

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOMEDICINA

CAROLINE SAGRILO ROCHA
JULIA SALLES GAVA

**A NANOTECNOLOGIA APLICADA AOS COSMÉTICOS: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

VILA VELHA
2022

CAROLINE SAGRILO ROCHA
JULIA SALLES GAVA

**A NANOTECNOLOGIA APLICADA AOS COSMÉTICOS: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

Monografia apresentada à Coordenadoria do Curso de Biomedicina do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Vila Velha, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em biomedicina.

Orientador: Prof. Dr. Hildegardo Seibert França.

VILA VELHA-ES
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R672n Rocha, Caroline Sagrilo

A nanotecnologia aplicada aos cosméticos: uma revisão bibliográfica. /
Caroline Sagrilo Rocha e Julia Salles Gava. Vila Velha, 2022.

34 f. : il. col., 30 cm.

Inclui bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. Hildegardo Seibert França.

TCC (Graduação) – Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Vila
Velha, Coordenadoria do Curso de Bacharelado em Biomedicina, 2022.

1. Cosméticos. 2. Nanotecnologia. I. Gava, Julia Salles. II. França,
Hildegardo Seibert. III. Instituto Federal do Espírito Santo. IV. Título.

CDD 23 – 613.9432

DECLARAÇÃO DAS AUTORAS

Declaramos, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que este Trabalho de Conclusão de Curso pode ser parcialmente utilizado, desde que se faça referência à fonte e à autora.

Vila Velha, 14 de novembro de 2022.

Caroline Sagrilo Rocha

Julia Salles Gava

RESUMO

Ao longo dos séculos, homens e mulheres em todo o mundo têm buscado intensamente a melhoria da aparência física, sendo essa uma das razões pelas quais as indústrias cada vez mais investem na criação de novos produtos que possam suprir as demandas e exigências do mercado da beleza. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação da nanotecnologia no desenvolvimento de cosméticos, bem como abordar alguns dos sistemas de veiculação mais utilizados, tais como as nanocápsulas, nanoesferas, nanoemulsões, nanopartículas lipídicas sólidas e lipossomas, suas especificações, bem como suas vantagens, desvantagens e tipos de cosméticos em que são mais utilizados. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e documental, cujas fontes bibliográficas foram artigos científicos obtidos entre o período de fevereiro/2022 a novembro/2022, por meio de consultas diretas, realizadas inicialmente na base de dados PubMed e Google Acadêmico, e indiretas, por meio de consultas às principais referências dos materiais obtidos. Como principais resultados do trabalho mostrou-se que a nanotecnologia é um ramo inovador da ciência que, embora utilizado em diferentes áreas, tem se destacado na área dos cosméticos, pois, por suas estruturas serem manipuladas em escala nanométrica, possui muitas vantagens em relação às formulações convencionais, devido principalmente a sua eficácia na penetração dos ativos na pele. Concluiu-se que, embora já tenha demonstrado resultados promissores no mercado dos cosméticos, a nanotecnologia é uma área que tem crescido cada dia mais no mercado da beleza, com novas tendências e inovações tais como o desenvolvimento de produtos mais naturais, a fabricação de impressora 3D e estudos de materiais biocompatíveis voltados ao transplante de seres humanos.

Palavras-chave: Nanotecnologia. Nanotecnologia nos cosméticos. Sistemas de veiculação.

ABSTRACT

Over the centuries, men and women around the world have intensely sought to improve their physical appearance, which is one of the reasons why industries are increasingly investing in the creation of new products that can meet the demands and requirements of the beauty market. . In this sense, this work aims to present the application of nanotechnology in the development of cosmetics, as well as to address some of the most used delivery systems, such as nanocapsules, nanospheres, nanoemulsions, solid lipid nanoparticles and liposomes, their specifications, as well as their advantages, disadvantages and types of cosmetics in which they are most used. This is a bibliographical and documentary research, whose bibliographic sources were scientific articles obtained between the period of February/2022 to November/2022, through direct queries, initially carried out in the PubMed and Google Scholar database, and indirect, by through consultations with the main references of the materials obtained. As main results of the work, it was shown that nanotechnology is an innovative branch of science that, although used in different areas, has been highlighted in the cosmetics area, because, because its structures are manipulated in a nanometric scale, it has many advantages in relation to conventional formulations, mainly due to its efficiency in the penetration of the actives in the skin. It was concluded that, although it has already shown promising results in the cosmetics market, nanotechnology is an area that has been growing more and more in the beauty market, with new trends and innovations such as the development of more natural products, the manufacture of printer 3D and studies of biocompatible materials aimed at human transplantation.

Keywords: Nanotechnology. Nanotechnology in cosmetics. Delivery systems.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 METODOLOGIA.....	4
3 REFERENCIAL TEÓRICO	5
3.1 Conceito de nanotecnologia.....	5
3.2 Nanotecnologia: um breve histórico.....	7
3.3 Nanotecnologia nos cosméticos.....	8
3.4 Sistemas de veiculação das nanoestruturas.....	10
3.4.1 Nanopartículas poliméricas	13
3.4.1.1 Nanocápsulas.....	15
3.4.1.2 Nanoesferas.....	16
3.4.2 Nanopartículas lipídicas sólidas.....	17
3.4.3 Nanoemulsões	19
3.4.4 Lipossomas.....	22
3.4.5 Vantagens e desvantagens dos sistemas de veiculação.....	24
3.5 Principais inovações no mundo.....	24
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos, homens e mulheres em todo o mundo têm buscado intensamente a melhoria da aparência física. Essa é uma das razões pelas quais as indústrias cada vez mais investem na criação de novos produtos que possam suprir as demandas e exigências do mercado da beleza (SHMIDTT, A.; OLIVEIRA, C.; GALLAS, J. C., 2009). No Brasil, essa realidade não é diferente. Em 2022, a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC) divulgou uma análise do mercado no setor de cosméticos e, segundo este documento, o Brasil é o quarto maior consumidor de cosméticos do mundo, sendo avaliado em US\$ 22,9 bilhões (ABIHPEC, 2022).

Segundo a ABIHPEC (2021),

“o setor de produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos teve uma alta de 5,7% em vendas *“ex-factory”*, em relação ao mesmo período do ano de 2020, apresentando melhor performance ao ultrapassar os setores de tratamento capilar, consumo de álcool, dentre outros”.

No contexto mundial, Bilal e Iqbal (2020) descrevem que “o mercado global de produtos cosméticos foi avaliado em US\$ 532,43 bilhões em 2017 e deve atingir US\$ 805,61 bilhões até 2023, registrando uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 7,14% de 2018 a 2023”.

Hoje, o impacto da busca por cosméticos que entregam resultados mais duradouros gira em torno das inovações e pesquisas aplicadas às formulações cosméticas, que exploram cada vez mais o aumento da estabilidade e eficácia dos ativos (PEREIRA, 2022). Uma dessas inovações é a nanotecnologia, que é um ramo da ciência que manipula produtos e sistemas em nanoescala, considerada um campo multidisciplinar que tem atraído o interesse de diversas áreas da ciência e que tem avançado rapidamente (MARÇALO, 2013).

O diferencial dessa área da ciência é o comportamento das partículas na escala nanométrica, que é uma escala que compreende tamanhos menores de partículas comparada à escala da matéria que conhecemos. Este fato torna-se um desafio para os cientistas, mas ao mesmo tempo uma grande oportunidade para o desenvolvimento de novos materiais com propriedades e funções aprimoradas que antes eram muito difíceis, ou quase impossíveis de serem atingidas, incluindo a mudança na cor, transparência, solubilidade, entre outros (GRANZIERA; ASSIS;

BRUMATTI, 2012). Conforme novas descobertas acerca das propriedades dos materiais na escala nanométrica, expectativas positivas em relação ao potencial dessa ferramenta em diversos setores vêm se fortalecendo no mercado, a fim de aprimorar a performance dos produtos cosméticos e sua aceitação pelo consumidor (VERDE; SANTOS, 2017).

Com os avanços tecnológicos nos últimos anos, a nanotecnologia começou a ser implementada em várias áreas do conhecimento, como na química, física, biologia, agricultura, engenharia, medicina, tecnologia da informação, neurociência cognitiva e a biotecnologia (LAZZARETTI; HUPFFER, 2019). Na indústria cosmética, sua aplicação surge como estratégia para intensificar a eficácia e permeação dos diversos ativos presentes nos cosméticos, o que levou a avanços na área, abrindo novos caminhos para esse segmento (GUPTA *et al.*, 2022).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005), cosméticos são “preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, com o objetivo exclusivo ou principal de limpá-los, perfumá-los, alterar sua aparência e/ou corrigir odores corporais e/ou protegê-los ou mantê-los em bom estado”. Após a incorporação dos nanomateriais na formulação dos produtos, eles passam a ser denominados nanocosméticos que, segundo Fronza *et al.* (2007), entendem-se como “formulações cosméticas que envolvam tecnologias que veiculem ativos ou outros ingredientes nanoestruturados e que apresentem propriedades superiores quanto ao seu desempenho em comparação com produtos convencionais”.

A relevância do tema decorre da necessidade do mercado na produção de novos produtos com propriedades avançadas e diferenciais. A nanotecnologia é uma área que tem sido amplamente estudada para gerar avanços e inovações em formulações e sistemas de entrega e tem se desenvolvido rapidamente para esse fim (GUPTA *et al.*, 2022).

Para a ciência, estudar as propriedades dos nanomateriais é de extrema importância, pois a partir disso pode-se compreender as funções desenvolvidas por eles, de maneira a obter estruturas e materiais de interesse. Para aprimorar o entendimento da área, os pesquisadores focam em desenvolver instrumentos adequados para trabalhar na escala nanométrica (MORAES, 2015). Assim, com a finalidade de acrescentar conhecimento no âmbito científico, esta pesquisa tem como objetivo geral apresentar a aplicação da nanotecnologia específica aos cosméticos.

Como objetivos específicos, este trabalho visa abordar alguns dos sistemas de veiculação mais usados nos cosméticos, suas especificações, bem como suas vantagens e desvantagens.

Este trabalho está dividido da seguinte maneira: inicialmente faz-se uma descrição sucinta do que vem ser a nanotecnologia, trazendo um breve histórico do desenvolvimento desse ramo da ciência; em seguida, discute-se sobre o uso da nanotecnologia na área dos cosméticos, apresentam-se alguns dos principais sistemas de veiculação utilizados, suas principais vantagens e desvantagens, bem como e principais inovações da área no mundo. Em seguida apresentam-se as considerações finais do trabalho.

