



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

ANA BEATRIZ FERREIRA LOPES

**POLUENTES EMERGENTES DA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS: ÊNFASE PARA
MICROPLÁSTICOS**

SOROCABA

2026

ANA BEATRIZ FERREIRA LOPES

**POLUENTES EMERGENTES DA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS: ÊNFASE PARA
MICROPLÁSTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e
Tecnologia, Sorocaba, como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Bacharel(a) em Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Profº Drº André Henrique
Rosa

Coorientador(a): Profª Drª Claudia H. W.
Rezende

SOROCABA

2026

L864p

Lopes, Ana Beatriz Ferreira

Poluentes emergentes da indústria de cosméticos : ênfase para microplásticos / Ana Beatriz Ferreira Lopes. -- Sorocaba, 2026
69 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientador: André Henrique Rosa

Coorientadora: Cláudia Hitomi Watanabe Rezende

1. Contaminantes emergentes na água. 2. Microplásticos. 3. Cosméticos. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

ANA BEATRIZ FERREIRA LOPES

**POLUENTES EMERGENTES DA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS: ÊNFASE PARA
MICROPLÁSTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências e Tecnologia de Sorocaba – Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel (a) em Engenharia Ambiental.

Data da defesa: 11/02/2026

BANCA EXAMINADORA:

Profª Drª Claudia Hitomi W. Rezende

UNESP - Instituto de Ciência e Tecnologia – Campus de Sorocaba

Mestre Luciana Reze Bernardi

UNESP - Instituto de Ciência e Tecnologia – Campus de Sorocaba

Alexandre Lopes

UNESP - Instituto de Ciência e Tecnologia – Campus de Sorocaba

Aos meus pais, que sempre acreditaram nos meus sonhos, mesmo quando eu mesma duvidei. Por todo amor, apoio e incentivo incondicional. Tudo isso é por vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me sustentar nos momentos de incerteza, me fortalecer nas dificuldades e iluminar cada passo desta jornada.

À Nossa Senhora, por me acolher em silêncio nas minhas orações mais profundas e me envolver em cuidado, fé e esperança nos momentos em que mais precisei.

À minha mãe, por ser meu refúgio e porto seguro, por me oferecer colo, força e amor incondicional nos melhores e nos piores momentos dessa caminhada, sendo exemplo de determinação que me trouxe até aqui.

Ao meu pai, por acreditar em mim mesmo quando eu duvidei, por todo incentivo, confiança e apoio, que sempre me motivaram a seguir em frente e a acreditar nos meus sonhos.

E a minha família, que sempre foi meu alicerce desde o início.

Ao meu namorado Bruno, pelo amor, paciência e companheirismo, por caminhar ao meu lado, me apoiar nos momentos de cansaço e tornar essa jornada mais leve e possível.

Às minhas amigas Lara e Ynara, que se tornaram lar, acolhimento e conforto quando eu mais precisei, e a todos os amigos com quem tive o privilégio de compartilhar risadas, aprendizados, desafios e crescimento ao longo dessa trajetória.

Ao meu orientador e a minha coorientadora, pela sensibilidade, paciência, dedicação, apoio e por contribuir de forma tão importante para a construção deste trabalho.

Por fim, à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Sorocaba, que foi cenário de sonhos, desafios e aprendizados, e a todos os docentes e profissionais que, de alguma forma, fizeram parte dessa conquista.

“No começo pensei que estivesse lutando para salvar seringueiros, depois pensei que estava lutando para salvar a floresta. Agora percebo que estou lutando pela humanidade”

(Chico Mendes)

RESUMO

O uso intensivo de produtos de higiene e cuidado pessoal têm ampliado a liberação de contaminantes emergentes no meio ambiente, despertando crescente preocupação científica e regulatória devido ao seu potencial de persistência, dispersão e efeitos adversos sobre os ecossistemas. Entre esses contaminantes, os microplásticos se destacam por suas propriedades físico-químicas, que dificultam sua degradação e favorecem a acumulação em diferentes compartimentos ambientais. Pensando nisso, a presente revisão tem como objetivo analisar a ocorrência, os impactos e os desafios associados aos poluentes emergentes, com ênfase nos microplásticos provenientes de produtos de higiene e cuidado pessoal, bem como discutir alternativas sustentáveis e estratégias de mitigação. O estudo baseia-se na análise de estudos experimentais e revisões científicas, evidenciando que as substâncias microplásticas utilizadas nas formulações apresentam elevada resistência aos processos convencionais de tratamento de água e esgoto, sendo frequentemente detectadas em corpos hídricos de diferentes regiões. Os resultados indicam um crescimento expressivo da literatura nos últimos anos, especialmente entre 2022 e 2024, com predominância de publicações oriundas de países europeus, refletindo o avanço das discussões científicas e regulatórias sobre o tema. Além disso, a literatura aponta que microplásticos e outros compostos derivados de cosméticos podem causar efeitos adversos sobre organismos e interferir em processos ecológicos. Por outro lado, estudos recentes destacam o desenvolvimento de alternativas biodegradáveis, como microesferas à base de biopolímeros, que apresentam desempenho funcional similar e menor impacto ambiental. Conclui-se que a presença desses contaminantes constitui um desafio ambiental significativo, exigindo avanços tecnológicos, regulamentações mais rigorosas e maior conscientização sobre o uso de produtos sustentáveis.

Palavras-chave: Poluentes Emergentes; Produtos de Higiene e de cuidado pessoal; Microplásticos.

ABSTRACT

The intensive use of personal hygiene and personal care products has increased the release of emerging contaminants into the environment, raising growing scientific and regulatory concern due to their potential persistence, dispersion, and adverse effects on ecosystems. Among these contaminants, microplastics stand out because of their physicochemical properties, which hinder degradation and favor accumulation in different environmental compartments. In this context, the present review aims to analyze the occurrence, impacts, and challenges associated with emerging pollutants, with an emphasis on microplastics derived from personal hygiene and care products, as well as to discuss sustainable alternatives and mitigation strategies. This study is based on the analysis of experimental studies and scientific reviews, demonstrating that microplastic substances used in product formulations exhibit high resistance to conventional water and wastewater treatment processes and are frequently detected in water bodies across different regions. The results indicate a significant growth in scientific literature in recent years, particularly between 2022 and 2024, with a predominance of publications originating from European countries, reflecting the advancement of scientific and regulatory discussions on this topic. Furthermore, the literature indicates that microplastics and other cosmetic-derived compounds can cause adverse effects on organisms and interfere with ecological processes. On the other hand, recent studies highlight the development of biodegradable alternatives, such as biopolymer-based microbeads, which exhibit similar functional performance and lower environmental impact. It is concluded that the presence of these contaminants represents a significant environmental challenge, requiring technological advances, stricter regulations, and increased awareness regarding the use of sustainable products.

Keywords: Emerging Pollutants; Personal Care Products; Microplastics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Contaminantes emergentes por categoria	15
Figura 2: Fontes e rotas de contaminantes emergentes no meio ambiente.....	16
Figura 3: Fontes de poluentes emergentes em ambientes aquáticos.	27
Figura 4: Fluxograma Metodológico.	31
Figura 5: Artigos distribuídos por ano de publicação.....	33
Figura 6: Distribuição geográfica dos artigos incluídos na revisão.	35
Figura 7: Distribuição geográfica dos artigos pertencentes ao continente Europeu..	36
Figura 8: Distribuição geográfica dos artigos pertencentes ao continente Asiático. ...	36
Figura 9: Distribuição do número de artigos por grupo.	40
Figura 10: Distribuição geográfica de cada grupo temático.	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Categorias de produtos de higiene e cuidado pessoal	38
Quadro 2: Contaminantes presentes em PCPs (Continua).....	39
Quadro 3: Iniciativas implementadas até 2018 em alguns países (Continua)	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Poluentes emergentes e seus impactos ambientais.....	14
2.2. Poluentes emergentes associados a produtos de higiene e cuidado pessoal	17
2.3. Panorama da indústria de cosméticos no Brasil.....	19
2.4. Microplásticos em produtos de cuidado pessoal	21
2.5. Efeitos ambientais dos microplásticos e outros contaminantes emergentes ..	24
3. OBJETIVOS	28
3.1. Geral.....	28
3.2. Específicos	28
4. METODOLOGIA.....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1. Artigos selecionados para o estudo.....	32
5.2. Análise temporal das publicações	33
5.3. Análise Geográfica	34
5.4. Contaminantes presentes em produtos de higiene e cuidado pessoal.....	37
5.5. Delimitação das categorias temáticas	40
5.6. Dinâmica dos contaminantes nos compartimentos ambientais	42
5.7. Dimensões da problemática ambiental dos microplásticos	45
5.8. Caminhos para a redução dos impactos dos microplásticos	49
6. CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICE A	65

1. INTRODUÇÃO

A intensificação das atividades humanas, associada ao crescimento populacional desordenado e à expansão do consumo de produtos industrializados, tem contribuído para o aumento da carga de contaminantes lançados no meio ambiente, especialmente nos recursos hídricos (CARTAXO et al., 2020; SOUZA et al., 2015). Entre esses contaminantes, destacam-se os poluentes emergentes, cuja presença está diretamente relacionada ao descarte de efluentes domésticos, industriais e hospitalares, bem como ao escoamento superficial de áreas agrícolas.

Esses compostos, amplamente utilizados em fármacos, cosméticos e produtos de higiene pessoal, apresentam elevada persistência ambiental e muitas vezes não são completamente removidos pelos sistemas convencionais de tratamento de água e esgoto, o que favorece sua dispersão e acúmulo nos ecossistemas aquáticos (SOUZA et al., 2015).

Os poluentes emergentes constituem um grupo heterogêneo de substâncias químicas que, embora muitas vezes utilizadas há décadas, passaram a ser reconhecidas como problema ambiental apenas recentemente, em razão do avanço das técnicas analíticas capazes de detectá-las em concentrações extremamente baixas. Suas propriedades físico-químicas, como mobilidade, resistência à biodegradação e potencial de bioacumulação, favorecem sua circulação entre diferentes compartimentos ambientais e organismos vivos. Mesmo em concentrações reduzidas, esses compostos podem provocar efeitos adversos significativos, incluindo interferência endócrina e distúrbios reprodutivos, alterações genéticas e o desenvolvimento de resistência bacteriana, configurando-se como uma ameaça crescente à biodiversidade, à saúde pública e à qualidade dos recursos (CARTAXO et al., 2020; CORNÉLIO, 2023; SOUZA et al., 2015).

No contexto da indústria cosmética, os produtos de cuidado pessoal (PCPs) representam uma fonte relevante de poluentes emergentes, devido à presença de conservantes, antimicrobianos, fragrâncias, filtros ultravioletas e microplásticos em suas formulações. Entre esses compostos, destacam-se os parabenos e os microplásticos primários, amplamente utilizados como agentes esfoliantes e abrasivos em produtos de uso cotidiano, como sabonetes, cremes dentais e esfoliantes. Embora regulamentadas em termos de concentração, essas substâncias apresentam elevada persistência ambiental e são frequentemente detectadas em corpos d'água,

evidenciando a insuficiência dos sistemas convencionais de tratamento na remoção desses contaminantes (VILHA, 2009; PEREIRA et al., 2017; FILIPPE, 2018).

Os microplásticos, em particular, têm despertado crescente preocupação científica devido à sua ampla ocorrência no ambiente e ao seu papel como vetores de substâncias tóxicas. Essas partículas poliméricas, fabricadas intencionalmente em dimensões microscópicas ou originadas da fragmentação de resíduos plásticos maiores, são liberadas em grande quantidade no sistema de esgoto após o uso de produtos cosméticos (ROSA et al., 2021; MONTAGNER et al., 2021). A baixa eficiência das estações de tratamento convencionais na retenção dessas partículas permite que elas alcancem rios e oceanos, onde podem causar danos físicos à biota aquática e atuar como superfícies de adsorção de contaminantes químicos, ampliando seus impactos ecotoxicológicos. Além disso, a exposição humana aos microplásticos, por meio da água, da pele e da cadeia alimentar, levanta preocupações crescentes quanto a potenciais riscos à saúde (ROSA et al., 2021; VARGAS et al., 2022; CHIAVELLI et al., 2019).

Apesar dos avanços nas pesquisas e das iniciativas regulatórias, persistem lacunas significativas no conhecimento sobre a ocorrência, o comportamento ambiental e os impactos dos microplásticos e demais poluentes emergentes associados a produtos de cuidado pessoal (VARGAS et al., 2022; MONTAGNER et al., 2021). Os sistemas convencionais de tratamento de efluentes não foram projetados para remover esses contaminantes, e a implementação de tecnologias avançadas enfrenta limitações técnicas e econômicas, especialmente em países em desenvolvimento. Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de aprofundar os estudos sobre a contribuição da indústria cosmética para a contaminação dos recursos (CHIAVELLI et al., 2019; FILIPPE, 2018; CARTAXO et al., 2020).

Diante desse cenário, a presente pesquisa justifica-se pela relevância ambiental, científica e social da problemática dos microplásticos e poluentes emergentes provenientes de produtos de cuidado pessoal. Ao investigar a ocorrência, as características e os impactos desses contaminantes, este trabalho busca contribuir para a ampliação do conhecimento científico e fortalecer estratégias de gestão ambiental voltadas à proteção dos recursos ecológicos. Além disso, a escolha do tema é motivada pela necessidade urgente de compreender os efeitos de substâncias amplamente utilizadas no cotidiano, cujas consequências ambientais e sanitárias ainda são insuficientemente conhecidas, reforçando a importância de abordagens

integradas para a mitigação dos impactos associados ao uso de microplásticos na indústria cosmética.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Poluentes emergentes e seus impactos ambientais

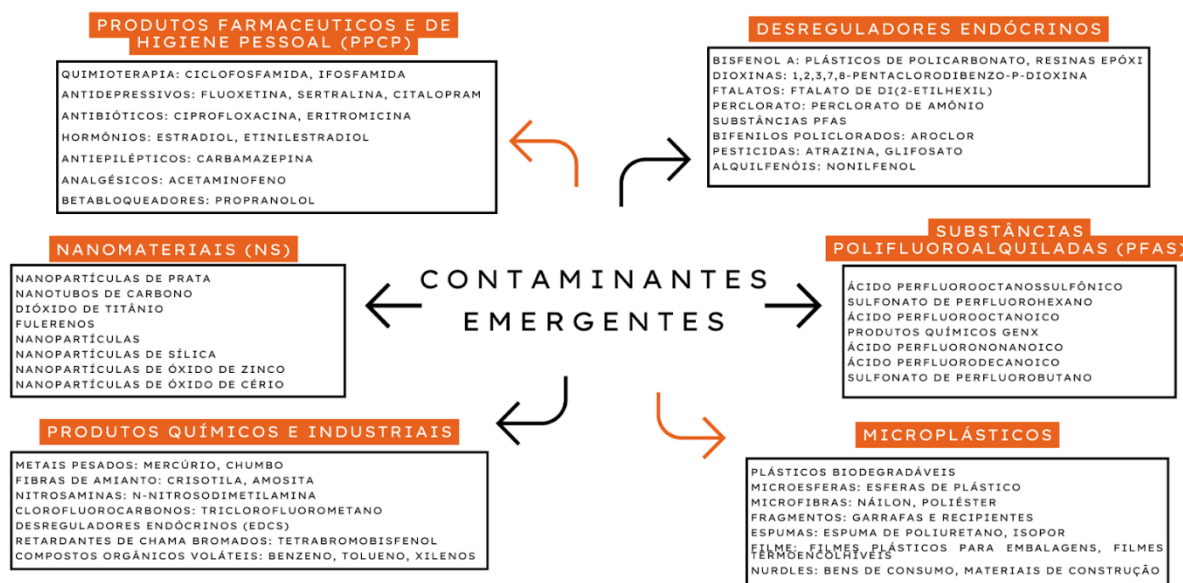
Ao longo dos últimos anos, observa-se um aumento significativo na diversidade de substâncias químicas empregadas em processos industriais, usos domésticos e práticas agrícolas, fato que tem intensificado a preocupação ambiental em âmbito global. Dentre essas substâncias, ressaltam-se aqueles que são classificados como poluentes emergentes, ou contaminantes emergentes, em razão do seu potencial de causar efeitos adversos tanto aos ecossistemas quanto à saúde humana (CARTAXO et al., 2020).

Os poluentes Emergentes constituem um grupo amplo e heterogêneo de substâncias químicas, sejam elas de origem natural ou sintética, que vem sendo continuamente introduzidas no meio ambiente em larga escala (CARTAXO et al., 2020). Embora nem sempre apresentem persistência ambiental, essas substâncias são capazes de gerar efeitos adversos significativos (SOUZA et al., 2015). Dessa forma, configuram um risco potencial para a fauna e a flora, afetando a qualidade dos recursos hídricos e do solo, podendo ter como fonte atividades domésticas, industriais, hospitalares e agropecuárias, além de processos naturais, como a liberação de cianotoxinas (CORNÉLIO, 2023).

A designação “emergente” está relacionada ao caráter relativamente recente, contínuo e relevante desse tema. Muitos desses compostos já vêm sendo utilizados há décadas, mas somente nos últimos anos passaram a ser objetos de monitoramento e avaliação (SOUZA et al., 2015). Seus impactos sobre o ecossistema e a saúde humana ainda estão sendo amplamente investigados, uma vez que os dados ecotoxicológicos disponíveis para a maioria dessas substâncias são limitados (SILVA, 2025). A identificação desses compostos no ambiente tornou-se possível principalmente devido aos avanços das tecnologias analíticas modernas, capazes de detectá-los em concentrações extremamente baixas, chegando à ordem de nanogramas por litro (ANDRADE et al., 2023).

