



DESCONSTRUINDO FALSAS PERCEPÇÕES SOBRE OS SILICONES EM COSMÉTICOS

Emilyn Dayane Bardales Samame ¹, Carlos Klinger Rodrigues Serrão ²



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n11p1422-1435>

Artigo recebido em 22 de Setembro e publicado em 12 de Novembro

RESUMO

O silicone é composto por uma estrutura molecular que envolve ligações entre os átomos de carbono, silício e oxigênio, com dois radicais orgânicos ligados aos átomos de silício, resultando na configuração geral (-R₂Si-O-). O polissiloxano (PDMS) é o polímero amplamente utilizado na formulação de produtos cosméticos voltados para cuidados com a pele e cabelos, proporcionando características estéticas como leveza, resistência à transferência e estabilidade térmica. A aplicação de silicones em cosméticos apresenta um cenário complexo, com argumentos que abordam tanto os potenciais riscos quanto a sua segurança e viabilidade. Diante disso, foi realizada uma análise crítica das concepções equivocadas sobre o uso de silicones em cosméticos. A pesquisa foi fundamentada em artigos científicos provenientes de bases de dados digitais, com o objetivo de garantir a atualidade e relevância das informações, demonstrando que os silicones são seguros, não apresentam toxicidade e não ocasionam bioacumulação.

Palavras-chave: Silicone, siloxano, cosméticos, polissiloxanos (PDMS).

DECONSTRUCTING FALSE PERCEPTIONS ABOUT SILICONE IN COSMETICS

ABSTRACT

Silicone is composed of a molecular structure that involves bonds between carbon, silicon and oxygen atoms, with two organic radicals bonded to the silicon atoms, resulting in the general configuration (-R₂Si-O-). Polysiloxane (PDMS) is the polymer widely used in the formulation of cosmetic products for skin and hair care, providing aesthetic characteristics such as lightness, transfer resistance and thermal stability. The application of silicones in cosmetics presents a complex scenario, with arguments that address both the potential risks and their safety and viability. In view of this, a critical analysis of the misconceptions about the use of silicones in cosmetics was carried out. The research was based on scientific articles from digital databases, with the objective of ensuring the current and relevant information, demonstrating that silicones are safe, non-toxic and do not cause bioaccumulation.

Keywords: Silicone, siloxane, cosmetics, polysiloxanes (PDMS).

Instituição afiliada – UNIVERSIDADE NILTON LINS (NL)

Autor correspondente: *Emilyn Dayane Bardales Samame* montalvodayane.es@gmail.com.

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



INTRODUÇÃO

A avaliação de segurança é essencial para fornecer confiança aos consumidores e para garantir que os ingredientes nos produtos cosméticos atendam aos mais altos padrões de qualidade e segurança, envolvendo uma análise minuciosa dos componentes utilizados, evitando assim, algum efeito adverso (Brasil, 2020). Os silicones são valorizados na indústria cosmética por sua textura leve e a capacidade de criar uma sensação aveludada na pele. A estrutura e as características dos silicones são fundamentais para o uso em formulações na produção dos cosméticos, tornando-se uma escolha viável e oferecendo uma ampla gama de benefícios estéticos (Pawar; Falk, 2021).

São polímeros que consistem em ligações de siloxano, incluem uma variedade de grupos orgânicos ligados ao átomo de silício e amplamente utilizados em várias aplicações, principalmente na produção de cosméticos. Os siloxanos possuem a estrutura básica Si-O-Si, onde Si representa o átomo de silício e O representa o átomo de oxigênio, é repetida ao longo da cadeia, formando polímeros lineares, cíclicos ou ramificados (Bo *et al.*, 2021).

A sua versatilidade é devido às propriedades físicas que variam com a temperatura e a estrutura química, sofrem degradação em condições extremas de pH, permitindo a formação dos polissiloxanos (PDMS), que apresentam características únicas. Na indústria cosmética, por exemplo, são utilizados em hidratantes, loções e produtos para cabelo, proporcionando textura suave e efeitos de longa duração. Essa ampla variedade de aplicações ilustra como as particularidades dos silicones acabam se tornando materiais valiosos em diversas funções (Owen, 2020).