2 METODOLOGIA

Este estudo se iniciou com uma pesquisa bibliográfica, que segundo Gil (2002, p. 44) “é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos”, e documental, que segundo Gil (2002, p. 45), “vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa.”. As fontes bibliográficas utilizadas na investigação foram artigos científicos obtidos por meio de consultas diretas realizadas inicialmente na base de dados PubMed e Google Acadêmico, e indiretas, por meio de consultas às principais referências dos materiais obtidos, ocorridas entre o período de fevereiro/2022 a novembro/2022.

Na plataforma PubMed, foram consultados artigos originais de pesquisa e de revisão, bem como *e-books* e mecanismos de busca, utilizando a palavra-chave “*nanotechnology*”. Foram encontradas mais de 12.900 referências. Como delimitação da busca, em um segundo momento foi usada a palavra-chave “*nanotechnology in cosmetics*”, considerando uma restrição temporal de dez anos. A busca retornou 214 trabalhos, dos quais foram selecionados 65 artigos para servirem de fonte principal, e dentre elas foram usadas as palavras-chave: *Applications of nanoparticles in topical delivery in cosmetics*, *Applications of nanoemulsions in topical application in cosmetics*, *Applications of Nanocapsules in cosmetics*; *Applications of Nanospheres in Cosmetics* *Applications of solid lipid nanoparticles in cosmetics*; *Applications of Nanoemulsions in Cosmetics*; *Applications of Liposomes in cosmetics*, *application of nanotechnology in cosmetics*.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

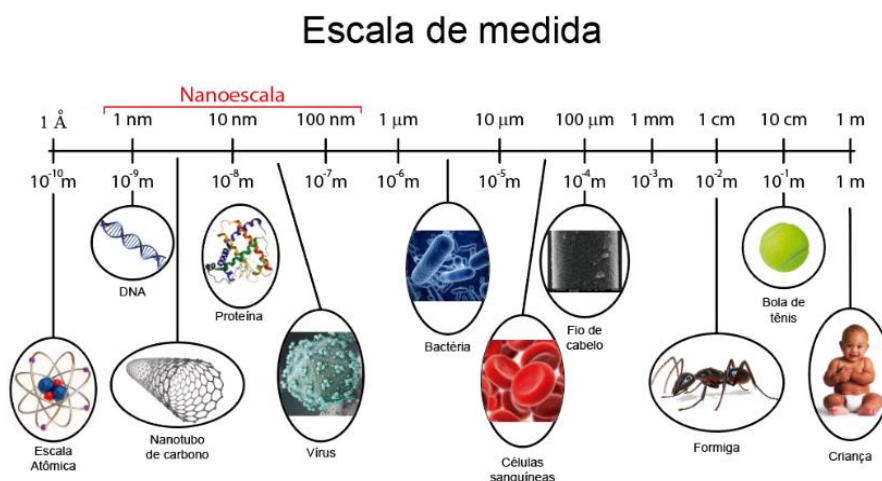
3.1 Conceito de nanotecnologia

Segundo a *National Science Foundation* (2000), a definição mais ampla de nanotecnologia:

Refere-se ao desenvolvimento da pesquisa e tecnologia em nível atômico, molecular e macromolecular, em escala de aproximadamente 1 a 100 nanômetros, para o conhecimento dos fenômenos básicos e a produção de materiais em nanoescala, possibilitando a criação e o uso de estruturas, dispositivos e sistemas com novas propriedades e funções decorrentes do tamanho (NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2000).

A nanotecnologia é um ramo inovador da ciência que abrange a produção, caracterização e aplicação de estruturas e sistemas, nas quais suas formas e tamanhos são manipulados dentro da escala nanométrica. O prefixo “nano” vem de nanômetro, unidade de medida referente a um bilionésimo de metro ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) (RAJ *et al.*, 2012). A Figura 1 apresenta algumas relações de medida entre algumas estruturas de conhecimento comum e o seu tamanho a uma escala de medida que vai de 1 angstrom, sendo a escala atômica, até 1 metro, representado por uma criança.

Figura 1 – Exemplificação da escala de medida.



Fonte: Anchieta (2020).

As nanoestruturas são estruturas nanométricas que estão compreendidas na escala entre 1 a 100 nm, e quando se agregam, ultrapassam 100 nm, sendo consideradas nanomateriais (SANTOS, 2009). Na área farmacêutica, muitos nanomateriais existem na forma de nanopartículas em dispersões, que apresentam diâmetros compreendidos entre 100 e 300 nm, sendo que partículas com diâmetros em torno de 60 a 70 nm ou inferiores a 50 nm também podem ser obtidas (FRONZA, 2006).

A principal característica das nanoestruturas é seu tamanho reduzido, que possibilita a alteração de suas propriedades físico-químicas quando comparadas às estruturas maiores, criando um ambiente propício à maior absorção e interação com os tecidos biológicos (GUPTA *et. al.*, 2022). Isso se deve às dimensões nanométricas, que garantem a essas estruturas uma alta superfície de contato e um grande número de partículas por unidade de peso. Com isso, as propriedades originais do material bruto, como por exemplo a temperatura de fusão e a solubilidade, também se modificam (MIHRANYAN; FERRAZ; STROMME, 2012).

Sendo assim, a nanotecnologia baseia-se na capacidade de intervir átomo por átomo, a nível molecular, para a criação de novos produtos, a fim de criar grandes estruturas com organização molecular, designados nanomateriais, com propriedades químicas, físico-químicas e comportamentais distintas dos materiais tradicionais (MARÇALO, 2013). Como benefícios da manipulação na escala nanométrica destacam-se: o controle das características manipuladas de interesse; diminuição do impacto ambiental; otimização de recursos e o melhoramento da funcionalidade e estabilidade de materiais quando comparados com o mesmo material na forma original (ABGI Brasil, 2005).

Segundo Crispiniano e Santos (2014, p. 22):

A importância da nanotecnologia é multidisciplinar, pois é possível aplicá-la em diversos setores obtendo eficácia significativa sobre os produtos, como eletrônicos, permitindo a compactação dos computadores a microcomputadores e chips; energia, um exemplo são pesquisas a respeito da condutividade do grafeno, que é uma estrutura laminar, composta por átomos de carbono que se agrupam formando hexágonos, possui uma condutividade elétrica perfeita, permitindo que os elétrons deslizem sobre eles, o que pode ser aplicado em telas touch screen e até aplicações na indústria farmacêutica. Outras aplicações são sabão em pó, lentes. Essa ascensão requer cuidados quanto aos limites biológicos e ambientais.

3.2 Nanotecnologia: um breve histórico

A palavra “nanotecnologia” foi citada pela primeira vez pelo americano e ganhador do Prêmio Nobel Richard Feynman em 29 de dezembro de 1959, no encontro anual da Sociedade Americana de Física. Durante seu famoso discurso “*There’s plenty of room at the bottom*”, ele citou frases como “manipular átomos”, “construir estruturas nanométricas e aplicá-las onde quisessem”, dando um ponto de partida para o que seria o começo dos estudos nanotecnológicos (SANTOS, 2014). O termo “nanotecnologia” foi oficializado e definido em 1974, pelo pesquisador da Universidade de Tóquio, Norio Taniguchi, como “a habilidade de se criar materiais precisos na escala nanométrica” (CADIOLI; SALLA, 2015).

Em 1982, a *International Business Machines Corporation* (IBM) de Zúrique patenteou o Microscópio de Varredura por Efeito Túnel, que foi desenvolvido em 1981 e rendeu aos seus inventores, Gerd Binnig e Heinrich Rohrer (IBM Zúrique) o Prêmio Nobel de Física em 1986. Essa nova descoberta permitiu a visualização de imagens em escala nano pela primeira vez. A partir do desenvolvimento dos microscópios, as pesquisas em nanotecnologia ganharam impulso (MITSUYASU; RIBEIRO; MARTINS, 2011). Uma das maiores descobertas foram os fulerenos, por Robert Curl, Harold Kroto e Richard Smalley em 1985, que são anéis fechados de átomos de carbono de forma esférica, que representam a terceira forma mais estável de carbono (CARVALHO, 2018).

Posteriormente, em 1986, Kim Eric Drexler, considerado por alguns autores como o pai da nanotecnologia, escreveu o livro “*Engines of Creation*” (“Máquinas da Criação”), obra chave para a difusão do termo (DA SILVA, 2006). Em 1991, foram descobertos nanotubos de carbono pelo físico japonês Eiji Iijima. Segundo Herbs, Macêdo e Roccot *et al.* (2004), pode-se dizer que a descoberta de Iijima “abriu uma nova fronteira na química e na física do carbono.”

No início do século 21, os Estados Unidos da América desempenharam um papel importante na formação das prioridades nacionais da ciência. Reflexo disso foi a criação de um programa chamado *National Nanotechnology Initiative* (NNI) em 2000, no governo Bill Clinton (BAYDA *et al.*, 2019). Sobre o conceito do NNI, tem-se que:

Mais de trinta departamentos federais, agências independentes e comissões trabalham juntos para a visão compartilhada de um futuro em que a capacidade de entender e controlar a matéria em nanoescala leva a

revoluções contínuas na tecnologia e na indústria que beneficiam a sociedade. O NNI melhora a coordenação interagências de P&D em nanotecnologia, apoia uma infraestrutura compartilhada, permite a alavancagem de recursos evitando a duplicação e estabelece metas, prioridades e estratégias compartilhadas que complementam missões e atividades específicas da agência (NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE, 2016).

O lançamento da NNI levou o Brasil a prestar mais atenção à nanotecnologia. A partir da iniciativa de vários grupos de pesquisa e ações do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), a nanotecnologia tem se tornado um ramo da ciência respeitado no cenário atual brasileiro (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008).

No Brasil, pesquisas relacionadas à nanotecnologia vêm sendo incentivadas desde 2001, período em que foi lançado o primeiro edital específico sobre nanociência e nanotecnologia, que serviu de incentivo à formação de algumas redes cooperativas de pesquisa, como a Materiais Nanoestruturados, sediada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFTGS); Nanotecnologia Molecular e de Interfaces sediada na Universidade Federal de Pernambuco (UFP), Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados também sediada na UFP; e Nanobiotecnologia, sediada na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) (ALVES, 2004).