Diversos grupos de substâncias, amplamente utilizadas em diferentes setores, são atualmente reconhecidas como poluentes emergentes. Entre os principais destacam-se agrotóxicos, fármacos, produtos de higiene pessoal, produtos de limpeza, hormônios e microrganismos patogênicos (ANDRADE et al., 2023; CARTAXO et al., 2020). O Figura 1 apresenta exemplos desses contaminantes organizados em categorias baseadas na origem, uso e características químicas.

Figura 1: Contaminantes emergentes por categoria



Fonte: Adaptado de XIAOJING et al., 2024.

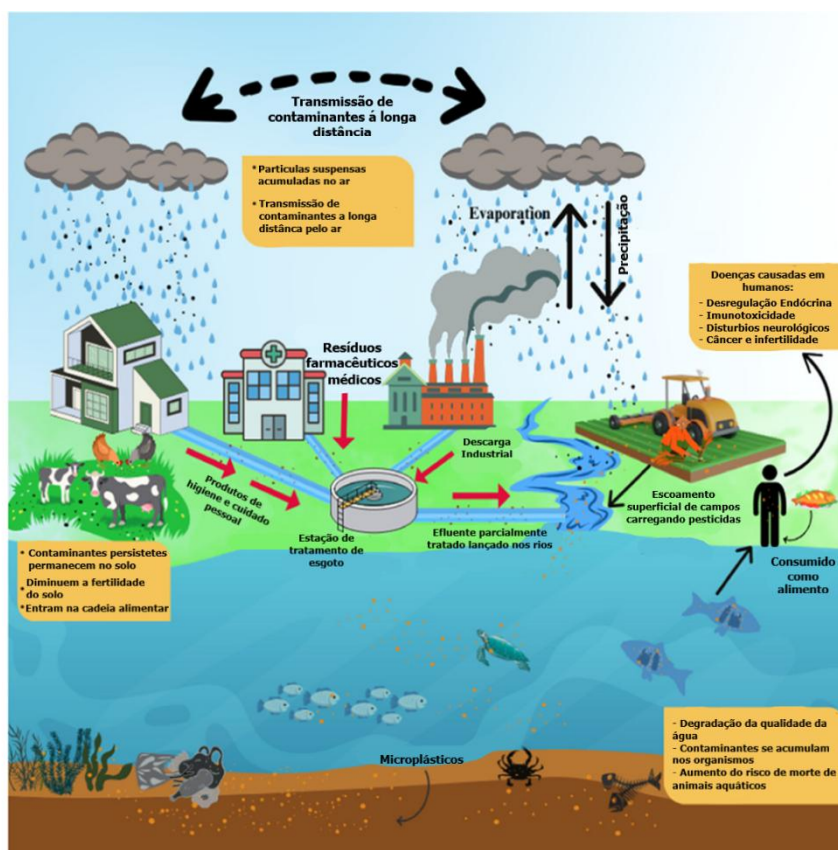
A importância ambiental e sanitária desses contaminantes está vinculada às suas características físico-químicas, como persistência, volatilidade e mobilidade, que possibilitam sua bioacumulação e transporte entre distintos compartimentos ambientais. Essas propriedades intensificam os impactos negativos tanto sobre os organismos que habitam esses ecossistemas quanto sobre a saúde humana e o bem-estar da população (CARTAXO et al., 2020).

Conforme apontado por CARTAXO et al. (2020), um aspecto adicional de preocupação é que, mesmo ocorrendo em concentrações extremamente baixas, a ampla diversidade química e a complexidade estrutural desses poluentes tornam os métodos de detecção e quantificação bastante desafiadores. Além disso, representam obstáculo significativo para os processos convencionais de tratamento de água e esgoto (CARTAXO et al., 2020), visto que, em grande parte, não são completamente removidos por técnicas usuais, como os processos biológicos (SILVA, 2025). Dessa forma, mesmo após o tratamento em estações específicas, parte desses contaminantes permanece no ambiente, podendo alcançar corpos hídricos destinados ao abastecimento humano (SOUZA et al., 2015).

Essas substâncias atingem os diferentes compartimentos ambientais principalmente por meio do lançamento de efluentes sem tratamento ou submetidos a processos de tratamentos ineficientes. Outra via relevante de contaminação decorre

do manejo inadequado de resíduos sólidos. Uma vez introduzidos no ambiente, tais compostos não sofrem biodegradação completa, sendo redistribuídos entre sistemas aquáticos e terrestres, onde se incorporam ao ecossistema. Como consequência, podem bioacumular-se em diversos organismos e, em última instância, alcançar a população humana (SILVA, 2025). A Figura 2 apresenta as principais rotas dos poluentes emergentes ao longo dos compartimentos ambientais.

Figura 2: Fontes e rotas de contaminantes emergentes no meio ambiente.



Fonte: Adaptado de RUPANJANA DAS, 2025.

Entre os principais riscos associados à presença desses compostos no ambiente e na saúde humana, destacam-se alterações no sistema endócrino e reprodutivo de animais e pessoas, aumento na ocorrência de abortos espontâneos, distúrbios metabólicos e desenvolvimento de neoplasias malignas, além da seleção e disseminação de bactérias resistentes. Em organismos aquáticos, a exposição contínua a essas substâncias tem sido relacionada a alterações morfológicas e, em casos mais severos, a extinção de determinadas espécies (SOUZA et al., 2015).

De acordo com CORNÉLIO, 2023 diferentes fontes de poluição, como efluentes domésticos, hospitalares, atividades agrícolas e processos industriais, estão diretamente associadas à introdução de distintas classes de poluentes emergentes no

ambiente. No caso específico do esgoto doméstico, este pode veicular fármacos (antibióticos, analgésicos, entre outros), produtos de higiene e cuidados pessoais (como filtros solares e desinfetantes), hormônios esteroides (por exemplo, o estrogênio) e agrotóxicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas) (CORNÉLIO, 2023).

Para que a gestão adequada desses poluentes seja efetiva, torna-se imprescindível a integração entre o avanço científico e a formulação de políticas públicas, aliada à conscientização ambiental tanto da sociedade quanto dos gestores. Além disso, é fundamental promover a sensibilização que resulte em mudanças comportamentais significativas (SILVA, 2025).

2.2. Poluentes emergentes associados a produtos de higiene e cuidado pessoal

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão responsável pela regulamentação do setor de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (HPPC ou PCP) no Brasil, adota critérios de classificação para esses produtos, alinhados aos padrões seguidos por entidades reguladoras internacionais (VILHA, 2009). De acordo com a Resolução RDC 211, de 14 de julho de 2005, esses produtos são definidos como preparações compostas por substâncias naturais ou sintéticas, destinadas ao uso externo nas diversas partes do corpo humano, como pele, cabelos, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e mucosa, com o objetivo de limpar, perfumar, modificar a aparência, corrigir odores corporais, proteger ou manter o corpo em bom estado (SILVA, 2025; ANVISA, 2025).

O Brasil se sobressai no cenário global devido a sua expressiva riqueza biológica, concentrando cerca de 20% de toda a biodiversidade mundial. Estima-se que mais de 10 mil espécies vegetais dispõem de potencial para serem utilizadas como insumos nas formulações de produtos cosméticos e farmacêuticos, o que representa uma oportunidade estratégica para o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis e com menor impacto ambiental ao longo de seu ciclo de vida (VILHA, 2009).

Considerando o avanço das discussões sobre desenvolvimento sustentável nos últimos tempos, entende-se que produtos sustentáveis são aqueles que promovem práticas que minimizem impactos ambientais e favoreçam o uso responsável dos recursos naturais (VILHA, 2009). Contudo, apesar da crescente

preocupação global com a sustentabilidade, observa-se que os produtos de cuidado pessoal (PCPs) ainda se encontram fora do escopo de regulamentação e monitoramento da legislação brasileira. Em contrapartida, países como Estados Unidos e diversas nações europeias já vêm implementando medidas específicas voltadas à normatização desses compostos e à avaliação de seus impactos ambientais (PEREIRA et al., 2017).

Os produtos de higiene e de cuidado pessoal compreendem uma ampla variedade de produtos químicos orgânicos sintéticos usados numa grande variedade de produtos de banho, pastas de dentes, cosméticos, protetores solares etc. (SILVA, 2013). Entre os compostos utilizados nesta gama de produtos destacam-se os filtros ultravioletas (como as benzofenonas), conservantes (como os parabenos), antimicrobianos (como o triclosan), fragrâncias, repelentes e microplásticos (FILIPPE, 2018). O uso contínuo, descarte e o impacto ambiental desses compostos em PCPs têm gerado uma crescente atenção científica, uma vez que seus efeitos a longo prazo sobre os ecossistemas e a saúde humana ainda não são totalmente compreendidos (SILVA, 2013).

Entre os compostos mencionados, os parabenos destacam-se por seu amplo uso como conservantes em formulações cosméticas e alimentícias. Sua atividade antimicrobiana está diretamente relacionada ao comprimento da cadeia carbônica do éster, de modo que cadeias mais longas tendem a apresentar maior atividade antimicrobiana. No entanto, a solubilidade em água destes compostos diminui à medida que a cadeia aumenta. Por este motivo, é comum que as indústrias empreguem misturas de metilparabeno e propilparabeno em suas formulações, buscando equilíbrio entre eficiência e compatibilidade físico-química (FILIPPE, 2018).

Outro composto de destaque é o triclosan, amplamente reconhecido como um dos poluentes emergentes mais estudados e recorrentemente detectados em efluentes domésticos e industriais. Trata-se de um agente antimicrobiano de amplo espectro, com atividade bactericida eficaz contra diversos microrganismos, sendo incorporado em uma ampla gama de produtos como sabonetes, desodorantes, loções corporais, cremes dentais e outros produtos de higiene pessoal (FILIPPE, 2018). No contexto brasileiro, seu uso é regulamentado pela resolução RDC Nº 29, de 1 de junho de 2012, da ANVISA, que estabelece limite máximo de concentração de 0,3% (m/m) nas formulações (FILIPPE, 2018).

Outro exemplo relevante, são os microplásticos primários, que são amplamente empregados em PCPs como agentes esfoliantes, abrasivos ou de preenchimento. Esses materiais são diretamente carregados para o sistema de esgoto durante o uso doméstico, por meio de duchas e lavatórios, e, devido às suas dimensões microscópicas, não são retidos nos processos convencionais de tratamento de águas residuais. Assim, mesmo após a etapa de filtração, parte dessas partículas alcança os corpos hídricos receptores. A elevada resistência à biodegradação das microesferas plásticas intensifica seus impactos ambientais, que incluem persistência no meio, bioacumulação e potencial toxicidade em organismos aquáticos (PATEIRO, 2022).

A presença desses compostos no ambiente ocorre em decorrência do uso contínuo e do descarte inadequado de efluentes domésticos. Dessa forma, os PCPs podem ser encontrados tanto em organismos expostos por meio da absorção cutânea, inalação ou ingestão de água e alimentos contaminados, quanto em corpos hídricos superficiais e subterrâneos localizados a jusante de sistemas de esgotamento sanitário, representando uma preocupação crescente no contexto dos poluentes emergentes (SILVA, 2013).

2.3. Panorama da indústria de cosméticos no Brasil

A denominada indústria de cosméticos corresponde, na prática, a um setor abrangente, estruturado em três grandes segmentos principais: cosméticos, produtos de higiene pessoal e perfumaria (SILVA, 2025). Nesse contexto, o termo “indústria de cosméticos” é empregado em seu sentido ampliado, englobando o que se convencionou chamar, pelos autores, de HPPC - Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (PEREIRA et al., 2017). Os produtos de higiene pessoal incluem sabonetes, itens destinados à higiene bucal, desodorantes, absorventes, itens para barbear, fraldas descartáveis, talcos, formulações capilares e entre outros; os cosméticos compreendem maquiagens, protetores solares, loções e cremes dermatológicos, bem como produtos destinados à coloração e ao tratamento dos cabelos; já a perfumaria abrange perfumes, águas de colônia e loções pós-barba (SILVA, 2025).

Trata-se de um setor marcado pelo dinamismo e pela constante evolução, acompanhando tanto as tendências de consumo quanto às inovações tecnológicas. Nos últimos tempos, observa-se a valorização de formulações de origem natural, a

incorporação de tecnologias voltadas à personalização de produtos e o crescimento expressivo da demanda por cosméticos masculinos, fatores que têm impulsionado o surgimento de novas linhas e experiências de consumo (PEREIRA et al., 2017).

O setor apresenta relevância tanto em âmbito nacional quanto internacional, consolidando-se como elemento central no estilo de vida moderno. No cenário global, esse mercado reflete exigências cada vez mais diversificadas, enquanto no cenário brasileiro sua expansão está associada a múltiplos fatores (PEREIRA et al., 2017). De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC), entre os principais impulsionadores desse crescimento nos últimos 20 anos, destacam-se: o aumento da participação feminina no mercado de trabalho, a adoção de inovações tecnológicas nos processos produtivos, a constante introdução de novos produtos, a busca por melhora a qualidade de vida, que reforça a preocupação com a estética e o bem-estar, além da expressiva ampliação do consumo de produtos cosméticos pelo público masculino (SILVA, 2025).

Nesse panorama, o Brasil ocupa posição de destaque entre os maiores mercados mundiais, impulsionado por uma população que considera os cosméticos itens indispensáveis no dia a dia. Atualmente, de acordo com a SILVA (2025) e VILHA (2009), o país conta com mais de 3.100 empresas atuantes no setor, distribuídas em diferentes regiões, sendo em sua maioria de pequeno e médio porte (SILVA, 2025), das quais 15 são classificadas como grandes empresas (VILHA, 2009). Entre as marcas de maior representatividade no mercado brasileiro estão Natura, Grupo Boticário, Unilever, Procter & Gamble, Avon, Colgate-Palmolive, L'Oréal e Johnson & Johnson (PONCIONI, 2015).

A importância do setor cosmético exige atenção especial à segurança e à regulamentação. No Brasil, a produção e a importação desses produtos são supervisionadas pelo Ministério da Saúde, por intermédio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), instituída em 1999. Esse órgão é responsável pela Resolução nº 79, de 28 de agosto de 2000, que estabelece normas referentes ao registro, rotulagem e embalagem, além de definir lista de substâncias proibidas ou com uso restrito, bem como conservantes, corantes e filtros solares aprovados (SILVA, 2025).

Dentro desse sistema normativo, os cosméticos são distribuídos em duas categorias de risco: Nível 1, que abrange itens considerados de baixo risco, como sabonetes, xampus, loções e maquiagens; e Nível 2, que abrange produtos com maior

potencial de causar efeitos adversos, como tinturas e descolorantes capilares, protetores solares, esfoliantes químicos, repelentes e artigos destinados ao público infantil (VILHA, 2009). Essa classificação leva em conta aspectos como composição, finalidade, área de aplicação e possibilidade de reações indesejadas, sendo que os produtos de Nível 2 estão sujeitos a requisitos técnicos mais restritivos (SILVA, 2025). No cenário internacional, destaca-se o Internacional Nomenclature of Cosmetic Ingredients (INCI), um sistema de padronização amplamente aceito para a designação de ingredientes empregados em cosméticos. Diante do uso de mais de 12 mil compostos diferentes na elaboração de produtos desse setor, a utilização dessa nomenclatura unificada torna-se fundamental para assegurar transparência, rastreabilidade e segurança, tanto no processo de formulação quanto nas práticas de comercialização em escala global (SILVA, 2025).

2.4. Microplásticos em produtos de cuidado pessoal

Nos últimos tempos, vem se tornando crescente a preocupação global em relação ao aumento da presença de microplásticos (MPs) nos ecossistemas. Esse problema vem ganhando destaque na comunidade científica, devido aos impactos ambientais que causam, uma vez que são resultantes da superprodução, do consumo excessivo e do descarte inadequado de materiais plásticos. Os MPs, são definidos como partículas com dimensões inferiores a 5 mm e são contaminantes onipresentes, encontrados em diferentes matrizes ambientais - terrestre, aquática e atmosférica - e até mesmo em alimentos e na água potável (ROSA et al., 2021; VARGAS et al., 2022).

Essas micropartículas podem ser transportadas por meio do vento, da chuva e dos rios, além de estarem associadas a efluentes domésticos e urbanos, que contribuem para sua disseminação em larga escala. A presença dessas partículas altera propriedades físico-químicas do ambiente, afetando fatores abióticos e provocando impactos ecológicos e sanitários significativos, principalmente por sua contaminação ocorrer por contato direto ou pela ingestão de substâncias contaminadas (ROSA et al., 2021). Embora os plásticos apresentem diversas vantagens tecnológicas, o gerenciamento ineficiente dos resíduos sólidos tem feito desses materiais um dos principais contaminantes persistentes e de ampla distribuição ambiental (MONTAGNER et al., 2021).

Os microplásticos podem ser classificados em primários e secundários, conforme sua origem. Os primários são produzidos intencionalmente em escala microscópica, como microesferas, com dimensões inferiores a 5 mm, para serem utilizados em cosméticos, produtos de higiene pessoal, abrasivos industriais, formulações farmacêuticas e como matéria prima (pellets). Já os secundários, são formados pela fragmentação de resíduos plásticos maiores, como embalagens e utensílios, submetidos a intempéries no ambiente e processos de degradação físico-química que vão tornando o fragmento cada vez menor até atingir o tamanho de classificação dos MPs (MONTAGNER et al., 2021).