Diante do exposto, a estrutura química dos silicones confere-lhes uma funcionalidade notável, garantindo a durabilidade dos produtos e resultando em benefícios tangíveis nas formulações cosméticas (Sikdar; Majumdar, 2020). Esses fatores constituem para que os silicones sejam uma escolha popular entre as marcas que buscam garantir resultados visíveis e satisfatórios para os consumidores. Apesar do seu papel ser fundamental na formulação de diversos cosméticos, ainda persiste a crença que os silicones obstruem os poros causando acne e não possuem benefícios, além de serem potencialmente tóxicos para os consumidores e para o meio ambiente,

contribuindo para a bioacumulação e apresentando riscos cancerígenos. Assim, este artigo visa desconstruir essas falsas percepções sobre os silicones em cosméticos, destacando sua origem, segurança, função e eficácia.

METODOLOGIA

Materiais E Métodos

O presente trabalho investiga as falsas percepções sobre os silicones em cosméticos. A coleta das informações é realizada exclusivamente através de artigos científicos disponíveis em bases de dados digitais, com o objetivo de assegurar a atualidade e relevância dos dados coletados para a pesquisa, sendo consultadas as seguintes bases de dados eletrônicas: *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), Google acadêmico, *National Library of Medicine* (PubMed). Selecionaram-se artigos publicados desde 2019 a 2024. Subsequentemente, procedeu-se à leitura dos resumos para incluir na análise os trabalhos relevantes ao tema estudado.

CrITÉrios De Inclusão E Exclusão

Os critérios de inclusão selecionaram artigos que abordassem o tema e tivessem disponibilidade do resumo completo na base de dados em português ou inglês e sua publicação dentro do período estipulado de seis anos.

Para os critérios de exclusão foram eliminados artigos que estivessem em outros idiomas, além de inglês ou português, teses ou dissertações, ou datados dos anos anteriores a 2019, assim como trabalhos não alinhados com o tema e os objetivos desta investigação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Origem E Propriedades Físico-Químicas Dos Silicones

Frederic Stanley Kipping, um químico inglês, é reconhecido pela descoberta do silicone no início do século XX; as diversas versões poliméricas resultantes de suas investigações passaram a ser denominadas polissiloxanos (PDMS). É obtido a partir de clorossilanos, principalmente pelo processo Rochow. Essa molécula apresenta baixa tensão superficial e é classificado como um polímero sintético organossilício,

composto por ligações de carbono, silício, oxigênio e com dois radicais orgânicos anexados aos átomos de silício, resultando na estrutura geral (-R₂Si-O-). A unidade -Si-O- é denominada siloxano, cuja ligação é reversível na presença de ácidos ou bases fortes, os quais promovem relaxamento da tensão superficial, permitindo substituições ou alterações nas cadeias da estrutura (Kunik *et al.*, 2019; Bo *et al.*, 2020).

O silício (Si) apresenta uma massa atômica superior e uma eletronegatividade inferior em comparação ao carbono, possuindo uma cadeia inorgânica associada a uma alta energia superficial e quando incorporado o átomo de oxigênio na estrutura, confere-lhe propriedades funcionais. Os grupos orgânicos ligados ao átomo de silício apresentam diferentes funcionalidades. Os grupos vinil, trifluoropropil e metila na estrutura contribuem para características altamente hidrofóbicas. Além disso, a introdução de grupos fenólicos nas cadeias poliméricas influencia o processo de cristalização, resultando em maior flexibilidade do polímero em temperaturas reduzidas, tornando-os apropriados para uma gama de utilidades na fabricação de novos cosméticos (Sikdar; Majundar, 2020).

Os derivados dos silicones são empregados em formulações de emolientes, umectantes e surfactantes devido à sua variedade de tamanhos, formas e pesos moleculares, resultado das modificações na sua estrutura química, o que confere a esses compostos diversas propriedades físico-químicas. Durante o processo de polimerização, o hidrolisado é convertido em uma mistura de monômeros cíclicos, sendo os principais o octametilciclotetrassiloxano (D4) e o decametilciclopentasiloxano (D5) (Kostic, 2021).