Em 2018, MCTIC lançou o Plano de Ação de Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, que implementou estratégias para o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil. Hoje, a nanotecnologia se tornou o alvo de investimentos do poder público no Brasil, com investimentos no PPA (Plano Plurianual) de 2020 a 2023 e conta com apoio de fundações e empresas, como o CNPq, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), as FAPs, Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Embrapii, Sibratec, Nanotechnology Innovation Cluster (API.nano) e BNDES (DIAS *et al.*, 2021).

3.3 Nanotecnologia nos cosméticos

A indústria cosmética foi uma das primeiras a implementar princípios nanotecnológicos no desenvolvimento de produtos, e atualmente é líder global nessa modalidade (FERRARIS *et al.*, 2021). O primeiro nanocosmético foi lançado no

mercado mundial pela Dior em 1986, um creme antienvelhecimento composto por lisossomas “*Capture Totale*”, seguido pelo “*Plentitude Revitalif*” em 1998, da L'Oreal Paris, que também é um creme antienvelhecimento composto por nanocápsulas poliméricas de agente ativo retinol (DUBEY *et al.*, 2022).

Com o avanço da nanotecnologia nos últimos anos, criou-se o conceito de nanocosméticos, produtos destinados ao embelezamento e cuidado com a pele, mas com um diferencial em sua preparação: a oportunidade de promover mudanças nas propriedades dos materiais como resultado de sua manipulação em escala nanométrica (DAVIES, 2020). A partir disso, as empresas começaram a investir no uso da nanotecnologia como um meio de melhorar seus produtos, como oferecer proteção contra os raios UV, promover efeitos mais duradouros e melhoria nas cores, aumentar a penetração na pele, entre outros benefícios (RAJ *et al.*, 2012).

Segundo StatNano (2018),

Entre os dez principais setores com produtos e aplicações com nanotecnologia, o campeão em nanoprodutos é o setor eletrônico, que já disponibilizou no mercado consumidor 2.050 produtos, seguido da área de medicina com 972, cosméticos com 780, setor têxtil com 696, construção civil com 645, automotivo com 539, meio ambiente com 526, energias renováveis com 467, setor de alimentação com 335 e setor petroquímico com 302 produtos nanoengenheirados.

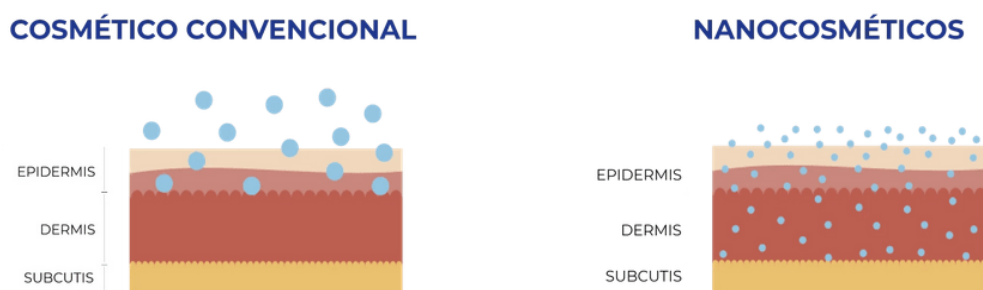
Diversos nanomateriais estão presentes nos produtos cosméticos do dia a dia, como xampus, condicionadores, desodorantes, sabonetes, clareador de pele, cremes antirrugas, perfumes, entre outros (BEZERRA, 2017). Atualmente, agências federais como a *Food and Drug Administration* (FDA), Comissão Europeia e ANVISA regulamentam o uso de nanomateriais em produtos de higiene pessoal e cosméticos, ao fiscalizar a segurança dos produtos no mercado, bem como a definição e especificação dos produtos aplicados, perfil toxicológico, rotulagem e aprovação de novos produtos (AJAZZUDDIN; JESWANI; KUMAR, 2015).

A razão pela qual a nanotecnologia surge como estratégia para potencializar a permeação e eficácia dos ativos contidos nos cosméticos é atribuída às diversas funções dos nanomateriais, e estas podem ser divididas em: melhoria das propriedades de ingredientes cosméticos e do produto final, aumento da permeação cutânea e aumento da estabilidade do produto (FERRARIS *et. al* 2021). Para as indústrias cosméticas, o objetivo final a ser alcançado consiste em fornecer a

quantidade certa de ingredientes para a pele, a fim de obter efeito duradouro (FYTIANOS; RAHDAR; KYZAS, 2020). Além disso, os nanocosméticos também são capazes de oferecer resultados eficazes contra o envelhecimento, rugas, desidratação, hiperpigmentação, entre outros efeitos na pele (DUBEY *et al.*, 2022).

Assim, quando comparado com um cosmético convencional, os nanocosméticos destacam-se pela sua grande eficiência. Isso ocorre pela presença das nanoestruturas nos produtos, que por estarem em uma escala nanométrica, permitem o aumento da penetração do produto nas camadas mais profundas da pele, tornando-se mais eficientes do que produtos produzidos de forma convencional (BARIL *et al.*, 2012). A Figura 2 apresenta a ação do nanocosmético quando aplicado na pele.

Figura 2 - Nanocosmético agindo na pele.



Fonte: La Cutanee (2020).

No cosmético convencional, pelo fato das moléculas possuírem um tamanho maior, o ativo consegue penetrar apenas na superfície da pele, protegendo-a da perda de água e tendo o efeito exclusivamente cosmético. Já no nanocosmético, os ativos nanoestruturados têm a capacidade de penetrar nas camadas mais profundas da pele, como mostrado na imagem. Esse fato traz como consequências a melhor absorção, toque mais leve e ação prolongada (LA CUTANEE, 2020).

3.4 Sistemas de veiculação das nanoestruturas

Quando um ativo entra em contato com a pele, nem todo o seu conteúdo é absorvido, ou seja, uma pequena quantidade é desperdiçada devido à impermeabilidade cutânea (ANTUNES, 2016). Diante disso, a nanotecnologia

possibilitou a criação de diferentes veículos de veiculação ou nanocarreadores que trazem vários benefícios, tanto na área da cosmética quanto na farmacêutica, não sendo apenas o ativo propriamente dito, mas também o sistema de transporte responsável pela distribuição na pele (ANTONIO *et al.*, 2014).

Esses nanocarreadores são comumente utilizados nas formulações cosméticas com o objetivo de encapsular os ativos para que sua entrega seja mais eficaz, ultrapassando as barreiras cutâneas (BILAL; IQBAL, 2020). A incorporação dos ativos cosméticos às nanoestruturas pode ocorrer por diversos métodos, como por exemplo, podem estar dispersas em uma matriz polimérica, encapsuladas no núcleo ou adsorvidas na superfície das nanopartículas (HANS; LOWMAN, 2002).

Atualmente, encontram-se à disposição vários sistemas nanoestruturados que ajudam na veiculação dessas substâncias. Os mais utilizados em cosméticos podem ser classificados em nanocápsulas, nanoesferas, nanopartículas lipídicas sólidas, nanoemulsões e lipossomas, que serão explicados mais detalhadamente no decorrer deste tópico. Esses diferentes tipos de sistemas são utilizados principalmente para estabilização de substâncias com atividade cosmética.

A seguir, no quadro 1 serão explicadas algumas tecnologias que são aplicadas.

Quadro 1 - Alguns dos principais sistemas de veiculação utilizados.

Sistemas	Vantagens	Desvantagens	Tipo de cosméticos	Referências
Nanocápsulas	Protege ativos sensíveis; Reduz odores; Diminui incompatibilidade entre ativos.	Pode ter grande ocorrência de efeito colateral.	Creme antirrugas (formulações semi-sólidas); Antioxidante; Fragrância; Protetor solar; Antitranspirante.	KAUR; AGRAWAL, 2007; WU; GUY, 2009); GUPTA <i>et al.</i> , 2022).

Nanoesferas	<p>Maior biodisponibilidade; Liberção gradual prolongada do componente ativo, com transporte de pequenas quantidades do fármaco; Tolerância melhorada; Ação maximizada; Leva o ingrediente ativo até as camadas mais profundas da epiderme.</p>	<p>Não foi encontrado na literatura.</p>	<p>Fragrâncias; Antienvhecimento; Clareador de pele.</p>	<p>(ANTONIO <i>et al.</i>, 2014; DAUDT <i>et al.</i>, 2013)</p>
Nanopartículas lipídicas sólidas	<p>Aumento da duração da ação; Facilidade de produção em larga escala; Aumento da biodisponibilidade e biodegradabilidade.</p>	<p>Menos prazo de validade; Encapsulamento diminuído do medicamento; Baixa eficiência de encapsulação, e alguma perda de fármaco após a sua produção.</p>	<p>Perfume e creme antienvhecimento, desodorante, esmalte, óleos corporais, protetor solar.</p>	<p>(ANTUNES, 2016).</p>
Nanoemulsões	<p>Aumento da hidratação e elasticidade da pele; O ativo pouco insolúvel se torna mais permeável com a nanoemulsão; Melhores propriedades de espalhabilidade na pele.</p>	<p>Melhor espalhabilidade na pele; Aumento da hidratação e elasticidade da pele; Elevada estabilidade cinética; Aumenta a permeabilidade de um ativo pouco solúvel.</p>	<p>Antienvhecimento, protetor solar, óleos de banhos, creme corporal, antirugas.</p>	<p>(WU; GUY, 2009; DAUDT <i>et al.</i>, 2013).</p>
Lipossomas	<p>Penetra a barreira epidérmica em maior extensão; Biodegradável e não tóxico; Evita absorção sistêmica.</p>	<p>Baixa solubilidade; Alto custo; Estabilidade comprometida; Uso</p>	<p>Perfumes, hidratantes, antienvhecimento, protetor solar.</p>	<p>(ANTUNES, 2016).</p>

		elevado de solvente.		
--	--	-------------------------	--	--

Fonte: Autoria própria (2022).

