



SOCIEDADE EDUCACIONAL SANTA CATARINA – UNISOCIESC
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOMEDICINA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANA JÚLIA SCHMITT
BRUNA DE SOUZA
JULIA BUZZI
MARTIN MÜLLER

NANOTECNOLOGIA APLICADA À DERMOCOSMÉTICOS:
UMA ANÁLISE DOS MECANISMOS DE AÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso Submetido a Sociedade Educacional Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Biomedicina.

Orientador: Prof. Everton Leber Borges

Jaraguá do Sul, SC

2023

**NANOTECNOLOGIA APLICADA À DERMOCOSMÉTICOS:
UMA ANÁLISE DOS MECANISMOS DE AÇÃO**

ANA JÚLIA SCHMITT

BRUNA DE SOUZA

JULIA BUZZI

MARTIN MÜLLER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Biomedicina da UNISOCIESC JARAGUÁ DO SUL como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.

Orientador(a): Prof. Everton Leber Borges

Aprovado em: ___/___/_____.

Orientador(a): Prof. Everton Leber Borges

Unisociesc Jaraguá do Sul

Membro: Prof^ª Magda Helena Ferrazza

Unisociesc Jaraguá do Sul

Membro: Prof^ª Vivian Binder Neis

Unisociesc Jaraguá do Sul

RESUMO

Introdução: A nanotecnologia é uma área ampla e recente definida pelo uso de partículas em escalas nanométricas para uma diversidade de funções e objetivos. Na área da cosmética, o seu surgimento proporcionou uma melhora notável na eficácia dos produtos de proteção e cuidados à pele. A presente revisão bibliográfica aprofunda-se nos mecanismos de ação de algumas das principais nanopartículas aplicadas na produção de dermocosméticos, discorrendo sobre as formas que esta tecnologia influencia na absorção, liberação e interação dos compostos ativos com a pele humana. Este estudo aborda também questões éticas relacionadas ao tema, que costuma estar acompanhado de intensas discussões a respeito dos possíveis riscos à saúde da população. **Objetivo:** Analisar e abordar, por meio de um levantamento bibliográfico, os mecanismos de ação de nanopartículas comumente aplicadas na produção de dermocosméticos, que resultam na potencialização dos efeitos terapêuticos e estéticos proporcionados por estes produtos na pele. **Material e métodos:** Os resultados desta revisão foram obtidos através da aplicação de critérios específicos de inclusão e exclusão em bases de dados que possuíam artigos e trabalhos relevantes para o assunto abordado. **Resultados:** A nanotecnologia foi capaz de propiciar avanços significativos na ação de dermocosméticos que adotaram o seu uso. Mecanismos de ação como o aumento da solubilidade, a liberação controlada e a penetração cutânea aprimorada, possíveis graças ao tamanho diminuto destas partículas e às suas estruturas, matrizes e ingredientes ativos variados, são os responsáveis por estas inovações. Sendo assim, os benefícios presentes nos nanocosméticos, que podem variar de acordo com as individualidades de cada nanopartícula, fazem com que estes produtos se diferenciem dos cosméticos tradicionais e se destaquem positivamente no mercado. **Conclusão:** Ao analisar os mecanismos de ação e comprovar a eficácia terapêutica dos nanocosméticos, constata-se que a nanotecnologia é um marco significativo na indústria cosmética. Para garantir a segurança dos consumidores e a confiança neste setor promissor, a abordagem das considerações éticas e de segurança é intrínseca a este assunto. Sendo assim, por meio desta pesquisa, identifica-se a necessidade da criação de protocolos minuciosos de avaliação toxicológica e de monitoramento dos potenciais efeitos a longo prazo destes produtos na pele humana.

Palavra-chave: nanotecnologia, cosméticos, dermatologia, mecanismos de ação, toxicidade dérmica.

ABSTRACT

Introduction: Nanotechnology is a broad and recent area defined by the use of particles at nanometer scales for a diversity of functions and objectives. In the cosmetics area, its emergence provided a notable improvement in the effectiveness of skin protection and care products. This literature review delves into the mechanisms of action of some of the main nanoparticles applied in the production of dermocosmetics, discussing the ways in which this technology influences the absorption, release and interaction of active compounds with the human skin. This study also addresses ethical issues related to the topic, which is usually accompanied by intense discussions regarding possible risks to the population's health. **Objective:** Analyze and expose, through a bibliographical survey, the mechanisms of action of nanoparticles commonly applied in the production of dermocosmetics, which result in the enhancement of the therapeutic and aesthetic effects provided by these products on the skin. **Material and methods:** The results present in this review were obtained through the application of specific inclusion and exclusion criteria in databases that had articles and works relevant to the covered subject. **Results:** Nanotechnology was able to provide significant advances in the action of dermocosmetics that adopted its use. Mechanisms of action such as increased solubility, controlled release and improved skin penetration, possible thanks to the small size of these particles and their varied structures, matrices and active ingredients, are responsible for these innovations. Therefore, the benefits present in nanocosmetics, which may vary according to the individualities of each nanoparticle, make these products differentiate themselves from traditional cosmetics and stand out positively in the market. **Conclusion:** By exposing the mechanisms of action and proving the therapeutic efficacy of nanocosmetics, it is ascertained that nanotechnology is a significant milestone in the cosmetic industry. To ensure consumer safety and trust in this promising sector, addressing ethical and safety considerations is intrinsic to this issue. Therefore, through this research, it is identified the need to create detailed protocols for toxicological assessment and monitoring of the potential long-term effects of these products on the human skin.

