.*, 2009; Snedeker, 2014).

Tabela 1 - Disruptores Endócrinos e suas características.

Disruptor Endócrino	Grupo	Exposição	Fontes
Bisfenol A	bisfenol	Ingestão, inalação, absorção dérmica	Resinas epóxi, plásticos policarbonados, brinquedos e garrafas plásticas, revestimento de latas de alimentos
Ftalatos	Plastificante	Ingestão, inalação, absorção dérmica	Plásticos e piso de PVC, alimentos contaminados, dispositivos e cânulas de uso médico, produtos de cuidados pessoais
TCDD	tetracloro-dibenzo-p-dioxina	Ingestão, inalação	Branqueamento de papel com cloro, Subproduto da produção de herbicidas clorados, fundição.
Vindozolin	fungicida dicarboximida.	Ingestão, inalação, absorção dérmica	Ocupacional e dieta
Metoxicloro	Inseticida organoclorado	Ingestão, inalação, absorção dérmica	Contaminação alimentos, água e solo
bifenilos policlorados	organoclorado	Ingestão, inalação, absorção dérmica	Contaminação alimentos, ar e contato da pele com equipamentos elétricos antigos
Etinil estradiol	Derivado sintético do 17 β	Oral	Contraceptivos orais, água contaminada
DES (dietilestilbestrol)	estrogênio sintético não esteroides	Ingestão, supositório vagina e injeção	Farmacêutico
ácido perfluoro octanóico PFOA	Fluorossurfactante	Ingestão, inalação	Revestimento de embalagens de alimentos, Alimentos e água contaminados, poeira, espuma de combate a incêndio, fiação elétrica, ceras de hã, carpetes resistentes a manchas.
Chumbo	Metais pesados	Ingestão, inalação	Gasolina, tinta, cerâmicas, encanamentos, etc.
Mercúrio	Metais pesados	Ingestão, inalação, absorção dérmica	Solo, água e ar contaminado, alimentação peixes e crustáceos (forma mais comum)

Fonte: autoria própria, 2025.

MECANISMOS MOLECULARES DE AÇÃO

Os DEs interagem com receptores nucleares (estrogênicos, androgênicos e tiroidianos, PPAR γ), alterando a transcrição gênica e o metabolismo hormonal. Também podem modular enzimas de esteroidogênese, transporte e receptores de membrana (Yilmaz *et al.* 2020).

Estudos epigenéticos recentes tem apresentado evidências de efeitos transgeracionais dos DEs em diversos sistemas orgânicos. As alterações descritas sugerem diversos mecanismos como metilação dos resíduos de citosina no DNA, alterações na expressão de microRNAs, modificações pós-translacionais das histonas perpetuando disfunções hormonais mesmo sem exposição contínua. Esse mecanismo explica, por exemplo, a associação entre exposição gestacional a BPA e obesidade infantil (Gore *et al.*, 2015; Qin *et al.*, 2020; Andonotopo *et al.*, 2025).

Efeitos comuns a diversos DEs consistem em problemas do sistema imunológico e aumentada inflamação que está diretamente relacionada a doenças crônicas como a obesidade, doença cardiovascular, doenças do sistema reprodutivo, câncer e déficits de comportamento e cognitivo, e também pode afetar o microbioma intestinal (Gore *et al.*, 2024).

EVIDÊNCIAS EPIDEMIOLÓGICAS E PRINCIPAIS DESFECHOS

Evidências clínicas têm associado taxas aumentadas de doenças respiratórias, desordens neurológicas, e endócrinas como obesidade, diabetes mellitus tipo 2, e doenças cardiovasculares dentre outras. O aumento das doenças endócrinas e neurológicas tem aumentado em paralelo a produção de produtos químicos manufaturados, pesticidas, solventes, surfactantes e retardantes de chama bromado. As evidências são baseadas em inferências de estudos de base celular, animais, observacionais e epidemiológicos, pois estudos desenhados para testar o impacto dessas substâncias tóxicas no ser humano não são possíveis, pois seriam antiéticos. Portanto, apesar de estudos longitudinais recentes reforçarem a plausibilidade causal, limitações metodológicas persistem (20).

Estudos populacionais demonstram correlação entre DEs e uma ampla gama de desfechos endócrinos: metabólicos, reprodutivos, tiroideanos e neuroendócrino/neurodesenvolvimento.

Metabólicos

Resistência à insulina, obesidade, dislipidemia. BPA e ftalatos são considerados obesogênicos, por estar relacionados a adipogênese, inflamação crônica do tecido adiposo, disfunção do tecido adiposo termogênico e alterações epigenéticas que aumentam a suscetibilidade à obesidade (Dubey *et al.*, 2022; Nirenjen *et al.*, 2025; Dalamaga *et al.*, 2024; Di Pietro *et al.*, 2023; Predieri *et al.*, 2022). Químicos disruptores do metabolismo tem sido associados a aumento de risco de obesidade, resistência insulínica, diabetes Mellitus, distúrbio do metabolismo dos lipídios e doença hepática gordurosa não alcoólica.

São considerados DEs o arsênico, cádmio, bisfenol A, PBDEs PCBs, ftalatos e DDT: redução na secreção de insulina e resistência insulínica, desordens do sistema reprodutivo. Metais, dioxinas, bisfenóis dentre outros são associados a desenvolvimento e progressão de doença cardiovascular (Diamanti-Kandarakis *et al.*, 2009).