3.4.1 Nanopartículas poliméricas

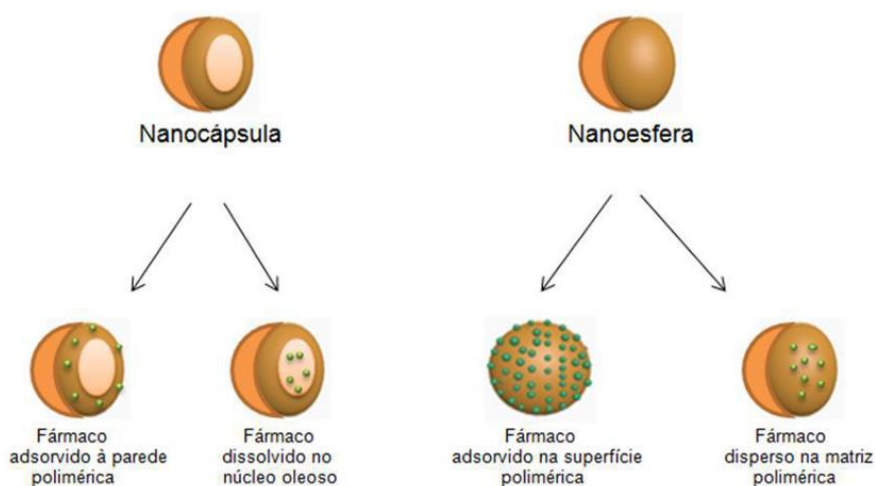
As nanopartículas poliméricas (NPs) são consideradas sistemas de direção de substâncias coloidais, sendo eles sintéticos ou naturais, e possuem diâmetro que varia de 1 a 1000 nm. Nesse sistema, o ativo pode ser encontrado dissolvido, adsorvido ou disperso na matriz polimérica (FONSECA-SANTOS *et al.*, 2015). As NPs podem se dividir em nanocápsulas e nanoesferas, sendo sua principal diferença devido à presença ou ausência de óleo em sua formulação (CARVALHO, 2018).

As nanocápsulas possuem seu núcleo oleoso e, na presença do ativo, podem estar dissolvidas, formando um reservatório, ou podem estar molecularmente dispersas em seu modo absorvido na membrana polimérica. Já nas nanoesferas, o ativo é disperso na matriz polimérica ou absorvido na superfície polimérica (PEPIC *et al.*, 2014; SECHI; SANNA; PALA, 2014).

A principal aplicação da tecnologia das nanopartículas poliméricas é direcionada às novas criações de protetores solares, pois possui a capacidade de carrear substâncias com teor lipolítico elevado (GUTERRES; ALVES; POHLMANN, 2007).

A diferença de nanocápsulas e nanoesferas é ilustrada na figura 3, sendo dominado por três tipos de mecanismos: absorção, dispersão e dissolução.

Figura 3 – Escala nanométrica de objetos naturais e artificiais. Na figura é esquematizado o sistema de nanocápsulas e nanoesferas, sendo ilustrado onde os fármacos se inserem na molécula. As nanocápsulas possuem a tecnologia de absorver o fármaco na parede polimérica e estar dissolvido no núcleo oleoso.



Fonte: PRADO *et al.* (2019).

A metodologia de preparação das nanopartículas poliméricas é constituída por polímeros de origem sintética como poli (ácido lático-co-glicólico) (PLGA), poli (ácido lático) (PLA), poli(ϵ -caprolactona) (PCL) ou natural, como ácido hialurônico e quitosana. Alguns métodos de preparação das nanopartículas poliméricas são: 1) emulsificação e evaporação de solvente; 2) emulsificação-difusão do solvente; 3) *salting-out*; 4) nanoprecipitação; 5) polimerização *in situ*. Esses métodos consistem na escolha prévia do princípio ativo, seja ele hidrofílico ou lipofílico, para que seja definido o método empregado (TEWES *et al.*, 2007; REIS *et al.*, 2006).

A Emulsificação-Difusão do Solvente é um método que consiste na preparação de uma emulsão O/A (óleo em água), na qual sua fase interna (fase aquosa) constitui-se de solvente orgânico, como o propileno carbonato e acetato etilo, que são primeiramente saturados com água destilada para que haja um equilíbrio termodinâmico inicial das duas fases (fase aquosa e fase orgânica). O polímero dissolvido no solvente saturado forma a outra fase, que é denominada fase orgânica, sendo disperso ou dissolvido o ativo (AVGOUSTAKIS *et al.*, 2004; TEWES *et al.*, 2007).

Essa fase sofre agitação intensa, tornando-a emulsificada em uma solução aquosa, contendo tensoativos/surfactantes do tipo O/A como o Pluronic (poloxamer) e álcool polivinílico (PVA). Depois dessa emulsificação, é adicionada água ao sistema,

provocando uma difusão espontânea do solvente orgânico no meio aquoso, criando uma turbulência interfacial entre as fases formando a dispersão aquosa de nanopartículas (QUINTANAR-GUERRERO *et al.*, 2005; ZAMBRANO-ZARAGOZA *et al.*, 2010; BIZERRA *et al.*, 2016).

O dióxido de titânio (TiO₂) é um ativo que exemplifica esse método, ou seja, essa partícula em seu tamanho padrão tem características branca e opaca, e quando alterada em pela escala nanométrica, tem aspecto transparente, permitindo ser usado em protetor solar, bases e hidratantes. Outro ativo é o óxido de alumínio (Al₂O₃) que tem um efeito de suavização, mais especificamente com o uso de maquiagem, seja ela em pó, base e corretivo, que tem o objetivo de suavizar as rugas (BARIL *et al.*, 2012; YAPAR *et al.*, 2012).

3.4.1.1 Nanocápsulas

São sistemas carreadores submicroscópicos que apresentam tamanho de 1 a 1000 nm. Sua constituição se dá por núcleo líquido e lipídico e uma matriz protetora (RAJ *et al.*, 2012). A substância ativa pode ser encontrada no núcleo oleoso ou adsorvida na parede polimérica, onde as substâncias ficam confinadas na matriz protetora, que corresponde à membrana polimérica (cápsula) composta por tensoativos não iônicos protegendo-a (RAJ *et al.*, 2012; KOTHAMASU *et al.*, 2012). Algumas substâncias podem ser usadas nas formulações, tais como a policaprolactona, o ácido polilático, poli (ácido glicólico) e poli (ácido glicólico-co-ácido lático) (ANTUNES, 2016).

Esse tipo de nanoestrutura é aplicado nos cosméticos com a finalidade de diminuir odores desagradáveis, proteger os ativos na formulação, evitar incompatibilidade entre eles, entre outros fins. Como citado anteriormente, sua principal finalidade é atuar como veículo de proteção solar, pois forma uma película protetora na superfície da pele, diminuindo a penetração do cosmético na camada mais profunda da pele. Como exemplo, são usados o metoxicinamato de octila, salicilato de octila e benzofenona-3 (WU; GUY, 2009).

Em 2022, pesquisadores desenvolveram uma formulação de antitranspirantes utilizando as nanocápsulas capazes de liberar fragrâncias continuamente, de modo que os átomos que possuíssem odores indesejáveis se encapsulavam em um nano transportador polimérico. Além dos antitranspirantes, também foram desenvolvidas

nanocápsulas para transportar vitaminas e extratos e para serem incorporadas em formulações semi-sólidas, como cremes (GUPTA *et al.*, 2022).

Um exemplo de metodologia para sua preparação é a nanoprecipitação. Essa técnica é constituída de um polímero, como por exemplo a policaprolactona e vitamina E, dissolvido em um solvente orgânico polar, podendo ser a acetona, encontrada dispersa ou dissolvida o princípio ativo (KHAYATA *et al.*, 2012). A solução é adicionada na fase aquosa composta por um surfactante hidrofílico (Poloxamer) do tipo O/A, e sob agitação se torna leitosa, formando suspensões de nanocápsulas (SOUTO; SEVERINO; SANTANA, 2012; KHAYATA *et al.*, 2012).

Um dos ativos usados para a formulação de nanocápsulas cosméticas são as vitaminas E e A (retinol), sendo a vitamina A um complexo despigmentante em produtos como cremes, spray, gel-creme e loção. O objetivo da tecnologia é promover proteção UV, antienvhecimento, fragrância e outros (SCHMALTZ; SANTOS; GUTERRES, 2005; GUPTA *et al.*, 2022).

Um exemplo de cosmético que utiliza as nanocápsulas é o *Soleil Soft-Touch Anti-Wrinkle Sun Cream SPF15®*, patenteado pela Lancôme, apresentado na figura 4. É uma formulação de anti-envelhecimento contendo nanocápsulas que encapsulam a vitamina E, poderoso antioxidante, e pantenol, poderoso hidratante e umectante (SHARMA; SHARMA, 2012).

Figura 4 - Formulação Soleil Soft-Touch Anti-Wrinkle Sun Cream SPF15®.



Fonte: SHARMA; SHARMA (2012).

3.4.1.2 Nanoesferas

As nanoesferas variam entre um diâmetro de 1 e 999 nm e são consideradas uma estrutura maciça por possuírem sua matriz sólida onde um material polimerizado

forma uma rede tridimensional (matriz) que é disperso em toda parte, como mostrado na figura 3. são definidas como um sistema matricial, tendo uma variedade de polímeros que contém gelatina, albumina, ácido láctico, ácido glicólico e entre outros. A substância ativa é absorvida, aprisionada, ligada quimicamente e dispersa. Em sua estrutura, ela se difere das nanocápsulas pois não possui óleo em sua composição (MARÇALO, 2013; BEZERRA, 2017).

Esse sistema polimérico consiste em uma microesfera porosa que libera vários compostos ativos, sendo eles fragrâncias, emolientes, filtro solares e óleos essenciais. Como vantagens, destacam-se a liberação gradual do ativo e a ação potencializada, que permite que o ativo atinja uma camada mais profunda (ANTONIO *et al.*, 2014).

A sua metodologia de produção pode ser exemplificada pelo método Salting-Out, que consiste na preparação em tipo O/A, tendo uma fase interna e fase externa. A fase interna é formada por um solvente orgânico polar, como a acetona e tetrahidrofurano, um polímero e um agente ativo, podendo estar dissolvido ou disperso. A fase externa é composta de uma solução aquosa, sendo ela formada de eletrólito ou não, composta também por um tensoativo, como o acetato de polivinila. Essa emulsão é preparada em temperatura ambiente sob agitação, e logo após a emulsão é diluída em água deionizada ou solução aquosa. Isso faz com que ocorra a difusão do solvente, precipitando o polímero e formando as nanoesferas. A separação das nanoesferas dos outros compostos eletrólitos e tensoativos em excesso é feita pela ultrafiltração ou ultracentrifugação que gera a dispersão aquosa de nanoesferas (WHEATLEY, 2010; QUINTANAR-GUERRERO *et al.*, 2005)

Sua aplicação cosmética é na encapsulação de ativos, como fragrâncias e vitaminas, e possui uma grande eficácia clínica devido a sua ação clareadora da pele, sendo destacado essa ação a nanoesferas de poli (ácido glicólico-co-ácido láctico) que é composta de vitaminas A, C e E (DAUDT *et al.*, 2013).