Os polissiloxanos (PDMS) e a dimeticona pertencem a família dos silicones, são polímeros lineares e possuem baixa tensão superficial, apresenta a capacidade de proporcionar hidratação, proteção e durabilidade, com uma sensação suave e deslizante durante a aplicação. A dimeticona é uma forma específica de polidimetilsiloxano e é apreciada por sua capacidade de suavizar, controlar o frizz, desembaraçar os cabelos e proporcionar brilho. O sucesso inicial desses silicones na indústria cosmética levou a uma crescente pesquisa e desenvolvimento, demonstrando a versatilidade e a eficácia desses compostos (Gawade; Chinke; Alegaonkar, 2020).

Os polidimetilsiloxanos lineares são utilizados como agentes condicionadores, proporcionando uma sensação suave e sedosa na pele. Os silicones cíclicos, que contêm oito ou dez átomos de silício, são frequentemente empregados em formulações de sprays capilares e produtos antitranspirantes, facilitando a distribuição e promovendo uma secagem rápida (Cheng *et al.*, 2020).

Mitos Associados Ao Uso Dos Silicones Em Cosméticos

Uma preocupação frequente é sobre a possível relação entre o uso de cosméticos que contêm silicones e o desenvolvimento de acne. Porém é essencial uma análise baseada em evidências para esclarecer essa questão. A acne é uma dermatose inflamatória crônica comum entre jovens, resultante do aumento da produção de sebo, que leva ao entupimento dos folículos. Essa condição pode ser desencadeada por desequilíbrios hormonais, que estimulam a produção excessiva de sebo, ou associada ao uso frequente de produtos cosméticos, especialmente maquiagem, o que pode comprometer a integridade da pele (Baldwin; Tan, 2021). Segundo Ghani *et al.* (2021), a presença de silicones em cosméticos pode aumentar a predisposição à acne, pois o uso contínuo desses produtos pode contribuir para a obstrução dos poros e o surgimento de erupções cutâneas.

Por outro lado, estudos mais recentes, como os de Bains e Kaur (2023), destacam que a dimeticona, um tipo de polissiloxano, possui propriedades hidratantes devido à sua capacidade de formar uma barreira oclusiva não oleosa, criando uma camada fina na superfície da pele. Esse silicone apresenta características adicionais como ser hipoalergênico, não comedogênico, incolor e inodoro. Tais atributos tornam a dimeticona ideal para formulações antiacne, pois oferece benefícios hidratantes e reforça a barreira cutânea sem causar o brilho oleoso indesejado. Assim, hidratantes faciais à base de silicone são adequados para peles oleosas e podem ser incorporados com segurança em cuidados antiacne.

Outra questão amplamente discutida sobre os silicones em cosméticos é seu impacto ambiental. É essencial que os consumidores estejam cientes dos produtos nocivos utilizados no cotidiano e adotem precauções, optando por informações sobre

a composição dos produtos. Segundo Khan; Alam, (2019) e Nayak *et al.*, (2021), os siloxanos utilizados em cosméticos, como o ciclopentasiloxano, apresentam riscos potenciais à segurança de seus usuários. Essas substâncias são classificadas como disruptores endócrinos, podendo interagir negativamente com a função hormonal. Além disso, possuem potencial tóxico reprodutivo, o que pode comprometer a fertilidade humana, e apresentam risco de bioacumulação em espécies aquáticas.

A utilização crescente de metilsiloxanos, especialmente em produtos de cuidados pessoais, levanta preocupações ambientais significativas devido à sua toxicidade, volatilidade e baixa solubilidade em água, que facilitam sua dispersão e persistência no ambiente. Compostos como o decametilciclopentasiloxano (D4) são classificados como persistentes, bioacumuláveis e tóxicos, representando riscos de bioacumulação nos ecossistemas (Kostic, 2021). Além disso, o comportamento dos dimetilsiloxanos e siloxanos modificados em diferentes compartimentos ambientais, como a atmosfera e os desafios relacionados à sua degradação indicam um impacto ambiental potencialmente nocivo, afetando a saúde dos ecossistemas pela presença de substâncias tóxicas e bioacumulativas (Xiang *et al.*, 2021).

