

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE FARMÁCIA

DÉBORA IZAURA DE ALMEIDA SOUZA
MAHEVI FERREIRA GREGÓRIO

NANOTECNOLOGIA APLICADA AO DESENVOLVIMENTO E
INOVAÇÕES DE PRODUTOS COSMÉTICOS

GOIÂNIA/GO

2025

Processo:

23070.060873/2025-18

Documento:

5809114



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE FARMÁCIA

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES
ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome(s) completo(s) do(a)(s) autor(a)(es)(as): Mahevi Ferreira Gregório e Débora Izaura de Almeida Souza

Título do trabalho: Nanotecnologia aplicada ao desenvolvimento e inovações de produtos cosméticos

**2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)
Concorda com a liberação total do documento [x] SIM [] NÃO¹**

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es) (as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;

- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Luis Antonio Dantas Silva, Professor do Magistério Superior**, em 05/12/2025, às 10:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mahevi Ferreira Gregório, Discente**, em 10/12/2025, às 17:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Debora Izaura De Almeida Souza, Discente**, em 10/12/2025, às 17:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5809114** e o código CRC **CC247E99**.

DÉBORA IZAURA DE ALMEIDA SOUZA

MAHEVI FERREIRA GREGÓRIO

**NANOTECNOLOGIA APLICADA AO DESENVOLVIMENTO E
INOVAÇÕES DE PRODUTOS COSMÉTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Farmácia da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Farmácia.

Orientador(a): do Prof. Dr. Luís Antônio Dantas Silva.

GOIÂNIA/GO

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Gregório , Mahevi Ferreira
NANOTECNOLOGIA APLICADA AO DESENVOLVIMENTO E
INOVAÇÕES DE PRODUTOS COSMÉTICOS [manuscrito] / Mahevi
Ferreira Gregório , Débora Izaura De Almeida Souza . - 2025.
XLII, 42 f.: il.

Orientador: Prof. Luís Antônio Dantas Silva .
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal de Goiás, Faculdade Farmácia (FF), Farmácia, Goiânia,
2025.

Bibliografia. Anexos. Apêndice.
Inclui siglas, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista
de tabelas.

1. Cosméticos. 2. Inovação. 3. Nanotecnologia. 4. Sistemas. 5.
Nanoestruturados. I. Souza , Débora Izaura De Almeida . II. Silva ,
Luís Antônio Dantas , orient. III. Título.

CDU 615.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE FARMÁCIA

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos cinco dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e cinco iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “Nanotecnologia aplicada ao desenvolvimento e inovações de produtos cosméticos”, de autoria de Mahevi Ferreira Gregório e Débora Izaura de Almeida Souza, do curso de Farmácia, da Faculdade de Farmácia da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo Prof. Dr. Luís Antônio Dantas Silva – orientador FF/UFG)) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Profa. Dra. Joana D'arc Ximenes Alcanfor FF/UFG e Ms. Henrique Pascoa FF/UFG. Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do(a) estudante. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota final de 9,5 (nove vírgula cinco), tendo sido o TCC considerado aprovado.

Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Luis Antonio Dantas Silva, Professor do Magistério Superior**, em 05/12/2025, às 10:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Joana D Arc Ximenes Alcanfor, Professora do Magistério Superior**, em 05/12/2025, às 10:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Henrique Pascoa, Técnico**, em 05/12/2025, às 10:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5809108** e o código CRC **68005F94**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus. Foi Ele quem me deu força para continuar, mesmo quando eu não acreditava mais em mim. A Ele, toda a honra, toda a glória.

Aos meus pais, Maheder e Simone, meu porto seguro, minhas raízes, minha força. Nada do que eu sou existiria sem vocês. Obrigada por cada renúncia silencioso, por cada gesto de amor que me colocou de pé quando eu tinha vontade de desistir. Vocês sempre foram o meu exemplo, meu norte e minha certeza de que eu nunca estive sozinha. Eu carrego vocês em tudo o que faço, que sob muito sol e também em muitas tempestades, fizeram-me chegar até aqui, na sombra do cuidado e do amor de vocês. A vocês, minha sincera, eterna e mais profunda gratidão.

À minha irmã, Beatriz. Meu coração fora do peito, minha melhor amiga, meu amor mais puro. Por você, eu atravessaria qualquer tempestade sem pensar duas vezes. Obrigada por ser o meu riso nos dias bons, o meu abraço nos dias ruins. Você é, e sempre será, o maior amor da minha vida. E a minha cunhada, Maria Laura, por todo amor envolvido.

Ao meu irmão Maheder Filho, o meu menino, meu amor de mãe, meu presente inesperado e mais precioso. Crescer te vendo crescer foi um dos maiores privilégios da minha vida. Você sempre terá em mim um lar.

Agradeço, com o coração cheio de saudade, à minha querida avó Geralda. Em memória, deixo registrado o quanto sua vida, seus ensinamentos e seu amor continuam vivos em mim.

À minha Madrinha Dalva, minha segunda mãe. Desde de sempre, você me ama de um jeito tão genuíno e tão inteiro que marcou minha alma. Obrigada por cada cuidado, e cada demonstração de amor que nunca me faltou.

Aos meus primos Rogério e Adno, que foram mais que primos, foram irmãos, amigos, parceiros de vida, o meu amor eterno e verdadeiro. Deus me deu um dos maiores presentes quando colocou vocês no meu caminho. Vocês me ensinaram que amor não depende de sangue, depende de alma. Nossa conexão é de outras vidas. Obrigada por existirem e por serem tanto para mim. Espero um dia retribuir tudo e tanto. E não menos importante, o amor da minha vida, minha amada Antônia, que me ensinou que o amor verdadeiro é simples e sincero.

À minha grande amiga Alice, que eu não me lembro da vida sem. Você é minha irmã de coração, aquela que sempre permanece, sempre acolhe, sempre entende. Nada seria tão leve sem você.

Agradeço também à Maria Bethânia, que me ensinou que as amizades não se mede pelo tempo, mas pela verdade, pela intensidade e pela luz que elas trazem.

Carol e Gabi, o nosso trio foi abrigo, amor, risada, força e cumplicidade. Vocês tornaram tudo possível. Foram colo quando o mundo pesou, foram coragem quando eu duvidei de mim e foram luz mesmo quando os dias pareciam nublados. A minha caminhada só chegou ao fim porque vocês caminharam comigo.

Ao nosso orientador, Luís Dantas, minha gratidão pelo cuidado, atenção e paciência desde o primeiro instante. Obrigada por ser um exemplo de profissionalismo, dedicação e humanidade. Sua orientação foi essencial para que este trabalho se concretizasse.

À professora Joana, que inúmeras vezes estendeu a mão quando eu precisei. Ao professor Henrique e a todos os membros da banca, obrigada por contribuírem com este momento tão especial.

À minha dupla Débora, pela parceria, amizade, apoio, por dividir comigo esse trabalho e esse momento tão importante.

À Universidade Federal de Goiás, minha gratidão por ter me proporcionado uma formação de excelência. Sou profundamente grata aos professores, cuja qualidade, dedicação e compromisso transformaram cada etapa da minha aprendizagem, e à estrutura da instituição, que ofereceu suporte e oportunidades que marcaram minha trajetória acadêmica. É uma honra fazer parte da UFG.

E deixo registrado meu carinho e minha gratidão a todos os amigos que fizeram parte da minha trajetória. Seria impossível citar cada nome, mas cada presença, cada palavra e cada gesto contribuíram profundamente para que eu chegasse até aqui. Levarei todos comigo. E, por fim, agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, caminharam ao meu lado.

MAHEVI FERREIRA GREGÓRIO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre esteve à frente da minha vida, guiando meus passos, fortalecendo minha fé e me sustentando nos momentos em que eu achei que não iria conseguir. Foi Ele quem escreveu este caminho e me deu força para vencê-lo. Toda honra e toda glória eu entrego a Ele.

Agradeço ao meu pai e à minha mãe, que sempre estiveram presentes, me apoiando com amor, dedicação e bondade. Tudo o que sou e tudo o que alcanço passa pelas mãos, pelos conselhos e pelo carinho de vocês. Obrigada por nunca soltarem a minha mão.

Ao meu marido, Henry, minha gratidão por ser meu companheiro, meu apoio diário, meu porto seguro. Obrigada por acreditar em mim mesmo quando eu duvidei, por me incentivar, por compreender meus dias mais difíceis, e por caminhar comigo com tanto amor.

Agradeço também ao nosso maior presente, o nosso filho, Henry Filho. Ele é a razão da minha força, da minha coragem e da minha vontade de ser melhor todos os dias. Nada seria possível sem o amor que ele trouxe para a nossa vida.

Ao nosso orientador, professor Luís Dantas, minha sincera gratidão pela atenção, pela paciência e pela dedicação. Obrigada por ser luz e direção em cada etapa deste trabalho, sempre com profissionalismo, respeito e cuidado.

À Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás, minha gratidão pela formação, pelo conhecimento e pela oportunidade de viver uma jornada que levarei para sempre comigo.

E agradeço a todos os amigos que fizeram parte desse percurso, cada um deixando uma marca, um incentivo, uma palavra e uma presença que tornaram o caminho mais leve e possível. Sou profundamente grata por todos vocês.