PCBs e PFAS: doença hepática gordurosa não alcoólica. PFAS potencialmente pode levar a distúrbio do hormônios tireoidianos, infertilidade, distúrbio metabólico, baixo peso ao nascer, nascimento prematuro, aumentado dano ao DNA, toxicidade hepática doença ocular câncer de mama (Dehghani *et al.* 2025). Tributilestanho (TBT) e de trifenilestanho (TPT) usados como anti-incrustantes e antifúngicos são considerados obesogênicos, e agem através dos receptores como receptor gama ativado por proliferador de peroxissoma (PPAR- γ) que é um fator de transcrição, regulando genes importantes no metabolismo de lipídios e glicose, na diferenciação de células de gordura (adipócitos) e na sensibilidade à insulina

Reprodutivos

Podem interferir nos hormônios esteroides sexuais e esteroidogênese ocasionando diversas alterações como infertilidade, síndrome dos ovários policísticos, criptorquidia, endometriose (Diamanti-Kandarakis *et al.*, 2009; Predieri *et al.*, 2022). A exposição a EDCs tem sido fortemente associada a distúrbios no desenvolvimento, fisiologia e patologias do sistema reprodutivo, e o seu aumento e exposição relacionados a aumento na prevalência de câncer como de próstata e mama que são hormônio dependentes, puberdade precoce, malformações genitais, redução na contagem espermática. As substâncias estrogênicas: associadas a disfunção ovariana, reduzida fertilidade, fibrinoides uterinos, Os BPA a reduzida qualidade e viabilidade do ovo e reduzida contagem espermática. Os ftalatos a hipospadia, criptorquidismo, doença da próstata e câncer testicular alterações no trato urogenital masculino. Essa alterações podem ser inter e transgeracional (Trasande *et al.*, 2024)

Tireoidianos

Exposição a ftalatos, parabenos e fenóis estão associados a redução do T4 sérico e modificações relacionadas a o status do iodo e auto anticorpos. PFAS, BPA, tributilestanho e chumbo interferem na síntese, transporte e metabolismo de hormônios tireoideanos aumentando o risco de disfunção e câncer Hipo e hipertireoidismo subclínico tem sido associados a PFAS e PCBs. (Predieri *et al.* 2022; W.HO./U.N.E.P., 2012; StreeT *et al.*, 2024; Pearce, 2023).

Neuroendócrino/ neurodesenvolvimento

Déficits cognitivos e de atenção, desordens de hiperatividade, e transtornos de espectro autista, assim como depressão, distúrbios de conduta déficits de função executiva (Trasande *et al.* , 2024).

Bifenil policlorado (PCB), seus metabólitos podem causar desordens neurológicas como problemas de atenção, memória e habilidades motoras finas, baixo coeficiente intelectual. Éter difenil polibromados (PBDEs) estão associados a distúrbios da tireoide, baixo coeficiente intelectual, déficits cognitivos, com impacto no desenvolvimento e envelhecimento cerebral. Retardantes de chama bromados, compostos perfluorados (PFCs) e pesticidas associados a desordens de hiperatividade, transtornos de espectro autista e dificuldade de aprendizado, depressão, distúrbios neurovegetativos (ex doença de Parkinson) (Hilzem *et al.*, 2023).

POPULAÇÕES VULNERÁVEIS E DESIGUALDADES AMBIENTAIS

As janelas de vulnerabilidade biológica coincidem com vulnerabilidades sociais: gestantes, lactentes, trabalhadores de indústrias químicas e comunidades próximas a aterros e rios contaminados estão mais expostos (Gore *et al.*, 2024). Em países de renda média, como o Brasil, a fiscalização ambiental insuficiente amplifica o risco em populações de baixa renda, contrariando os princípios de equidade da Agenda 2030 (Agenda 2030).

O período de maior vulnerabilidade é durante a vida fetal e estágios iniciais da infância nos quais a exposição pode levar a malformações físicas e/ou defeitos funcionais pois distúrbios nos processos naturais pode alterar a estrutura e/ou a função do sistema fisiológico de forma que pode ser irreversível (Gore *et al.*, 2024).

As crianças apresentam maior risco de exposição que os adultos devido a: exposição substâncias lipossolúveis presentes no leite materno ou fórmulas, colocação de objetos e mãos que podem estar contaminadas na boca com maior frequência que adultos, estarem mais próximas do solo e maior área relativa de superfície de pele em relação ao peso corporal permitindo maior absorção de substâncias químicas, além do menor entendimento dos riscos (Gore *et al.*, 2024).

IMPACTOS ECOLÓGICOS E RETROALIMENTAÇÃO COM A SAÚDE HUMANA

Os DEs bioacumulam-se em espécies aquáticas e alteram o ciclo reprodutivo de peixes e anfíbios. Tais desequilíbrios comprometem ecossistemas e a segurança alimentar, criando uma retroalimentação negativa entre ambiente e saúde humana — conceito central da abordagem “One Health” (F.A.O.; U.N.E.P.; W.H.O.; and W.O.A.H 2022).