A formulação antienvhecimento *NutriMinC RE®*, patenteada pela Arbonne, laboratório suíço de produtos cosméticos, é um exemplo de cosmético que contém nanoesferas poliméricas que permitem a proteção da pele contra os radicais livres através da incorporação de ativos antioxidantes, como a vitamina C (SHARMA; SHARMA, 2012).

2.4.2 Nanopartículas lipídicas sólidas

As nanopartículas lipídicas sólidas são consideradas uma dispersão de partículas que é formada de lipídios sólidos, como ácidos graxos, ceras, triglicerídeos e outros (FAHNING; LOBÃO, 2011). Possui forma esférica, com tamanho de 40 e 1000 nm e sua composição se dá por núcleo sólido e constitui-se por uma camada de moléculas tensoativas (MARÇALO, 2013). Como características, destacam-se a ótima estabilidade física, proteção de substâncias instáveis frente a uma degradação, controle da liberação do ativo e capacidade de formar um filme sobre a pele (GUPTA *et al.*, 2022). Por ser altamente lipofílico, tem a função de transportar substâncias lipofílicas formadas a base de água (DAUDT *et al.*, 2013).

Sobre sua metodologia de preparo, as nanopartículas lipídicas sólidas possuem cinco tecnologias, sendo elas: microemulsão à quente, emulsificação e evaporação de solvente, difusão de solvente, *spray-drying* e homogeneização à alta pressão. A técnica de preparo da tecnologia mencionada será de homogeneização à alta pressão (MARCATO, 2009).

Essa técnica consiste em uma dispersão de partículas, sendo essa dispersão impulsionada à alta pressão em uma cavidade pequena em alta velocidade e curta distância, na qual logo depois ocorre a colisão em uma barreira, formando as nanopartículas com seu tamanho menor. Essa técnica pode ser preparada através de dois métodos: homogeneização a quente e homogeneização a frio (MEHNERT; MADER, 2012).

A homogeneização a quente consiste inicialmente no ativo dissolvido no lipídio fundido, e a mistura do ativo com lipídio é adicionada à solução quente de tensoativos sob agitação formando a pré-emulsão O/A, sendo essa pré-emulsão homogeneizada em um homogeneizador de alta pressão. Logo após, é resfriada a uma temperatura menor que a temperatura ambiente, formando uma cristalização do lipídio e conseqüentemente, as nanopartículas lipídicas sólidas (MEHNERT; MADER, 2012; TAVEIRA, 2009).

A homogeneização a frio é mais indicada na preparação de ativos hidrofílicos, e nesse método inicialmente o ativo é dissolvido no líquido fundido possuindo ou não surfactante, que tem a função de aumentar a solubilidade do ativo. Logo após, a mistura lipídio e ativo é solidificada em nitrogênio líquido ou gelo seco que possui a finalidade de fragilizar e facilitar a moagem das partículas. Essa partícula moída é então dispersa em solução de tensoativos e logo após homogeneizada a temperatura

ambiente ou não (0 °C) em alta pressão (MEHNERT; MADER, 2012; TAVEIRA, 2009).

Esse método possibilita o encapsulamento de ativos termosensíveis pois sua exposição a altas temperaturas é muito curta (TAVEIRA, 2009). As duas maneiras citadas do método a alta pressão tem como exemplo ativos que possuem grande potencial de incorporação, como por exemplo a coenzima Q10, retinóides, vitamina C, tocoferol e entre outros (MARCATO, 2009; DA SILVA, 2013)

Quando aplicada nos cosméticos, as nanopartículas lipídicas sólidas atuam ocluindo a pele, ou seja, possui a capacidade de formar um filme (WU; GUY, 2009). Atrelado a isso, essa tecnologia é muito benéfica para os protetores solares, uma vez que o filme se forma sobre a pele “atrasa” a entrada do ativo, proporcionando seu efeito de proteção na superfície da pele. A proteção de degradação e liberação controlada se dá pela incorporação de ativos quimicamente lábeis, como a coenzima Q10 e retinol (DAUDT *et al.*, 2013; BEZERRA, 2017).

Atualmente, um exemplo de produto no mercado contendo nanopartículas lipídicas sólidas é o *Nanoserum Elixir*, da linha Active do O Boticário (Figura 5). Essa formulação é um soro antienvhecimento composto por ácido hialurônico, que tem a principal função de promover a hidratação, Piox In, complexo de antioxidantes exclusivo da marca, e comucel, um estimulador de colágeno e elastina (DA SILVA, 2013).

Figura 5 - Formulação *Nanoserum Elixir*, da marca O Boticário.



Fonte: DA SILVA (2013).

3.4.3 Nanoemulsões

As nanoemulsões são caracterizadas pela dispersão de dois líquidos imiscíveis (FERREIRA, 2016). Esse sistema possui uma fase oleosa e aquosa, adicionando agente emulsificante ou surfactante e tensoativo, podendo apresentar diferentes estruturas de acordo com que foi preparada essa nanoemulsão. Sua dispersão pode ocorrer em óleo em água (o/a) ou água em óleo (a/o), que dá sua devida estabilidade (DAUDT *et al.*, 2013).

A fase oleosa contém ativos hidrofílicos, conservantes, cosméticos ou fármacos, enquanto a aquosa contém óleo de silicone, óleo mineral, óleo vegetal e ácidos graxos. Os surfactantes como por exemplo a dimeticona copoliol, sacarose alquil éster, estearoil glutamato dissódico faz com que a dispersão estável tenha uma vida útil do produto impedindo sedimentação, floculação e coalescência da formulação (GONÇALVES *et al.*, 2014).

As nanoemulsões atuam nos cosméticos promovendo a hidratação, ou seja, impedem a perda transepidermica de água (PTA) e contribuem para evitar rachaduras na pele e melhorar propriedades de espalhabilidade, pois são transparentes e fluidas. A inovação das nanoemulsões gira em torno do seu tamanho, ou seja, o diâmetro influencia na cor que o produto final vai levar, sendo que abaixo de 70 nm são transparentes, entre 70 e 100 nm são opacos e acima de 100 nm são mais esbranquiçados (DAUDT *et al.*, 2013).

A figura 4 mostra a comparação de uma emulsão e uma nanoemulsão.

Figura 4 - Aspecto da nanoemulsão (à esquerda) e de uma emulsão convencional (à direita).



Fonte: MEDEIROS-NEVES *et al.* (2019).

O método de preparo das nanoemulsões não ocorre de forma espontânea, e por isso é necessário o auxílio da energia de um sistema, que se dá através de um dispositivo mecânico de alta energia ou através do potencial químico do composto, um método de baixa energia (KENTISH *et al.*, 2008; SOLANS *et al.*, 2005). Dentre os dois métodos, o método de alta energia foi mais relatado na literatura em relação à produção de cosméticos, porém o método de baixa energia é financeiramente mais vantajoso (KOROLEVA; YURTOV, 2012).

Na preparação de nanoemulsões pelo método de alta energia, ocorre primeiramente uma mistura da fase oleosa com a aquosa, o que resulta em uma emulsão de gotículas maiores, na qual cada gotícula é forçada a passar por um sistema de cisalhamento, diminuindo seu tamanho (BRUXEL *et al.*, 2012). Existem alguns dispositivos para a produção das nanoemulsões utilizados no método de alta pressão, que são: ultrassom, homogeneizadores e microfluidizadores (MCCLEMENTS; RAO, 2011; WOOSTER, GOLDING; SANGUANSRI, 2008).

O método de ultrassom promove a redução das gotículas em escala nanométrica através de altas ondas ultrassônicas, gerando uma intensa vibração, o que permite o rompimento das gotículas primárias da emulsão (DA COSTA; PEIXOTO, 2020). Esse método possui algumas vantagens, como exemplo a flexibilidade em introduzir vários compostos de gotículas e não necessitam de mudança de temperatura (YUKUYAMA *et al.*, 2016)

Nos cosméticos, o ultrassom é utilizado para obter compostos oleosos, como por exemplo de abacate, octilmetoxicina mate e tensoativo não iônico (YUKUYAMA *et al.*, 2016). As nanoemulsões atuam promovendo a hidratação, ou seja, impedem a perda transepidérmica de água (PTA) e contribuem para evitar rachaduras na pele e melhorar propriedades de espalhabilidade, pois são transparentes e fluidas. (GONÇALVES *et al.*, 2014).

As formulações contendo vitamina E e a coenzima Q10 são exemplos de nanoemulsões. Ambas são pouco solúveis em água e um complexo escuro, sendo usadas para produção de cosméticos. Outro exemplo é a preparação de nanoemulsões utilizando ésteres graxos de glicerol, que são usados para promover a hidratação da pele, mucosa e cabelos e são encontradas em forma de óleo de banho, hidratante corporal, produto antienvhecimento e outros (KOTHEKAR; WAGHMARE; MOMIN, 2006).

A formulação *Nano-Lipobelle H-AECL®* é um exemplo de cosmético com nanoemulsão, cujos principais ativos incorporados são a vitamina A, E e C. Foi concebida pela *Mibelle Biochemistry* originalmente na Suíça (SHARMA; SHARMA, 2012).