Por outro lado, outros estudos oferecem uma perspectiva diferente, apontando que alguns tipos de silicones, como os ciclopentasiloxanos, podem ser mais seguros para o meio ambiente e para a saúde humana. Esses compostos, após passarem por tratamento químico antes de sua incorporação em cosméticos, são considerados recicláveis, biocompatíveis e não acumulativos, além de não apresentarem toxicidade, potencial cancerígeno ou efeitos sensibilizantes. Assim, seu uso em produtos como antitranspirantes em bastão e emulsões, sugere que nem todos os silicones representam riscos ambientais, oferecendo uma alternativa viável e segura para formulações cosméticas (Kunik *et al.*, 2019; Bains; Kaur, 2023).

Mais de 1.000 estudos foram conduzidos para avaliar a segurança dos silicones em relação a funcionários, clientes, meio ambiente e processos industriais. As pesquisas e avaliações em andamento indicam que os silicones são seguros. Tanto a Revisão de Ingredientes Cosméticos dos Estados Unidos (USCIR) quanto o Comitê Científico Europeu para a Segurança do Consumidor (ESCCS) afirmaram que não existe qualquer risco à saúde humana em sua utilidade nos cosméticos. Além disso, o D5 não causa danos ao meio ambiente e o D4 foi monitorado e não apresenta restrições ou

limites de concentração, tornando-se viável o seu uso (Sayyed; Kulkarni, 2022).

Pesquisas demonstram que os metilsiloxanos voláteis (VMS) são biodegradáveis, o qual possibilita a implementação de tecnologias como uma alternativa sustentável para a eliminação desses compostos. Os métodos de extração atualmente que se encontram a disposição para o tratamento incluem processos físico-químicos convencionais, como adsorção, processos catalíticos, separação por membranas, refrigeração/condensação e métodos criogênicos. Entre essas, a adsorção de VMS se destaca como o principal procedimento comercialmente viável (Pascual; Lebrero; Cantera, 2023).

Benefícios Reais Oferecidos Pelos Silicones

A aplicação dos silicones em cosméticos é explorada há mais de 70 anos, com os PDMS sendo a principal versão polimérica dos silicones e disponíveis na indústria cosmética. Estão presentes em produtos para cabelo e pele, produtos de higiene pessoal, protetores solares e maquiagens. Possuem características resistentes à hidrólise e à oxidação, não apresentam cor ou odor e essa versatilidade é a razão do seu uso generalizado (Kunik *et al.*, 2019).

Os silicones foram aplicados em formulações de longa duração no início da década de 1990, tornando-se valorizados por sua textura leve e suavidade ao toque, oferecendo uma ampla gama de benefícios estéticos e funcionais. As resinas de silicone são dissolvidas em solventes voláteis e com a combinação da dimeticona tornou-se atrativa para a indústria no desenvolvimento de novos cosméticos resistentes à transferência. A estabilidade térmica, a aderência e a capacidade de manter a cor ao longo do tempo são fatores propostos por muitas marcas, os quais proporcionam uma aparência duradoura e minimizam a necessidade de retoques frequentes (Pawar; Falk, 2021).

Possuem a capacidade de apresentar um bom espalhamento, criando uma formação de filme que é resistente à lavagem, trazendo assim, uma sensação agradável na pele e oferecendo produtos com novas tecnologias. Reconhecidos por suas qualidades harmoniosas que garantem uma boa aplicação e impedem a sensação de pegajosidade após a aplicação (Sayyed; Kulkarni, 2022).

Os géis de silicone (SGs) são empregados na diminuição das cicatrizes,

funcionando como um obstáculo hidrofóbico flexível. Essa barreira influencia na temperatura local e promove a hidratação na área da cicatriz. Os SG apresentam facilidade de aplicação e são adequados para uso em crianças, podendo ser aplicados em diversas condições de pele, incluindo pele irregular, bem como em regiões faciais e articulações. Além disso, são eficazes para cicatrizes de diferentes tamanhos. As ciclometiconas, são frequentemente utilizadas em formulações de aerossol e aplicadas em antitranspirantes devido à sua sensação de secura e volatilidade (Bains; Kaur, 2023).