A persistência desses poluentes e sua remoção incompleta em sistemas de tratamento de água e esgoto agravam o problema, tornando a regulação e mitigação essenciais para atingir os ODS relacionados à saúde e bem-estar. (Chen *et al.*, 2022; Kasonga *et al.*, 2021). Políticas públicas, monitoramento ambiental

e educação são recomendados para reduzir a exposição populacional e mitigar os efeitos adversos dos poluentes ambientais sobre o sistema endócrino humano (Woodruff, 2024; Giudice, 2021).

POLÍTICAS E REGULAÇÃO INTERNACIONAL E NACIONAL

O efeito do DEs tem sido reconhecido como um problema de saúde pública global chamando a atenção internacional para o desenvolvimento políticas globais tem reconhecido a importância de desenvolver políticas para proteger os seu efeitos deletérios. Há uma lacuna entre a ciência endócrina e as políticas regulatórias com diversos pontos a serem esclarecidos, porém com aumento crescente do envolvimento de cientistas e clínicos com expertise em endocrinologia para esclarecer as lacunas de conhecimento e contribuir para desenvolvimento de políticas eficazes.

As Convenções de Estocolmo (poluentes orgânicos persistentes) (U.N.E.P. , 2023) Minamata (mercúrio) que levou publicação do Decreto nº 9.470, de 14 de agosto de 2018 e proibição da importação de lâmpads de mercúrio a partir de agosto de 2025(Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2025) representam marcos regulatórios globais. O National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) disponibiliza informações e estudos de acesso livre sobre PFAS, mas há necessidade de mais estudos para estabelecer regulamentações mais eficazes (N.I.E.H.S. ,2025). A OMS e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (U.N.E.P.) publicaram em 2012 o relatório “State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals”, recomendando estratégias de vigilância e redução de exposição (U.N.E.P, 2012).

Na 4th International Conference on Chemicals Management (ICCM4) a necessidade do desenvolvimento de políticas para DEs teve o reconhecimento de mais de 100 países no UN Environmental Programme in 2015. Nas políticas globais a Endocrine Society desenvolveu seu posicionamento e estratégia científica em parceria com outras organizações como IPEN (Gore *et al.* 2024)

A União Europeia(EU) em 2017 e 2018 adotaram leis para pesticidas e biocidas e em 2020 a Comissão Europeia reconheceu a necessidade de excluir DEs de produtos de consumo rotineiro, estratégia da UE para a sustentabilidade dos produtos químicos para conseguir um ambiente livre de substâncias tóxicas(Commission’s Chemicals Strategy for Sustainability) e publicou o “ Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions -Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment, com as informações técnicas mais recentes e estratégias para proteção dos seres humanos e meio ambiente, como uma abordagem para se atingir um ambiente livre de tóxicos (Gore *et al.* 2024, European Commission, 2020).

Em 2022 na United Nations Environmental Assembly (UNEA) 175 países adotaram uma resolução, tratado global dos plásticos, para controle global e eliminar a ameaça doe DEs presentes nos plásticos (Gore *et al.* 2024).

A América Latina carece de estruturas robustas de monitoramento. No Brasil apesar de não haver uma política específica sobre os DEs, O Ministério da saúde e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) tem abordado esse tema através de normas e legislações e regulações que tratam do controle de substâncias químicas em geral. Publicações da área de saúde pública alertam para o risco da presença dessas substâncias no meio ambiente e para a saúde humana. O Ministério da Saúde disponibiliza informações e estudos sobre DEs na Biblioteca Virtual em Saúde. A fiscaliza a presença de DEs em alimentos, cosméticos, embalagens, saneantes e outros produtos. Proíbe o BPA em utensílios de uso infantil, e em cosméticos e produtos de higiene considera os ftalatos e parabenos na lista de DEs (Guimarães, 2006). No Congresso Brasileiro de Endocrinologia de 2019 a Sociedade Brasileira de Endocrinologia publicou o Guia aos Disruptores Endócrinos e Português em parceria com a Endocrine Society e a IPEN que é um guia para governos e organizações de interesse público sobre os disruptores endócrinos (Sbem, 2019).

Políticas de controle com restrições rigorosas, realizadas em países da União Europeia, ao uso de bisfenol A (BPA) e ftalatos em produtos infantis e embalagens alimentares e biomonitoramento populacional demonstrou queda significativa nos níveis urinários e sanguíneos desses compostos, especialmente em crianças, associados a tendência à estabilização ou redução de distúrbios reprodutivos e metabólicos, como infertilidade e obesidade (Duh-Leong *et al.*, 2023; Peyronnet *et al.*, 2025). E as de controle de PFAS e pesticidas, em água potável e alimentos, foram associadas à diminuição de alterações hormonais e autoanticorpos tireoidianos em populações monitoradas, mas há uma carência de estudos a longo prazo que documentem a redução sustentada da incidência de doenças tireoidianas (Street *et al.*, 2024; Peyronnet *et al.*, 2025).

Quanto à puberdade precoce, apesar de evidências experimentais e observacionais sugerirem associação entre exposição a EDCs e antecipação do início puberal, os dados epidemiológicos de longo prazo permanecem inconclusivos, com meta-análises mostrando resultados inconsistentes após implementação de políticas regulatórias, indicando necessidade de estudos longitudinais mais robustos (Uldbjerg *et al.*, 2022; Lopez-Rodriguez *et al.*, 2021).

ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO E PRÁTICAS CLÍNICAS

A União das Nações Unidas atualizou em 2024 o Compendium of WHO and other UN guidance in health and environment, o qual apresenta fontes e guia para implementação de ações dirigidas a relação entre saúde e ambiente. (W.H.O., 2024) Neste mesmo ano a *Endocrine Society and International Pollutants Elimination Network* publicaram uma revisão sobre 4 principais áreas de disruptores endócrinos: pesticidas, plásticos e plastificantes, substâncias químicas de produtos domésticos e brinquedos e químicos industriais, PFAS os chamados “químicos eternos (Gore *et al.*, 2024).

Estudos tem mostrado redução dos efeitos deletérios a saúde humana com mudanças comportamentais, intervenções dietéticas, intervenções em ambientes clínicos e políticas regulatórias no âmbito da saúde pública (tabela 2). A combinação dessas estratégias é fundamental para mitigar os efeitos dos poluentes endócrinos em distúrbios tireoidianos, infertilidade e obesidade, conforme evidenciado por estudos clínicos e epidemiológicos recentes (Corbett *et al.*, 2022; Martin *et al.*, 2022; Sieck *et al.*, 2024; Trasande *et al.*, 2024; Woodruff, 2024; Duh-Leong *et al.*, 2023; Pearce, 2024; Nirenjen *et al.*, 2025; Mustieles *et al.*, 2023).

Tabela 2 - Intervenções, estratégias para mitigar efeitos dos DEs e seus resultados

Tipo de intervenção	Estratégia	Resultado
Mudanças comportamentais individuais (Corbett <i>et al.</i> , 2022; Martin <i>et al.</i> , 2022; Sieck <i>et al.</i> , 2024)	Evitar o uso de plásticos para armazenamento de alimentos, preferir alimentos frescos e orgânicos, evitar alimentos processados e enlatados, e reduzir o consumo de produtos com embalagens plásticas.	Diminuição dos níveis de bisfenóis e ftalatos em biomarcadores humanos.
Intervenções dietéticas (Corbett <i>et al.</i> , 2022)	Ex. suplementação de vitamina C, iodo e ácido fólico.	Reduzir parcialmente os efeitos dos DEs, especialmente em populações vulneráveis, como gestante.
Intervenções em ambientes clínicos (Sieck <i>et al.</i> , 2024; Trasande <i>et al.</i> , 2024; Woodruff, 2024)	Ex. substituição de dispositivos médicos que contenham bisfenóis e ftalatos por alternativas seguras.	Redução dos níveis desses compostos em pacientes expostos.
Políticas regulatórias no âmbito da saúde pública (Sieck <i>et al.</i> , 2024; Woodruff, 2024; Duh-Leong <i>et al.</i> , 2023; Pearce, 2024; Mustieles <i>et al.</i> , 2023)	Restrição ou proibição do uso de bisfenol A, ftalatos e PFAS em produtos de consumo, embalagens e dispositivos médicos. Regulação da qualidade da água potável e do ar, rotulagem transparente de produtos químicos. Estimular profissionais de saúde a atuarem como defensores dessas políticas.	Maior impacto populacional, reduzindo amplamente a exposição ambiental. Redução de doenças endócrinas. Regulação dos PFAS em água potável, associado a redução de distúrbios tireoidianos e metabólicos.

Fonte: autoria própria, 2025.

Propostas da Agenda 2030 de indicadores integrados incluem: avaliação da concentração média de PFAS no soro em amostras populacionais (ODS3), Controle do percentual dos níveis disruptores endócrinos na água (ODS 6), Redução na produção de plásticos de uso único (ODS 12). Esses indicadores podem servir de base para monitorar avanços em políticas públicas de saúde ambiental (Agenda 2030).

Lacunas de Pesquisa e Perspectivas Futuras

Agências governamentais e não governamentais como Scientific Council of the European Union (Conselho científico da União Europeia), U.S. Environmental Protection Agency (Agência de Proteção ambiental dos Estado Unidos) e Endocrine Society (Sociedade de Endocrinologia dos Estados Unidos) tem publicado estudos e relatórios contribuem para aumentar as evidências que esclareçam quais são as substâncias que possam ser consideradas DEs. Estudos longitudinais que correlacionam exposição crônica a múltiplos DEs e desfechos clínicos, porém há necessidade de estabelecer biomarcadores validados e de ensaios clínicos para avaliar as estratégias de mitigação (Ho., 2022).

A ameaça crescente dos DEs a saúde humana e ao ambiente demanda o estabelecimento de medidas regulatórias baseadas em testes com metodologias robustas e confiáveis. O projeto MERLON busca novas metodologias para diagnóstico baseadas na identificação de DEs. Avanços tem sido alcançado com a toxicologia preditiva, é difícil prever efeitos adversos e distúrbios do sistema endócrino sem o uso de modelos animais tradicionais. Há uma falta de testes que consigam identificar “efeitos adversos no indivíduo intacto”(Svingen, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As crescentes evidências dos efeitos deletérios ao ambiente e ao sistema endócrino demonstram a importância da participação da endocrinologia ambiental, ramo da endocrinologia tradicional com as agências governamentais e não governamentais para elaboração de medidas regulatórias visando a preservação da saúde humana e ambiental. Esta parceria é necessária para que sejam atingidos os objetivos da Agenda 2030, que demanda o controle de poluentes endócrinos seja reconhecido como prioridade de saúde pública. A conscientização, a pesquisa translacional e a regulação efetiva são pilares para garantir um ambiente livre de substâncias tóxicas.