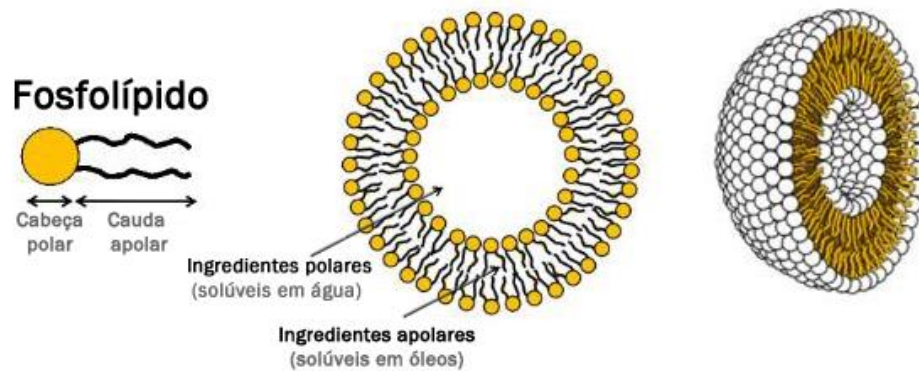
3.4.4 Lipossomas

Os lipossomas possuem seu diâmetro variado de 25 a 5000 nm, e se caracterizam por possuírem uma estrutura vesicular esférica, onde são compostas por uma bicamada fosfolipídica concêntrica ao redor de um núcleo aquoso (ANTUNES, 2016; MARÇALO, 2013). Os ativos são armazenados nesse núcleo aquoso, e transportados para várias regiões do corpo, ou seja, na presença da água a bicamada forma uma estrutura vesicular e se armazena na fase aquosa que é o interior; já as substâncias lipossolúveis são armazenadas na camada mais externa (CARVALHO, 2018). Normalmente, o colesterol é incorporado na composição para estabilizar a estrutura, deixando-a mais firme (DAUDT *et al.*, 2013). Se comparado com as nanoemulsões, o lipossoma possui sua estrutura lamelar termodinamicamente estável que é formada quando entra em contato com a fase aquosa (DAUDT *et al.*, 2013).

Sendo assim, os lipossomas têm a capacidade de incorporar substâncias lipofílicas de hidrossolúveis, com a função de liberação controlada em seu alvo, podendo usar doses mais altas sem possível efeito tóxico e invasivo (GONÇALVES *et al.*, 2014).

A figura 5 apresenta a estrutura dos lipossomas. Eles são constituídos por uma dupla camada fosfolipídica, que possui uma parte hidrofóbica, com ingredientes apolares, e uma parte hidrofílica, com ingredientes polares. Essa camada tem a capacidade de fusão com outras bicamadas como por exemplo a membrana celular, promovendo a liberação controlada do conteúdo que se insere no núcleo aquoso. Dessa forma, é capaz de melhorar a eficácia do ativo e ao mesmo tempo diminuir o efeito colateral, contribuindo na terapia dérmica (MARÇALO, 2013; KAUR; AGRAWAL, 2007).

Figura 5 - Representação da bicamada lipídica do lipossoma.



Fonte: ZEINELDIN (2015).

As metodologias empregadas na preparação dos lipossomas são a hidratação de filme, método de injeção de etanol, evaporação de fase reversa e a escolha da técnica deve ser atendida ao seu tamanho e tipo que a ser aplicado (CODEVILLA *et al.*, 2015).

A técnica mais comum em grande escala é a hidratação de filme, e sua metodologia consiste na dissolução dos lipídios, como por exemplo as fosfatidilcolinas, fosfatidilserina, fosfatidilglicerol em solvente orgânico, seguido pelo método de evaporação do solvente e por fim a formação do filme lipídico. A hidratação do filme pode ser feita por uma solução tampão ou água sob agitação, formando assim dispersões de lipossoma. O ativo pode ser incorporado em solução tampão ou dissolvido na solução lipídica (FERREIRA *et al.*, 2020; CARVALHO, 2018).

Um dos compostos lipídicos de importância é o colesterol, e na formulação de lipossoma, ele possui capacidade de aumentar a rigidez do filme lipídico em estado cristalino; já em estado aquoso reduz essa rigidez da membrana. CARVALHO, 2018). Ou seja, o filme lipídico, seja ele cristalino ou não, é formado pela variação da temperatura, na qual a menor temperatura permite maior movimentação das cadeias hidrocarbonetos, e maior temperatura diminui a movimentação das cadeias hidrocarbonetos (FERREIRA *et al.*, 2020)

A aplicação dos lipossomas nos cosméticos tem como principal função armazenar as substâncias na camada mais superficial da pele, podem ser encapsulados diversas substâncias hidrofílicas e hidrofóbicas, como a vitamina E, coenzima Q10, retinol e incorporar em diversos produtos, como protetor solar, fragrâncias, antienvhecimento, antitranspirante, maquiagem e hidratantes (WU; GUY, 2009).

O lipossoma pode aumentar ou repor os lipídios do estrato córneo (camada mais externa da epiderme), promovendo o aumento da hidratação e proteção da epiderme devido ao menor tamanho da partícula (DAUDT *et al.*, 2013). Eles também podem ser utilizados para fixar e transportar nutrientes aromáticos em sabonetes, antitranspirantes e batons (GUPTA *et al.*, 2022).

O *Rovisome ACE Plus®* introduzido pela *Rovi Cosmetics International GmbH* é um exemplo de formulação contendo lipossomas, que incorporam substâncias como o palmitato de ascorbilo, tocoferol e retinol. Outro exemplo é o *Ageless Facelift®*, patenteada pela *i-Wen Naturals*, na qual a coenzima Q10 e niacinamida são incorporadas (SALAVKAR; TAMANEKAR; ATHAWALE, 2011).

3.4.5 Vantagens e desvantagens dos sistemas de veiculação

De um modo geral, os sistemas de veiculação apresentam grandes vantagens, como: 1) a capacidade de potencialização do efeito do ativo através do transporte deste para o seu alvo. Dessa forma, mantém-se sua forma mais concentrada de modo a absorvê-lo com mais eficácia; 2) a proteção do ativo, para que não seja degradado ao longo do caminho a ser percorrido até o alvo; 3) podem atuar como reservatório para cosméticos com base lipofílica, modulando a sua penetração/permeação através da pele (CARVALHO, 2018).

Como desvantagens temos que: 1) preço elevado devido ao alto custo de fabricação; 2) potencial toxicidade, que variar de acordo com a quantidade, rota e tempo de exposição das nanopartículas; 3) a falta de investigações com profundidade e especificidade; 4) o uso tópico de nanomateriais podem causar efeitos negativos, como câncer, dermatites, arritmia, entre outros (BATISTA; PEPE, 2014; GUPTA *et al.*, 2022).

3.5 Principais inovações no mundo

A crescente evolução tecnológica dos nanocosméticos é de extrema importância para que a indústria cosmética se adapte às novas tendências. Na atualidade, o consumo de produtos cosméticos nanotecnológicos tem crescido ao redor do mundo, e para se manter o alto lucro e procura, a indústria precisa estar em constante renovação para manter o consumo. Atrelado a isso, várias tendências de entrega estão sendo desenvolvidas e que podem ser promissoras para a indústria (DUBEY *et al.*, 2022).

Essas novas tendências tecnológicas estão voltadas a produtos mais naturais, ou seja, voltada à ecologia verde, que consiste em três princípios: Reciclar, Reutilizar e Reduzir. Como resultado, a área da indústria cosmética tem avançado no desenvolvimento de matéria-prima biocompatível e biodegradável (GUPTA *et al.*, 2022).

A nova tendência em nanoescala possui sua estrutura altamente porosa, maior capacidade de carga de substâncias, além de serem biocompatíveis, o que os torna bons candidatos para a próxima geração de cosméticos verdes. Essa estrutura porosa possui alta capacidade de crescimento e reprodução celular, conseqüentemente são usados como carreadores cosméticos inteligentes, beneficiando a tecnologia voltada ao antienvhecimento, por exemplo (MORGANTI; CHEN; MORGANTI, 2020; DUBEY *et al.*, 2022). Pode-se citar polissacarídeos e quitina-oligosacarídeos representando um novo material verde para os futuros produtos cosméticos inovadores (MORGANTI; CHEN; MORGANTI, 2020).

Outros cosméticos nanotransportadores naturais estão sendo explorados pelas indústrias, baseados em oligossacarídeos, como nanofibrilas de quitina, compostos à base de nanolignina, nanocelulose e pululano (DUBEY *et al.*, 2022). Além disso, podem-se citar os nanobots de carbono, que são uma fusão de nanotubos de carbono e fulerenos que possuem propriedades que melhoram a emissão de luz, contribuindo na formulação de batons, cosméticos capilares e rímel. Essa fusão se dá por meio da ligação covalente entre nanotubos e fulerenos (AJAZZUDDIN; JESWANI; KUMAR, 2015).

Alguns nanocarreadores também estão ganhando força na indústria, onde podemos citar os etossomas, cubossomas, niossomas. Esses nanocarreadores transportam e entregam à pele diferentes resultados tais como ação de proteção, hidratação, rejuvenescimento, entre outros (GUPTA *et al.*, 2022).

Um outro grande avanço da área é a fabricação da impressora 3D, que possibilita a fabricação de diferentes tipos de biomateriais, tais como polímeros (fibras, tecidos, filmes e gel) e ativos. Essa tecnologia tem a funcionalidade de substituir órgãos e tecidos vivos defeituosos ou feridos e com isso, permite uma modulação mais precisa e a liberação acelerada do ativo no sítio alvo, promovendo a regeneração da pele envelhecida e lesada (BECK *et al.*, 2017).

Essa tecnologia vem ganhando grande força, pois pode ser utilizada na área médica, farmacêutica e cosmética, tendo em sua composição células-tronco vegetais

e outros 15 ativos (vitamina C, ácido hialurônico, entre outros) em particular, o poli (ε-caprolactone) (PCL) e o ácido polilático (PLA) foram os materiais mais utilizados. Um exemplo da técnica dessa tecnologia foi a extrusão semissólida (SSE), ou seja, usa-se um gel ou pasta, utilizando um sistema semelhante a uma seringa e depositado em uma camada para criar o objeto 3D em um formato de máscara hidratante (VITHANI *et al.*, 2019). Como perspectivas futuras, têm surgido vários estudos relacionados ao desenvolvimento de materiais biocompatíveis, tais como células, órgãos, biomoléculas, com o objetivo de uso na área médica, voltado ao transplante de seres humanos (DO É *et al.*, 2020).

Por fim, o desenvolvimento de nanocosméticos tem um amplo espectro de utilidade no futuro, com a ciência se aprofundando em pesquisas multidisciplinares, fornecendo facilidade de escalabilidade, reprodutibilidade e dados de segurança suficientes para respaldar o estudo (MORGANTI; CHEN; MORGANTI, 2020; DUBEY *et al.*, 2022).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que, embora seja uma área nova, a nanotecnologia é um ramo inovador da ciência que já tem demonstrado resultados promissores no mercado dos cosméticos, apresentando muitas vantagens em relação às formulações convencionais, pois, por possuir estruturas que podem ser manipuladas em escala nanométrica, apresentam maior eficácia na penetração dos ativos na pele. Assim, o uso da tecnologia só tende a crescer, principalmente no Brasil, onde o mercado da beleza tem crescido cada vez mais ao longo dos anos.