DÉBORA IZAURA DE ALMEIDA SOUZA

EPÍGRAFE

“Você não pode se esquecer de onde você é e nem de onde você veio, porque assim você sabe quem você é e para onde você vai”

Ailton Krenak

RESUMO

A nanotecnologia representa um dos avanços mais significativos da ciência moderna, com aplicações que se estendem para diferentes áreas, incluindo a indústria cosmética. A utilização da nanobiotecnologia em cosméticos tem possibilitado o desenvolvimento de produtos inovadores com maior eficácia, segurança e estabilidade, ampliando o alcance de ativos bioativos por meio de sistemas nanoestruturados. Este trabalho tem como objetivo analisar os principais avanços da nanotecnologia aplicada aos cosméticos, discutindo sua relevância para o desenvolvimento de formulações inovadoras, bem como os benefícios e limitações encontrados na prática. A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão de literatura em bases científicas reconhecidas, incluindo PubMed, Scielo, ScienceDirect e Periódicos CAPES, priorizando estudos entre 2015 e 2025. Os resultados apontam que a nanotecnologia tem potencial para revolucionar a área cosmética, permitindo maior penetração cutânea, controle na liberação de ativos, aumento da biodisponibilidade e redução de efeitos adversos. No entanto, o uso da nanotecnologia também levanta questões de biossegurança e regulamentação que ainda precisam ser amplamente debatidas.

Palavras-chave: Cosméticos. Inovação. Nanotecnologia. Sistemas Nanoestruturados.

ABSTRACT

Nanotechnology represents one of the most significant advances in modern science, with applications across different areas, including the cosmetic industry. The use of nanobiotechnology in cosmetics has enabled the development of innovative products with greater efficacy, safety, and stability, expanding the potential of bioactive compounds through nanostructured systems. This study aims to analyze the main advances in nanotechnology applied to cosmetics, highlighting its relevance to the development of innovative formulations, as well as its benefits and limitations in practice. The research was conducted through a literature review in recognized scientific databases, including PubMed, Scielo, ScienceDirect, and CAPES Journals, prioritizing studies between 2015 and 2025. The results show that nanotechnology has the potential to revolutionize the cosmetic field, allowing greater skin penetration, controlled release of actives, increased bioavailability, and reduction of adverse effects. However, the use of nanotechnology also raises biosafety and regulatory issues that still require broad discussion.

Keywords: Cosmetics. Innovation. Nanotechnology. Nanostructured Systems.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

A/O – Água em Óleo

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

DeCS – Descritores em Ciências da Saúde

FDA – Food and Drug Administration

MeSH – Medical Subject Headings

NLC – Carreadores Lipídicos Nanoestruturados (*Nanostructured Lipid Carriers*)

NLS – Nanopartículas Lipídicas Sólidas (*Solid Lipid Nanoparticles*)

O/A – Óleo em Água

PLA – Poli (ácido Lático)

PGA – Poli (ácido Glicólico)

PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

Q10 – Coenzima Q10

Scielo – Scientific Electronic Library Online

UV – Ultravioleta

UVA – Radiação Ultravioleta do tipo

AUVB – Radiação Ultravioleta do tipo B.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma PRISMA adaptado do processo de seleção dos artigos incluídos na revisão	13
Figura 2: Distribuição geográfica dos estudos incluídos	15
Figura 3: Distribuição percentual dos tipos de nanossistemas aplicados a cosméticos	16
Figura 4: Frequência dos principais ativos cosméticos nanoencapsulados nos estudos analisados	17

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	METODOLOGIA	18
3	REVISÃO DA LITERATURA	19
3.1	ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	20
3.2	TIPOS DE NANOSSISTEMAS IDENTIFICADOS	21
3.3	ATIVOS COSMÉTICOS ESTUDADOS	22
3.4	INTERPRETAÇÃO CRÍTICA DOS RESULTADOS	23
4	NANOTECNOLOGIA E SUA APLICAÇÃO EM COSMÉTICOS	24
5	PRINCIPAIS SISTEMAS NANOESTRUTURADOS UTILIZADOS EM FORMULAÇÕES COSMÉTICAS	28
5.1	NANOEMULSÕES	28
5.2	NANOPARTÍCULAS POLIMÉRICAS	30
5.3	NANOPARTÍCULAS LIPÍDICAS SÓLIDAS (NLS) E CARREADORES LIPÍDICOS NANOESTRUTURADOS (NLC)	32
5.4	NANOPARTÍCULAS METÁLICAS	33
5.5	LIPOSSOMAS E NIOSSOMAS	34
6	DESAFIOS E LIMITAÇÕES DA NANOTECNOLOGIA EM COSMÉTICOS	37
7	AVANÇOS RECENTES E PERSPECTIVAS FUTURAS	38
8	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A indústria cosmética vem passando por profundas transformações nas últimas décadas, impulsionada principalmente pelos avanços científicos e tecnológicos que buscam atender às crescentes demandas dos consumidores por produtos mais eficazes, seguros e sustentáveis (DARIO; SANTOS, 2020; SILVA; RIBEIRO, 2021). Nesse cenário, a nanotecnologia surge como uma das principais ferramentas para inovação, permitindo o desenvolvimento de formulações com melhor desempenho, maior estabilidade e maior capacidade de modular a liberação e a interação de bioativos com a pele (BASUDKAR et al., 2022). A aplicação dessa ciência em cosméticos e dermocosméticos tem sido vista como um diferencial competitivo, além de representar um avanço significativo no tratamento e na prevenção de alterações cutâneas (VEIGA et al., 2023; CHAVDA et al., 2023).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), os cosméticos estão entre os produtos mais consumidos pela população brasileira, e o país ocupa lugar de destaque no ranking mundial do setor, figurando como o quarto maior mercado consumidor (ANVISA, 2022). A crescente busca por produtos inovadores, voltados para rejuvenescimento, hidratação, fotoproteção e outras finalidades estéticas, impulsiona pesquisas que integram a biotecnologia e a nanotecnologia em novas formulações (BASUDKAR et al., 2022). Esse movimento está relacionado ao aumento da expectativa de vida e a maior preocupação da sociedade com bem-estar e autoestima, fatores que intensificam a procura por cosméticos de alta performance.

A nanotecnologia é definida como o estudo, manipulação e aplicação de materiais em escala nanométrica, entre 1 e 100 nanômetros. Nessa dimensão, os materiais adquirem propriedades físico-químicas diferenciadas, como maior área superficial, estabilidade aprimorada e maior capacidade de interagir com sistemas biológicos (MANIKANIK & JASWAL, 2021). No campo cosmético, essas características são especialmente relevantes, uma vez que a pele apresenta barreiras naturais, como o estrato córneo, que dificultam a penetração de ativos convencionais. A utilização de nanopartículas permite superar parcialmente as barreiras cutâneas, favorecendo a distribuição localizada e prolongada dos ativos cosméticos. (SANTOS et al., 2019; RASZEWSKA-FAMIELEC & FLIEGER, 2022).

Além de ampliar a eficácia dos produtos, a nanotecnologia também contribui para maior segurança e conforto do consumidor. Estudos recentes mostram que sistemas nanoestruturados, como lipossomas, nanoemulsões e nanopartículas lipídicas sólidas, apresentam baixa toxicidade e alta biocompatibilidade, sendo capazes de melhorar a interação

com o epitélio e reduzir efeitos de sensibilização e toxicidade cutânea (HUERTA-MADROÑAL et al., 2023; GIACOBONE, 2023). Dessa forma, o desenvolvimento de cosméticos baseados em nanotecnologia não apenas atende às exigências estéticas, mas também avança em direção a uma abordagem mais científica e personalizada de cuidado com a pele.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar os principais avanços da nanotecnologia aplicada ao desenvolvimento e inovação de produtos cosméticos, discutindo os diferentes tipos de sistemas nanoestruturados empregados, seus benefícios, suas limitações e os impactos no mercado e na saúde dos consumidores. O estudo buscou, portanto, contribuir para a compreensão dessa temática, oferecendo subsídios para profissionais e pesquisadores da área de farmácia, cosmetologia e saúde.

2 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa de literatura, método que possibilita a síntese ampla de diferentes tipos de pesquisas, incluindo estudos experimentais, revisões sistemáticas, ensaios clínicos e artigos de caráter descritivo. Essa abordagem permite a análise do conhecimento disponível, bem como a identificação de lacunas para investigações futuras. A revisão integrativa foi escolhida por sua capacidade de reunir, avaliar e discutir as evidências científicas acerca da aplicação da nanotecnologia em cosméticos, oferecendo uma visão abrangente da temática e contribuindo para a prática farmacêutica e cosmética baseada em evidências.

A busca de artigos foi realizada entre março e agosto de 2025 em bases de dados nacionais e internacionais de reconhecida relevância científica: PubMed, *ScienceDirect*, Scielo e Periódicos CAPES. Para localizar os estudos, foram utilizados descritores controlados em português e inglês, extraídos dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e do *Medical Subject Headings* (MeSH), combinados pelos operadores booleanos AND e OR. Foram realizadas combinações como “*nanotechnology AND cosmetics*”, “*nanobiotechnology AND skincare*” ou “*nanocosmetics OR dermocosmetics*”, a fim de garantir maior abrangência e precisão na busca.

Os critérios de inclusão abrangeram artigos publicados no período de 2015 a 2025, disponíveis em português ou inglês, com acesso ao texto completo, que apresentassem dados originais, revisões ou ensaios clínicos relacionados à nanotecnologia aplicada a cosméticos e dermocosméticos. Foram excluídos editoriais, cartas ao editor, resumos de eventos científicos, estudos duplicados entre as bases e publicações que abordavam a nanotecnologia sem ligação direta com aplicações cosméticas.