REFERÊNCIAS

AHMAD, M.F.; AHMAD, F.A.; ALSAYEGH, A.A.; *et al.* **Pesticides impacts on human health and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures.** Heliyon. Apr 4;10(7):e29128. 2024 doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e29128. PMID: 38623208; PMCID: PMC11016626.

ANDONOTOPO, W.; BACHNAS, M.A.; DEWANTININGRUM, J.; *et al.* **Endocrine disrupting chemicals: translating mechanisms into perinatal risk assessment.** Journal of Perinatal Medicine. Sep 23. 2025 doi: 10.1515/jpm-2025-0259. Epub ahead of print. PMID: 40980953.

ANLAR, H. G.; BACANLI, M.; BASARAN, N.. **Endocrine disrupting mechanisms and effects of pesticides.** Archives / Vol. 71 No. Notebook 6 (2021):

Archives of Pharmacy 480-490 DOI: <https://doi.org/10.5937/arhfarm71-34291>
Acesso em: 22 out. 2025.

CHEN, J.; SONG, P.; LI, C.; *et al.* **Endocrine disrupting chemicals exposure and health: an umbrella review.** *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2025;302:118574. doi:10.1016/j.ecoenv.2025.118574.

CHEN, Y.; YANG, J.; YAO, B.; *et al.* **Endocrine disrupting chemicals in the environment: environmental sources, biological effects, remediation techniques, and perspective.** *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987).* 2022;310:119918. doi:10.1016/j.envpol.2022.119918.

CORBETT, G.A.; LEE, S.; WOODRUFF, T.J.; *et al.* **Nutritional interventions to ameliorate the effect of endocrine disruptors on human reproductive health: a semi-structured review from F.I.G.O.** *International Journal of Gynaecology and Obstetrics: The Official Organ of the International Federation of Gynaecology and Obstetrics.* 157(3):489-501. 2022. doi:10.1002/ijgo.14126.

DALAMAGA, M.; KOUNATIDIS, D.; TSILINGIRIS, D.; *et al.* **The role of endocrine disruptors bisphenols and phthalates in obesity: current evidence, perspectives and controversies.** *International Journal of Molecular Sciences.* 25(1):675. 2024. doi:10.3390/ijms25010675.

DEGHANI, M.H.; AGHAEI, M.; BASHARDOUST, P.; *et al.* **An insight into the environmental and human health impacts of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS): exploring exposure pathways and their implications.** *Environmental Sciences Europe.* 37, 81.2025. <https://doi.org/10.1186/s12302-025-01122-9>

DI PIETRO, G.; FORCUCCI, F.; CHIARELLI, F. **Endocrine disruptor chemicals and children's health.** *International Journal of Molecular Sciences.* 24(3):2671. 2023. doi:10.3390/ijms24032671.

DIAMANTI-KANDARAKIS, E.; BOURGUIGNON, J.P.; GIUDICE, L.C.; *et al.* **Endocrine-disrupting chemicals: an Endocrine Society scientific statement.** *Endocrine Review.* Jun;30(4):293-342. 2009. doi: 10.1210/er.2009-0002. PMID: 19502515; PMCID: PMC2726844.

DOMINGO-ECHABURU, S.; DÁVALOS, L.M.; ORIVE, G.; *et al.* **Drug pollution & sustainable development goals.** *The Science of the Total Environment.* 800:149412. 2021. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.149412

DU, X.; XU, X.; YU, H.; *et al.* **Thyrototoxic effects of mixed exposure to perfluorinated compounds: integrating population-based, toxicogenomic, animal, and cellular evidence to elucidate molecular mechanisms and identify potential effector targets.** *Environmental Science & Technology.* 58(41):18177-18189. 2024. doi:10.1021/acs.est.4c06287.

DUBEY, P.; REDDY, S.Y.; SINGH, V.; *et al.* **Association of exposure to phthalate metabolites with sex hormones, obesity, and metabolic syndrome**

in US Women. JAMA Network Open. 5(9):e2233088. 2022. doi:10.1001/jamanetworkopen.2022.33088.

DUH-LEONG, C.; MAFFINI, M.V.; KASSOTIS, C.D.; *et al.* **The regulation of endocrine-disrupting chemicals to minimize their impact on health.** Nature Reviews. Endocrinology. 19(10):600-614. 2023. doi:10.1038/s41574-023-00872-x.

EUROPEAN COMMISSION. **Chemicals strategy for sustainability towards a toxic-free environment.** Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions.2020. Disponível em: <https://circabc.europa.eu/ui/group/8ee3c69a-bccb-4f22-89ca-277e35de7c63/library/dd074f3d-0cc9-4df2-b056-dabcafc99b6/details?download=true> Acesso em: 22 out. 2025.

EUROPEAN UNION. **Chemicals strategy for sustainability towards a toxic-free environment.** 2020. Disponível em:: <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/866620/Chemicals%20Strategy%20EN.pdf> Acesso em: 22 out. 2025.

F.A.O.; U.N.E.P.; W.H.O.; and W.O.A.H. **One health joint plan of action (2022–2026).** Working together for the health of humans, animals, plants and the environment. Rome. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc2289en> Acesso em: 24 out. 2025.