REFERÊNCIAS

- ABGI Brasil. **Nanotecnologia**. 2005. Disponível em: <http://www.brasil.abgi-group.com/wp-content/uploads/2010/07/Nanotecnologia.pdf>. Acesso em: 19 out. 2022.
- ABIHPEC (2021). **Panorama do Setor Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, ABIHPEC** - Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, 2021, São Paulo. Disponível em: www.abihpec.org.br. Acesso em: 23 ago. 2022.
- ABIHPEC (2022). **Panorama do Setor Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, ABIHPEC** - Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, 2022, São Paulo. Disponível em: www.abihpec.org.br. Acesso em: 23 ago. 2022.
- AJAZZUDDIN, M.; JESWANI, G.; JHA, K. Nanocosmetics: Past, Present and Future Trends: Ingenta Connect. **Recent Patents on Nanomedicine**, 2015, v. 5, n. 1. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/278162173_Nanocosmetics_Past_Present_and_Future_Trends. Acesso em: 10 mai. 2022.
- ALVES, O. L. **Estudos estratégicos - Nanotecnologia**. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República: Brasília, 2004, parte III.
- ANCHIETA, F. **Nanotecnologia: uma breve introdução**. 2020. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/nanotecnologia-uma-breve-introdu%C3%A7%C3%A3o-felipe-anchieta>. Acesso em: 20 out. 2022.
- ANTONIO, J. R.; ANTONIO, C. R.; CARDEAL, I. L. S.; *et al.* Nanotechnology in Dermatology. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 89, n. 1, p. 126–136, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24626657/>. Acesso em: 22 out. 2022.
- ANTUNES, A. F. V. *et al.* **Sistemas nanoparticulados aplicados à dermocosmética**. 2016. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10437/6832>. Acesso em: 13 nov. 2022.
- ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada – **RDC nº 211**, de 14 de julho de 2005. Disponível em: www.anvisa.gov.br/legis. Acessado em: 22 ago. 2022.
- AVGOUSTAKIS, K. Pegylated Poly (Lactide) and Poly (Lactide-Co-Glycolide) Nanoparticles: Preparation, Properties and Possible Applications in Drug Delivery. **Current Drug Delivery**, v. 1, n. 4, p. 321–333, 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16305394/>. Acesso em: 15 out. 2022.
- BARIL, M. B.; FRANCO, G. F.; VIANA, R. S.; *et al.* Nanotecnologia Aplicada aos Cosméticos. **Visão Acadêmica**, v. 13, n. 1, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/academica/article/view/30018>. Acesso em: 13 out. 2022.

BATISTA, A. J. S.; PEPE, V. L. E. Os desafios da nanotecnologia para a vigilância sanitária de medicamentos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 7, p. 2105–2114, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/6LP8kx7nsFdvtnwJVWBq4Mg/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24 set. 2022.

BAYDA, S.; ADEEL, M.; TUCCINARDI, T.; *et al.* The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical–Physical Applications to Nanomedicine. **Molecules**, v. 25, n. 1, p. 112, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1420-3049/25/1/112>>. Acesso em: 08 ago. 2022.

BEZERRA, M. P. **Nanotecnologia Em Cosméticos: Uma Tendência Promissora Para Formulações Antienvhecimento**, p. 32. Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Faculdade De Ceilândia, Brasília, 2017.

BECK, R.C.R.; CHAVES, P.S.; GOYANES, A.; *et al.* 3D printed tablets loaded with polymeric nanocapsules: An innovative approach to produce customized drug delivery systems. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 528, n. 1-2, p. 268–279, 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28583328/>>. Acesso em: 18 dez. 2022.

BILAL, M.; IQBAL, H. M. N. New Insights on Unique Features and Role of Nanostructured Materials in Cosmetics. **Cosmetics**, v. 7, n. 2, p. 24, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-9284/7/2/24/html>. Acesso em: 14 set. 2022.

BIZERRA, A., SILVA, V. Sistemas de liberação controlada: Mecanismos e aplicações. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, Três Lagoas, v. 3, n.2, p. 1-12, ago/dez. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/sameamb/article/view/1943>. Acesso em: 05 set. 2022.

BRUXEL, F.; LAUX, M.; WILD, L. B. *et al.* Nanoemulsões como sistemas de liberação parenteral de fármacos. **Química Nova**, v. 35, n. 9, p. 1827–1840, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/4QVTTYVKSVtZb8G56hQFxnX/?format=html>. Acesso em: 13 jul. 2022.

CADIOLI, L. P.; SALLA, L. D. Nanotecnologia: um estudo sobre seu histórico, definição e principais aplicações desta inovadora tecnologia. **Revista de Ciências exatas e tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 98-105, 2006. Disponível em: <https://www.revista.pgsskroton.com/index.php/rcext/article/view/2403>. Acesso em: 07 nov. 2022.

CARVALHO, L. P. **Nanotecnologia aplicada à dermocosmética**. Ensinolusofona, 2017. Disponível em: <https://recil.ensinolusofona.pt/handle/10437/8900>. Acesso em: 10 jun. 2022.

CODEVILLA, C. F. *et al.* Nanoestruturas contendo compostos bioativos extraídos de plantas. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 5, p. 142-151, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4675/467547645016.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2022.

DA COSTA, D. T.; PEIXOTO, M. E. **A utilização da nanoemulsão como estratégia para o desenvolvimento de cosméticos**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade do Grande Rio “Professor José De Souza Herdy”, Duque de Caxias, 2020.

DA SILVA, P. P. **Nanopartículas lipídicas: aplicações cosméticas**. 2013. Tese de Doutorado. [sn]. Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/4484>. Acesso em: 22 out. 2022.

DAUDT, R. M. *et al.* **A nanotecnologia como estratégia para o desenvolvimento de cosméticos**. *Ciência e Cultura*, v. 65, n. 3, p. 28–31, 1 jul. 2013. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300011. Acesso em: 30 set. 2022.

DAVIES, S. *et al.* Simultaneous nanoencapsulation of lipoic acid and resveratrol with improved antioxidant properties for the skin. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 192, p. 111023, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32361374/>. Acesso em: 13 nov. 2022.

DIAS, B. P. *et al.* A nanotecnologia no brasil e o desenvolvimento de produtos com atividade antimicrobiana. **Química Nova**. 2021, v. 44, n. 08, p. 1084-1092. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170743>. Acesso em: 17 dez. 2022.

DO É, G. D. N.; PEDUTI, G. P.; DE CARVALHO, A. M. L. *et al.* Bioimpressão 3D de Tecidos e Órgãos: uma prospecção tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 5, p. 1383, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/33571>. Acesso em: 10 ago. 2022.

DUBEY, S. K.; DEY, A.; SINGHVI, G. *et al.* Emerging trends of nanotechnology in advanced cosmetics. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 214, p. 112440, 2022. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927776522001230?casa_token=vbuq0SMpsyoAAAAA:YZPd3vyl_wCTNGXH8ZB88zuvCLoWiYM6Qg-UvzujQ_MBbSeg5F2Y21BzCmMMb4aoc8KDuSjQXGV5. Acesso em: 06 set. 2022.

FAHNING, B. M.; LOBÃO, E. B. **Nanotecnologia aplicada a fármacos**. Vitória: Faculdade Católica Salesiana, 2011. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - Faculdade Católica Salesiana, Espírito Santo, Vitória, 2011.

FERNANDES, M.F. M.; FILGUEIRAS, C. A. L. Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios). **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 2205–2213, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/7CTjGcTGJww4rrbHND3LzBg/?lang=pt>. Acesso em: 18 set. 2022.

FERRARIS, C.; RIMICCI, C.; GARELLI, S. *et al.* Nanosystems in Cosmetic Products: A Brief Overview of Functional, Market, Regulatory and Safety **Concerns**.

Pharmaceutics, v. 13, n. 9, p. 1408, 2021. Disponível em:
<https://www.mdpi.com/1999-4923/13/9/1408>. Acesso em: 02 out. 2022.

FERREIRA, E. I.; MARTINS; GIOIELLI, L. A.; *et al.* **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**. Repositorio.usp.br. 2020 Disponível em:
<https://repositorio.usp.br/item/002989299>. Acesso em: 17 jul. 2022.

FERREIRA, L. V. V. **Nanotecnologia na formulação de cosméticos**. Tese (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Universidade de Coimbra, Coimbra. 2016. Disponível em:
https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/48486/1/M_Laura%20Ferreira.pdf. Acesso em: 14 out. 2022.

FONSECA-SANTOS, B.; CHORILLI, M.; GREMIÃO, M. P. D. Nanotechnology-based drug delivery systems for the treatment of Alzheimer's disease. **International Journal of Nanomedicine**, p. 4981, ago. 2015.

FRONZA, T. **Estudo exploratório de mecanismos de regulação sanitária de produtos cosméticos de base nanotecnológica no Brasil**. 2006. 92 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Farmácia, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2006.

FRONZA, T. *et al.* **Nanocosméticos: Em Direção ao Estabelecimento de Marcos Regulatórios**. 1 ed. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, 2007. 61 p.

FYTIANOS, G.; RAHDAR, A.; KYZAS, G. Z. Nanomaterials in Cosmetics: Recent Updates. **Nanomaterials**, v. 10, n. 5, p. 979, mai. 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GONÇALVES, J. C. *et al.* **Nanotecnologia aplicada à pele**. Dissertação de Mestrado. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias - Escola de Ciências e Tecnologias da Saúde, s.l, 2014.

GUPTA, V. *et al.* Nanotechnology in Cosmetics and Cosmeceuticals - A Review of Latest Advancements. **Gels**, v. 8, n. 3, p. 173, mar. 2022.

GUTERRES, S. S.; ALVES, M. P.; POHLMANN, A. R. Polymeric nanoparticles, nanospheres and nanocapsules, for cutaneous applications. **Drug target insights**, v. 2, p. 147–57, 2007.

HANS, M. L.; LOWMAN, A. M. Biodegradable nanoparticles for drug delivery and targeting. **Current Opinion in Solid State and Materials Science**, v. 6, n. 4, p. 319–327, ago. 2002.

HERBST, M. H., MACÊDO, M. I. F., ROCCO, A. M. Tecnologia dos nanotubos de carbono: tendências e perspectivas de uma área multidisciplinar. **Química Nova**, 27(6), p. 986–992. 2004. DOI:10.1590/s0100-40422004000600025.