A degradação dos polímeros está associada à quebra de ligações covalentes, provocadas por fatores como radiação ultravioleta, oxidação e degradação biológica. Esse processo resulta em redução da massa molar, aumento da molhabilidade e formação de fragmentos microscópicos em diferentes morfologias (fibras, filmes e partículas irregulares). Além da fragmentação, durante o processo de degradação, há ainda liberação de aditivos químicos empregados na formulação do polímero, como corantes, estabilizantes, plastificantes retardantes de chamas e entre outros, que podem ser lixiviados para o ambiente ou adsorvidos na superfície dos MPs. Dessa forma, essas partículas passam a atuar como vetores de contaminantes orgânicos e inorgânicos, entre eles ftalatos, bisfenol A e metais pesados, conhecidos por seus efeitos tóxicos e desreguladores endócrinos (MONTAGNER et al., 2021; ROSA et al., 2021).

Uma vez inseridos no ambiente, os microplásticos desempenham papel duplo: além de atuarem como adsorventes de diversos contaminantes, também atuam como vetores para o transporte desses contaminantes e microrganismos patogênicos, através da formação de biofilmes em sua superfície (MONTAGNER, et al., 2021). Essa capacidade está relacionada à morfologia irregular, hidrofobicidade e elevada área superficial dos MPs, que potencializam a adsorção dos demais contaminantes persistentes. As interações entre MPs e contaminantes variam conforme as condições ambientais (pH, temperatura, salinidade) e as propriedades físico-químicas destes. Desta forma, isolados os MPs já apresentam um desafio ambiental significativo, entretanto, quando inseridos em ambientes contaminados, por substâncias orgânicas ou inorgânicas, seus impactos são potencializados podendo aumentar a toxicidade (VARGAS et al., 2022).

Em ambientes aquáticos, essas partículas também podem transportar espécies invasoras e microrganismos, alterando ecossistemas e ameaçando a biodiversidade local. Além disso, os fatores ambientais - como exposição solar e variações térmicas - modificam a superfície e reatividade dos MPs, alterando sua capacidade de interação com poluentes e intensificando os efeitos ecotoxicológicos (VARGAS et al., 2022). Consequentemente, os efeitos deixam de se restringir a impactos físicos - como obstrução do trato digestivo, sufocamento e estresse - e passam a incluir também respostas fisiológicas adversas, como alterações hormonais, distúrbios enzimáticos, prejuízos à reprodução e ao crescimento (MONTAGNER et al., 2021).

O Brasil ocupa posição de destaque no consumo global de cosméticos e produtos de cuidado pessoal, figurando entre os quatro maiores mercados do mundo. Em relação ao consumo global, as categorias de higiene oral e cuidados com a pele são as mais representativas, e diversos itens destas categorias tradicionalmente contém microesferas plásticas na sua formulação. De acordo com a Resolução RDC nº 4/2014 da ANVISA, os esfoliantes são classificados como de grau 1 (esfoliantes mecânicos) e grau 2 (esfoliantes químicos). Os esfoliantes de grau 1 são frequentemente inseridos de forma intencional nos produtos, para auxiliarem na remoção mecânica das células mortas da epiderme (VARGAS, et al., 2022).

Segundo VARGAS, et al. (2022), cerca de 93% das microesferas empregados em cosméticos e produtos de higiene correspondem a polímeros como polietileno (PE), polipropileno (PP), politereftalato de etileno (PET) e polimetilmetacrilato (PMMA). Além dos esfoliantes, as microesferas também estão presentes em cremes dentais, shampoos, sabonetes líquidos e outros produtos de uso cotidiano. Estudos indicam que um único banho utilizando produtos com MPs pode liberar até 100 mil partículas plásticas no ambiente, e que, em 2015, foram utilizadas cerca de 4.100 toneladas de microesferas apenas em cosméticos na União Europeia. Em esfoliantes faciais, as concentrações podem atingir 10 mg/mL, resultando em uma liberação média de 15 mg de microplásticos por pessoa por dia (MONTAGNER et al., 2021; VARGAS et al., 2022).

Posteriormente ao uso e descarte, essas partículas são transportadas para as estações de tratamento de esgoto (ETEs), onde não são completamente retidas. Mesmo após o tratamento biológico, grande parte permanece intacta, atingindo corpos hídricos receptores, rios e oceanos. Tais ações ocorrem devido a resistência química e baixa densidade dos polímeros que constituem os MPs, dificultando a sua remoção

completa nos processos de tratamento convencionais. Essa ineficiência dos sistemas de tratamento faz com que micropartículas plásticas sejam continuamente introduzidas no meio aquático, agravando a contaminação dos ecossistemas (VARGAS et al., 2022).

A presença e o acúmulo de MPs no ecossistema aquáticos geram efeitos adversos à biota e à saúde humana. Animais marinhos que ingerem essas partículas podem apresentar redução no crescimento, distúrbios comportamentais e alimentares, lesões em tecidos e órgãos, além de demais alterações fisiológicas (ROSA et al., 2021). Estudos apontam que já foram registradas mais de 250 espécies marinhas e 100 espécies de aves, incluindo tartarugas, pinguins e baleias, que ingeriram fragmentos plásticos (CRMV, 2019).

Nos seres humanos, a exposição ocorre por inalação, contato dérmico, ingestão de água contaminada e consumo de organismos marinhos. Tais efeitos podem resultar em disfunções endócrinas, redução da fertilidade, alterações no ciclo menstrual e aumento no desenvolvimento de neoplasias, como câncer de mama, próstata e testículo. A bioacumulação de substâncias adsorvidas na superfície dos MPs intensifica esses efeitos, representando uma ameaça emergente à saúde pública (ROSA et al., 2020; MONTAGNER et al., 2021; VARGAS et al., 2022).

Apesar dos avanços nas pesquisas, ainda não há métodos padronizados internacionalmente para a identificação e quantificação de microplásticos em diferentes matrizes ambientais. As divergências nas unidades de medida e protocolos analíticos dificultam a comparação de resultados entre estudos, ressaltando a necessidade de padronização metodológica e regulamentação específica para avaliação dos riscos ambientais e à saúde associados aos MPs (MONTAGNER et al., 2021; SILVA, 2025).

2.5.Efeitos ambientais dos microplásticos e outros contaminantes emergentes

A Poluição ambiental abrange uma ampla diversidade de aspectos, que vão desde a degradação da qualidade do ar, da água e do solo, passando pela alteração da paisagem e pela deterioração de monumentos e edificações, até a contaminação de alimentos, como a carne de aves expostas a hormônios, ou ainda o

comprometimento da biota aquática em decorrência do lançamento de efluentes domésticos e industriais em corpos hídricos (LIMA et al., 2019).

Para definir situações em que a ação antrópica modifica o meio ambiente, Matos (2010) propõe uma diferenciação entre os conceitos de contaminação e poluição ambiental. O termo contaminação refere-se a presença de uma determinada substância no ambiente sem que haja indícios evidentes de prejuízo, enquanto a poluição é empregada para designar situações em que os impactos nocivos ao ecossistema são evidentes ou potenciais. Nesse sentido, a poluição ocorre quando há a introdução de compostos artificiais ou exógenos a um meio, a inserção de substâncias naturais em ecossistemas distintos daqueles de origem, ou ainda pela alteração nas características e proporções dos elementos que compõem o próprio ambiente (LIMA et al., 2019).

A precariedade dos serviços de saneamento básico e a ineficácia de determinadas políticas públicas, somadas ao crescimento populacional desordenado, configuram fatores determinantes para a redução da qualidade dos recursos hídricos e para a degradação dos solos. A ausência de um planejamento fundamentado em parâmetros ambientais e toxicológicos favorece a continuidade do lançamento de efluentes industriais e domésticos diretamente nos corpos d'águas superficiais (LIMA et al., 2019).

Os reflexos dessa degradação da qualidade hídrica extrapolam a dimensão ambiental, alcançando também as esferas sociais e econômicas. Entre os principais impactos destacam-se a perda da biodiversidade, o aumento da incidência de doenças de veiculação hídrica, a elevação dos custos com tratamento de água destinada ao consumo humano e uso industrial, a redução da produtividade agropecuária, a redução da pesca e a perda de valores turísticos, culturais e paisagísticos associados aos ecossistemas aquáticos (SOUZA et al., 2015).

No contexto dos poluentes emergentes, a principal preocupação está relacionada aos potenciais efeitos adversos ao ecossistema terrestre, aquático e à saúde humana, em virtude da inserção desses poluentes em diferentes compartimentos ambientais. Um agravante é o fato de que tais compostos, em sua maioria, não estão contemplados pela legislação brasileira vigente nem incluídos nos programas regulares de monitoramento ambiental (LIMA et al., 2019).

Os riscos associados à presença desses contaminantes incluem disfunções endócrinas e reprodutivas em humanos e animais, ocorrência de abortos

espontâneos, alterações metabólicas e aumento da incidência de neoplasias malignas. Além disso, destacam-se os efeitos indiretos, como a indução de bactérias mais resistentes. No ambiente aquático, a exposição prolongada de espécies a essas substâncias tem resultado em alterações morfológicas significativas e até mesmo na extinção de determinadas populações (SOUZA et al., 2015).

Os poluentes emergentes podem desempenhar o papel de Interferentes Endócrinos (IE), uma vez que possuem a capacidade de alterar processos fundamentais relacionados à síntese, secreção, transporte e atividade hormonal nos organismos vivos. Tais alterações podem resultar em sérias consequências à saúde, como o desenvolvimento de neoplasias hormônio-dependentes, incluindo câncer de mama e de testículo, bem como disfunções reprodutivas e metabólicas. Em organismos aquáticos e aves, estudos apontam para impactos na fertilidade, alterações comportamentais e comprometimento do desenvolvimento embrionário (LIMA et al., 2019).

Um fator agravante é que muitos desses contaminantes apresentam características físico-químicas que favorecem sua persistência ambiental, possibilitando processos de bioacumulação em organismos e biomagnificação ao longo da cadeia trófica. Dessa forma, mesmo presentes em baixas concentrações na água ou no solo, tendem a se concentrar progressivamente nos níveis mais altos da cadeia alimentar, alcançando, por consequência, a saúde humana e representando riscos ainda mais significativos à biodiversidade e à qualidade de vida (SILVA, 2025).

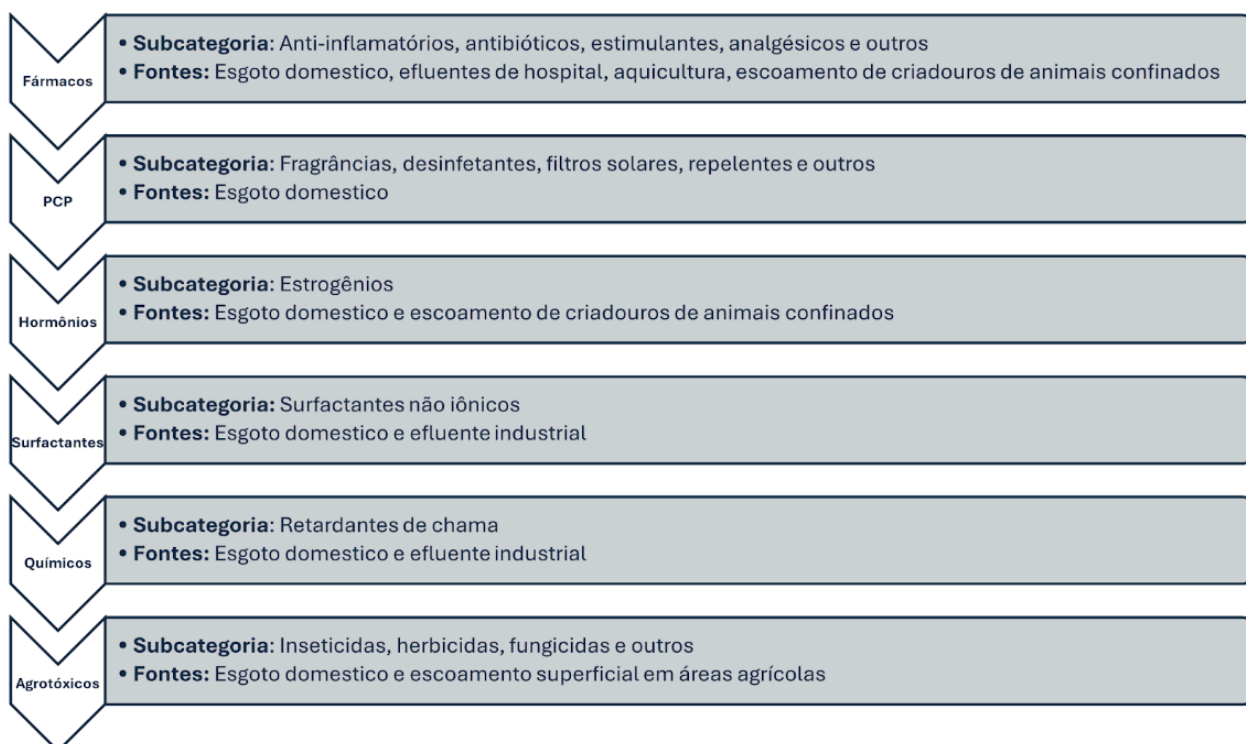
Na maioria das situações, a presença dessa forma de poluição é praticamente imperceptível, tornando-se evidente apenas em episódios críticos, como a mortandade em massa de organismos. Entretanto, o mais recorrente é que permaneça não detectada pelos sistemas de monitoramento convencionais, uma vez que os métodos analíticos de rotina utilizados para avaliação da qualidade da água não são capazes de identificar micropoluentes em concentrações tão reduzidas, muitas vezes na ordem de nanogramas por litro. Além disso, os processos tradicionais de tratamento de água e esgoto não foram projetados para degradar ou remover compostos com alta persistência ambiental, elevada lipofilicidade e significativa resistência à biodegradação. Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de desenvolvimento, aprimoramento e implementação de tecnologias emergentes de tratamento que apresentem maior eficiência na remoção desses contaminantes. Sem

tais avanços, os impactos ambientais tendem a se intensificar, resultando em danos graves e, muitas vezes, irreversíveis (SOUZA et al., 2015).

Nesse cenário, pesquisas direcionadas à quantificação, monitoramento e avaliação ecotoxicológica desses compostos são de suma importância, pois permitem não apenas identificar as concentrações presentes no meio aquático, mas também embasam o desenvolvimento de métodos analíticos mais sensíveis e a validação de novas técnicas de remoção (LIMA et al., 2019).

As fontes de micropoluentes que chegam aos recursos hídricos são múltiplas, abrangendo desde descargas de efluentes domésticos, hospitalares e industriais até o uso de produtos de amplo consumo, como cosméticos, fármacos e pesticidas. Uma parcela significativa desses contaminantes está diretamente associada a produtos industrializados, os quais, após o consumo e descarte, acabam alcançando os corpos d'água. A Figura 3 apresenta algumas dessas principais fontes nos ambientes aquáticos (NASCIMENTO, 2022).

Figura 3: Fontes de poluentes emergentes em ambientes aquáticos.



Fonte: Adaptado de NASCIMENTO, 2022.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Realizar uma revisão bibliográfica sistemática sobre os contaminantes emergentes originados de produtos de higiene pessoal e cosméticos, com ênfase nos microplásticos inseridos nessa categoria de contaminantes, visando analisar a produção científica relacionada ao tema, compreender sua ocorrência nos diferentes compartimentos ambientais, avaliar seus impactos ambientais e discutir as tecnologias mais promissoras de substituição em produtos e alternativas de tratamento aplicáveis aos efluentes industriais e ao descarte doméstico.

3.2. Específicos

- Identificar e classificar os principais contaminantes emergentes presentes nos PCPs (como parabenos, filtros UV, microplásticos e fragrâncias), destacando suas funções nos produtos e suas características físico-químicas que levam à persistência ambiental presentes nas referências bibliográficas.
- Analisar a evolução das publicações ao longo dos anos bem como a distribuição geográfica dos estudos.
- Mapear a ocorrência e os principais impactos ambientais associados à presença desses contaminantes em matrizes aquáticas (água superficial, subterrânea e esgoto), solo, e atmosfera, incluindo potenciais efeitos de toxicidade, desregulação endócrina e o destino de microplásticos por meio de uma revisão bibliográfica.
- Analisar a eficácia e as limitações dos sistemas convencionais de tratamento de efluentes (ETE's) na remoção dos contaminantes emergentes provenientes de PCP, conforme relatado na literatura científica.
- Investigar e descrever as tecnologias de redução da geração e tratamento para a degradação ou remoção eficiente desses contaminantes específicos em efluentes industriais e municipais presentes nas referências bibliográficas.
- Identificar as soluções existentes na literatura para mitigar os riscos ambientais associados ao ciclo de vida e descarte dos produtos de higiene pessoal e cosméticos.

4. METODOLOGIA

O presente estudo é caracterizado como uma pesquisa qualitativa, com abordagem bibliográfica e bibliométrica, através da metodologia prisma. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica exploratória, a fim de compreender as principais linhas de pesquisa relacionadas ao tema. Nessa etapa, foi realizada a leitura de artigos científicos, permitindo identificar os assuntos mais recorrentes e as relações entre eles. A partir dessa análise preliminar, definiu-se a temática central do trabalho, considerando: (i) os poluentes emergentes como categoria principal de contaminantes; (ii) os produtos de cuidado pessoal como fonte de ocorrência; (iii) os diferentes compartimentos ambientais como meio de dispersão; e (iv) os microplásticos como poluente de interesse específico.