Keywords: nanotechnology, cosmetics, dermatology, mechanisms of action, dermal toxicity.

1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia baseia-se na utilização de partículas em escalas nanométricas (o tamanho de um nanômetro equivale à um bilionésimo do metro) e os sistemas nessa escala de tamanho possuem características funcionais únicas, onde pequenas mudanças na estrutura das matérias a este nível podem promover alterações consideráveis em suas propriedades químicas e físicas¹.

Diante do enorme potencial para geração de produtos, diversas empresas no país descobriram na nanotecnologia uma oportunidade de negócio para inovar e elevar o valor agregado de seus produtos e serviços². 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 consumidor³.

Os dermocosméticos com atividade nanotecnológica surgem como estratégia para potencializar a permeação e eficácia de princípios ativos contidos nos cosméticos, tendo suas substâncias preservadas e protegidas por mais tempo, evitando assim sua degradação, além de apresentar a possibilidade de tratamento de áreas específicas⁴.

Desta forma, esta pesquisa visa abordar os mecanismos de ação presentes em diferentes tipos de estruturas de nanopartículas comumente empregadas em nanocosméticos para a identificação dos principais benefícios na produção de nanocosméticos e para avaliar as discussões emergentes a respeito dos possíveis riscos presentes na aplicação desta tecnologia no setor cosmético.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica narrativa a respeito dos mecanismos de ação presentes em nanopartículas popularmente utilizadas em dermocosméticos. A pesquisa foi realizada nos meses de setembro a novembro de 2023 e as plataformas de pesquisa utilizadas para este levantamento bibliográfico foram: Scielo (Scientific Electronic Library Online), PubMed (MEDLINE – Medical Literature Analysis and Retrieval System Online), Google Acadêmico, repositórios institucionais da UNISINOS, da PUC – Goiás e da Fiocruz e o serviço de busca de registros CEPIT.

A seleção dos artigos foi conduzida pela combinação de 5 palavras-chave: nanotecnologia, cosméticos, dermatologia, mecanismos de ação e toxicidade dérmica. Seguidamente, foram aplicados como critérios de inclusão: artigos completos, publicados durante o período de 2009 a 2023 e disponíveis nos idiomas português e inglês. O critério de exclusão foi baseado na relevância do conteúdo em relação ao tema proposto. Desta forma, após uma análise dos títulos e resumos dos resultados obtidos, obteve-se um total de 27 artigos lidos na íntegra, que foram reduzidos a 17 depois de uma avaliação comparativa entre os textos selecionados (figura 1).

Figura 1 - Fluxograma da Metodologia



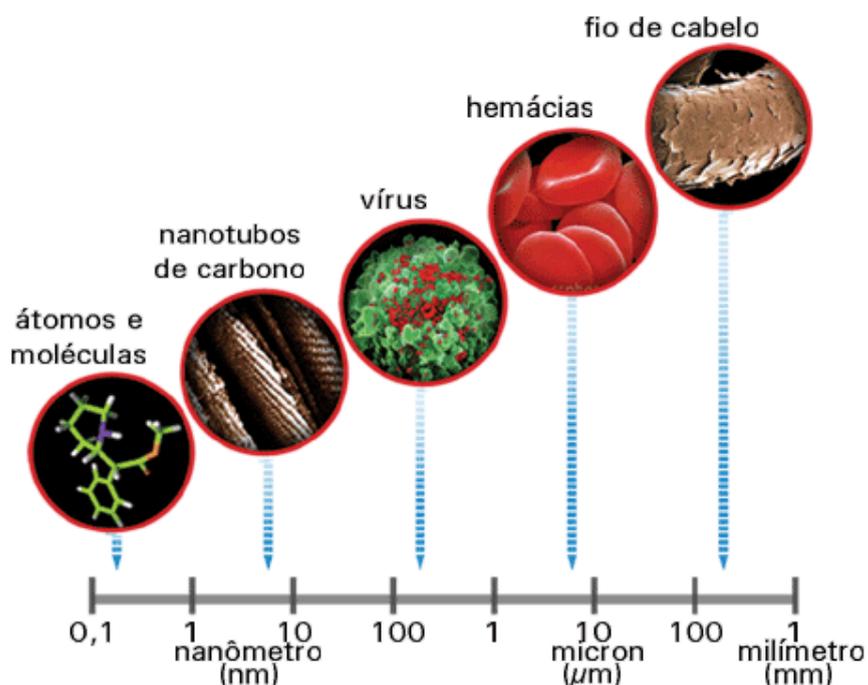
Fonte: Autores, 2023.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COSMÉTICOS E O SURGIMENTO DA NANOTECNOLOGIA

A nanotecnologia define-se como um campo científico multidisciplinar baseado no desenvolvimento, caracterização, produção e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas com forma e tamanho na escala nanométrica, podendo apresentar propriedades químicas, físico-químicas e comportamentais diferentes daquelas apresentadas em escalas maiores (figura 2)⁵.