HUPFFER, H. M.; LAZZARETTI, L. L. Nanotecnologia e sua regulamentação no Brasil. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 16, n. 3, p. 153–177, mai. 2022.

KAUR, I.; AGRAWAL, R. Nanotechnology: A New Paradigm in Cosmeceuticals. **Recent Patents on Drug Delivery & Formulation**, v. 1, n. 2, p. 171–182, jun. 2007.

KENTISH, S., *et al.* The use of ultrasonics for nanoemulsion preparation. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Oxford, v. 9, n. 2, p. 170-175, 2008.

KHAYATA, N. *et al.* Preparação de nanocápsulas carregadas de vitamina E pelo método de nanoprecipitação: Da escala laboratorial à grande escala usando um contator de membrana. **Revista Internacional de Farmácia**, v. 423, n. 2, p. 419-427, 2012.

KOROLEVA, M. Y.; YURTOV, E.V. Nanoemulsions: the properties, methods of preparation and promising applications. **Russian Chemical Reviews**, v. 81, n. 1, p. 21, 2012.

KOTHAMASU, P. *et al.* Nanocapsules: the weapons for novel drug delivery systems. **BiolImpacts**, v. 2, n. 2, p. 71–81, 2012.

KOTHEKAR, S. C.; WAGHMARE, J. T.; MOMIN, S. A. Rationalizing and producing nanoemulsions for personal care. **Cosmetics and toiletries**, v. 121, n. 7, 2006.

LA CUTANEE. **Diferença dos nanocosméticos**. 2020. Blog La Cutanee. Disponível em: <https://blog.lacutanee.com.br/nanocosmeticos/conhecendo-o-poder-da-nanotecnologia-em-dermocosmeticos/attachment/diferenca-nanocosmeticos-rg-complicite/>. Acesso em: 22 out. 2022

MARÇALO, A. R. A. **Nanotecnologia na Dermocosmética: Aplicação a formulações antienvhecimento**. 2013. 90 p. Tese (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Faro, 2013.

MARCATO, P. D. D. Preparação, caracterização e aplicações em fármacos e cosméticos de nanopartículas lipídicas sólidas. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 6(2), p. 1-37, 2009.

MCCLEMENTS, D. J.; RAO, J. Food-grade nanoemulsions: formulation, fabrication, properties, performance, biological fate, and potential toxicity. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 51, n. 4, p. 285-330, 2011.

MEDEIROS-NEVES, B. *et al.* Recent patents concerning the use of nanotechnology-based delivery systems as skin penetration enhancers. **Recent patents on drug delivery & formulation**, v. 13, n. 3, p. 192-202, 2019.

MEHNERT, W.; MADER, K. Solid lipid nanoparticles: production, characterization and applications. **Advanced drug delivery reviews**, v. 64, p. 83-101, 2012.

MIHRANYAN, A.; FERRAZ, N.; STROMME, M. Current status and future prospects of nanotechnology in cosmetics. **Progress in Materials Science**, v. 57, n. 5, p. 875–910, jun. 2012.

- MITSUYASU, A. H.; RIBEIRO, F. S.; MARTINS, L. D. L. **Microscópio de tunelamento por varredura: STM**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- MORAES, J. D. C. **Nanotecnologia: o olhar do futuro**. 2015. 41 p. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal do Pará, Cametá, 2015.
- MORGANTI, P.; CHEN, H.; MORGANTI, G. **Nanocosmetics: future perspective**. In: **Nanocosmetics**. Elsevier, 2020. p. 455-481.
- National Science Foundation. **Nanotechnology definition**. 2000. Disponível em: http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/omb_nifty50.jsp. Acessado em: 22 out. 2022.
- NNI (National Nanotechnology Initiative). **What is Nanotechnology?**. 2016. Disponível em: <https://www.nano.gov>. Acesso em: 01 out. 2022.
- PEPIC, I. *et al.* Nanotherapeutics in the EU: an overview on current state and future directions. **International Journal of Nanomedicine**, p. 1005, fev. 2014.
- PEREIRA, M. A.; CHAVES, R.; VALÉRIO, P. P. **Perspectivas da aplicação de nanociência à produção de fotoprotetores**. *Conjecturas*, v. 22, n. 8, p. 1056–1076, jul. 2022.
- PRADO, F. K. **Desenvolvimento de método analítico para quantificação de antineoplásico em sistemas de liberação controlada de fármacos**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.
- QUINTANAR-GUERRERO, D. *et al.* Adaptation and optimization of the emulsification-diffusion technique to prepare lipidic nanospheres. **European journal of pharmaceutical sciences**, v. 26, n. 2, p. 211-218, 2005.
- RAJ, S. *et al.* Nanotechnology in cosmetics: Opportunities and challenges. **Journal of pharmacy & bioallied sciences**, v. 4, n. 3, p. 186, 2012.
- REIS, C. P. *et al.* Nanoencapsulação I. Métodos para preparação de nanopartículas poliméricas carregadas com drogas. **Nanomedicina: Nanotecnologia, Biologia e Medicina**, v. 2, n. 1, pág. 8-21, 2006.
- SALAVKAR, S. M.; TAMANEKAR, R. A.; ATHAWALE, R. B. Antioxidants in skin ageing - Future of dermatology. **International Journal of Green Pharmacy**, p. 161-168, jul./set. 2011. DOI:10.4103/0973-8258.91221.
- SANTOS, E. P. **Nanotecnologia: Fundamentos, Aplicações e Oportunidades**. Faculdade de Farmácia, UFRJ, Departamento de Medicamentos, Laboratório Galênico LADEG, 2009. Disponível em: <https://docplayer.com.br/4876452-Faculdade-de-farmacia-ufrj-departamento-de-medicamentos-laboratorio-de-desenvolvimento-galenico-ladeg-nanotecnologia.html>. Acesso em: 18 ago. 2022.
- SANTOS, Priscilla Crispiniano dos. **Nanopartículas: toxicidade biológica**. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/898>. Acesso em: 06 jun. 2022.

SCHMALTZ, C.; SANTOS, J. V.; GUTERRES, S. S. Nanocápsulas como uma tendência promissora na área cosmética: a imensa potencialidade deste pequeno grande recurso. **Infarma**, v. 16, n. 13-14, p. 80-85, 2005.

SECHI, M.; SANNA, V.; PALA, N. Targeted therapy using nanotechnology: focus on cancer. **International Journal of Nanomedicine**, p. 467, jan. 2014.

SHMIDTT, A.; OLIVEIRA, C.; GALLAS, J. C. **O mercado da beleza e suas consequências**. UNIVALI, 2009. Disponível em: <http://siaibib01.univali.br/pdf/alexandra%20shmidt%20e%20claudete%20oliveira.pdf>. Acesso em: 17 out. 2022.

SHARMA, B.; SHARMA, A. Future Prospects of Nanotechnology in Development of AntiAgeing Formulations. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 4, n. 3, p. 57-66, 2012.

SILVA, E. V. *et al.* **O corpo na transversal do tempo: da sociedade disciplinar à sociedade de controle ou da analítica de" um corpo que cai**. 2006. Disponível em: <https://repositorio.pucsp.br/jspui/handle/handle/3747>. Acesso em: 18 out. 2022.

SOLANS, C. *et al.* Nano-emulsions. **Current opinion in colloid & interface science**, v. 10, n. 3-4, p. 102-110, 2005.

SOUTO, E. B.; SEVERINO, P.; SANTANA, M. H. A. Preparação de nanopartículas poliméricas a partir de polímeros pré-formados: parte II. **Polímeros**, v. 22, n. 1, p. 101–106, jan. 2012.

STATNANO. **Nano Science, Technology and Industry Scoreboard**. 2018. Disponível em: <<http://product.statnano.com>>. Acesso em 21 out. 2022.

TAVEIRA, S. F. **Nanopartículas Lipídicas Sólidas (NLS) como carreadores de fármacos para o tratamento tópico do câncer de pele**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.

TEWES, F. *et al.* Estudo comparativo de nanopartículas de poli(lactídeo-co-glicólido) carregadas de doxorrubicina preparadas por métodos de emulsão simples e dupla. **Revista Europeia de Farmacêutica e Biofarmacêutica**, v. 66, n. 3, pág. 488-492, 2007.

VERDE, F.; WEID, I.; SANTOS, P. R. **Radar Tecnológico - Nanocosméticos**. Ministério Da Indústria, Comércio Exterior e Serviços Instituto Nacional Da Propriedade Industrial. 2017. Disponível em: https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/arquivos-cepit/n14_radar_tecnologico_nanocosmeticos_versao_estendida_20171116.pdf. Acesso em: 28 out. 2022.

VITHANI, Kapilkumar; GOYANES, Alvaro; JANNIN, Vincent; *et al.* A Proof of Concept for 3D Printing of Solid Lipid-Based Formulations of Poorly Water-Soluble Drugs to Control Formulation Dispersion Kinetics. **Pharmaceutical Research**, v. 36,

n. 7, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31098846/>>. Acesso em: 18 dez. 2022.

WHEATLEY, M. A.; LEWANDOWSKI, J. Nano-sized ultrasound contrast agent: salting-out method. **Molecular Imaging**, v. 9, n. 2, p. 7290.2010. 00007, 2010.

WOOSTER, T. J.; GOLDING, M.; SANGUANSRI, P. Impact of oil type on nanoemulsion formation and Ostwald ripening stability. **Langmuir**, v. 24, n. 22, p. 12758-12765, 2008.

WU, X.; GUY, R. H. Applications of nanoparticles in topical drug delivery and in cosmetics. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 19, n. 6, p. 371-384, 2009.

YAPAR, E. A. *et al.* Nanomaterials and cosmetics. **Journal of Faculty of Pharmacy of Istanbul University**, v. 1, n. 42 (1), p. 43-70, 2012. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22923959/>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

YUKUYAMA, M. N. *et al.* Nanoemulsion: process selection and application in cosmetics—a review. **International journal of cosmetic science**, v. 38, n. 1, p. 13-24, 2016.

ZAMBRANO-ZARAGOZA, M. L. *et al.* Optimization of nanocapsules preparation by the emulsion–diffusion method for food applications. **LWT-Food Science and Technology**, v. 44, n. 6, p. 1362-1368, 2011. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29786478/>> Acesso em: 11 nov. 2022.

ZEINELDIN, Reema. **Lipossomas**. A pele que habito. 2015. Disponível em: <https://apelequehabito.pt/2015/11/25/lipossomas-2/>. Acesso em: 22 out. 2022.