O silicone é empregado em formulações para reparação de danos capilares, oferecendo deslizamento e brilho, formando uma fina película ao longo dos fios, conferindo-lhes uma sensação sedosa e macia, além de reduzir a carga estática, o cabelo é um microfilamento e possui uma elevada concentração de queratina, fatores como radiação UV, coloração e/ou uso de fontes de calor podem danificar os fios. Produtos capilares cuja única função é a limpeza, não atendem adequadamente às necessidades dos consumidores (Cheng *et al.*, 2020).

Os acrilatos de silicone constituem um copolímero que incorpora o siloxano linear (dimetilpolisiloxano) que confere-lhe uma excelente aderência à pele, resultando em uma textura superficial semelhante à do silicone. Os acrilatos de silicone são amplamente reconhecidos por oferecer uma série de vantagens em formulações líquidas, tais como resistência à umidade, ao suor e à oleosidade, além de proporcionar uma textura agradável, sensação suave e conforto durante o uso, destacando-se como uma solução inovadora em produtos de longa duração (Li; Bui, 2021).

Para a obtenção de cosméticos de longa duração, é necessário que a seleção de uma formulação adequada inclua resinas ou polímeros de silicone. Essa escolha é fundamental para assegurar a compatibilidade com os demais ingredientes da formulação, além de regular a oleosidade, garantir uma boa afinidade entre os componentes, promover uma distribuição uniforme do produto e facilitar uma excelente dispersão, culminando no desenvolvimento de uma cor ideal (Lam, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora alguns associem os silicones à obstrução dos poros e ao agravamento da acne, estudos recentes indicam que ingredientes como a dimeticona podem ser seguros para peles acneicas, atuando como hidratantes não comedogênicos. No entanto, as evidências ainda são insuficientes e contraditórias, sugerindo que a percepção e a adaptação individual de cada consumidor são essenciais na escolha de produtos com silicones.

A utilização de silicones em cosméticos apresenta um panorama complexo, com argumentos tanto sobre seus potenciais riscos ambientais e à saúde quanto sobre sua segurança e viabilidade. Enquanto alguns silicones, como os ciclopentasiloxanos, são considerados seguros e biocompatíveis, compostos como o decametilciclopentasiloxano (D4) são persistentes e bioacumulativos, representando riscos ambientais e potenciais efeitos à saúde. Apesar de regulamentações de agências internacionais validem a segurança de alguns silicones, ressalta-se também a necessidade de conscientização dos consumidores e de práticas sustentáveis para mitigar impactos ambientais como o uso de tecnologias de degradação, como a adsorção.

O uso de silicones em cosméticos oferece benefícios funcionais amplamente reconhecidos que superam os riscos potenciais conhecidos. Suas propriedades únicas — como a resistência, a leveza, a formação de filme e a capacidade de melhorar a textura e a aparência dos produtos — justificam seu uso em diversas formulações, incluindo produtos para pele, cabelo e cosméticos de longa duração. Assim, os silicones continuam a ser ingredientes valiosos na indústria cosmética, com uma relação benefício-risco considerada favorável com base no conhecimento atual.

REFERÊNCIAS

BAINS P. ; KAUR S. Silicone in Dermatology: An Update. **Cutan Aesthet Surg**, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37383974/>. Acesso em: 6 nov. 2024.



BALDWIN H. ; TAN J. Effects of Diet on Acne and Its Response to Treatment. **Springer Nature Link**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40257-020-00542-y>. Acesso em: 5 set. 2024.

BO Y. *et al.* Dynamic Siloxane Materials: From Molecular Engineering To Emerging Applications. **Chemical Engineering Journal**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127023>. Acesso em: 7 nov. 2024.