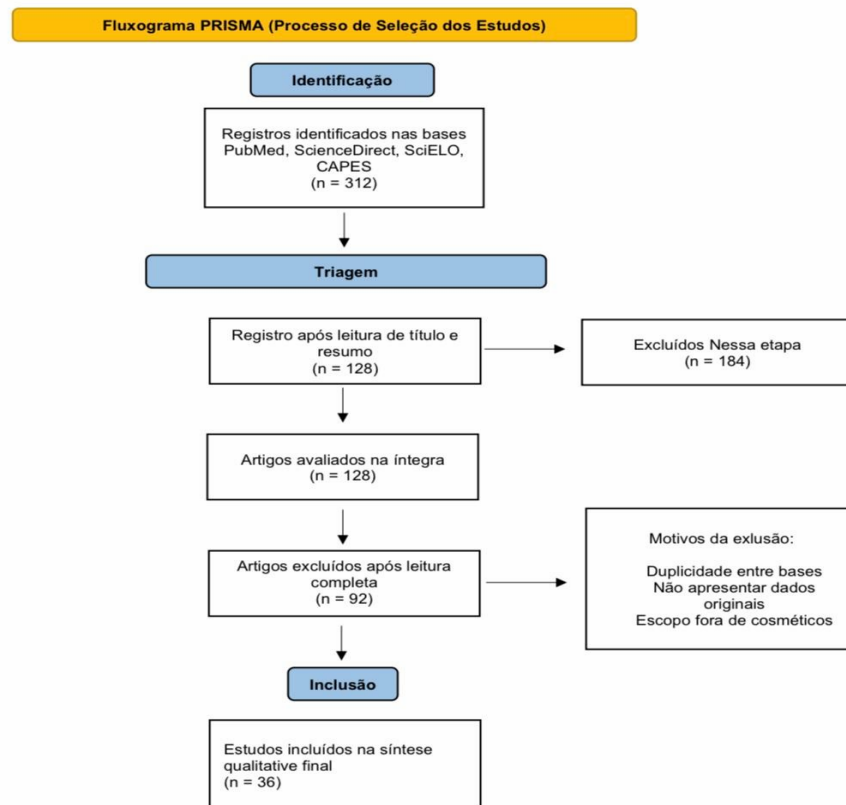
O processo de seleção ocorreu em três etapas sequenciais: (1) leitura dos títulos dos trabalhos identificados; (2) leitura dos resumos; e (3) leitura integral dos artigos que preenchem os critérios de elegibilidade. A triagem e a leitura integral dos artigos foram realizadas com aplicação consistente dos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos previamente.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A busca bibliográfica realizada nas bases PubMed, ScienceDirect, Scielo e Periódicos CAPES resultou inicialmente em 312 artigos relacionados ao tema da nanotecnologia aplicada à indústria cosmética. Após a etapa de leitura de títulos e resumos, 184 estudos foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão estabelecidos, como ausência de relação direta com aplicações cosméticas ou indisponibilidade do texto completo. Dos 128 artigos selecionados para leitura na íntegra, 92 foram excluídos por duplicidade entre as bases ou por não apresentarem dados originais relevantes à temática. Assim, 36 artigos compuseram a amostra final utilizada para a análise.

A Figura 1 ilustra o fluxograma do processo de seleção dos artigos, elaborado conforme as diretrizes do PRISMA, que permite visualizar de forma objetiva as etapas de triagem, exclusão e inclusão dos estudos analisados.

Figura 1: Fluxograma PRISMA adaptado do processo de seleção dos artigos incluídos na revisão



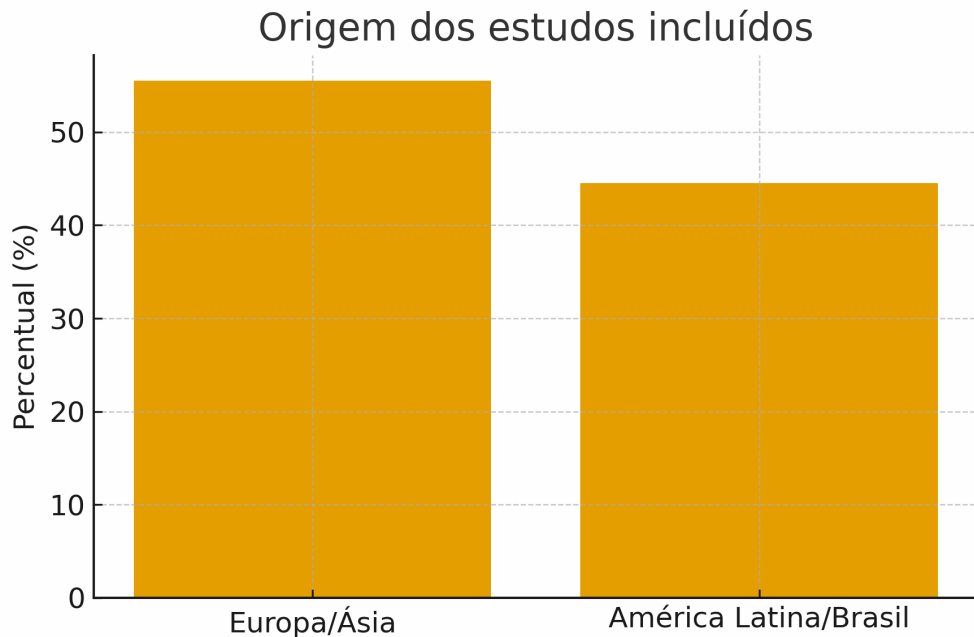
Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

Os resultados da análise descritiva evidenciam um crescimento significativo das publicações entre os anos de 2019 e 2024, indicando o fortalecimento da nanotecnologia como um campo emergente dentro da cosmetologia científica. Essa tendência acompanha a expansão global da nanotecnologia e seu impacto em formulações dermocosméticas (VEIGA et al., 2023; HUERTA-MADROÑAL et al., 2023). O aumento no número de estudos reflete o interesse acadêmico e industrial por tecnologias que promovam liberação controlada, maior penetração cutânea e segurança aprimorada.

3.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A análise bibliométrica dos 36 artigos revelou que a maior parte das publicações está concentrada em periódicos internacionais de alto impacto. Quanto à distribuição geográfica, observou-se que 20 artigos (55,5%) foram desenvolvidos em países europeus e asiáticos, enquanto 16 (44,5%) originaram-se do Brasil e demais países latino-americanos, conforme demonstra a Figura 2.

Figura 2 – Distribuição geográfica dos estudos incluídos



Fonte: Elaboração própria (2025).

A predominância de estudos internacionais evidencia o protagonismo de centros de pesquisa da Europa e da Ásia, especialmente no desenvolvimento de novos nanossistemas e

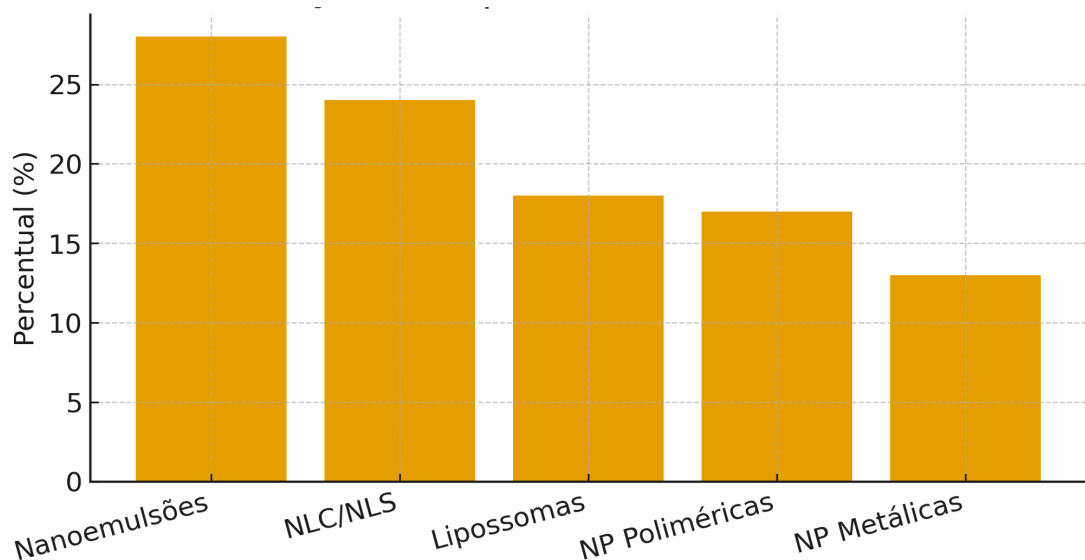
metodologias de encapsulamento de ativos (MANIKANIKKA; JASWAL, 2021). No entanto, o número crescente de estudos brasileiros demonstra um avanço expressivo da pesquisa nacional, impulsionado por políticas de inovação tecnológica e pela ampliação da infraestrutura laboratorial no setor cosmético (ANVISA, 2022).

Além disso, a análise qualitativa apontou que os temas mais investigados se relacionam ao aprimoramento da eficácia cutânea e à redução de efeitos adversos, o que reforça o compromisso da ciência cosmética com a segurança e o bem-estar do consumidor.

3.2 TIPOS DE NANOSSISTEMAS IDENTIFICADOS

Os tipos de nanossistemas mais pesquisados foram as nanoemulsões (28%), seguidas das nanopartículas lipídicas sólidas e carreadores lipídicos nanoestruturados (24%), lipossomas (18%), nanopartículas poliméricas (17%) e nanopartículas metálicas (13%), conforme representado na Figura 3.

Figura 3 – Distribuição percentual dos tipos de nanossistemas aplicados a cosméticos



Fonte: Elaboração própria (2025).

A prevalência das nanoemulsões pode ser explicada por seu baixo custo de produção, elevada estabilidade e alta compatibilidade cutânea, o que as torna uma alternativa amplamente utilizada em produtos hidratantes, fotoprotetores e anti-idade (YUKUYAMA et al., 2016; CHAVDA et al., 2023). Já as nanopartículas lipídicas e os carreadores nanoestruturados têm sido aplicados em formulações que requerem liberação prolongada e

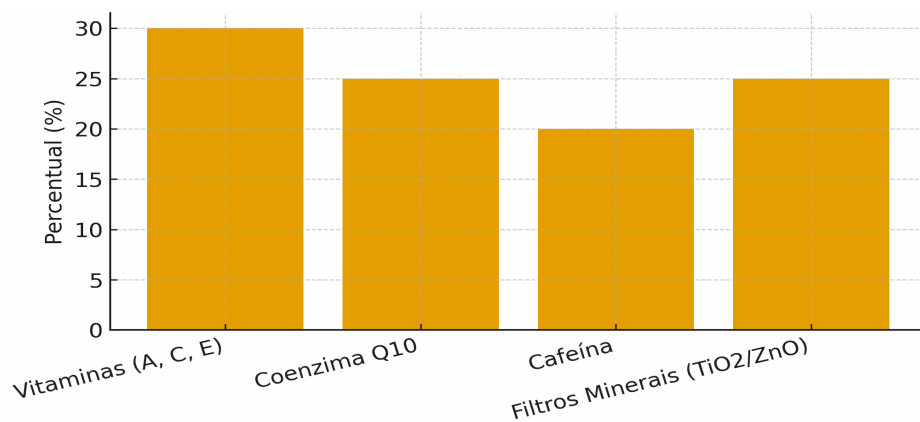
proteção de ativos instáveis, como vitaminas e antioxidantes (HUERTA-MADROÑAL et al., 2023).