GARCÍA-RODRÍGUEZ, A.; NÚÑEZ, M.; PÉREZ, M.R.; *et al.* **Sustainable visions: unsupervised machine learning insights on global development goals.** PloS One. 20(3):e0317412. 2025. doi:10.1371/journal.pone.0317412.

GEA, M.; ZHANG, C.; TOTA, R.; *et al.* **Assessment of five pesticides as endocrine-disrupting chemicals: effects on estrogen receptors and aromatase.** International Journal of Environmental Research and Public Health. 19, 1959. 2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph19041959>

GIUDICE, L.C. **Environmental impact on reproductive health and risk mitigating strategies.** Current Opinion in Obstetrics & Gynecology. 33(4):343-349. 2021. doi:10.1097/GCO.0000000000000722.

GORE, A.C.; CHAPPELL, V.A.; FENTON, S.E.; *et al.* **EDC-2: The Endocrine Society's second scientific statement on endocrine-disrupting chemicals.** Endocrine Reviews. 36(6):E1-E150. Dec. 2015. doi: 10.1210/er.2015-1010. Epub 2015 Nov 6. PMID: 26544531; PMCID: PMC4702494.

GORE, A.C.; LA MERRILL, M.A.; PATISAUL, H.B.; *et al.* **Endocrine disrupting chemicals: threats to human health.** The Endocrine Society and IPEN. February 2024. Disponível em: <http://www.ipen.org/documents/endocrine-disrupting-chemicals-threats-human-health> Acesso em: 22 out. 2025.

GRACELI, J.B.; DETTOGNI, R.S.; MERLO, E.; *et al.* **The impact of endocrine-disrupting chemical exposure in the mammalian hypothalamic-pituitary axis.** Molecular and Cellular Endocrinology. 518:110997. 2020. doi:10.1016/j.mce.2020.110997

GUARNOTTA, V.; AMODEI, R.; FRASCA, F.; *et al.* **Impact of chemical endocrine disruptors and hormone modulators on the endocrine system.** International Journal of Molecular Sciences. 23(10):5710. 2022. doi:10.3390/ijms23105710.

GUBBI, S.; WURTH, R.; HANNAH-SHMOUNI, F.; Koch, C.A. **Environmental endocrinology.** In: PIVONELLO, R., DIAMANTI-KANDARAKIS, E. (eds) Environmental Endocrinology and Endocrine Disruptors. Endocrinology. Springer, Cham 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38366-4_1-1

GUIMARÃES, J.R.P.D.E.F. **Disruptores endócrinos no meio ambiente- Ministério da saúde.** Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/trabalhador/pdf/texto_disruptores.pdf Acesso em: 22 out. 2025.

HILZEN, GORE AC. **Endocrine-Disrupting Chemicals: Science and Policy.** Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences. 2023;10(2):142-150. doi:10.1177/23727322231196794

HOLMER, M.L.; HOLMBERG, R.D.; DESPICHT, C.; *et al.* **Assessment of endocrine disruptors in the European Union: Current regulatory framework, use of new approach methodologies (NAMs) and recommendations for improvements.** Regulatory Toxicology and Pharmacology. 162:105883. 2025. doi:10.1016/j.yrtph.2025.105883

HO. V.; PELLAND-ST-PIERRE, L.; GRAVEL, S.; *et al.* **Endocrine disruptors: Challenges and future directions in epidemiologic research.** Environmental Research. 204(Pt A):111969. Mar. 2022. doi: 10.1016/j.envres.2021.111969. Epub 2021 Aug 27. PMID: 34461123. https://ipen.org/sites/default/files/documents/edc_report-2024-final-compressed.pdf Acesso em: 24 out. 2025.

IGHALO, J.O.; KURNIAWAN, S.B.; KHONGTHAW, B.; *et al.* **Bisphenol A (BPA) toxicity assessment and insights into current remediation strategies.** Royal Society of Chemistry Advances. 14(47):35128-35162. 2024. Published 2024 Nov 11. doi:10.1039/d4ra05628k

AGENDA 2030. **Integrating Policy: Water, Endocrine Disruptors, and Pharmaceuticals.** Disponível em: <https://sdg.iisd.org/commentary/policy-briefs/integrating-policy-water-endocrine-disruptors-and-pharmaceuticals/#:~:text=The%20links%20between%20policies%20on,for%20global%20governance%20on%20chemicals> Acesso em: 26 out. 2025

I.P.E.N. **Endocrine disrupting chemicals: threats to human health (February 2024).** Disponível em:

JASKULAK, M.; ZIMOWSKA, M.; ROLBIECKA M.; *et al.* **Understanding the role of endocrine disrupting chemicals as environmental obesogens in the obesity epidemic: A comprehensive overview of epidemiological studies between 2014 and 2024.** Ecotoxicology and Environmental Safety. 1;299:118401. Jul 2025. doi: 10.1016/j.ecoenv.2025.118401. Epub 2025 May 23. PMID: 40412253.

KASONGA, T.K.; COETZEE, M.A.A.; KAMIKA, I.; *et al.* **Endocrine-disruptive chemicals as contaminants of emerging concern in wastewater and surface water: a review.** Journal of Environmental Management. 277:111485. 2021. doi:10.1016/j.jenvman.2020.111485.