A definição das palavras-chave ocorreu de maneira ordenada. Inicialmente, foram selecionados termos que apresentavam relação direta com a temática e que se mostraram recorrentes nos artigos analisados na fase exploratória. Em seguida, essas palavras-chave e suas variações foram pesquisadas na base de dados Scopus, com o objetivo de avaliar sua frequência de ocorrência e relevância científica. As palavras utilizadas com o operador booleano “OR” foram aquelas que apresentaram maior incidência como termos chave em diferentes estudos, independentemente da temática específica, indicando serem amplamente adotadas pela comunidade científica. Já o operador “AND” foi empregado para restringir os resultados de acordo com os objetivos do trabalho. A estratégia de busca considerou diferentes variações terminológicas, visando abranger o maior número possível de estudos representativamente equivalentes.

As fontes de dados utilizadas ao longo do desenvolvimento deste estudo incluíram o Google Acadêmico e a base SciELO na fase inicial de definição da temática. Posteriormente, para a construção da análise bibliométrica e a obtenção dos resultados principais, foram utilizadas as bases ScienceDirect e Scopus, selecionadas em função de sua ampla cobertura e reconhecimento no cenário científico internacional. O recorte temporal da pesquisa compreendeu o período de 2014 a 2024, permitindo a análise da evolução recente da produção científica relacionada ao tema.

Foram considerados como critérios de inclusão: artigos que apresentassem as palavras-chave no título, resumo ou lista de palavras-chave; utilização de operadores booleanos na busca; publicações disponíveis nas bases de dados selecionadas;

artigos publicados dentro do período estabelecido; artigos de pesquisa e de revisão; e publicações nos idiomas português, inglês e espanhol.

Como critérios de exclusão, foram desconsiderados artigos que não atendessem aos critérios de inclusão, publicações sem acesso ao texto completo ou sem possibilidade de obtenção por outros meios, estudos que abordassem o poluente de interesse sem relação com a sua regulamentação, métodos de tratamento ou com produtos de cuidado pessoal. Também foram excluídos os artigos que mencionassem às variações das palavras-chave menos de dez vezes ao longo do texto. No caso da base de dados Scopus, adotou-se ainda como critério adicional a exclusão de artigos já publicados na base ScienceDirect, de modo a evitar duplicidade de registros.

A pesquisa bibliométrica foi conduzida de forma combinada nas plataformas ScienceDirect e Scopus, visando aumentar a robustez dos resultados. Para isso, foram definidos dois agrupamentos de palavras-chave: o Agrupamento 1, composto pela temática “produtos de cuidado pessoal” associada ao poluente de interesse “microplásticos”; e o Agrupamento 2, que incluiu todos os termos relevantes nesta pesquisa, “poluentes emergentes”, “produtos de cuidado pessoal” e “microplásticos”. As combinações dos termos foram inseridas na busca avançada das plataformas, utilizando o parâmetro de pesquisa em qualquer parte do artigo (título, resumo, palavras-chave ou ocorrência no texto).

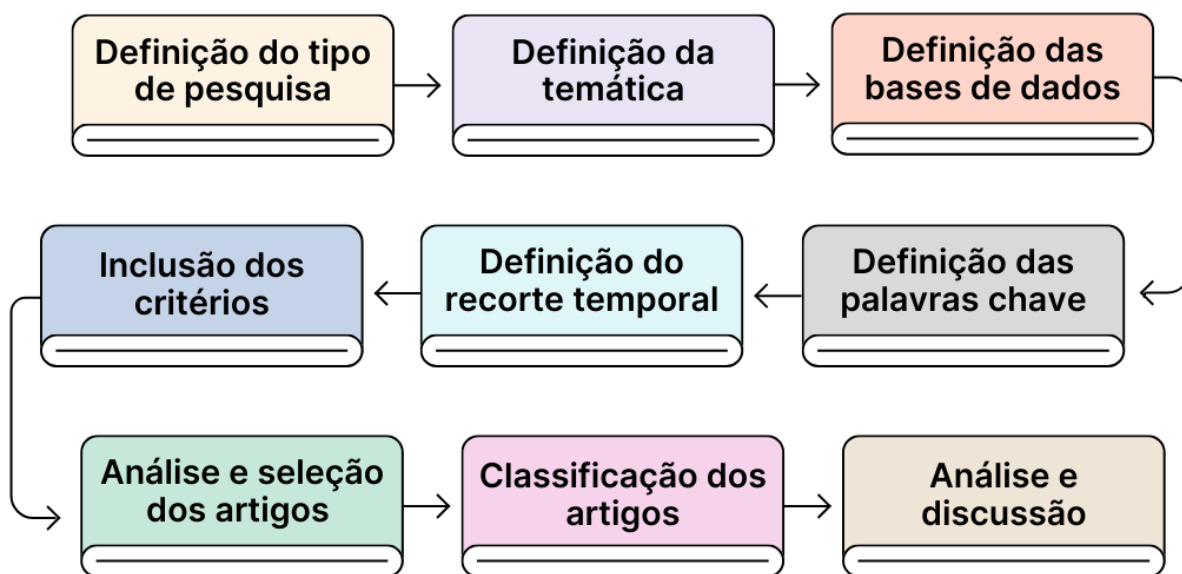
As palavras-chave utilizadas na etapa de levantamento bibliográfico foram estruturadas a partir de três eixos temáticos principais: Contaminantes Emergentes, Produtos de Cuidado Pessoal e Microplásticos. Com o objetivo de ampliar a abrangência da busca e contemplar a produção científica internacional, os termos foram definidos em língua inglesa, incluindo suas principais variações terminológicas. Assim, foram adotadas as seguintes combinações: Emerging Contaminants e Emerging Pollutants para contaminantes emergentes; Personal Care Products, PCPP, PCP e Cosmetics para produtos de cuidado pessoal; e Microplastics, Microbeads e Plastic particles para microplásticos.

Durante o processo de seleção, foram aplicados filtros referentes ao tipo de documento, sendo considerados apenas artigos de pesquisa e de revisão. Os resultados foram organizados por ordem de relevância e os 40 primeiros artigos disponíveis para download que atenderam aos critérios estabelecidos foram selecionados para análise detalhada. Após a leitura individual dos artigos, foram

incluídos no estudo apenas aqueles que apresentaram maior aproximação com o objetivo da pesquisa.

Por fim, os 40 artigos selecionados foram classificados em três grupos temáticos, de acordo com sua contribuição ao estudo: Grupo 1 - Compartimentos Ambientais, composto por artigos que abordam a ocorrência de poluentes emergentes e microplásticos nos diferentes compartimentos ambientais (água, ar e solo); Grupo 2 - Problemática, que reúne estudos focados no uso de microplásticos em produtos de cuidado pessoal e seus impactos; e Grupo 3 - Soluções, formado por artigos que apresentam técnicas de tratamento para remoção do poluente ou alternativas para sua substituição na composição dos produtos. Dessa forma, o fluxo metodológico adotado possibilitou o desenvolvimento de uma revisão abrangente e atualizada sobre os microplásticos em produtos de cuidado pessoal, seus impactos ambientais e as principais estratégias de mitigação.

Figura 4: Fluxograma Metodológico.



Fonte: Autoria Própria, 2026.

A partir da aplicação desta metodologia, na base de dados ScienceDirect foram encontrados 77 artigos e selecionados 27% desses trabalhos, enquanto na base de dados Scopus foram encontrados 110 artigos e selecionados 17%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Artigos selecionados para o estudo

Considerando exclusivamente os critérios de inclusão previamente estabelecidos neste estudo, os resultados preliminares obtidos para o Agrupamento 1 indicaram que a base ScienceDirect retornou um total de 384 publicações, das quais 33% foram classificadas como artigos de revisão e 47% como artigos de pesquisa, sendo as demais 20% distribuídas entre outras tipologias documentais. Na base Scopus, foram identificados 663 documentos, sendo 50% artigos de pesquisa, 26% artigos de revisão e 24% enquadrados em outras categorias (SCIENCEDIRECT, 2025; SCOPUS, 2025).

Em relação ao Agrupamento 2, a base ScienceDirect apresentou 97 publicações, das quais 47% correspondem a artigos de revisão e 21% a artigos de pesquisa, enquanto as demais se distribuíram em outras categorias. Na base Scopus, foram identificados 172 documentos, sendo 44% artigos de revisão, 20% artigos de pesquisa e o restante classificado em outras tipologias (SCIENCEDIRECT, 2025; SCOPUS, 2025).

Após isso, os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados de forma sistemática às duas bases de dados selecionadas. Na base ScienceDirect foram inicialmente identificados 77 artigos. Desses, após a leitura criteriosa dos títulos, resumos e, quando necessário, do texto completo, apenas 27% dos estudos atenderam integralmente aos critérios definidos, sendo os demais excluídos por não se enquadrarem nos parâmetros metodológicos adotados.

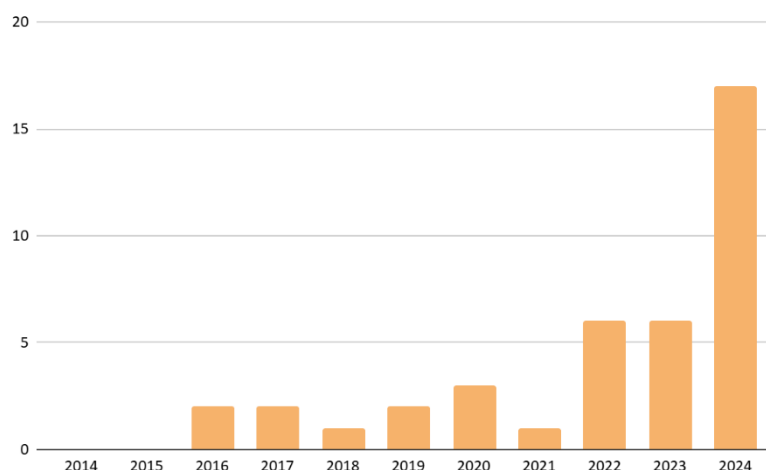
Na base Scopus, a estratégia de busca resultou na identificação de 110 artigos. Após a verificação de duplicidade em relação à base ScienceDirect e a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 17% dos artigos elegíveis para compor a coletânea final da revisão. O Apêndice 1 apresenta a relação completa dos artigos incluídos nesta revisão, contendo as principais informações de cada estudo, bem como seus respectivos identificadores (ID), os quais foram utilizados nas análises subsequentes desenvolvidas neste trabalho.

De modo geral, os resultados preliminares evidenciam que as palavras-chave selecionadas apresentaram adequada granularidade e elevada compatibilidade entre si, possibilitando o encontro de um conjunto expressivo e representativo de estudos alinhados à temática proposta, o que reforça a consistência da estratégia de busca adotada.

5.2. Análise temporal das publicações

A partir do conjunto de artigos selecionados para compor esta revisão, foi realizada a análise temporal da distribuição anual das publicações. De modo geral, observa-se uma boa distribuição ao longo do período analisado. Embora o intervalo temporal tenha sido definido entre 2014 e 2024, apenas publicações a partir de 2016 foram incluídas, uma vez que os artigos de antes desse período não atenderam aos critérios de inclusão estabelecidos. Um detalhe que chama atenção, na base de dados ScienceDirect, após a aplicação dos filtros metodológicos de inclusão, foram encontrados apenas publicações a partir de 2017.

Figura 5: Artigos distribuídos por ano de publicação.



Fonte: Autoria própria, 2026.

A partir da análise dos dados apresentados, é possível identificar que o número de estudos começa a se intensificar a partir de 2020, com três artigos nesse ano, seguido por uma redução em 2021, com um artigo. Posteriormente, observa-se um aumento significativo nas publicações em 2022 e 2023, ambos com seis artigos cada, atingindo um pico expressivo em 2024, com um total de dezessete artigos (42,5% dos trabalhos selecionados).

Esse comportamento temporal pode ser atribuído a diferentes fatores. Inicialmente, destaca-se que a utilização de microplásticos em produtos de cuidado pessoal, bem como sua classificação como contaminantes emergentes, passou a ser reconhecida mais recentemente como uma problemática relevante tanto do ponto de vista ambiental quanto da saúde pública, o que contribuiu para o crescimento do interesse científico na temática.

Já a redução observada em 2021 pode estar relacionada aos impactos da pandemia da COVID-19, período marcado por isolamento social, causando interrupções de atividades laboratoriais e atrasos no desenvolvimento de pesquisas científicas em diversas áreas (BLANDO, et al., 2021).

A alta de trabalhos encontrados a partir de 2022 também podem ser resultado dos reflexos da pandemia, que deixou em evidências diversos assuntos e questionamentos relacionados à poluição, principalmente pelo aumento do uso de Produtos de Higiene e cuidado pessoal naquela época. Fazendo com que a comunidade científica passasse a investigar a temática de forma mais sistemática.

Por outro lado, o aumento expressivo do número de estudos a partir de 2022 pode refletir os efeitos pós-pandemia, uma vez que esse período evidenciou discussões relacionadas à poluição ambiental, especialmente associadas ao aumento do consumo de produtos de higiene e cuidado pessoal. Esse contexto estimulou a intensificação das investigações científicas voltadas à ocorrência e aos impactos desta temática.

Além disso, outro fator pode estar relacionado aos avanços significativos nas metodologias analíticas, que têm contribuído, ao longo dos últimos anos, para a detecção e quantificação de microplásticos em matrizes ambientais complexas, ampliando a visibilidade e a precisão dos estudos. Somando-se isso a crescente preocupação com os potenciais efeitos à saúde humana decorrentes da exposição a esses contaminantes.

Desta forma, de modo geral, o aumento no número de publicações observado no período analisado pode ser justificado pelo caráter emergente da temática dos microplásticos em produtos de cuidado pessoal. O crescimento recente da produção científica reflete, simultaneamente, o avanço das técnicas analíticas, a intensificação das discussões regulatórias e a consolidação do tema como uma linha de pesquisa ativa e relevante nos últimos anos.

5.3. Análise Geográfica

Com base nos 40 artigos selecionados para compor esta revisão, foi realizada a análise da origem institucional dos autores e das publicações, a qual a distribuição geográfica é apresentada na Figura 6. De maneira geral, observa-se uma predominância de estudos provenientes do continente europeu, totalizando dezenove

artigos, seguido pela Ásia, com catorze artigos. Além desses, também estão entre os artigos, oito provenientes do continente americano, enquanto Oceania e África apresentaram menor representatividade, com dois e um artigo, respectivamente. Essa distribuição sugere a influência de diferentes fatores científicos, regulatórios e socioeconômicos no direcionamento das pesquisas sobre microplásticos em produtos de cuidado pessoal.

Figura 6: Distribuição geográfica dos artigos incluídos na revisão.



Fonte: Autoria própria, 2026.

No contexto europeu, o número de trabalhos encontrados pode ser atribuído ao histórico protagonismo do continente em debates ambientais, ao desenvolvimento de políticas públicas rigorosas voltadas à regulamentação de substâncias químicas e à proteção dos ecossistemas aquáticos. Destaca-se, nesse cenário, a atuação da ECHA (Agência Europeia de Produtos Químicos), que desempenha um papel central na promoção do uso seguro e sustentável de substâncias químicas, incluindo a implementação de restrições ao uso intencional de microplásticos em produtos comerciais, como cosméticos e itens de higiene pessoal. Sendo um regulatório de grande estímulo à produção científica voltada à avaliação da ocorrência, dos impactos ambientais e das alternativas aos microplásticos.

Entre os países europeus, Itália e Reino Unido se destacam, conforme figura 7, com seis e quatro artigos, respectivamente. As publicações desses países concentram-se, principalmente, na identificação e caracterização de microplásticos em produtos cosméticos, na análise das rotas de contaminação em ambientes aquáticos, na proposta de alternativas sustentáveis para formulações cosméticas e na

discussão de marcos regulatórios e estratégias de mitigação em escala global. Isso reflete a forte tradição acadêmica desses países, sua participação em projetos de pesquisa internacionais e a relevância de suas indústrias de cosméticos no mercado global.

Figura 7: Distribuição geográfica dos artigos pertencentes ao continente Europeu.



Fonte: Autoria própria, 2026.

No continente asiático, a representatividade observada, conforme figura 8, especialmente de China, Japão e Índia, cada um com três artigos, está associada ao expressivo crescimento industrial e populacional, bem como ao elevado consumo de produtos de cuidado pessoal nessas regiões.

Figura 8: Distribuição geográfica dos artigos pertencentes ao continente Asiático.



Fonte: Autoria própria, 2026.

A China se destaca como um dos maiores mercados consumidores de cosméticos em escala global, fator que impulsiona investigações sobre os impactos ambientais associados ao uso desses produtos. O Japão, além de possuir uma

indústria cosmética consolidada, apresenta elevado desenvolvimento tecnológico, especialmente em metodologias analíticas e estudos avançados de materiais, o que favorece pesquisas sobre microplásticos e monitoramento ambiental. Já a Índia tem ampliado significativamente sua produção científica nos últimos anos, impulsionada por desafios relacionados à gestão de resíduos sólidos, saneamento básico e proteção dos recursos hídricos.