Os lipossomas e niosomas se destacam pela capacidade de encapsular compostos hidrofílicos e lipofílicos, proporcionando maior penetração dérmica e melhor biodisponibilidade (SANTOS et al., 2019). Por outro lado, as nanopartículas metálicas, embora menos frequentes, apresentam potencial para uso em produtos com ação antimicrobiana e fotoprotetora, mas ainda requerem estudos mais amplos quanto à toxicidade e biossegurança (GIACOBONE, 2023; RASZEWSKA-FAMIELEC; FLIEGER, 2022).

3.3 ATIVOS COSMÉTICOS ESTUDADOS

Entre os principais ativos nanoencapsulados identificados nos estudos, destacam-se as vitaminas antioxidantes (A, C e E), a coenzima Q10, a cafeína e os filtros solares minerais como dióxido de titânio (TiO_2) e óxido de zinco (ZnO), conforme demonstra a Figura 4.

Figura 4 – Frequência dos principais ativos cosméticos nanoencapsulados nos estudos analisados.



Fonte: Elaboração própria (2025).

As vitaminas A, C e E apresentam propriedades antioxidantes e antienvhecimento amplamente reconhecidas. Quando encapsuladas em sistemas nanobiotecnológicos, demonstram maior estabilidade e penetração cutânea, prolongando a ação e reduzindo a degradação por luz e oxigênio (LEWIŃSKA et al., 2021). A coenzima Q10, associada à regeneração tecidual, tem sido amplamente estudada em sistemas lipídicos, com resultados promissores em hidratação e fotoproteção celular (ARROYO et al., 2021). Já a cafeína,

incorporada em nanoemulsões, mostrou-se eficaz na melhora da microcirculação cutânea e na redução de celulite, corroborando resultados obtidos por Freire et al. (2019).

A utilização de filtros solares nanoencapsulados contribui para maior proteção contra a radiação ultravioleta, reduzindo o efeito esbranquiçado sobre a pele e proporcionando textura agradável ao toque (JAN et al., 2021). Tais avanços reforçam o papel da nanotecnologia na produção de produtos cosméticos multifuncionais, com ênfase na eficácia e na segurança.

3.4 INTERPRETAÇÃO CRÍTICA DOS RESULTADOS

Os dados analisados indicam que a nanobiotecnologia cosmética representa uma das áreas de maior inovação da indústria farmacêutica e cosmética. O aumento progressivo de publicações demonstra o interesse em soluções que unam eficácia científica e sustentabilidade, incorporando princípios da nanobiotecnologia verde e da cosmetologia sustentável (MASCARENHAS, MELO et al., 2023).

Contudo, os resultados também revelam desafios importantes. Ainda existem lacunas na padronização metodológica, na avaliação toxicológica de longo prazo e na regulamentação específica de nanocosméticos pela ANVISA. Além disso, observa-se uma concentração geográfica das pesquisas em poucos países, o que ressalta a necessidade de maior incentivo à produção científica no contexto latino-americano.

Em síntese, a integração entre os resultados quantitativos e qualitativos reforça que a nanotecnologia aplicada à cosmetologia é um campo em plena expansão, com impacto direto na inovação tecnológica, na competitividade do mercado e na qualidade dos produtos disponíveis ao consumidor.

4 NANOTECNOLOGIA E SUA APLICAÇÃO EM COSMÉTICOS

A nanotecnologia corresponde ao campo científico que estuda e aplica materiais em escala nanométrica, compreendida entre 1 e 100 nanômetros. Nessa dimensão, os materiais passam a apresentar propriedades físico-químicas diferenciadas em relação ao estado macroscópico, tais como maiores áreas superficiais, elevada reatividade, estabilidade aprimorada e maior capacidade de interação com sistemas biológicos (MANIKANIK; JASWAL, 2021).

Essas características tornam-se particularmente relevantes para o desenvolvimento de nanopartículas, que consistem em estruturas minúsculas capazes de atuar como carreadores de substâncias ativas. Entre as principais vantagens do uso de nanopartículas destacam-se a possibilidade de aumentar a solubilidade de compostos pouco solúveis, prolongar o tempo de liberação, melhorar a biodisponibilidade e direcionar a ação de princípios ativos em sítios específicos de aplicação (BASUDKAR et al., 2022).

No setor cosmético, essas propriedades representam um diferencial estratégico, pois permitem o desenvolvimento de formulações inovadoras, capazes de potencializar a eficácia de ativos, reduzir efeitos adversos e proporcionar maior conforto ao consumidor. Dessa forma, a nanotecnologia tem contribuído significativamente para o desenvolvimento de produtos destinados ao rejuvenescimento, hidratação, fotoproteção e outras finalidades estéticas, ampliando as possibilidades de atuação das indústrias de cosméticos (SANTOS et al., 2019; HUERTA-MADROÑAL et al., 2023).

O desenvolvimento de nanocosméticos está diretamente associado à interdisciplinaridade científica, envolvendo áreas como química, biofísica, engenharia de materiais e farmacologia. Essa integração possibilita a criação de sistemas cada vez mais sofisticados, com características específicas para diferentes aplicações dermatológicas e estéticas (FERNANDES et al., 2023).

Na cosmética, a nanotecnologia tem se destacado principalmente pela sua capacidade de superar a barreira imposta pelo estrato córneo, a camada mais externa da pele, que limita a penetração de substâncias bioativas. Os nanossistemas podem possibilitar maior penetração cutânea, promovendo a entrega de ativos em camadas mais profundas e possibilitando liberação com perfis específicos, de acordo com a resposta requerida para cada bioativo (SANTOS et al., 2019; VEIGA et al., 2023).

O primeiro registro do uso de nanotecnologia em cosméticos ocorreu em 1995, quando a empresa francesa Lancôme lançou um creme com nanocápsulas de vitamina E (BARIL et

al., 2012). Desde então, a indústria mundial vem incorporando ativos nanoencapsulados em diferentes linhas de produtos, incluindo protetores solares, cremes antienvelhecimento, hidratantes e maquiagens (SANTOS et al., 2019). No Brasil, o marco inicial do uso de nanotecnologia em cosméticos ocorreu em 2005, quando a empresa O Boticário lançou uma linha de produtos contendo nanopartículas, voltadas principalmente para cremes hidratantes e antienvelhecimento. A partir desse período, outras indústrias nacionais, como Natura e Jequití, também passaram a incorporar sistemas nanoestruturados em suas formulações, ampliando o acesso a produtos de maior eficácia e inovação tecnológica. Esse movimento reflete a tendência global de adoção da nanotecnologia, evidenciada pelo crescimento do mercado cosmético brasileiro, que figura atualmente entre os maiores do mundo e tem investido fortemente em pesquisa e desenvolvimento de formulações mais seguras e eficazes (FERREIRA et al., 2013; ANVISA, 2022).

O mercado de cosméticos contendo nanopartículas vem crescendo exponencialmente. Segundo a GlobeNewswire (2023), o setor movimentou aproximadamente 60 bilhões de dólares em 2022, com previsão de expansão contínua até 2026, a uma taxa de 5,8% ao ano. Esse crescimento está diretamente relacionado à maior demanda dos consumidores por produtos eficazes, seguros e que apresentem resultados rápidos e perceptíveis (BASUDKAR et al., 2022).

A nanotecnologia em cosméticos não se limita apenas a questões de eficácia. Ela também tem impacto direto na estabilidade das formulações, uma vez que o encapsulamento de ativos em nanossistemas pode reduzir a degradação causada por fatores externos, como luz, oxigênio e temperatura, na qual aumenta a vida útil dos produtos e mantém sua qualidade durante o armazenamento e uso. (RASZEWSKA-FAMIELEC; FLIEGER, 2022).

Os sistemas nanotecnológicos podem ser desenvolvidos usando excipientes que apresentam alta biocompatibilidade, podendo apresentar perfis reduzido de efeitos adversos (HUERTA-MADROÑAL et al., 2023). Além disso, permitem a utilização de concentrações menores de ativos, reduzindo a possibilidade de irritações cutâneas e alergias, o que amplia sua aceitação no mercado (CHAVDA et al., 2023).

O uso da nanotecnologia em cosméticos também está diretamente associado à tendência de personalização dos cuidados com a pele. Formulações nanotecnológicas permitem adequar a entrega de ativos às necessidades específicas de diferentes tipos de pele, oferecendo soluções mais individualizadas e eficazes, na qual, essa perspectiva reforça a

aproximação entre cosméticos e produtos farmacêuticos de alta complexidade. (VEIGA et al., 2023).

Segundo Sharma et al. (2022), um dos grandes diferenciais da nanotecnologia é a possibilidade de desenvolver formulações multifuncionais, capazes de atuar simultaneamente na hidratação, regeneração tecidual e prevenção do envelhecimento cutâneo. Esse caráter multifacetado amplia o valor agregado dos produtos e contribui para o aumento da competitividade no setor.