KUMAR, M.; SARMA, D.K.; SHUBHAM, S.; *et al.* **Communicable diseases. environmental endocrine-disrupting chemical exposure: role in Non-communicable disease.** Frontiers in Public Health. 8:553850. 2020. doi:10.3389/fpubh.2020.553850

LISS, M.; GRÖNING, J. **Latent pesticide effects and their mechanisms.** Science of the Total Environment. 20;909:168368. Jan. 2024. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.168368. Epub 2023 Nov 10. PMID: 37952673

LOPEZ-RODRIGUEZ, D.; FRANSEN, D.; HEGER S.; *et al.* **Endocrine-disrupting chemicals and their effects on puberty.** Best Practice & Research. Clinical Endocrinology & Metabolism. 35(5):101579. 2021. doi:10.1016/j.beem.2021.101579.

MAQBOOL, F.; MOSTAFALOU, S.; BAHADAR, H.; *et al.* **Review of endocrine disorders associated with environmental toxicants and possible involved mechanisms.** Life Sciences. 145:265-73. 2016. doi:10.1016/j.lfs.2015.10.022

MARTIN, L.; ZHANG, Y.; FIRST, O.; *et al.* **Lifestyle interventions to reduce endocrine-disrupting phthalate and phenol exposures among reproductive age men and women: a review and future steps.** Environment International. 170:107576. 2022. doi:10.1016/j.envint.2022.107576.

METCALFE, C.D.; BAYEN, S.; DESROSIERS, M.; *et al.* **An Introduction to the sources, fate, occurrence and effects of endocrine disrupting chemicals released into the environment.** Environmental Research. 207:112658. 2022. doi:10.1016/j.envres.2021.112658

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA, **Convenção de Minamata sobre Mercúrio.** Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/seguranca-quimica/convencao-de-minamata-sobre-mercurio> Acesso em 26 out.2025

MUNDSTOCK DIAS, G.R.; FREITAS FERREIRA, A.C.; MIRANDA-ALVES, L.; *et al.* **Endocrine disruptors chemicals: impacts of bisphenol a, tributyltin and lead on thyroid function.** Molecular and Cellular Endocrinology. 2025;599:112467. doi:10.1016/j.mce.2025.112467.

MUSTIELES, V.; ARREBOLA, J.P.; PORTA, M. **From old pollutants to the regulation of bisphenol A: lessons learned for health promotion and disease prevention.** Preventive Medicine. 169:107460. 2023. doi:10.1016/j.ypmed.2023.107460.

NAÇÕES UNIDAS. **Estratégia Federal de Governo Digital (EFGD) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da**

Organização das Nações Unidas. Disponível em : Agenda 2030 das Nações Unidas Acesso em: 20 out.2025

N.I.E.H.S. **Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS).** Disponível em: <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/pfc> Acesso em: 26 out. 2025

NIRENJEN, S.; ANKUL SINGH, S.; BEGUM, R.F.; *et al.* **Exploring the impact of endocrine disruptors on hormonal regulation and adipose tissue in health and obesity.** The Journal of Endocrinology. 2025.266(1):e240374. 2025. doi:10.1530/JOE-24-0374.

PEARCE, E.N. **Endocrine disruptors and thyroid health.** Endocrine Practice : Official Journal of the American College of Endocrinology and the American Association of Clinical Endocrinologists. 30(2):172-176. 2024. doi:10.1016/j.eprac.2023.11.002.

PEYRONNET, A.; LE BARBIER, M.; MOREL, P.; *et al.* **Design and prioritization of the french surveillance program of health effects in the context of exposure to endocrine disruptors using a Delphi Study.** BMC Public Health. 25(1):3220. 2025. doi:10.1186/s12889-025-24093-1.

PLUNK, E.C.; RICHARDS, S.M. **Endocrine-disrupting air pollutants and their effects on the hypothalamus-pituitary-gonadal axis.** International Journal of Molecular Sciences. 21(23):E9191. 2020. doi:10.3390/ijms21239191.

PREDIERI, B.; IUGHETTI, L.; BERNASCONI, S.; *et al.* **Endocrine disrupting chemicals' effects in children: what we know and what we need to learn?** International Journal of Molecular Sciences. 23(19):11899. 2022. doi:10.3390/ijms231911899

PRESUNTO, M.; MARIANA, M.; LORIGO, M.; *et al.* **The effects of bisphenol A on human male infertility: a review of current epidemiological studies.** International Journal of Molecular Sciences. 24, 12417. 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms241512417>

QIN, T.; ZHANG, X.; GUO, T.; YANG, T.; *et al.* **Epigenetic alteration shaped by the environmental chemical bisphenol A.** Front Genet. 11;11:618966. Jan. 2021. doi: 10.3389/fgene.2020.618966. PMID: 33505438; PMCID: PMC7830874.

Regulamento R.E.A.C.H.(**Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals**): **Objetivos, desafios e expectativas.** Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas/REACH/Tarazona.pdf> Acesso em: 26 out. 2025

ROSA, W.E.; KURTH, A.E.; SULLIVAN-MARX, E.; *et al* **Nursing and midwifery advocacy to lead the United Nations sustainable development agenda.** Nursing Outlook. 67(6):628-641. Nov. – Dec. 2019. doi:10.1016/j.outlook.2019.06.013.