De forma geral, a concentração geográfica das publicações observada nesta revisão reflete a interação entre o nível de consumo e produção de produtos de cuidado pessoal, o grau de maturidade científica, o rigor dos marcos regulatórios e a priorização do tema como uma problemática ambiental e de saúde pública nas agendas de pesquisa das diferentes regiões analisadas.

5.4. Contaminantes presentes em produtos de higiene e cuidado pessoal

A literatura analisada apresenta diferentes formas de categorização dos produtos de higiene e cuidado pessoal, considerando suas funções, modos de uso e aplicações específicas. O Quadro 1 sintetiza algumas dessas categorias, bem como os principais tipos de produtos associados a cada uma delas.

Paralelamente, os estudos revisados identificam e descrevem as principais substâncias contaminantes presentes nas formulações de produtos de higiene e cuidado pessoal, as quais variam de acordo com a categoria e a finalidade de cada item. A partir da análise do conjunto de artigos selecionados, foram identificadas treze categorias distintas de produtos (Quadro 1), sendo que, em todas elas, observa-se a presença de ao menos um tipo de contaminante emergente empregado intencionalmente nas formulações. O Quadro 2 exemplifica os principais contaminantes associados a cada uma dessas categorias, evidenciando que o uso dessas substâncias é recorrente e transversal ao setor cosmético. Entre os compostos mais frequentemente identificados destacam-se conservantes, filtros ultravioleta, fragrâncias sintéticas e microplásticos, amplamente utilizados para conferir estabilidade microbiológica, proteção contra radiação, propriedades sensoriais e desempenho funcional aos produtos.

Conforme evidenciado no Quadro 2, vinte e sete contaminantes emergentes são comumente empregados nas formulações, sendo aquelas empregadas como fragrâncias a classe mais representativa, correspondendo a aproximadamente 37%

das substâncias, seguidas pelos conservantes, que representam cerca de 22%. Segundo MAMEDES et al. (2020), esses dados refletem a forte dependência da indústria cosmética dessas classes químicas, tanto por sua eficiência funcional quanto por sua ampla aceitação comercial, ao mesmo tempo em que evidenciam seu potencial de liberação contínua no ambiente ao longo do ciclo de vida dos produtos.

Quadro 1: Categorias de produtos de higiene e cuidado pessoal

ID	Categoria	Tipo
1	Desodorantes	Desodorantes (spray, rollon, creme).
2	Corpo e Banho	Sabonete (líquido e barra), esfoliante, óleo corporal, hidratante.
3	Perfumaria	DeoPerfume, Colônia, BodySplash.
4	Cabelos	Shampoo, condicionador, creme de pentear, máscara de tratamento, finalizador, spray.
5	Higiene Oral	Pasta de dente, enxaguante bucal.
6	Maquiagem	Base, blush, iluminador, pó, sombra, lápis, delineador, máscara de cílios, sobancelha, batom, gloss, lip tint.
7	Sol	Protetor solar.
8	Depilatórios	Produtos depilatórios para o corpo.
9	Esmalte	Esmalte, base, top coat.
10	Tintura	Produtos de coloração para o cabelo.
11	Rosto	primer, bruma fixadora, sérum, demaquilante, tônico, anti-idade.
12	Infantil	Produtos em geral categorizados como infantil.
13	Homem	Pós barba, creme de barbear, cuidados com a barba.

Fonte: Autoria própria, 2026.

Os resultados demonstram que esses contaminantes apresentam elevado potencial de impacto ambiental, uma vez que suas propriedades físicas favorecem sua permanência e dispersão no ecossistema. Além disso, essas substâncias podem estar associadas a efeitos ecotoxicológicos, bioacumulação e, em alguns casos, desregulação endócrina em organismos, reforçando a necessidade de sua avaliação sistemática sob a perspectiva ambiental.

Nesse contexto, conforme destacado por ARISTIZABAL, et al., 2024, a problemática associada ao uso de microplásticos em produtos de cuidado pessoal assume caráter particularmente crítico. Tal situação decorre não apenas de sua ampla aplicação em diferentes categorias de produtos, mas também da limitada padronização terminológica utilizada para sua identificação nas listas de ingredientes, aliada à ainda restrita atenção dedicada ao tema na literatura científica e nos marcos regulatórios.

Quadro 2: Contaminantes presentes em PCPs (Continua)

Contaminante	ID*	Uso Comum	Potencial Ambiental
Acrylate Crosspolymer	4	Emulsificante	Possivelmente persistente.
Benzyl Salicylate	3/9	Fragrância	Potencial alergênico e disruptor endócrino.
Carbomer	11	Emulsificante	Estável, mas presente em formulações persistentes.
Citronellol	3	Fragrância	Irritante, potencial alergênico.
Coumarin	3/ 9	Fragrância	Alergênico, fotossensibilizante.
Dimethicone	1/4/6/7/ 11/12/13	Emoliente/silicones	Baixo risco, mas persistente no ambiente.
Eugenol	13	Fragrância	Potencial sensibilizador.
Geraniol	13	Fragrância	Potencial alergênico.
Glycerin	2/11/12	Emoliente/umectante	Baixo risco, mas detectado como contaminante frequente.
Hexyl Cinnamal	3	Fragrância	Alergênico.
Hydroxycitronellol	3	Fragrância	Potencial alergênico.
Liberadores de formaldeído	2/4	Conservantes	Potencial carcinogênico e tóxico
Limonene	1/2/3/13	Fragrância	Irritante, sensibilizante, carcinogênico em ratos.
Linalool	2/3	Fragrância	Irritante, possível sensibilizador respiratório e cutâneo.
Methylchloroisothiazolinone	4/10	Conservante	Alergênico potente.
Methylisothiazolinone	4/10	Conservante	Alergênico potente, proibido em produtos leave-on na UE.
Methylparaben	1/4/6/ 11/13	Conservante/parabeno	Potencial disruptor endócrino.
Microplásticos	2/5/ 11/6	Esfoliação, abrasão, brilho, regulação de viscosidade, limpeza	Não são biodegradáveis

Fonte: Adaptado de MAMEDES et al., 2020

Quadro 2: Contaminantes presentes em PCPs (Conclusão)

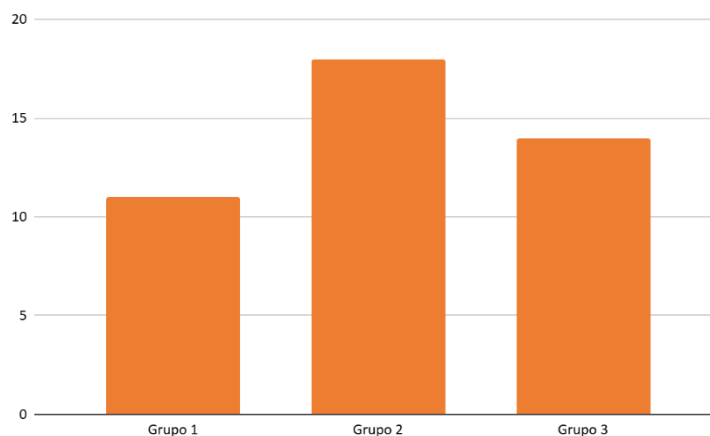
octocrileno	7	Filtro UV - proteção contra a luz ultravioleta	Bioacumulativo, possível toxicidade
Parabenos	4/1	Conservantes	disruptores endócrinos
Parfum	1/2/3/4/ 5/6/8/11/ 12/13	Fragrância	Termo genérico para fragrâncias — pode ocultar diversos compostos com toxicidade.
Phenoxyethanol	6/10/11	Conservante	Alergênico e possível neurotóxico em altas doses.
Sodium Laureth Sulfate	2/4/ 5/12	Surfactante	Irritante dérmico, detectado em águas residuais.
Tocopheryl Acetate	6/7/ 11	Antioxidante	Derivado da vitamina E, potencial de bioacumulação.
Triclosan	2	antimicrobiano sintético	reativo ao ozônio e ao cloro e altamente hidrofóbico
Benzyl Salicylate	3/9	Fragrância	Potencial alergênico e disruptor endócrino.

Fonte: Adaptado de MAMEDES et al., 2020

* Número de Identificação da categoria de produtos

5.5. Delimitação das categorias temáticas

Conforme estabelecido na metodologia, os 40 artigos selecionados para compor esta revisão foram organizados em três grupos temáticos, com o objetivo de estruturar e delimitar as diferentes abordagens analisadas no estudo. Observou-se a predominância do Grupo 2 - Problemática do poluente, que concentrou 45% dos artigos, seguido pelo Grupo 3 - Soluções, com 35% artigos, e pelo Grupo 1 - Compartimentos ambientais, com 28% artigos, conforme apresentado na Figura 9.

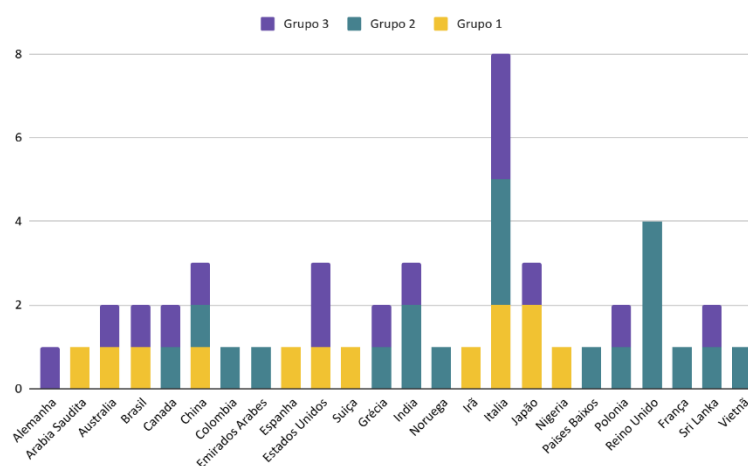
Figura 9: Distribuição do número de artigos por grupo.

Fonte: Autoria própria, 2026.

Correlacionando a categorização temática com a distribuição geográfica das publicações, identificou-se que os estudos categorizados no Grupo 1 apresentam maior incidência de origem institucional na Itália e no Japão. Os artigos pertencentes ao Grupo 2 concentram-se principalmente na Itália e no Reino Unido, enquanto o Grupo 3 é predominantemente representado por publicações provenientes da Itália, conforme ilustrado na Figura 10.

A concentração de artigos do Grupo 1 (Compartimentos Ambientais) provenientes da Itália e do Japão pode ser atribuída à tradição desses países em pesquisas voltadas ao monitoramento ambiental, à avaliação de contaminantes em matrizes ambientais complexas e ao aprimoramento de metodologias analíticas de alta sensibilidade. A Itália se destaca por sua longa trajetória em estudos relacionados a corpos hídricos continentais e costeiros, por ser uma região caracterizada por intensa pressão antrópica, atividades turísticas e descargas de efluentes urbanos e industriais.

Figura 10: Distribuição geográfica de cada grupo temático.



Fonte: Autoria própria, 2026.

No caso do Japão, o destaque em pesquisas ambientais está associado ao elevado desenvolvimento tecnológico e por se tratar de um país com características semelhantes a uma ilha, com forte dependência de recursos marinhos, o país historicamente investe em estudos que avaliam a ocorrência, o comportamento e os impactos de poluentes nos ecossistemas aquáticos.

Os artigos classificados no Grupo 2 (Problemática do poluente) concentram-se principalmente na Itália e no Reino Unido, o que pode ser explicado pelo protagonismo

desses países nas discussões científicas e regulatórias relacionadas aos riscos ambientais, aos impactos à saúde humana e às implicações socioeconômicas decorrentes do uso de microplásticos em produtos de cuidado pessoal. O Reino Unido apresenta forte tradição em pesquisas interdisciplinares que integram ciências ambientais, saúde pública e políticas regulatórias, com destaque para estudos que avaliam os efeitos toxicológicos, endócrinos e ecotoxicológicos dos microplásticos, bem como análises críticas sobre o uso intencional dessas partículas em produtos cosméticos. A Itália, por sua vez, reafirma sua relevância nesse grupo devido à robusta produção científica e à crescente atenção dedicada à problemática da poluição plástica em ambientes aquáticos.

Por fim, a ocorrência de artigos do Grupo 3 (Soluções) predominantemente da Itália pode ser atribuída ao alinhamento entre pesquisa acadêmica, inovação industrial e exigências regulatórias no país. A Itália contém um setor cosmético expressivo no cenário europeu, com investimentos crescentes em cosméticos sustentáveis, formulações de base natural e princípios de economia circular. Esse contexto favorece o desenvolvimento de estudos voltados à substituição de microplásticos por materiais biodegradáveis ou de menor impacto ambiental, bem como à proposição e avaliação de tecnologias de tratamento para remoção desses poluentes em estações de tratamento de efluentes.

Além disso, o ambiente regulatório europeu, associado às diretrizes estabelecidas pela ECHA, incentiva a realização de pesquisas aplicadas que busquem soluções tecnicamente viáveis e ambientalmente seguras para atender às restrições impostas ao uso intencional de microplásticos.

5.6. Dinâmica dos contaminantes nos compartimentos ambientais

O crescimento expressivo do mercado global de cosméticos tem intensificado a pressão ambiental associada ao uso e ao descarte desses produtos. Segundo o MUHAMMAD et al (2020), entre 2016 e 2022, o setor apresentou uma taxa média anual de crescimento de 4,3%, acompanhada por elevados padrões de consumo, nos quais homens utilizam, em média, seis produtos cosméticos por dia, enquanto as mulheres utilizam aproximadamente doze. Esse cenário é particularmente preocupante, considerando que, conforme apontado pelo MUHAMMAD et al (2020), dentre mais de 12 mil ingredientes empregados nas formulações cosméticas, menos

de 20% são classificados como seguros para a saúde humana. Embora observe-se uma atenção crescente por parte dos órgãos reguladores e da própria indústria, os estudos indicam a necessidade de critérios mais rigorosos na incorporação de novas substâncias nas formulações, especialmente aquelas com potencial efeito nocivo, a fim de minimizar impactos ambientais e riscos à saúde.

Segundo os autores analisados nesta revisão, os microplásticos (MPs), em especial as microesferas empregadas em produtos de cuidado pessoal, destacam-se como contaminantes emergentes em razão de sua elevada persistência ambiental e expressiva capacidade de dispersão. Esses contaminantes apresentam comportamento ambiental universal, sendo capazes de alcançar simultaneamente os compartimentos aquáticos, terrestres e atmosféricos. Ademais, o VARGAS et al. (2022) ressalta que os MPs representam riscos significativos aos ecossistemas devido à sua capacidade de atravessar barreiras biológicas, atuar como vetores de outros poluentes e participar de processos de bioacumulação. Por sua vez, o JULIANO et al. (2017) aponta que o destino ambiental dessas partículas ainda é amplamente desconhecido, uma vez que, embora parte seja retida em estações de tratamento de esgoto, uma fração relevante escapa aos processos convencionais, persistindo no ambiente e podendo sofrer transformações físico-químicas ao longo do tempo.

No compartimento aquático, a presença de microplásticos é particularmente expressiva. De acordo com o VARGAS et al. (2022), em países em desenvolvimento, estima-se que entre 80% e 90% das águas residuais sejam descartadas sem tratamento adequado, sendo direcionadas principalmente para zonas costeiras, o que constitui um dos principais fatores que contribuem para essa elevada ocorrência. O mesmo estudo aponta que, mesmo quando o tratamento é realizado, essas partículas podem persistir nos efluentes tratados, contribuindo para a contaminação de águas superficiais e sedimentos. Além disso, conforme destacado pelo VARGAS et al. (2022), essa problemática é agravada pela carência de estudos voltados aos impactos dos MPs em ecossistemas de água doce, especialmente em regiões onde o lançamento direto de esgotos domésticos em corpos hídricos ainda é recorrente, favorecendo a contaminação de organismos aquáticos em diferentes níveis tróficos.

O estudo de campo conduzido por ISOBE (2016) evidencia a magnitude da contaminação por microplásticos em ambientes marinhos. O autor identificou a presença de partículas de microplásticos com tamanho inferior a 5 mm em 9 das 26 estações amostradas, resultado possivelmente associado à descarga fluvial, à

dinâmica oceânica local e à elevada densidade populacional das regiões analisadas. Nesse contexto, observou-se que a Baía de Tóquio apresentou concentrações significativamente superiores às demais áreas avaliadas, fato atribuído ao uso intensivo de produtos cosméticos por uma parcela expressiva da população japonesa.

Adicionalmente, o estudo de ISOBE (2016) verificou que a quantidade de microplásticos aumenta exponencialmente à medida que o tamanho das partículas diminui, sendo este é um resultado do processo contínuo de fragmentação das partículas maiores. Confirmando esse cenário, as estimativas apresentadas por ONO et al. (2023) indicam que a geração anual de microplásticos provenientes de produtos químicos pode atingir centenas de toneladas, evidenciando o potencial de impacto contínuo desses contaminantes aos sistemas aquáticos.

No compartimento terrestre, POPOOLA et al. (2023) destaca os biossólidos provenientes do tratamento de esgoto como uma via relevante de introdução de microplásticos no solo. O autor ressalta que, durante o tratamento de águas residuais, a maior parte dos MPs é retida no lodo gerado, o qual pode ser posteriormente estabilizado e aplicado como fertilizante ou condicionador de solo. Embora os biossólidos apresentem benefícios agrônômicos, os microplásticos neles presentes não são completamente removidos e tendem a persistir no ambiente por longos períodos. Adicionalmente, ONO et al. (2023) aponta que essas partículas sofrem modificações físico-químicas ao longo dos processos de tratamento, tornando-se mais frágeis, porosas e quimicamente reativas, o que pode potencializar sua interação com outros contaminantes presentes no solo.