No Brasil, a ANVISA regulamenta os produtos cosméticos, e desde a publicação da RDC nº 752/2022 passou a exigir comprovação de eficácia e segurança em determinadas formulações. Embora não utilize oficialmente o termo “nanocosméticos”, a agência reconhece a necessidade de avaliar formulações inovadoras que contenham nanossistemas (ANVISA, 2022).

A aplicação da nanotecnologia em cosméticos tem mostrado grande relevância também em fotoproteção. Estudos apontam que nanopartículas de dióxido de titânio e óxido de zinco oferecem proteção eficaz contra radiação ultravioleta, além de apresentarem melhor dispersão e estética agradável, sem deixar resíduos esbranquiçados na pele (GIACOBONE, 2023; JAN et al., 2021).

Outro campo em expansão é o uso de nanossistemas no encapsulamento de antioxidantes, como a coenzima Q10 e o resveratrol, conhecidos por sua ação antienvelhecimento. Esses compostos, quando associados a nanopartículas, apresentam maior estabilidade e maior penetração cutânea, potencializando seus efeitos (HUERTA-MADROÑAL et al., 2023; ZHANG et al., 2023).

A nanotecnologia também tem sido aplicada na entrega de vitaminas, como A, C e E, tradicionalmente utilizadas em cosméticos. O encapsulamento dessas vitaminas em nanossistemas reduz sua degradação e prolonga seu efeito, tornando as formulações mais eficazes, na qual esses avanços demonstram o impacto positivo da nanotecnologia na manutenção da juventude e da saúde cutânea (LEWIŃSKA et al., 2021; ARROYO et al., 2021).

Estima-se que nos próximos anos a nanotecnologia seja cada vez mais aplicada em formulações multifuncionais, sustentáveis e personalizadas, atendendo tanto às necessidades estéticas quanto às demandas de saúde da pele. Portanto, a nanotecnologia aplicada a cosméticos representa uma área em constante evolução, capaz de transformar a indústria,

oferecer novas possibilidades de aplicação dermocosmética e elevar os padrões de eficácia e segurança das formulações. Contudo, seu avanço precisa estar aliado ao desenvolvimento de políticas regulatórias claras, à investigação científica contínua e à educação do consumidor, assegurando um crescimento sustentável e responsável (CHAVDA et al., 2023).

Os tipos mais comuns de nanossistemas empregados em cosméticos incluem nanoemulsões, nanopartículas lipídicas sólidas, lipossomas, niossomas e nanopartículas metálicas (CHAVDA et al., 2023). Cada um desses sistemas apresenta características próprias e pode ser selecionado de acordo com o tipo de ativo a ser incorporado e com o objetivo cosmético ou estético da formulação.

5 PRINCIPAIS SISTEMAS NANOESTRUTURADOS UTILIZADOS EM FORMULAÇÕES COSMÉTICAS

A nanotecnologia aplicada à cosmetologia apresenta diferentes sistemas nanoestruturados, cada qual com características próprias que influenciam a estabilidade, a eficácia e a segurança das formulações. Entre os mais utilizados destacam-se as nanoemulsões, as nanopartículas poliméricas, categoria que engloba as nanocápsulas e as nanoesferas, as nanopartículas lipídicas sólidas (NLS), os carreadores lipídicos nanoestruturados (NLCs), as nanopartículas metálicas, os lipossomas e os niossomas. A seguir, descrevem-se os principais tipos, suas propriedades e suas aplicações cosméticas (SCHAFFAZICK et al., 2003).

5.1 NANOEMULSÕES

As nanoemulsões são sistemas coloidais caracterizados por dispersões de duas fases imiscíveis, geralmente óleo em água (O/A) ou água em óleo (A/O), estabilizadas por tensoativos. Sua principal característica é o diâmetro das gotículas, que varia entre 20 e 500 nanômetros, o que confere alta estabilidade cinética e aparência translúcida (CHAVDA et al., 2023).

A aplicação das nanoemulsões em cosméticos se deve principalmente à sua capacidade de aumentar a solubilidade aparente de compostos lipofílicos e melhorar a estabilidade de ativos instáveis, como vitaminas e antioxidantes. No entanto, é importante destacar que a maior permeação cutânea, frequentemente mencionada como vantagem desses sistemas, deve ser interpretada com cautela. Enquanto em produtos farmacêuticos transdérmicos esse efeito é desejado para garantir ação sistêmica, nos cosméticos convencionais espera-se um efeito predominantemente local, sem alterações fisiológicas significativas. Já os dermocosméticos podem se beneficiar de uma permeação um pouco mais profunda, desde que essa ação seja direcionada à melhora da função ou aparência da pele, sem caráter terapêutico (CHAVDA et al., 2023; FREIRE et al., 2019).

De acordo com Yukuyama et al. (2016), as nanoemulsões podem ser produzidas por métodos de alta energia, como homogeneização a alta pressão e ultrassonicação, ou por métodos de baixa energia, como inversão de fases. A escolha do método impacta diretamente a estabilidade e a biodisponibilidade do ativo encapsulado. Essa característica faz com que sejam amplamente utilizadas em dermocosméticos, especialmente para incorporar compostos instáveis como vitaminas e antioxidantes.

Freire et al. (2019) demonstraram que nanoemulsões contendo cafeína foram eficazes no tratamento de celulite, devido à melhor penetração do ativo e à liberação controlada. Esse exemplo mostra como os nanossistemas podem potencializar a eficácia de princípios ativos já bem conhecidos. Além disso, a utilização em protetores solares é crescente, permitindo melhor dispersão de filtros solares e melhor estética sensorial (LOPES et al., 2023).

Outro aspecto relevante é a versatilidade das nanoemulsões. Elas podem veicular tanto compostos hidrofílicos quanto lipofílicos, dependendo da composição de fases e tensoativos. Isso permite sua aplicação em formulações multifuncionais, capazes de hidratar, proteger e fornecer ativos antioxidantes de forma simultânea (AFORNALI et al., 2013).

A estabilidade constitui um dos principais aspectos relacionados ao desempenho das nanoemulsões, sendo determinante para sua eficácia e vida útil. As gotículas em escala nanométrica apresentam menor tendência à sedimentação e ao fenômeno de *creaming* quando comparadas às emulsões convencionais, o que garante maior homogeneidade e preservação das propriedades durante o armazenamento. Essa característica contribui para prolongar a durabilidade dos cosméticos, assegurando que os ativos encapsulados mantenham sua funcionalidade e qualidade até o momento da aplicação (VOGEL et al., 2021).

Além disso, o tamanho reduzido das partículas aumenta a área superficial de contato, promovendo maior interação com a pele. Essa característica foi confirmada por Kensy et al. (2021), que observaram melhora significativa na penetração dérmica da vitamina C encapsulada em nanoemulsões, quando comparada à forma livre.

Nanoemulsões contendo óleos essenciais, como o de camomila e lavanda, apresentaram efeitos cicatrizantes e calmantes superiores a loções convencionais, ampliando seu potencial de aplicação em produtos destinados a peles sensíveis e em dermocosméticos, os quais se caracterizam por combinar propriedades estéticas com funcionalidades adicionais, sem caráter terapêutico (LOPES et al., 2023).

O baixo custo relativo de produção das nanoemulsões em comparação a outros nanossistemas também favorece sua adoção pela indústria cosmética. A simplicidade dos métodos de preparação, associada ao uso de tensoativos biocompatíveis, torna sua aplicação escalável e economicamente viável (YUKUYAMA et al., 2016).

Apesar das vantagens, a segurança das nanoemulsões depende da escolha dos tensoativos. Alguns agentes tensoativos podem causar irritação cutânea quando utilizados em concentrações elevadas. (MASCARENHAS-MELO et al., 2023). Além disso, estudo recente

tem buscado desenvolver alternativas mais sustentáveis para a produção de nanoemulsões, sobretudo por meio da substituição de tensoativos sintéticos por derivados de fontes vegetais. Essa abordagem visa reduzir o impacto ambiental associado à produção cosmética e, ao mesmo tempo, oferecer formulações mais seguras e biocompatíveis. Tensoativos de origem natural, como aqueles extraídos de óleos vegetais, proteínas e polissacarídeos, apresentam potencial para manter a estabilidade coloidal das nanoemulsões e diminuir riscos de irritação cutânea relacionados ao uso de compostos sintéticos em altas concentrações (MASCARENHAS-MELO et al., 2023).

As nanoemulsões também têm sido exploradas em maquiagens de longa duração, melhorando a dispersão de pigmentos e proporcionando maior uniformidade na aplicação. Essa aplicação reforça a tendência de integração entre propriedades funcionais e estéticas nos cosméticos modernos (CHAVDA et al., 2023).

Do ponto de vista regulatório, as nanoemulsões são consideradas seguras quando formuladas com componentes já aprovados pela ANVISA, FDA e União Europeia. No entanto, a ausência de diretrizes específicas para nanocosméticos ainda representa um desafio (ANVISA, 2022).

5.2 NANOPARTÍCULAS POLIMÉRICAS

As nanopartículas poliméricas incluem dois sistemas principais: nanocápsulas e nanoesferas. As nanocápsulas apresentam núcleo oleoso revestido por polímero, enquanto as nanoesferas possuem estrutura polimérica sólida. Essa diferenciação estrutural impacta diretamente no tipo de ativo que pode ser incorporado (MOTA et al., 2017).

Polímeros naturais, como a quitosana, e sintéticos, como o poli(ácido lático) (PLA) e o poli(ácido glicólico) (PGA), são amplamente utilizados na produção de nanopartículas poliméricas devido à sua biocompatibilidade e biodegradabilidade. Essas propriedades não apenas reduzem o risco de toxicidade, mas também podem favorecer a liberação controlada de ativos, uma vez que a degradação progressiva da matriz polimérica possibilita a disponibilização gradual dos compostos encapsulados. Nesse contexto, a utilização desses polímeros representa uma alternativa promissora para o desenvolvimento de formulações cosméticas mais seguras e eficazes (SALVIONI et al., 2021).