SALAMI, E.A., ROTIMI, O.A. **The impact of bisphenol-A on human reproductive health.** Toxicology Reports. 18;13:101773. Oct. 2024. doi: 10.1016/j.toxrep.2024.101773 PMID: 39526236; PMCID: PMC11550589

SELI, D.A.; TAYLOR, H.S. **The impact of air pollution and endocrine disruptors on reproduction and assisted reproduction.** Current Opinion in Obstetrics & Gynecology. 35(3):210-215. 2023. doi:10.1097/GCO.0000000000000868.

SIECK, N.E.; BRUENING, M.; VAN WOERDEN, I.; *et al.* **Effects of behavioral, clinical, and policy interventions in reducing human exposure to bisphenols and phthalates: a scoping review.** Environmental Health Perspectives. 132(3):36001. 2024. doi:10.1289/EHP11760.

SNEDEKER, S. M. **Toxicants in Food Packaging and Household Plastics, Molecular and Integrative Toxicology**, DOI 10.1007/978-1-4471-6500-2, London: Springer-Verlag, 2014

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENDOCRINOLOGIA E METABOLOGIA – SBEM. **Introdução aos disruptores endócrinos (DEs) um guia para governos e organizações de interesse público.** Disponível em: <https://www.endocrino.org.br>. Acesso em: 25 out. 2025.

STREET, M.E.; SHULHAI, A.M.; PETRAROLI, M.; *et al.* **The impact of environmental factors and contaminants on thyroid function and disease from fetal to adult life: current evidence and future directions.** Frontiers in Endocrinology. 15:1429884. 2024. doi:10.3389/fendo.2024.1429884.

SVINGEN, T.; ANDERSSON, A.M.; ANGELOVA, J.; *et al.* **Enhanced identification of endocrine disruptors through integration of science-based regulatory practices and innovative methodologies: The MERLON Project.** Open Research Europe. 4:68. 2024. Published 2024 Apr 12. doi:10.12688/openreseurope.17319.1

TRASANDE, L.; SARGIS R.M. **Endocrine-disrupting chemicals: mainstream recognition of health effects and implications for the practicing internist.** Journal of Internal Medicine. 295(2):259-274. 2024. doi:10.1111/joim.13748.

U.N.E.P. **Endocrine disrupting chemicals.**2022 Disponível em: <https://www.unep.org/topics/chemicals-and-pollution-action/chemicals-management/pollution-and-health/endocrine> Acesso em: 25 out. 2025.

U.N.E.P. **Stockholm convention on persistent organic pollutants.** 2023 Disponível em: <https://www.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP-CONVTEXT-2023.English.pdf> Acesso em: 22 out. 2025

ULDBJERG, C.S.; KOCH, T.; LIM, Y.H.; *et al.* **Prenatal and postnatal exposures to endocrine disrupting chemicals and timing of pubertal onset in girls and boys: a systematic review and meta-analysis.** Human Reproduction Update. 28(5):687-716. 2022. doi:10.1093/humupd/dmac013.

ULLAH, S.; AHMAD, S.; GUO, X.; *et al.* **A review of the endocrine disrupting effects of micro and nano plastic and their associated chemicals in mammals.** Frontiers in Endocrinology. 13:1084236. 2022. doi:10.3389/fendo.2022.1084236.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**. U.N., 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication> Acesso em: 22 out. 2025

W.H.O. Compendium of W.H. **O and other UN guidance in health and environment, 2024 update Geneva: world Health Organization, 2024 Licence CC BY-NC-SA 3.0 IGO**. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240095380> Acesso em: 22 out. 2025.

W.H.O. **International programme on chemical safety (2002)**. Global assessment on the state of the science of endocrine disruptors. World Health Organization. Disponível em: <https://iris.who.int/handle/10665/67357> WHO_PCS_EDC_02.2.pdf (3.58 MB) Acesso em: 22 out. 2025.

WANG, Y.; QIAN, H. **Phthalates and their impacts on human health**. Healthcare. 9, 603. 2021. <https://doi.org/10.3390/healthcare9050603>

WOODRUFF, T.J. **Health effects of fossil fuel-derived endocrine disruptors..** The New England Journal of Medicine. 390(10):922-933. 2024. doi:10.1056/NEJMr2300476.

World Health Organization; **U.N.E.P. state of the science of endocrine disrupting chemicals 2012**. Geneva: WHO; 2013. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/state-of-the-science-of-endocrine-disrupting-chemicals> Acesso em: 22 out. 2025

YILMAZ, B.; TEREKECI, H.; SANDAL, S.; *et al.* **Endocrine disrupting chemicals: exposure, effects on human health, mechanism of action, models for testing and strategies for prevention**. Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders. 21(1):127-147. Mar.2020. doi: 10.1007/s11154-019-09521-z. PMID: 31792807.

AGRADECIMENTOS

As autoras Prof^a. Dra. Maria Elba Bandeira agradece ao apoio do Departamento de Endocrinologia e Diabetes, ao Hospital Agamenon Magalhães MS/SES/UPE Recife PE, Brasil e a Faculdade de Medicina de Olinda. E a Profa. Dra. Galba M. Campos-Takaki agradece a Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), ao Centro Multiusuário de Análise e Caracterização de Biomoléculas e Superfície de Materiais (CEMACBIOS) e ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo No 312241/2022-4).