No compartimento atmosférico, os microplásticos também têm sido amplamente detectados, principalmente em função de seu reduzido tamanho e baixa densidade, características que favorecem sua suspensão e transporte pelo ar. O estudo de TURSI et al. (2022) aponta que a concentração de MPs na atmosfera é influenciada por fatores sazonais, condições meteorológicas, características físico-químicas das partículas e pelos métodos de amostragem empregados. Os resultados indicam que ambientes internos apresentam concentrações significativamente superiores às observadas em ambientes externos, podendo ser de cinco a dez vezes maiores. Especificamente, TURSI et al. (2022) aponta que as concentrações de MPs em ambientes externos variaram entre 0,3 e 1,5 partículas por m^3 , enquanto em ambientes internos os valores oscilaram entre 0,4 e 56,5 partículas por m^3 .

O estudo de RAMSPERGER et al. (2023) confirma e complementa que a exposição humana aos microplásticos é mais crítica em ambientes internos e ocupacionais, onde atividades mecânicas e o desgaste de produtos plásticos intensificam a liberação dessas partículas. Os autores destacam que a inalação constitui uma das principais vias de exposição, sendo influenciada tanto pelo tempo de permanência nos ambientes quanto pelas características físico-químicas das partículas em suspensão. Esses dados quantitativos reforçam a relevância da contaminação atmosférica por esse poluente, especialmente diante das estimativas que indicam a deposição anual de centenas de toneladas de microplásticos em grandes bacias hidrográficas.

Além da inalação, o contato direto com microplásticos presentes em produtos cosméticos pode favorecer o deslocamento dessas partículas para o organismo humano. RAMSPERGER et al. (2023) também destaca que a ingestão acidental durante o uso de pastas de dente, o contato com a mucosa ocular por meio de cosméticos e lentes de contato, bem como os MPs presentes no ar sobre superfícies corporais, configuram meios adicionais de exposição, ampliando a complexidade dos impactos associados a esses contaminantes.

De forma geral, os resultados desta revisão evidenciam que a contaminação por microplásticos constitui um desafio ambiental complexo. A presença dessas partículas nos compartimentos aquático, terrestre e atmosférico, aliada à sua persistência, capacidade de bioacumulação e interação com outros poluentes, reforça a urgência de estratégias mais eficazes de controle, regulamentação e substituição de ingredientes na indústria cosmética.

5.7. Dimensões da problemática ambiental dos microplásticos

Os resultados apresentados por ARISTIZABAL et al. (2024) evidenciam que os microplásticos estão amplamente presentes em cosméticos e produtos de higiene pessoal, tanto como ingredientes intencionais quanto como contaminantes provenientes de materiais de embalagem. Produtos de uso cotidiano, como pastas de dente, esfoliantes faciais e sabonetes, foram identificados por ANDERSON et al. (2016) como fontes relevantes de microplásticos primários, especialmente na forma de microesferas. Além disso, segundo HABIB et al. (2022), análises de mercado e estudos experimentais confirmam a persistência desses materiais nas formulações

cosméticas, mesmo diante de pressões regulatórias e ambientais, indicando que a eliminação do uso de microplásticos na indústria cosmética ainda não foi completamente alcançada.

A presença de microplásticos em produtos de cuidado pessoal foi confirmada por diferentes investigações. O estudo conduzido por GAMEGE et al. (2024), no Sri Lanka, analisou 15 amostras de produtos, incluindo sabonetes faciais, esfoliantes, cremes para a pele, produtos infantis e cremes de barbear, identificando partículas de microplástico em 6 dessas formulações. De modo semelhante, a análise de 163 produtos cosméticos de enxágue realizada por HABIB et al. (2022) evidenciou a ocorrência de microplásticos em parte das formulações avaliadas, reforçando a persistência desse componente no mercado.

Quanto à distribuição e às características das partículas, os resultados indicam variações significativas entre diferentes categorias de produtos. Segundo as análises de ALEX, et al. (2024), os esfoliantes faciais apresentaram as maiores quantidades de microesferas, enquanto os sabonetes faciais apresentaram as menores concentrações, possivelmente em função da necessidade de partículas mais granuladas para a ação esfoliante. Os géis de banho, por sua vez, continham microesferas de maior tamanho, seguidos pelos esfoliantes corporais, esfoliantes faciais e sabonetes faciais (ALEX, et al., 2024).

A análise de produtos comercializados no Vietnã evidenciou elevada variabilidade nas características das microesferas, incluindo diferenças de tamanho, forma e cor tanto dentro de um mesmo produto quanto entre diferentes formulações, conforme relatado por DUNG et al. (2024). Além disso, destaca-se que microesferas coloridas tendem a atrair organismos aquáticos por curiosidade, enquanto partículas brancas ou transparentes são ingeridas de forma acidental, ampliando os potenciais impactos ecológicos associados à presença desses materiais no ambiente (ALEX, et al., 2024).

A partir dos resultados apresentados por GAMEGE et al. (2024), observa-se que a caracterização físico-química das partículas revelou a predominância de microesferas sintéticas, especialmente de polietileno (PE), cuja ampla utilização está associada a propriedades como baixo custo, flexibilidade, resistência e inércia química. Estudos adicionais indicam que microplásticos primários continuam sendo utilizados intencionalmente em produtos de cuidado pessoal, confirmando esses

produtos como fontes diretas de liberação de microplásticos no ambiente após o uso e descarte (CHEN et al., 2023).

As análises morfológicas conduzidas por DUNG et al. (2024) demonstram elevada heterogeneidade nas características das partículas, refletindo a complexidade das formulações cosméticas. Nesse contexto, DABROWSKA et al. (2022) identificou a presença simultânea de microesferas sintéticas e agentes naturais em um mesmo produto, evidenciando os limites das estratégias de substituição de materiais. Ademais, CHEN et al. (2023) relata a ocorrência de casos de rotulagem potencialmente enganosa, nos quais microesferas de polietileno coloridas apresentavam aparência semelhante a abrasivos naturais.

A quantificação da liberação de microplásticos evidencia a magnitude da contribuição dos produtos de cuidado pessoal para a poluição ambiental. Estimativas apontadas por ARISTIZABAL, et al. (2024) indicam que cada uso de produtos cosméticos pode liberar até 229.000 microesferas plásticas no esgoto doméstico. Em escala urbana, estudos realizados por DUNG et al. (2024) apontam emissões anuais de bilhões de partículas, evidenciando diferenças significativas entre marcas e formulações. Em termos per capita, o uso individual de produtos esfoliantes pode resultar na liberação de milhares de microesferas por pessoa ao ano, reforçando o potencial de contribuição individual para a poluição por microplásticos (DUNG et al., 2024).

A dispersão dessas partículas é agravada pelas limitações dos sistemas de tratamento de águas residuais, que apresentam baixa eficiência na remoção de microplásticos, especialmente nas menores faixas de tamanho. Segundo ALEX, et al. (2024), apenas estações de tratamento de esgoto com etapa terciária conseguem filtrar cerca de 75% das partículas plásticas nessa faixa; contudo, esse tipo de tecnologia não está disponível na maioria dos países, o que restringe significativamente a retenção dessas partículas nos sistemas convencionais. Além disso, a poluição por microplásticos é caracterizada por BIKIARIS et al. (2024) como imprecisa e de difícil percepção, o que contribui para a subestimação de seus impactos ecológicos e ambientais ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos. Estudos, conduzidos por ALEX, et al. (2024), também apontam que, embora Europa, Estados Unidos e China dominem a emissão global de microesferas, outros países, como a Índia, apresentam contribuição relevante para a poluição plástica marinha,

associada à alta densidade populacional e à baixa eficiência dos sistemas de tratamento de efluentes, cuja taxa de remoção é de apenas 23,8%.

Segundo CHEN et al. (2023), após a liberação no ambiente, os microplásticos passam por processos de envelhecimento ambiental que promovem alterações físico-químicas significativas, como a redução do tamanho das partículas, o aumento da rugosidade superficial e a formação de grupos funcionais oxigenados. Essas transformações tornam as partículas mais reativas e suscetíveis a interações químicas, favorecendo a liberação de contaminantes associados, incluindo metais e compostos orgânicos.

Evidências apresentadas por ARISTIZABAL, et al. (2024) indicam que os microplásticos não atuam como partículas inertes, mas como vetores de substâncias potencialmente tóxicas, cuja toxicidade pode ser intensificada por processos como a fotodegradação.

Ensaio ecotoxicológicos reportados por CHEN et al. (2023) e ARISTIZABAL, et al. (2024) demonstram que a exposição a microplásticos, especialmente aqueles submetidos ao envelhecimento ambiental, resulta em efeitos adversos em organismos aquáticos, incluindo redução da mobilidade, do crescimento e da capacidade reprodutiva, frequentemente associados ao aumento do estresse oxidativo.

Paralelamente, à exposição humana aos microplásticos ocorre por múltiplas vias, como ingestão, inalação e contato cutâneo, evidenciando que o uso desses materiais em produtos de cuidado pessoal contribui tanto para a contaminação ambiental quanto para potenciais riscos à saúde humana (ARISTIZABAL, et al., 2024).

Por fim, os resultados apontados revelam importantes lacunas científicas e regulatórias. KUKKOLA et al. (2024) destaca que as quantidades e características dos microplásticos em produtos sem enxágue permanecem pouco investigadas, em parte devido a desafios metodológicos e à percepção de que a problemática já teria sido solucionada por restrições legislativas. O autor aponta que evidências indicam que uma parcela significativa da contaminação por microplásticos ainda é negligenciada pelas legislações, que frequentemente se concentram apenas em microesferas e produtos de enxágue. Além disso, a presença de microplásticos associada a pigmentos e aditivos potencialmente tóxicos reforça a complexidade do problema (KUKKOLA, et al., 2024; KENTIN et al., 2018).

Diante desse cenário, a literatura aponta consenso quanto à necessidade de restrição do uso de microplásticos, fortalecimento de políticas públicas e ampliação

de pesquisas científicas, reforçando o caráter emergente e a relevância da problemática associada ao uso de microplásticos em produtos de cuidado pessoal (ARISTIZABAL, et al., 2024).

5.8. Caminhos para a redução dos impactos dos microplásticos

Os artigos analisados nesta revisão indicam que a mitigação dos impactos associados ao uso de microplásticos em produtos de cuidado pessoal depende da adoção de estratégias integradas que sejam regulatórias, tecnológicas e socioeducativas. Segundo a publicação ALEX, et al. (2024), a implementação de legislações específicas que restrinjam ou proíbam o uso de microesferas plásticas, associada à exigência de rotulagem clara dos ingredientes e ao fortalecimento de políticas públicas, constitui uma das principais abordagens para reduzir a presença desses materiais no ambiente. Além disso, o mesmo autor aponta que a ausência de normas detalhadas e a fragilidade dos instrumentos legais favorecem a continuidade do uso de microplásticos e a circulação de produtos contendo essas partículas, o que reforça a necessidade de aprimoramento da estrutura regulatória.

Evidências experimentais demonstram a eficácia das intervenções regulatórias na redução da presença de microplásticos em ambientes aquáticos. Conforme AKHBARIZADEH et al. (2024), após a implementação de restrições em 2018, observou-se uma redução de até 86% das microesferas de polietileno em efluentes de estações de tratamento de esgoto, indicando que a limitação do uso desses materiais em produtos cosméticos pode gerar respostas ambientais rápidas e significativas. Entretanto, o mesmo estudo (AKHBARIZADEH et al., 2024) identificou a presença de esferas de cera sintética em efluentes e águas superficiais, evidenciando a necessidade de ampliar o escopo das regulamentações, de modo a evitar a substituição de microplásticos por alternativas igualmente persistentes no ambiente. Esses resultados reforçam que a simples proibição não é suficiente, sendo imprescindível o desenvolvimento de políticas regulatórias mais abrangentes e a promoção de alternativas sustentáveis de substituição.

Além disso, iniciativas regulatórias, associadas a mudanças no comportamento dos consumidores, têm se mostrado estratégias relevantes para a redução da emissão de microplásticos primários. Segundo GUERRANTI et al. (2019), diversos países implementaram proibições ao uso de microesferas plásticas em cosméticos,

especialmente em produtos de enxágue, o que tem impulsionado a reformulação de produtos e a substituição desses materiais por abrasivos alternativos. GUERRANTI et al. (2019) ressalta, ainda, a importância da rotulagem clara dos produtos, da harmonização das normas regulatórias e da ampliação das restrições para além dos cosméticos de enxágue, como medidas essenciais para ampliar a eficácia das ações de mitigação.

No âmbito regulatório, o decreto da Lei de Águas Livres de Microesferas nos Estados Unidos, em 2015, constituiu um marco na restrição do uso de microplásticos em produtos cosméticos. De acordo com KENTIN et al. (2018), essa legislação define microesferas como partículas sólidas de plástico com tamanho inferior a cinco milímetros, destinadas à limpeza ou esfoliação do corpo humano, e influenciou a elaboração de normas em diversos países, impulsionando a adoção de políticas restritivas e a ampliação gradual das proibições para outras categorias de produtos. Entretanto, conforme KENTIN et al. (2018); AKHBARIZADEH et al. (2024); ANDERSON et al. (2017), ainda persistem desafios relacionados às divergências conceituais na definição de microplásticos, às diferenças no escopo das restrições entre países e à necessidade de harmonização das normas regulatórias, fatores que limitam a efetividade das políticas públicas.

O Quadro 3 traz exemplos de iniciativas implementadas por alguns países a partir de 2015 até 2018 e as suas definições de microplásticos.

No âmbito socioeducativo, a literatura destaca o papel central da conscientização social e da educação ambiental na redução do consumo de produtos que contêm microplásticos. Segundo ALEX, et al. (2024), estratégias de comunicação, campanhas educativas e programas de educação ambiental são instrumentos eficazes para ampliar o conhecimento dos consumidores e estimular escolhas de consumo mais responsáveis, enquanto a cooperação científica e internacional contribui para o desenvolvimento de soluções inovadoras. De forma complementar, conforme CUBAS et al. (2022), as ações integradas entre governo, indústria e sociedade civil é fundamental para enfrentar a problemática dos microplásticos, evidenciando o papel estratégico da pesquisa científica na produção de evidências e no desenvolvimento de soluções tecnológicas, assim como a relevância do apoio governamental para a implementação e o fortalecimento de políticas públicas restritivas.

Quadro 3: Iniciativas implementadas até 2018 em alguns países (Continua)

Pais	Iniciativa	Categoria	Definição
Estados Unidos	Lei de Águas Livres de Microesferas de 2015	Produtos cosméticos de enxágue	Microesferas: qualquer partícula sólida de plástico com menos de 5 mm de tamanho, destinada a ser usada para esfoliar ou limpar o corpo humano ou qualquer parte dele.
Coreia do Sul	Propostas de alterações ao 'Regulamento sobre normas de segurança etc., de cosméticos'	Produtos de limpeza, produtos de higiene bucal	Microesferas: com tamanho igual ou inferior a 5 mm
Taiwan	Restrições à fabricação, importação e venda de produtos de higiene pessoal e cosméticos que contenham microesferas de plástico.	Cosméticos usados para lavar o cabelo, tomar banho, lavar o rosto e sabonete; pasta de dente.	Microesferas: partículas sólidas de plástico utilizadas para esfoliação ou limpeza do corpo, cujo diâmetro é inferior a 5 mm.
Canadá	Regulamento sobre microesferas em produtos de higiene pessoal	Produtos de higiene pessoal, ou seja, quaisquer produtos para cuidados pessoais com cabelo, pele, dentes ou boca, incluindo esfoliantes.	Microesferas: microesferas de plástico com tamanho ≤ 5 mm, qualquer partícula de plástico, incluindo diferentes formas como sólida, oca, amorfa e solubilizada.
França	Decreto que proíbe a comercialização de produtos cosméticos de enxágue para esfoliação ou limpeza que contenham partículas sólidas de plástico.	Produtos cosméticos de enxágue para esfoliação ou limpeza.	Partículas sólidas de plástico, com exceção das partículas de origem natural que não sejam suscetíveis de persistir no meio ambiente, liberar ingredientes químicos ou biológicos ativos ou afetar as cadeias alimentares animais.

Fonte: Adaptado de KENTIN et al., 2018

Quadro 3: Iniciativas implementadas até 2018 em alguns países (Conclusão)

Nova Zelândia	Regulamento de Minimização de Resíduos (Microesferas) de 2017	Produtos cosméticos que devem ser enxaguados; produtos de limpeza	Microesfera: partícula plástica insolúvel em água com menos de 5 mm em seu ponto mais largo.
Suécia	Projeto de Regulamento que proíbe a colocação no mercado de cosméticos de enxágue que contenham partículas sólidas de plástico adicionadas para fins de esfoliação, limpeza ou polimento.	Produtos cosméticos de enxágue	Partículas sólidas de plástico com tamanho igual ou inferior a 5 mm em qualquer dimensão e que são insolúveis em água.
Reino Unido	Regulamento de Proteção Ambiental (Microesferas) 2017/2018	Produtos de higiene pessoal para enxágue	Microesfera: qualquer partícula sólida de plástico insolúvel em água com dimensões iguais ou inferiores a 5 mm.
Bélgica	Projeto de Acordo Setorial para apoiar a substituição de microplásticos em produtos de consumo	Não definido	Não definido
Itália	Projeto de regulamento técnico que proíbe a comercialização de cotonetes não biodegradáveis e não compostáveis, bem como de produtos cosméticos ou detergentes esfoliantes de enxágue que contenham microplásticos.	Produtos cosméticos e detergentes esfoliantes para enxágue	Partículas sólidas de plástico insolúveis em água com 5 mm ou menos, conforme definição na Decisão (UE) 2017/1217 da Comissão, de 23 de junho de 2017.