As nanopartículas poliméricas apresentam como principais variações as nanocápsulas, caracterizadas por uma estrutura de reservatório com núcleo oleoso envolto por parede

polimérica, e as nanoesferas, que possuem estrutura matricial sólida com o ativo disperso uniformemente em toda a matriz. As nanocápsulas são especialmente relevantes na cosmética para encapsular compostos lipofílicos, como vitaminas A e E. Esses ativos apresentam instabilidade quando expostos à luz e ao oxigênio, mas quando encapsulados mantêm suas propriedades por mais tempo (LEWIŃSKA et al., 2021).

O retinol nanoencapsulado em polímeros apresentou maior eficácia antienvhecimento e redução de irritações cutâneas em comparação com formulações convencionais (VEIGA et al., 2023). Esse dado é relevante, já que o retinol é amplamente utilizado, mas muitas vezes causa efeitos adversos (Mota et al., 2017).

As nanoesferas, por sua vez, são indicadas para ativos hidrossolúveis, permitindo que sejam liberados de forma sustentada. Essa característica é valiosa em aplicações cosméticas que exigem uso prolongado, como em formulações destinadas ao cuidado da pele com tendência à hiperpigmentação” (ZHANG et al., 2023).

O processo de fabricação dessas nanopartículas envolve métodos como polimerização em emulsão, nanoprecipitação e evaporação de solventes. A escolha do método depende do ativo e das propriedades desejadas (FERNANDES et al., 2023).

No setor cosmético, as nanopartículas poliméricas têm sido aplicadas em cremes anti-idade, loções clareadoras e hidratantes de alta performance. A encapsulação de antioxidantes, como os polifenóis, também tem se mostrado eficaz para prolongar os efeitos protetores da pele, sobretudo pela sua ação antioxidante, que reduz o estresse oxidativo, previne danos induzidos pela radiação UV e auxilia na manutenção da barreira cutânea” (CARDOSO et al., 2022).

A biocompatibilidade das nanopartículas poliméricas é um dos fatores que favorecem sua adoção, estudos clínicos recentes reforçam o potencial desses sistemas. Han (2020) observou que peptídeos encapsulados em nanocápsulas poliméricas apresentaram maior efeito regenerativo dérmico, com redução significativa de rugas após 8 semanas de tratamento. Resultados semelhantes foram relatados por Kensy et al. (2021) e Veiga et al. (2023), que destacaram benefícios relacionados à eficácia cutânea e à segurança em aplicações cosméticas.

A nanotecnologia verde também vem sendo aplicada às nanopartículas poliméricas, com uso de polímeros naturais derivados de fontes renováveis. Isso amplia o apelo sustentável das formulações e atende às exigências do mercado consumidor (LEWIŃSKA et al., 2021).

5.3 NANOPARTÍCULAS LIPÍDICAS SÓLIDAS (NLS) E CARREADORES LIPÍDICOS NANOESTRUTURADOS (NLC)

As nanopartículas lipídicas sólidas (NLS) e os carreadores lipídicos nanoestruturados (NLC) representam uma evolução importante na área de nanocosméticos. As NLS são compostas por lipídios sólidos estabilizados por tensoativos, enquanto os NLC combinam lipídios sólidos e líquidos, conferindo maior capacidade de incorporação de ativos (ASSALI; ZAID, 2022).

Esses sistemas, geralmente, apresentam elevada biocompatibilidade e são capazes de proteger ativos lipofílicos contra degradação, além de melhorar sua penetração cutânea, o que torna especialmente úteis em formulações anti-idade e fotoprotetoras. (SANTOS et al., 2019).

Huerta-Madroñal et al. (2023) demonstraram que a coenzima Q10 encapsulada em NLC apresentou maior eficácia antioxidante em fibroblastos dérmicos expostos à radiação UV, confirmando seu potencial para o combate ao fotoenvelhecimento.

As NLS e os NLC apresentam ainda a vantagem de proporcionar liberação controlada, mantendo a ação prolongada dos ativos e reduzindo a necessidade de reaplicação frequentes, esse aspecto é altamente valorizado na cosmetologia, onde o efeito de longa duração é um diferencial. (ARROYO et al., 2021).

O processo de produção envolve técnicas como homogeneização em alta pressão e microemulsificação. Tais métodos permitem o controle do tamanho das partículas e a uniformidade da dispersão (ASSALI; ZAID, 2022).

Estudos recentes destacam a aplicação desses sistemas em hidratantes corporais, cremes faciais e loções capilares (ARROYO ET AL., 2021, ESTANQUEIRO ET AL., 2014; TICHOTA ET AL., 2014). O encapsulamento de óleos naturais, como o de jojoba e argan, em NLC demonstrou efeitos hidratantes prolongados e maior penetração na fibra capilar (Fernandes et al., 2023). Além disso, esses sistemas apresentam potencial para reduzir irritações cutâneas, uma vez que a liberação gradual evita altas concentrações de ativos em um curto período. Isso pode ampliar sua aceitação em peles sensíveis (MILOSHENSKA; ROSKAR, 2022).

Zhang et al. (2023) verificaram que formulações contendo resveratrol encapsulado em NLCs melhoraram a síntese de colágeno e reduziram rugas em mulheres com sinais de envelhecimento cutâneo. O encapsulamento de filtros solares em NLS e NLC também vem

sendo estudado. Esses sistemas permitem melhor dispersão de agentes fotoprotetores e maior adesão cutânea, aumentando a eficácia dos protetores solares (CHAVDA et al., 2023).

Outro aspecto relevante é a possibilidade de uso em formulações sustentáveis, utilizando lipídios de origem vegetal e processos de produção de baixo impacto ambiental. Essa tendência vai ao encontro da demanda por cosméticos ecológicos (MASCARENHAS-MELO et al., 2023).

A nanotecnologia verde aplicada aos NLC representa um campo de pesquisa promissor. Estudos buscam utilizar lipídios derivados de resíduos agroindustriais como forma de reduzir custos e promover a sustentabilidade. As NLS e os NLCs destacam-se como sistemas versáteis, eficazes e sustentáveis, capazes de revolucionar a cosmetologia moderna. Ainda assim, sua ampla adoção depende da consolidação de regulamentações específicas e do avanço de estudos sobre sua segurança a longo prazo (LEWIŃSKA et al., 2021).

5.4 NANOPARTÍCULAS METÁLICAS

As nanopartículas metálicas, como ouro, prata, dióxido de titânio e óxido de zinco, vêm sendo amplamente exploradas na cosmetologia por suas propriedades antimicrobianas, antioxidantes e fotoprotetoras. A redução dessas partículas à escala nanométrica confere maior estabilidade e permite o surgimento de novas propriedades ópticas e biológicas que não são observadas em sua forma convencional (GIACOBONE, 2023).

Entre as aplicações mais promissoras, destacam-se as nanopartículas de ouro, que apresentam forte atividade antioxidante e capacidade de estimular a regeneração celular. Pesquisas evidenciam que cremes faciais enriquecidos com nanopartículas de ouro promovem melhora da elasticidade cutânea e redução significativa de rugas após semanas de uso contínuo, o que demonstra seu potencial em formulações anti-idade (FERNANDES ET AL., 2023; JEON ET AL., 2019; NIKALJE, 2015).

As nanopartículas de prata, por sua vez, são amplamente utilizadas em loções corporais e desodorantes com ação antimicrobiana. Estudos apontam sua eficácia contra microrganismos patogênicos, associada a baixo risco de irritação dérmica, o que justifica sua incorporação em formulações de higiene pessoal (JAN et al., 2021; KUMAR et al., 2022; CHAVDA et al., 2023).

No campo da fotoproteção, o dióxido de titânio e o óxido de zinco em escala nanométrica são aplicados em protetores solares devido à sua ampla cobertura contra radiação

UVA e UVB. Além da eficácia, o tamanho reduzido evita o aspecto esbranquiçado sobre a pele, melhorando a aceitação estética pelo consumidor (CHAVDA et al., 2023).

Pesquisas apontam que nanopartículas metálicas podem atuar como clareadores, modulando a produção de melanina e reduzindo hiperpigmentações, além de apresentarem efeito anti-inflamatório em estudos *in vitro* (KUMAR et al., 2022; JEON et al., 2019; NIKALJE, 2015). Essas propriedades ampliam seu potencial de aplicação em produtos destinados ao tratamento de acne e desordens cutâneas (VEIGA et al., 2023; ZHANG et al., 2023).

Apesar dos benefícios, o uso de nanopartículas metálicas levanta debates quanto à segurança, sobretudo em formulações de uso prolongado. Evidências sugerem que sua absorção sistêmica pode estar associada a efeitos tóxicos, o que demanda regulamentação mais rigorosa e estudos toxicológicos aprofundados antes de sua ampla utilização na cosmetologia (MASCARENHAS-MELO et al., 2023).

5.5 LIPOSSOMAS E NIOSSOMAS

Os lipossomas são vesículas esféricas compostas por uma ou mais bicamadas lipídicas, que se organizam de forma semelhante às membranas celulares. Essa estrutura possibilita o encapsulamento simultâneo de compostos hidrofílicos, no núcleo aquoso, e lipofílicos, na região lipídica da bicamada, conferindo grande versatilidade. Essa característica os torna uma das plataformas nanotecnológicas mais promissoras na cosmetologia, por permitir que ativos distintos sejam protegidos da degradação e liberados de forma gradual, o que prolonga sua eficácia e melhora a aceitação sensorial dos produtos (MANIKANIK; JASWAL, 2021).

Entre as aplicações cosméticas, os lipossomas vêm sendo utilizados em formulações anti-idade, hidratantes e clareadoras. Estudos apontam que a incorporação de antioxidantes, como vitaminas C e E, em sistemas lipossomais contribui para maior estabilidade química e eficácia tópica, prevenindo a degradação oxidativa e prolongando os efeitos de proteção cutânea. Além disso, ativos como ácido hialurônico, polifenóis e extratos vegetais apresentam desempenho superior quando veiculados em lipossomas, favorecendo maior penetração cutânea e melhorando parâmetros como hidratação, elasticidade e uniformidade da pele (JUNCAN et al., 2021; VEIGA et al., 2023; ZHANG et al., 2023).