BRASIL. Guia para Avaliação de Segurança de Produtos Cosméticos.pdf. **Ministério da Saúde - ANVISA**, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/guia-para-avaliacao-de-seguranca-de-produtos-cosmeticos.pdf/view>. Acesso em: 14 ago. 2024.

CHENG W. *et al.* Silicone Copolymers for Healthcare and Personal Care Applications. **Wiley Online Library**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9783527823499.ch6>. Acesso em: 2 set. 2024.

dos Santos, Marco Aurélio Guidugli, Elvio Bueno Garcia, and Daniela Francescato Veiga. "Integrative Review on Silicone Breast Implants and ASIA Syndrome: What is the relationship?." **Periódicos Brasil. Pesquisa Científica** 3.1 (2024): 174-180.

GAWADE R. ; CHINKE S. ; ALEGAONKAR P. Polymers in cosmetics. **Elsevier**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816808-0.00017-2>. Acesso em: 26 set. 2024.

GHANI H. *et al.* An Investigation of Makeup Ingredients and Their Effects on Acne Cosmetica with Dermatologic Practice Recommendations. **The National Society for Cutaneous Medicine**, 2021. Disponível em: <https://ireadlabelsforyou.com/wp-content/uploads/2023/12/An-Investigation-of-Makeup-Ingredients-and-Their-Effects-on-Acne.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.

KHAN A. D. ; ALAM M. N. Osmetics And Their Associated Adverse Effects: A Review. **Journal of Applied Pharmaceutical Sciences and Research**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.31069/japsr.v2i1.1>. Acesso em: 6 nov. 2024.



KOSTIC A. P. Silicones In Cosmetics And Their Impact On The Environment. **Article category: Professional article**, 2021. Disponível em: <https://cosmethicallyactive.com/wp-content/uploads/2022/01/Silicones-in-cosmetics-and-their-impact-on-the-environment.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2024.

KUNIK O. *et al.* Oleksandra. Research of Physical and Chemical Properties of Cosmetic Emulsions of Oil-in-Water Type Based on Polyorganosyloxanes and their Alternative Substitute. **Chemistry & Chemical Technology**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.23939/chcht13.04.526>. Acesso em: 5 nov. 2024.

LAM H. Factors Enhancing Adhesion of Color Cosmetic Products to Skin: The Role of Pigments and Fillers. **Wiley Online Library**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781119654926.ch15>. Acesso em: 31 ago. 2024.

LI Z. ; BUI H. S. Factors Affecting Cosmetics Adhesion to Facial Skin. **Wiley Online Library**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781119654926.ch16>. Acesso em: 15 set. 2024.

NAYAK M. *et al.* Global Trends in Cosmetics Use-Related Adverse Effects: A Bibliometric Analysis of Literature Published during. **Cosmetics**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cosmetics8030075>. Acesso em: 23 set. 2024.

OWEN M. Silicone Surface Fundamentals. **Wiley Online Library**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/marc.202000360>. Acesso em: 5 set. 2024.

PASCUAL C. ; LEBRERO R.; CANTERA S. Toward A Sustainable And Cost-Efficient Biological-Based Platform For Siloxanes Removal. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10643389.2022.2044254>. Acesso em: 12 set. 2024.

PAWAR A. ; FALK B. Use of Advanced Silicone Materials in Long-Lasting Cosmetics. **Wiley Online Library**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781119654926.ch5>. Acesso em: 31 jan. 2024.



SAYYED A. ; KULKARNI R. Silicone Chemicals In Cosmetics Applications And Their Implications To The Environment, Health And Sustainability. **P&D De Tecnologia**, 2022.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/365761015_Silicone_chemicals_in_cosmetics_applications_and_their_implications_to_the_environment_health_and_sustainability. Acesso em: 8 ago. 2024.

SIKDAR S. ; MAJUMDAR S.. Reactive Silicones as Multifacetic Materials. **Springer Nature**

Link, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-43403-8_10. Acesso em:

26 ago. 2024.

XIANG X. *et al.* Review Of Recent Findings On Occurrence And Fates Of Siloxanes In Environmental Compartments. **Elsevier**, 2021. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112631>. Acesso em: 22 ago. 2024.