Fonte: Adaptado de KENTIN et al., 2018

No campo das soluções tecnológicas, a substituição dos microplásticos por alternativas naturais e biodegradáveis é considerada uma das estratégias mais promissoras para a mitigação de seus impactos ambientais. Segundo ALEX, et al. (2024), partículas de origem vegetal, microesferas de celulose biodegradável e outros biomateriais constituem alternativas ambientalmente mais seguras, contribuindo tanto para a responsabilização da indústria quanto para o estímulo ao desenvolvimento de produtos mais sustentáveis. De acordo com GIUSTRA et al. (2024), uma alternativa tecnicamente viável para ser implementada nesses produtos é o uso de biopolímeros naturais e sintéticos biodegradáveis, como amido, celulose, alginato, quitosana, lignina, pectina, ácido polilático (PLA), policaprolactona (PCL), poli-hidroxialcanoatos (PHA) e poli succinato de butileno (PBS), pois apresentam elevada biodegradabilidade e desempenho funcional comparável aos polímeros convencionais.

Pesquisas experimentais, conduzidas por SELVASUDHA et al. (2023), MC MACKIN et al. (2024) e FRIGERIO et al. (2024), por exemplo, reforçam essa perspectiva ao evidenciar que microesferas produzidas a partir de biopolímeros, apresentam desempenho funcional comparável ou superior ao das microesferas convencionais, incluindo maior capacidade de limpeza, estabilidade e biodegradabilidade, além de ausência de toxicidade significativa. Segundo BIAKIARIS et al. (2024), esses resultados demonstram o potencial dessas alternativas como substitutos sustentáveis dos microplásticos em formulações cosméticas, embora ainda sejam necessárias avaliações ecotoxicológicas e de desempenho mais amplas e aprofundadas, a fim de assegurar sua segurança e eficácia em diferentes contextos de aplicação.

Entre as alternativas inovadoras, destacam-se microesferas biodegradáveis à base de polissacarídeos derivados de algas marinhas. Conforme SELVASUDHA et al. (2023), a combinação de ulvano e alginato de sódio resulta em microesferas com propriedades físico-químicas adequadas, estabilidade em matrizes cosméticas e potencial para aplicação como abrasivos esfoliantes, configurando-se como uma alternativa segura e ambientalmente sustentáveis aos microplásticos. Ademais, segundo MC MACKIN et al. (2024), o bagaço de malte surge como matéria-prima promissora para a produção de microesferas biodegradáveis, indicando possibilidades de economia circular e valorização de resíduos agroindustriais, além de desempenho funcional superior em comparação a partículas naturais comerciais.

Outros estudos evidenciam ainda o potencial de ceras naturais sustentáveis como substitutas do polietileno em formulações cosméticas. De acordo com FRIGERIO et al. (2024), essas ceras apresentam características térmicas e compatibilidade com outros ingredientes semelhantes às do polietileno, permitindo o desenvolvimento de produtos com desempenho físico-químico comparável aos convencionais e reforçando a viabilidade técnica de alternativas sustentáveis na indústria cosmética.

No que se refere às tecnologias de remediação ambiental, estudos conduzidos por KELLER et al. (2024) e KANG et al. (2019) indicam que processos oxidativos avançados apresentam potencial para a degradação de microplásticos em ambientes aquáticos. Segundo KANG et al. (2019), esses processos podem alcançar eficiência significativa de remoção e aplicação em diferentes polímeros, embora sejam necessários estudos adicionais em condições reais. Adicionalmente, conforme KELLER et al. (2024), a pirólise é apontada como uma tecnologia promissora para a mitigação de microplásticos e outros contaminantes emergentes presentes em biossólidos, apresentando elevadas taxas de remoção e viabilidade energética e econômica, ainda que demandem otimização operacional e avaliações adicionais de segurança ambiental.

Por fim, a literatura destaca a importância do monitoramento contínuo de produtos cosméticos e de matrizes ambientais como estratégia essencial para avaliar a presença de microplásticos e subsidiar políticas públicas mais eficazes. Segundo ALEX, et al. (2024), a combinação de medidas regulatórias, tecnológicas e socioeducativas evidencia que o enfrentamento da problemática dos microplásticos em produtos de cuidado pessoal exige estratégias multidimensionais, capazes de reduzir seus impactos ambientais e potenciais riscos à saúde humana.

6. CONCLUSÃO

As análises realizadas ao longo deste estudo evidenciam que os contaminantes emergentes presentes em produtos de higiene pessoal e cosméticos constituem uma problemática ambiental complexa e ainda insuficientemente enfrentada, com destaque para os microplásticos. A revisão da literatura permitiu identificar 27 substâncias amplamente utilizadas nessas formulações, cujas propriedades físico-químicas, como elevada estabilidade, baixa biodegradabilidade e potencial de bioacumulação, favorecem sua persistência e dispersão nos ecossistemas. Os resultados evidenciam que a ocorrência desses contaminantes em diferentes compartimentos ambientais não é pontual, mas um reflexo de um modelo de produção e consumo orientado pelo desempenho e pela conveniência, prejudicando a proteção ambiental, e revelando fragilidades nos instrumentos regulatórios e na gestão ambiental.

Os resultados apontam um crescimento expressivo das publicações entre 2022 e 2024, com predominância no ano de 2024, que concentrou 42,5% dos artigos selecionados, indicando a consolidação recente do tema como linha de pesquisa prioritária. A análise geográfica revelou maior concentração de estudos na Europa, responsável por 48% das publicações, o que pode ser associado ao avanço de políticas regulatórias, à maturidade científica da região e à relevância de sua indústria cosmética. Além disso, indicam que os sistemas convencionais de tratamento de efluentes apresentam limitações significativas na remoção desses contaminantes. A literatura aponta como estratégias promissoras a substituição dos microplásticos por materiais alternativos, como biopolímeros naturais e sintéticos biodegradáveis, biomateriais de origem vegetal, resíduos agroindustriais e ceras naturais sustentáveis, que apresentam desempenho funcional comparável aos polímeros convencionais e menor potencial de persistência ambiental.

Paralelamente, tecnologias de remediação, como processos oxidativos avançados e pirólise, são apresentadas como alternativas relevantes para a degradação e remoção de microplásticos em matrizes ambientais e resíduos de estações de tratamento, embora ainda demandem aprimoramento técnico e validação em condições reais.

Diante desse cenário, a revisão realizada reforça que o enfrentamento da problemática dos contaminantes emergentes provenientes de produtos de cuidado pessoal demanda estratégias integradas que reúnam inovação tecnológica,

fortalecimento das políticas públicas e mudanças no comportamento social. A substituição de microplásticos por materiais biodegradáveis, o aprimoramento dos processos de tratamento de efluentes e a ampliação das restrições regulatórias constituem avanços importantes, mas ainda insuficientes diante da complexidade do problema. Assim, torna-se evidente a necessidade de investimentos contínuos em pesquisa científica, especialmente em estudos de longo prazo em ambientes naturais, bem como de políticas públicas mais consistentes e preventivas, capazes de atuar não apenas sobre os efeitos, mas também sobre as causas estruturais da contaminação ambiental.

REFERÊNCIAS

- AKHBARIZADEH, R; et al. "Reductions of Plastic Microbeads from Personal Care Products in Wastewater Effluents and Lake Waters Following Regulatory Actions". ACS ES and T Water, vol 4, pag 492 - 499, 2024. Disponível em: <<https://www.scopus.com/pages/publications/85182978481?origin=resultslist>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.
- ALEX, R.K; MAES, T; DEVIPRIYA, S.P." Clean, but not green: Emission assessment, forecast modelling and policy solutions for plastic microbeads from personal care products in India". Emerging Contaminants, Volume 10, Issue 3, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405665024000271>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.
- ÁLVAREZ-RUIZ, R; PICÓ, Y; ALFARHAN, A. H; EL-SHEIKH, M. A; ALSHAHRANI, H. O; BARCELÓ, D. "Dataset of pesticides, pharmaceuticals and personal care products occurrence in wetlands of Saudi Arabia, Data in Brief", Volume 31, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340920306703>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.
- ANDERSON, A.G; et al. "*Microplastics in personal care products: Exploring perceptions of environmentalists, beauticians and students*". Marine Pollution Bulletin, vol 113, pag 454 - 460. Disponível em: <<https://www.scopus.com/pages/publications/85003828516?origin=resultslist>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa. Portal da Legislação. Disponível em: <<https://www4.planalto.gov.br/legislacao>>. Acesso em 30 de novembro de 2025.
- ANDRADE, P. A. W.; SCHLEGER, P. T." *Poluentes emergentes: uma visão sistêmica*". Revista Latino-Americana Ambiente e Saúde. vol.5, n.1, edição especial, 2023, 92-98.
- ARAMYAN, S.M. "Addressing the microplastic crisis: A multifaceted approach to removal and regulation". Environmental Advances, vol 17, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666765724000978>>. Acesso em 20 de janeiro de 2026.
- ARISTIZABAL, M; JIMENEZ-ORREGO, K.V; CAICEDO-LEÓN, M.D; PÁEZ-CÁRDENAS, L.S; CASTELLANOS-GARCIA, I; et al. "Microplastics in dermatology: Potential effects on skin homeostasis". Journal of Cosmetic Dermatology, Colombia, 2024. Disponível em: <<https://www.scopus.com/pages/publications/85182497268?origin=resultslist>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.
- BIKIARIS, N; et al. "Microplastics (MPs) in Cosmetics: A Review on Their Presence in Personal-Care, Cosmetic, and Cleaning Products (PCCPs) and Sustainable Alternatives from Biobased and Biodegradable Polymers". Cosmetics, vol 11, 2024. Disponível em: <<https://www.scopus.com/pages/publications/85207702360?origin=resultslist>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

BILA, D.M; PEREIRA, T; SILVA, A.A. da. "II-386 - QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS". Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 30º Congresso ABES. 2019.

BLANDO, A; MARCÍLIO, F.C.P; FRANCO, S.R.K; TEIXEIRA, M.A.P. "Levantamento sobre dificuldades que interferem na vida acadêmica de universitários durante a pandemia de COVID-19". Revista Thema, vol 20, p 303 - 314, 2021.

BRAGA, D.S; PINHEIRO, F.J.C; SANT'ANA, M.C; ALMEIDA, M.M; KINOSHITA, A; PAIVA, F.F.G; TAMASHIRO, J.R. "*TRATAMENTO DE EFLUENTES: SISTEMAS CONVENCIONAIS E AVANÇADOS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A SUSTENTABILIDADE*". Ciências e Tecnologia das Águas: inovações e avanços em pesquisa. 308 - 319, Vol. 1, 2023.

BRITO, L.R.D. "Remoção de poluentes emergentes (Rifampicina e Azul Brilhante FCF) do meio aquoso usando tecnologias eletroquímicas: estudo dos efeitos dos principais parâmetros na descontaminação dos efluentes". Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte Centro De Ciências Exatas E Da Terra. Instituto de Química. Programa de Pós-Graduação em Química. Natal. jul 2019.

CARTAXO, A.S.B; ALBUQUERQUE, M.V.C; SILVA, M.C.C.P; RODRIGUES, R.M.M; RAMOS, R.O; SÁTIRO, J.R; LOPES, W.S; LEITE, V.D. "*Contaminantes emergentes presentes em águas destinadas ao consumo humano: ocorrência, implicações e tecnologias de tratamento*". Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 8, p. 61814-61827, aug. 2020.

CAIXETA, D.S; GIRARD, P. "Microplásticos nos ecossistemas: métodos usados para detecção e identificação". Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, vol. 12, n. 30, p. 59-76. 2025.

CHEN, H; JIANG, Y; GU, Y; DING, P; WANG, C; PAN, R; SHI, C; ZENG, L; CHEN, X; LI, H. "The generation of environmentally persistent free radicals on photoaged microbeads from cosmetics enhances the toxicity via oxidative stress, Environment International", Volume 174, 2023. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412023001484>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

CHIAVELLI, H.G.R; TORRECILHAS, A.R; SELLA, M.R; CARDOSO, M.A.P; MARTIN, D.R. "Etapas de um sistema de tratamento de efluente e processos convencionais de tratamento: uma revisão de literatura.". Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. IX Congresso. dez 2019.

CRMV SP. "Espécies marinhas estão ameaçadas por toneladas de plástico nos oceanos". Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado de São Paulo. jun 2019. Disponível em: <<https://crmvsp.gov.br/especies-marinhas-estao-ameacadas-por-toneladas-de-plastico-nos-oceanos/>> Acesso em 25 de novembro de 2025.

CORNELIO, J.P.L. "*DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL ADSORVENTE A PARTIR DO RESÍDUO DA COLHEITA DO ARROZ (Oryza sativa) PARA A REMOÇÃO DE POLUENTES EMERGENTES EM SOLUÇÃO AQUOSA*". Universidade Federal do Pampa. 2023. Disponível em: <<https://repositorio.unipampa.edu.br/server/api/core/bitstreams/73debb53-370c-4363-adb1-3079cd34d043/content>>. Acesso em 20 de novembro de 2025.

CUBAS, A. L. V; BIANCHET, R. T; DOS REIS, I. M. A. S; GOUVEIA, I. C. “Plastics and Microplastic in the Cosmetic Industry: Aggregating Sustainable Actions Aimed at Alignment and Interaction with UN Sustainable Development Goals”, *Polymers*, Volume 14, Issue 21, 2022. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/pages/publications/85141880121?origin=resultslist>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

DABROWSKA, A; MIELAŃCZUK, M; SYCZEWSKI, M. “The Raman spectroscopy and SEM/EDS investigation of the primary sources of microplastics from cosmetics available in Poland, *Chemosphere*”, Volume 308, Part 3, 2022. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653522029009>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

DUNG, T.T.T; NGOC, HO NHU; TRINH, N.N. “Microbeads in exfoliating products: occurrence, abundance, and potential for water contamination in Ho Chi Minh City, Vietnam”. *Discover Environment*, 2024. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/pages/publications/105004585127?origin=resultslist>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

ECHA. “ECHA takes on additional tasks to strengthen chemical safety in Europe”. ECHA - European Chemicals Agency. Disponível em:

<<https://echa.europa.eu/pt/home>> Acesso em 20 de dezembro de 2025.

FILHO, R.W.; LUVIZOTTO-SANTOS, R.; VIEIRA, E.M. “*Poluentes Emergentes Como Desreguladores Endócrinos*”. *J. Braz. Soc. Ecotoxicol.*, vol. 2, n.3, 2007, 283-288. Disponível em: <ecotoxbrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/09/2-VOL-3.pdf#page=87>. Acesso em 05 de janeiro de 2026.

FILIPPE, T.C. “*CAFEÍNA, FÁRMACOS, HORMÔNIOS E PRODUTOS DE CUIDADOS PESSOAIS NO RIO PALMITAL – PR*”. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Programa De Pós-Graduação Em Ciência E Tecnologia Ambiental Departamento Acadêmico De Química E Biologia. Curitiba. 2018.

FRIGERIO, L; PADOVANO, L; CONTI, S; MALACARNE, M. C; CARUSO, E. “Strategy for the development of a new stick fórmula without microplastics, *Sustainable Chemistry and Pharmacy*”, Volume 37, 2024. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352554123004588>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

GAMAGE, S; MAHAGAMAGE, Y. “Microplastics in personal care products and cosmetics in Sri Lanka”, *Heliyon*, Volume 10, Issue 8, 2024. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024054240>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

GAMAGE, S.G; MAHAGAMAGE, M.G.Y.L. “Consumer Perception of Personal Care Products and Cosmetics on Health and Environmental Effects”. *Environmental Quality Management Article*, 2024. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/pages/publications/85208046356?origin=resultslist>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

GAZOLA, L. “ANÁLISE DAS LEGISLAÇÕES ESTADUAIS BRASILEIRAS SOB ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS COMO FERRAMENTA NO CONTROLE DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS”. Universidade Federal De Santa

Catarina Centro De Ciências Biológicas Programa De Pós-Graduação Em Perícias Criminais Ambientais. Florianópolis. 2020.

GILLECE, T.W; et al. *“Thermophilic Composting as a Means to Evaluate the Biodegradability of Polymers Used in Cosmetic Formulations”*. *Cosmetics*, vol 11, 2024. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/pages/publications/85197197139?origin=resultslist>>.

Acesso em 20 de dezembro de 2025.

GIUSTRA, M; et al. *“Microplastics in Cosmetics: Open Questions and Sustainable Opportunities”*. *ChemSusChem*, vol 17, 2024. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/pages/publications/85204728693?origin=resultslist>>.

Acesso em 20 de dezembro de 2025.

GUERRANTI, C; MARTELLINI, T; PERRA, G; SCOPETANI, C; CINCINELLI, A. *“Microplastics in cosmetics: Environmental issues and needs for global bans”*, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, Volume 68, 2019. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/pages/publications/85062861932?origin=resultslist>>.

Acesso em 20 de dezembro de 2025.