Outro campo de destaque é a fotoproteção. Lipossomas têm sido utilizados para veicular filtros solares e antioxidantes fotossensíveis, proporcionando maior estabilidade

frente à radiação ultravioleta. Essa aplicação garante melhor proteção contra danos oxidativos e aumenta a uniformidade de distribuição do filtro solar sobre a pele, reduzindo efeitos indesejados como o aspecto esbranquiçado e aumentando a adesão do consumidor ao uso contínuo (ZHANG et al., 2023).

Apesar dos benefícios, os lipossomas apresentam limitações importantes. Sua estabilidade física e química ainda é um desafio, pois há tendência à fusão e à oxidação dos fosfolípidios durante o armazenamento, o que compromete a integridade da formulação. Outro fator limitante é o custo elevado de produção, uma vez que a síntese e encapsulação demandam técnicas sofisticadas e insumos de alto valor. Para superar esses obstáculos, pesquisas vêm propondo modificações estruturais nos lipídios utilizados, além do desenvolvimento de métodos de produção mais escaláveis e economicamente viáveis, permitindo sua aplicação em maior escala pela indústria cosmética (LEWIŃSKA et al., 2021; JUNCAN et al., 2021; VEIGA et al., 2023).

Os niossomas são sistemas vesiculares semelhantes aos lipossomas, porém formados por tensoativos não iônicos, o que lhes confere maior estabilidade química e menor custo de produção. Essa diferença estrutural torna os niossomas uma alternativa atrativa para aplicação cosmética, pois mantêm a capacidade de encapsular compostos hidrofílicos e lipofílicos, mas apresentam menor suscetibilidade à oxidação e maior durabilidade durante o armazenamento (SAEEDI; DIZAJ, 2018).

Na cosmetologia, os niossomas têm demonstrado aplicações em formulações anti-idade, clareadoras e hidratantes. A incorporação de ativos antioxidantes e despigmentantes em niossomas proporciona maior penetração cutânea, o que se traduz em efeitos mais duradouros sobre a pele. Além disso, sua maior estabilidade e custo reduzido favorecem a utilização em mercados emergentes, ampliando o acesso a produtos inovadores com tecnologia nanoestruturada. Pesquisas recentes destacam que extratos vegetais encapsulados em niossomas apresentaram resultados superiores em relação à estabilidade química e à biodisponibilidade cutânea, reforçando sua relevância para o setor (KHEZRI et al., 2021).

Outra vantagem dos niossomas é a flexibilidade em modular a liberação de ativos. Dependendo da formulação, podem ser desenvolvidos para liberação rápida, sustentada ou controlada, o que possibilita sua adaptação a diferentes necessidades cosméticas. Essa característica abre espaço para o desenvolvimento de produtos personalizados e direcionados

a condições específicas, acompanhando uma tendência crescente de individualização dos cuidados com a pele (SAEEDI; DIZAJ, 2018).

Apesar das vantagens, os niossomas também apresentam limitações que precisam ser consideradas. A escolha adequada do tensoativo é fundamental, pois concentrações incorretas podem comprometer a estabilidade da formulação e reduzir a eficácia da entrega do ativo. Além disso, ainda há necessidade de padronização de métodos de produção e de validação em estudos clínicos de longo prazo, de forma a garantir qualidade, eficácia e segurança em larga escala. Tais desafios apontam para a importância de continuar investindo em pesquisas, visando consolidar os niossomas como uma tecnologia confiável e acessível na área cosmética (MANIKANIKKA; JASWAL, 2021).

6 DESAFIOS E LIMITAÇÕES DA NANOTECNOLOGIA EM COSMÉTICOS

A nanotecnologia aplicada à cosmetologia apresenta inegáveis benefícios, mas também enfrenta limitações que precisam ser consideradas. Um dos principais pontos refere-se à biossegurança. As nanopartículas inorgânicas, como dióxido de titânio, óxido de zinco, prata e ouro, ainda levantam preocupações em longo prazo, pois podem atravessar barreiras biológicas e se acumular em órgãos, sugerindo potenciais efeitos tóxicos. Já as nanopartículas orgânicas, como lipossomas, nanocápsulas, nanoesferas e carreadores lipídicos, apresentam melhor perfil de segurança por serem compostas de excipientes biocompatíveis e biodegradáveis, embora também exijam avaliação rigorosa quanto à estabilidade e eficácia (MASCARENHAS-MELO et al., 2023; LEWIŃSKA et al., 2021).

Outro desafio está na regulamentação. Agências regulatórias como a ANVISA (Brasil), a FDA (Estados Unidos) e a União Europeia ainda não possuem normas específicas para todos os tipos de nanomateriais aplicados em cosméticos. Essa lacuna gera insegurança tanto para a indústria quanto para os pesquisadores, dificultando a padronização de testes e a validação da segurança das formulações (ANVISA, 2022).

A aceitação do consumidor também se configura como limitação importante. Embora muitos valorizem produtos inovadores, parte dos consumidores ainda demonstra receio em utilizar cosméticos com nanotecnologia, principalmente pelo valor agregado do produto, em razão das tecnologias utilizadas. Esse aspecto reforça a necessidade de maior transparência em rótulos e campanhas educativas (VEIGA et al., 2023).

Do ponto de vista ambiental, as preocupações concentram-se sobretudo nas nanopartículas inorgânicas, como óxido de zinco e dióxido de titânio presentes em protetores solares. Estudos indicam que, quando liberadas em ambientes aquáticos, essas partículas podem afetar organismos marinhos, levantando debates sobre ecotoxicidade e sustentabilidade. Nesse contexto, estratégias associadas à nanobiotecnologia verde têm sido sugeridas como alternativas para reduzir impactos (SON et al., 2021; VEIGA et al., 2023).

Além disso, sistemas como os lipossomas podem apresentar fusão ou oxidação lipídica durante o armazenamento, liberando precocemente os ativos. Tais limitações têm incentivado pesquisas voltadas à busca de matérias-primas mais estáveis e processos produtivos economicamente viáveis (ZHANG et al., 2023).

7 AVANÇOS RECENTES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Nos últimos anos, a cosmetologia nanotecnológica avançou para o desenvolvimento de sistemas híbridos. Formulações que combinam lipossomas recobertos com nanopartículas metálicas ou nanoemulsões associadas a polímeros biodegradáveis têm demonstrado maior eficácia e estabilidade, representando alternativas promissoras para o futuro dos cosméticos (FERNANDES et al., 2023).

Outra tendência em destaque é a nanotecnologia verde, que busca reduzir impactos ambientais por meio da utilização de solventes de origem natural, lipídios vegetais e processos de baixo consumo energético. Essa abordagem sustentável está alinhada às demandas de consumidores cada vez mais conscientes e exigentes em relação à responsabilidade socioambiental (LEWIŃSKA et al., 2021).

A personalização de cosméticos desponta como uma das inovações mais transformadoras. A associação entre nanotecnologia e biotecnologia já permite o desenvolvimento de formulações adaptadas ao perfil genético, à microbiota cutânea e às necessidades individuais de cada consumidor, promovendo resultados mais precisos e eficazes (VEIGA et al., 2023).

Do ponto de vista mercadológico, o crescimento desse setor é expressivo. Estima-se que o segmento de nanocosméticos movimente mais de 80 bilhões de dólares até 2026, consolidando sua importância econômica global. Esse cenário reflete não apenas o interesse da indústria em tecnologias de alta performance, mas também a crescente aceitação por parte dos consumidores, à medida que pesquisas e regulamentações avançam para oferecer maior segurança e confiabilidade (GLOBENEWSWIRE, 2023; ANVISA, 2022).

A integração da nanotecnologia com inteligência artificial e bioinformática também se configura como um horizonte promissor. Algoritmos avançados já vêm sendo empregados para prever interações entre ativos e sistemas biológicos, permitindo o design de nanossistemas mais eficientes, estáveis e personalizados, além de reduzir custos e acelerar o processo de inovação (ZHANG et al., 2023).

8 CONCLUSÃO

A nanotecnologia aplicada aos cosméticos demonstra ser um campo em plena expansão, capaz de transformar de maneira significativa o desenvolvimento de produtos estéticos e dermocosméticos. A análise dos estudos incluídos nesta revisão evidenciou que os sistemas nanoestruturados, como nanoemulsões, nanopartículas lipídicas sólidas, carreadores lipídicos nanoestruturados, lipossomas, nanopartículas poliméricas e metálicas, apresentam vantagens expressivas em comparação às formulações convencionais, sobretudo pela maior estabilidade dos ativos, incremento da penetração cutânea e liberação controlada. Tais características contribuem para a eficácia terapêutica de compostos antioxidantes, fotoprotetores, hidratantes e anti-idade, favorecendo resultados mais prolongados e perceptíveis para o consumidor.

Os resultados também reforçam que a nanotecnologia desempenha papel estratégico no avanço da indústria cosmética, possibilitando a criação de formulações personalizadas, multifuncionais e alinhadas às demandas atuais por produtos inovadores e sustentáveis. No entanto, os desafios relacionados à biossegurança, padronização de métodos de produção, regulamentação específica e impacto ambiental ainda representam pontos que exigem aprofundamento científico e discussão regulatória.

Dessa forma, conclui-se que a nanotecnologia constitui uma ferramenta essencial para o desenvolvimento de cosméticos de alta performance, contribuindo tanto para a evolução da cosmetologia quanto para práticas mais seguras e eficazes de cuidado com a pele. Contudo, seu avanço deve ocorrer de maneira responsável, com incentivo à pesquisa continuada, avaliações toxicológicas de longo prazo e regulamentações claras, garantindo que a inovação tecnológica seja acompanhada de segurança, transparência e sustentabilidade.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFORNALLI, F. et al. Nanoemulsões: conceitos básicos e aplicações em cosméticos. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 49, n. 2, p. 179-189, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). RDC nº 752, de 08 de setembro de 2022. Dispõe sobre a regularização de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2022.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 07, de 10 de fevereiro de 2015. Dispõe sobre os requisitos técnicos para produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes. Brasília: **ANVISA**, 2022.

ARROYO, J. M. et al. Nanostructured lipid carriers for cosmetic and dermatological applications. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 205, p. 111889, 2021.

ASSALI, M.; ZAID, A. **Advances in lipid nanoparticles for drug and cosmetic delivery**. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, v. 70, p. 103245, 2022.

BARIL, P. et al. **Nanocápsulas e lipossomas em cosméticos**. *International Journal of Cosmetic Science*, v. 34, n. 2, p. 193-201, 2012.

BASUDKAR, A. et al. **Nanocosmetics: An emerging trend**. *Journal of Cosmetic Dermatology*, v. 21, n. 7, p. 2719-2729, 2022.

CARDOSO, R. C. et al. **Applications of nanotechnology in cosmetics: a review**. *International Journal of Nanomedicine*, v. 17, p. 1345-1364, 2022.

CHAVDA, V. P. et al. **Emerging applications of nanotechnology in cosmetics and cosmeceuticals**. *Materials Today Chemistry*, v. 28, p. 101353, 2023.

DARIO, Vanessa; SANTOS, Camila. **Inovação e desenvolvimento na indústria cosmética: tendências e aplicações tecnológicas**. *Revista de Cosmetologia Aplicada*, v. 12, n. 2, p. 45-58, 2020.

ESTANQUEIRO, Marcilia; CONDE, João; SIMÕES, Sérgio; AMARAL, Maria Helena. Nanostructured lipid carriers (NLC) for topical applications: improving skin hydration and formulation stability. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 456, n. 1, p. 9-15, 2014.

FERNANDES, A. R. et al. **Hybrid nanosystems in cosmetics: combining liposomes and metallic nanoparticles**. *Journal of Cosmetic Dermatology*, v. 22, n. 3, p. 854-862, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/jocd.15566>.

FERNANDES, A. R. et al. **Nanotechnology and sustainable innovation in cosmetics**. *Frontiers in Chemistry*, v. 11, p. 1182765, 2023.

FREIRE, M. S. et al. Development of caffeine-loaded nanoemulsion for cellulite treatment. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 183, p. 110460, 2019.

GIACOBONE, A. **Nanoparticles in cosmetics**: recent advances and applications. *Journal of Cosmetic Science*, v. 74, n. 2, p. 145-158, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcs.12765>.

GIACOBONE, A. **Nanotechnology in sunscreen formulations**: advances and safety issues. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, v. 39, n. 1, p. 23-31, 2023.

GLOBE NEWSWIRE. **Global Nanocosmetics Market Report**, 2023. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/>. Acesso em: 20 set. 2025.

GLOBENEWSWIRE. **Global Nanocosmetics Market Report**, 2023–2026. GlobeNewswire, 2023. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/>. Acesso em: 25 out. 2025.

HAN, S. **Advances in nanoparticle delivery systems for dermatological applications**. *International Journal of Pharmaceutics*, v. 576, p. 118988, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2019.118988>.

HAN, Y. **Anti-aging effects of peptide-loaded liposomes**: a clinical trial. *Journal of Cosmetic Dermatology*, v. 19, n. 12, p. 3285-3292, 2020.

HUERTA-MADROÑAL, M. et al. **Nanostructured lipid carriers for skin delivery of coenzyme Q10**: antioxidant and anti-photoaging effects. *International Journal of Pharmaceutics*, v. 637, p. 122819, 2023.

JAN, A. T. et al. **Nanoparticles in sunscreen: safety and efficacy**. *Environmental Research*, v. 193, p. 110536, 2021.

JAN, A. T. et al. **Silver nanoparticles in dermatology**: applications and safety. *Dermatologic Therapy*, v. 34, n. 5, e15120, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/dth.15120>.

JEON, S.; KIM, H.; PARK, J. Topical application of gold nanoparticles improves skin barrier function and elasticity: a randomized controlled study. *Journal of Cosmetic Dermatology*, v. 18, n. 5, p. 1452-1459, 2019.

JUNCAN, A. M. et al. **Hyaluronic acid liposomes for enhanced skin hydration**: clinical evaluation. *Pharmaceutics*, v. 13, n. 6, p. 872, 2021.

JUNCAN, A. M. et al. **Nanomaterials and nanostructures for dermato-cosmetic products**. *Nanomaterials*, v. 11, n. 2, p. 395, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano11020395>.

KENSY, R. et al. **Vitamin C nanoemulsion enhances skin delivery and stability**. *Journal of Dermatological Treatment*, v. 32, n. 8, p. 896-902, 2021.

KHEZRI, K. et al. **Niosome**: a novel nanocarrier for dermal and transdermal drug delivery. *Nanomedicine*, v. 16, n. 11, p. 867-884, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2217/nnm-2020-0457>.

KHEZRI, K.; SAEEDI, M.; DIZAJ, S. M. **Niosomes as novel drug delivery systems**: cosmetic applications. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 171, p. 489-500, 2018.

KIM, J. et al. **Niosome-based delivery of skin probiotics**. *Frontiers in Microbiology*, v. 12, p. 642260, 2021.

KUMAR, V. et al. Silver nanoparticles in dermatology and cosmetics: a review. *Dermatologic Therapy*, v. 35, n. 5, e15479, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/dth.15479>.

LEWIŃSKA, A. et al. **Natural polymers in nanocosmetics**: a sustainable approach. *Polymers*, v. 13, n. 12, p. 1983, 2021.

LEWIŃSKA, A.; MICHALAK, I. **Liposomes and green nanotechnology**: sustainable approaches in cosmetic formulations. *Pharmaceutics*, v. 13, n. 12, p. 2064, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13122064>.

LOPES, L. B. et al. **Nanoemulsion-based sunscreens: safety and efficacy**. *Journal of Cosmetic Science*, v. 74, n. 2, p. 123-133, 2023.

MANIKANIK, P.; JASWAL, V. **Liposomes and niosomes**: versatile nanocarriers for dermal and transdermal drug delivery. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, v. 12, n. 4, p. 2035-2045, 2021.

MANIKANIK, T.; JASWAL, R. **Nanotechnology in cosmetics**: principles and applications. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, v. 11, n. 5, p. 1-10, 2021.

MASCARENHAS-MELO, F. et al. **Green nanotechnology in cosmetics**: sustainability and safety concerns. *Journal of Cleaner Production*, v. 414, p. 137632, 2023.

MASCARENHAS-MELO, F. et al. **Nanotechnology in cosmetics**: safety, efficacy and regulatory challenges. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 224, p. 112815, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2023.112815>.

MILOSHENSKA, A.; ROSKAR, R. **Nanostructured lipid carriers in skincare**: a clinical update. *Dermatologic Therapy*, v. 35, n. 7, p. e15491, 2022.

MOTA, A. H. et al. **Polymeric nanoparticles for cutaneous applications**. *Drug Delivery and Translational Research*, v. 7, n. 5, p. 559-570, 2017.

NIKALJE, A. P. **Nanotechnology and its applications in medicine and cosmetics**. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, v. 8, n. 5, p. 43-47, 2015.

RASZEWSKA-FAMIELEC, M.; FLIEGER, J. **Nanotechnology and skin aging**: opportunities and risks. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 11, p. 6037, 2022.

SAEEDI, M.; DIZAJ, S. M. **Niosomes**: a new approach in modern drug delivery systems. *Nanomedicine Journal*, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22038/nmj.2018.10067>.

SALVIONI, L. et al. **Polymeric nanocapsules for dermocosmetic use**: challenges and perspectives. *Nanomaterials*, v. 11, n. 9, p. 2380, 2021.

SANTOS, R. S. et al. **Solid lipid nanoparticles for dermal applications**: benefits and safety. *Current Pharmaceutical Design*, v. 25, n. 5, p. 509-520, 2019.

SILVA, Juliana M.; RIBEIRO, Ana Carolina. **Sustentabilidade e ciência na produção cosmética contemporânea**. *Journal of Cosmetic Science Brasil*, v. 9, n. 1, p. 22-38, 2021.

SHARMA, A. et al. **Multifunctional nanocosmetics**: new era of skincare. *Journal of Cosmetic Dermatology*, v. 21, n. 3, p. 1051-1061, 2022.

SON, J. et al. Environmental impacts of metallic nanoparticles from cosmetics: aquatic ecotoxicology perspective. *Science of the Total Environment*, v. 781, p. 146708, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146708>.

TICHOTA, Daniela M. et al. Development and characterization of argan oil nanostructured lipid carriers for skin delivery. *Journal of Cosmetic Dermatology*, v. 13, n. 2, p. 112-120, 2014.

VEIGA, A. et al. **Advances in nanocosmetics**: personalization and biotechnology integration. *International Journal of Cosmetic Science*, v. 45, n. 1, p. 88-99, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/ics.12891>.

VEIGA, F. et al. **Nanocosmetics**: clinical evidence and consumer perception. *Pharmaceutics*, v. 15, n. 1, p. 91, 2023.

VOGEL, R. et al. **Safety and toxicological evaluation of metallic nanoparticles in cosmetic formulations**. *Toxicology Letters*, v. 350, p. 1-12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2021.05.004>.

ZHANG, R. et al. **Resveratrol-loaded nanocarriers in anti-aging skincare**: clinical evaluation. *International Journal of Nanomedicine*, v. 18, p. 5591-5604, 2023.

ZHANG, Y. et al. Liposome-based nanocarriers for cosmetic and dermatological applications. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 219, p. 112827, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2022.112827>.