HABIB, R.Z; et al. *“Trends of microplastic abundance in personal care products in the United Arab Emirates over the period of 3 years (2018–2020)”*. *Environmental Science and Pollution Research*, vol 29, pag 89614 - 89624, 2022. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/pages/publications/85134470780?origin=resultslist>>.

Acesso em 20 de dezembro de 2025.

ISOBE, A. *“Percentage of microbeads in pelagic microplastics within Japanese coastal waters, Marine Pollution Bulletin”*, Volume 110, Issue 1, 2016. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X16304349>>. Acesso

em 20 de dezembro de 2025.

JULIANO, C; et al. *“Cosmetic ingredients as emerging pollutants of environmental and health concern. A mini-review”*. *Cosmetics*, vol 4, 2017. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/pages/publications/85029533067?origin=resultslist>>.

Acesso em 20 de dezembro de 2025.

KANG, J; ZHOU, L; DUAN, X; SUN, H; AO Z; WANG, S. *“Degradation of Cosmetic Microplastics via Functionalized Carbon Nanosprings, Matter”*, Volume 1, Issue 3, 2019. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590238519300566>>. Acesso

em 20 de dezembro de 2025.

KELLER, A. A; LI, W; FLOYD, Y; BAE, J; CLEMENS, K. M; THOMAS, E; HAN, Z; ADEYEMI, S. *“Elimination of microplastics, PFAS, and PPCPs from biosolids via pyrolysis to produce biochar: Feasibility and techno-economic analysis, Science of The Total Environment”*, Volume 947, 2024. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969724049222>>. Acesso

em 20 de dezembro de 2025.

KENTIN, E; KAARTO, H. *“An EU ban on microplastics in cosmetic products and the right to regulate”*, *Review of European, Comparative and International Environmental Law*, Volume 27, Issue 3, 2018. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/pages/publications/85056777583?origin=resultslist>>.

Acesso em 20 de dezembro de 2025.

KUKKOLA, A; CHETWYND, A.J; KRAUSE, S; LYNCH, I. "Beyond microbeads: Examining the role of cosmetics in microplastic pollution and spotlighting unanswered questions". *Journal of Hazardous Materials*, Volume 476, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389424016327>>. Acesso em 20 de janeiro de 2026.

KUMAR, R; VUPPALADADIYAM, A. K; ANTUNES, E; WHELAN A; FEARON, R; SHEEHAN, M; REEVES, L. "Emerging contaminants in biosolids: Presence, fate and analytical techniques, *Emerging Contaminants*", Volume 8, 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405665022000117>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

LARES, M. et al. "Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced". *MBR technology. Water research*, v. 133, p. 236-246, 2018.

LIMA, J.A.V; STACH, R; MILITÃO, J.S.L.T. "A problemática ambiental dos poluentes emergentes: possíveis impactos por hormônios sexuais". *Nature and Conservation*. Jan a Abr 2019, v.12, n.1.

MAMEDES, I.M; TIRADENTES, S.G.S; PAULO, P.L. "*SELEÇÃO DE POLUENTES EMERGENTES PRIORITÁRIOS EM ÁGUA CINZA*". XIX SILUBESA, ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Pernambuco, 2020.

MATOS, A. T. *Poluição Ambiental: impactos no meio físico*. Viçosa: UFV, 2010.

MC MACKIN, A; et al. "Biosourced spherical microbeads from brewer's spent grain for sustainable personal hygiene products". *Journal of Polymer Science*, vol 62, pag 2270 - 2287, 2024. Disponível em: <<https://www.scopus.com/pages/publications/85182869187?origin=resultslist>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

MONTAGNER, C.C; DIASA, M.A; PAIVA, E.M; VIDALA, C. "MICROPLÁSTICOS: OCORRÊNCIA AMBIENTAL E DESAFIOS ANALÍTICOS". *Química Nova*, Vol. 44, N. 10, 1328-1352, 2021.

MORGANTI, P; et al. "Microplastics and cosmetics: Problems and solutions". *Sustainable Social Development*, vol 2, 2024. Disponível em: <<https://www.scopus.com/pages/publications/105022240327?origin=resultslist>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

MUHAMMAD, B; SHAHID, M; HAFIZ, I. M. N. "The beast of beauty: Environmental and health concerns of toxic components in cosmetics", *Cosmetics*, Volume 7, Issue 1. Disponível em: <<https://www.scopus.com/pages/publications/85081546544?origin=resultslist>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

NASCIMENTO, A. P. A. do. "Poluentes emergentes e seus possíveis impactos na disseminação da resistência aos antimicrobianos em efluentes de indústria farmacêutica". 2022. 58f. Dissertação, (Mestrado). Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2022.

NAPPER, I. E; BAKIR, A; ROWLAND, S. J; THOMPSON, R. C. "Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics, *Marine Pollution Bulletin*", Volume 99, Issues 1–2, 2015. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X1500449X>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

OMURA, M. "Cellulose Acetate Microsphere in Cosmetics Application and Sustainability Benefits". *Journal of the Society of Powder Technology, Japan*, vol 61, pag 348 - 352. Disponível em:
<<https://www.scopus.com/pages/publications/85202669563?origin=resultslist>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

ONO, K; NAITO, W; OGURA, I; XUE, M; KATO, E; UESAKA, M; TSUNEMI, K. "Estimation of microplastic emission and transfer into Tokyo Bay, Japan, using material flow analysis, *Marine Pollution Bulletin*", Volume 194, Part B, 2023. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X23008743>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

PATEIRO, M.A. "MICROPLÁSTICOS EM PRODUTOS DE CUIDADO PESSOAL". Departamento De Ciências E Engenharia Do Ambiente. Nova School of Science & Technology. Universidade NOVA de Lisboa. mar, 2022.

PEREIRA, S.Y; ABREU, A.E.S; MARQUES, A. "FÁRMACOS E PRODUTOS DE CUIDADO PESSOAL NA ÁGUA SUBTERRÂNEA: REVISÃO DA LITERATURA.". XX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2017. Disponível em:
<<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29373/18975>> Acesso em 20 de novembro de 2025.

PONCIONI, A.G. "COMPETIÇÃO NA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS BRASILEIRA". Universidade Federal Do Rio De Janeiro Instituto De Economia Monografia De Bacharelado. jul 2015.

POPOOLA, L. T; OLAWALE, T. O; SALAMI, L. "A review on the fate and effects of contaminants in biosolids applied on land: Hazards and government regulatory policies, *Heliyon*", Volume 9, Issue 10, 2023. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023069967>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

RAMSPERGER, A. F. R. M; BERGAMASCHI, E; PANIZZOLO, M; FENOGLIO, I; BARBERO, F; PETERS, R; UNDAS, A; PURKER, S; GIESE, B; LALYER, C. R; TAMARGO, A; ET AL. "Nano- and microplastics: a comprehensive review on their exposure routes, translocation, and fate in humans, *NanoImpact*", Volume 29, 2023. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452074822000635>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

RANJA, V.P; JOSEPH, A; SRIVASTAVA, S; SHARMA, H.B; BISWAS, B; GOEL, S; KUMAR, S. "From cosmetics to Contamination: Microplastics in personal care products as vectors for chromium in aquatic environments". *Waste Management Bulletin*, Volume 2, Issue 3, 2024, pag 229-240. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949750724000671>>. Acesso em 20 de janeiro de 2026

ROCHA, D.R; SANTOS, I. M. dos; TAKETANI, N. F. "ALTERNATIVAS AO USO DE MICROPLÁSTICOS NAS INDÚSTRIAS COSMÉTICAS." *Revista Ensaios Pioneiros*. v. 4, n. 2, p. 50–57, 2021.

ROSA, L.T. da; OLIVEIRA, I. da R. de; SOARES, C.J; TWARDOWSKI, F. "IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS POR MICROPLÁSTICOS: UTILIZANDO O LODO ATIVADO COMO AGENTE NA BIODEGRADAÇÃO DE MICROPARTÍCULAS PLÁSTICAS". Anais XI Mostra de Ensino, Extensão e Pesquisa IFRS, Campus Osório. p 188 - 201. 2021.

RUPANJANA DAS, R.P. "*Sources, distribution, and impacts of emerging contaminants – a critical review on contamination of landfill leachate*". Department of Environmental Science and Engineering, School of Engineering and Sciences, SRM University-AP, Andhra Pradesh 522 240 India. vol 17. feb 2025.

SCANDELA, A.P.J; MARTINS, D.C.C; SYLLOS, R.S; TAVARES, C.R.G. "Ozonização como tratamento de lixiviado de aterro sanitário: um estudo de revisão". Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, v.4, n.3, p.3404-3417. jul./set. 2021.

SCIENCEDIRECT, 2025. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em 28 de novembro de 2025.

SCOPUS, 2025. Disponível em: <<https://www.scopus.com/pages/home>>. Acesso em 28 de novembro de 2025.

SELVASUDHA, N; GOSWAMI, R; SUBI, M. T. M. S; RAJESH, S; KISHORE, K; VASANTHI, H. R. "Seaweeds derived ulvan and alginate polysaccharides encapsulated microbeads—Alternate for plastic microbeads in exfoliating cosmetic products, Carbohydrate Polymer Technologies and Applications", Volume 6, 2023. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666893923000634>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

SELVASUDHA, N; et al. "Seaweeds derived ulvan and alginate polysaccharides encapsulated microbeads—Alternate for plastic microbeads in exfoliating cosmetic products". Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, vol 6, 2023. Disponível em: <<https://www.scopus.com/pages/publications/85166256073?origin=resultslist>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

SILVA, E.S.M. "*Deteção De Fragrâncias Sintéticas (Musks) Em Produtos De Higiene E De Cuidado Pessoal Por Gc-Ms*". Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. jul 2013.

SILVA, M.A. "*DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS: COMO INFORMAR SOBRE POLUENTES EMERGENTES*". Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte. Repositório UFRN. 2025. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/af65c099-6d2a-4746-b86e-4a0dff3a0f6b/content>>. Acesso em 20 de novembro de 2025.

SILVA, P.X.S. "*A INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS E SUA RELEVÂNCIA*". Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais. 2025.

SOUZA, M.C.S.A; SOUZA, G.K.A. "POLUENTES EMERGENTES: IMPACTOS AMBIENTAIS, ECONÔMICOS E SOCIAIS COMO UMA AMEAÇA A QUALIDADE DA ÁGUA E A EFETIVAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE". Água, Sustentabilidade e Direito (Brasil - Espanha). UNIVALI. 2015. pg 149.

TURSI, A; BARATTA, M; EASTON, T; CHATZISYMEON, E; CHIDICHIMO, F; DE BIASE, M; DE FILPO, G. "Microplastics in aquatic systems, a comprehensive review: origination, accumulation, impact, and removal technologies, RSC Advances", Volume 12, Issue 44, 2022. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2046206922022987>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

VARGAS, J.G.M; SILVA, V.B. da; OLIVEIRA, L.K. de; MOLINA, E.F. "MICROPLÁSTICOS: USO NA INDÚSTRIA COSMÉTICA E IMPACTOS NO AMBIENTE AQUÁTICO". Química Nova, Vol. 45, No. 6, p 705-711. 2022.

VILHA, A.O.M. "GESTÃO DA INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS: UMA ANÁLISE SOB A PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL". Universidade Estadual De Campinas Instituto De Geociências Pós-Graduação Em Política Científica E Tecnológica. 2009.

WEBER, M. "Brasil é o quarto maior mercado de beleza e cuidados pessoais do mundo". Revista FORBES. Negócios. jul 2020. Disponível em: <<https://forbes.com.br/negocios/2020/07/brasil-e-o-quarto-maior-mercado-de-beleza-e-cuidados-pessoais-do-mundo/>> Acesso em 28 de dezembro de 2025.

WIŚNIEWSKA, E; MORACZEWSKA-MAJKUT, K; NOCOŃ, W. "Selected unit processes in microplastics removal from water and wastewater, Desalination and Water Treatment", Volume 199, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1944398624100239>>. Acesso em 20 de dezembro de 2025.

XIAOJING, S; XINGYU, L.; JIANG, W; XI, Y; CANÇÃO, L. "Comprehensive review of emerging contaminants: Detection technologies, environmental impact, and management strategies". Ecotoxicology and Environmental Safety. Volume 278, 15 June 2024, 116-420.

APÊNDICE A

Tabela: Artigos incluídos na revisão

ID	Título	Ano	Local
1	Addressing the microplastic crisis: A multifaceted approach to removal and regulation	2024	Environmental Advances
2	From cosmetics to Contamination: Microplastics in personal care products as vectors for chromium in aquatic environments	2024	Waste Management Bulletin
3	Beyond microbeads: Examining the role of cosmetics in microplastic pollution and spotlighting unanswered questions	2024	Journal of Hazardous Materials
4	Clean, but not green: Emission assessment, forecast modelling and policy solutions for plastic microbeads from personal care products in India	2024	Emerging Contaminants
5	Microplastics in personal care products and cosmetics in Sri Lanka	2024	CelPress
6	Interactions between microplastics, pharmaceuticals and personal care products: Implications for vector transport	2021	Environment International
7	The generation of environmentally persistent free radicals on photoaged microbeads from cosmetics enhances the toxicity via oxidative stress	2023	Environment International
8	Elimination of microplastics, PFAS, and PPCPs from biosolids via pyrolysis to produce biochar: Feasibility and techno-economic analysis	2024	Science of The Total Environment
9	The Raman spectroscopy and SEM/EDS investigation of the primary sources of microplastics from cosmetics available in Poland	2022	Chemosphere
10	Estimation of microplastic emission and transfer into Tokyo Bay, Japan, using material flow analysis	2023	Marine Pollution Bulletin

11	Dataset of pesticides, pharmaceuticals and personal care products occurrence in wetlands of Saudi Arabia	2020	Data in Brief
12	Seaweeds derived ulvan and alginate polysaccharides encapsulated microbeads– Alternate for plastic microbeads in exfoliating cosmetic products	2023	Carbohydrate Polymer Technologies and Applications
13	Percentage of microbeads in pelagic microplastics within Japanese coastal waters	2016	Marine Pollution Bulletin
14	Emerging contaminants in biosolids: Presence, fate and analytical techniques	2022	Emerging Contaminants
15	Nano- and microplastics: a comprehensive review on their exposure routes, translocation, and fate in humans	2023	NanoImpact
16	Selected unit processes in microplastics removal from water and wastewater	2020	Selected unit processes in microplastics removal from water and wastewater
17	Strategy for the development of a new stick fórmula without microplastics	2024	Sustainable Chemistry and Pharmacy
18	Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics	2015	Marine Pollution Bulletin
19	A review on the fate and effects of contaminants in biosolids applied on land: Hazards and government regulatory policies	2023	CelPress

20	Microplastics in aquatic systems, a comprehensive review: origination, accumulation, impact, and removal technologies	2022	RSC Advances
21	Degradation of Cosmetic Microplastics via Functionalized Carbon Nanosprings	2019	CelPress
22	Consumer Perception of Personal Care Products and Cosmetics on Health and Environmental Effects	2024	Environmental Quality Management
23	Microbeads in exfoliating products: occurrence, abundance, and potential for water contamination in Ho Chi Minh City, Vietnam	2024	Discover Environment
24	Microplastics in Cosmetics: Open Questions and Sustainable Opportunities	2024	ChemSusChem
25	Microplastics (MPs) in Cosmetics: A Review on Their Presence in Personal-Care, Cosmetic, and Cleaning Products (PCCPs) and Sustainable Alternatives from Biobased and Biodegradable Polymers	2024	Cosmetics
26	Biosourced spherical microbeads from brewer's spent grain for sustainable personal hygiene products	2024	Journal of Polymer Science
27	Microplastics in dermatology: Potential effects on skin homeostasis	2024	Journal of Cosmetic Dermatology
28	Reductions of Plastic Microbeads from Personal Care Products in Wastewater Effluents and Lake Waters Following Regulatory Actions	2024	ACS ES and T Water
29	Microplastics and cosmetics: Problems and solutions	2024	Sustainable Social Development
30	Seaweeds derived ulvan and alginate polysaccharides encapsulated microbeads—	2023	Carbohydrate Polymer Technologies

	Alternate for plastic microbeads in exfoliating cosmetic products		and Applications
31	Cellulose Acetate Microsphere in Cosmetics Application and Sustainability Benefits	2024	Journal of the Society of Powder Technology
32	Cosmetic ingredients as emerging pollutants of environmental and health concern. A mini-review	2017	Cosmetics
33	Thermophilic Composting as a Means to Evaluate the Biodegradability of Polymers Used in Cosmetic Formulations	2024	Cosmetics
34	Microplastics in personal care products: Exploring perceptions of environmentalists, beauticians and students	2016	Marine Pollution Bulletin
35	MICROPLASTICS: APPLICATIONS IN THE COSMETIC INDUSTRY AND IMPACTS ON THE AQUATIC ENVIRONMENT.	2022	Química Nova
36	Trends of microplastic abundance in personal care products in the United Arab Emirates over the period of 3 years (2018–2020)	2022	Environmental Science and Pollution Research
37	Plastics and Microplastic in the Cosmetic Industry: Aggregating Sustainable Actions Aimed at Alignment and Interaction with UN Sustainable Development Goals	2022	Polymers
38	An EU ban on microplastics in cosmetic products and the right to regulate	2018	Review of European, Comparative and International Environmental Law

39	Microplastics in cosmetics: Environmental issues and needs for global bans	2019	Environmental Toxicology and Pharmacology
40	The beast of beauty: Environmental and health concerns of toxic components in cosmetics	2020	Cosmetics