Figura 2 - Dimensões representativas de algumas estruturas em suas várias escalas



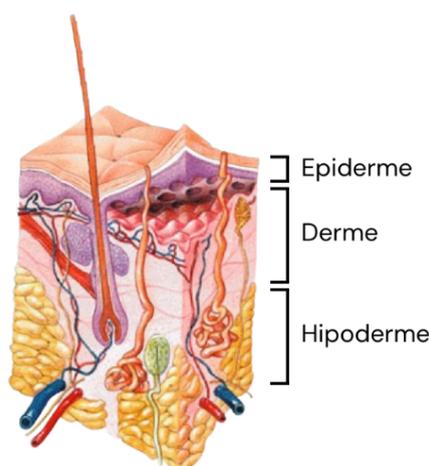
Fonte: TOMA, Henrique E, 2009.

Cosméticos são definidos por “preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral”⁶.

Atualmente, a nanotecnologia voltada para a cosmética concentra-se principalmente em produtos destinados à aplicação na pele do rosto e do corpo, com ação antienvelhecimento e de fotoproteção. As nanoestruturas funcionam como reservatórios que controlam a profundidade de penetração do cosmético na pele e a velocidade com que o ativo será liberado⁷.

Para que se possa entender o mecanismo de ação da pele em relação a absorção dos produtos é importante considerar que a pele é uma grande superfície de absorção para cosméticos e é composta por três camadas, onde ocorre a permeação das substâncias ativas: epiderme, derme e hipoderme (figura 3)¹. Tal órgão é considerado uma via de administração promissora, uma vez que possui ação sistêmica minimizada, ou seja, é mais seletiva que as demais vias de administração. A epiderme é constituída por várias camadas formadas por queratinócitos nos diferentes estágios celulares, sua formação é dada pelas camadas basal, espinhosa, granulosa e córnea, sendo a basal a mais interna das quatro. A camada córnea, por sua vez, é a mais externa, possui uma complexa formação estrutural o que dificulta em muito a ação de substâncias de aplicação tópica, mas por outro lado também atua como um reservatório para tais substâncias⁸.

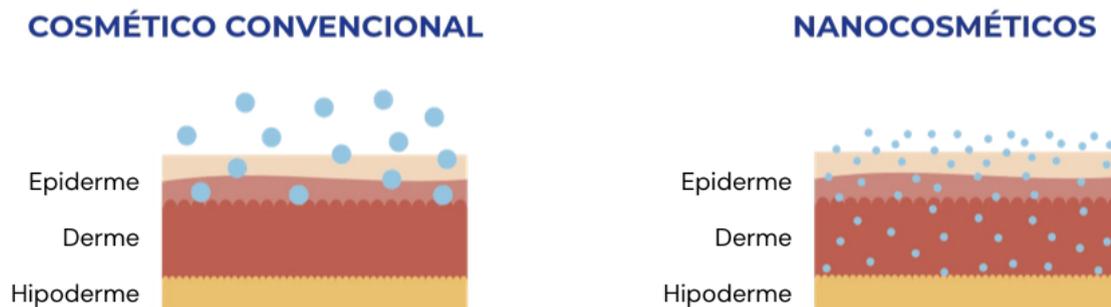
Figura 3 - Estrutura da pele



Fonte: ELIPECHUK, Natasha, ZANCAN, Lali R., 2014.

Quanto maior o grau de penetração, mais invasiva será a atuação do nanocosmético. É importante destacar que a penetração dos nanocosméticos vai até a derme, que é uma camada intermediária das três existentes na pele humana (figura 4). Chama a atenção que, pelo tamanho reduzido das partículas em escala nano, a sua penetração é maior⁹.

Figura 4 - Comparação da permeação de ingredientes ativos na pele entre cosméticos convencionais e nanocosméticos



Fonte: ROCHA, Caroline S., GAVA, Julia S., 2022.

Assim, a nanotecnologia permitiu, por exemplo, aperfeiçoar o desempenho de produtos já existentes no mercado, empregando materiais em escala nanométrica que passam a apresentar propriedades físicas, químicas e biológicas diferenciadas. Além disso, ao incorporar esses materiais sem modificar de modo significativo o processo de fabricação do produto, permite-se um ganho considerável, com menos risco e menores investimentos em P&D do que o desenvolvimento de inovações radicais. Na medida em que têm sido descobertas novas propriedades dos materiais quando os mesmos estão em escala nano, expectativas positivas em relação ao potencial de aplicação deste conjunto de tecnologias em todos os setores vêm se intensificando⁷.

No período entre 1994 e 2005, a L'Oreal (França) foi classificada como a quinta empresa no mundo com base no número de patentes relacionadas à nanotecnologia depositadas. Outras grandes empresas já utilizam a técnica de nanoencapsulamento em seus produtos, como, por exemplo, Lancôme e Givenchy¹⁰. O interesse pelas nanotecnologias no Brasil tem aumentado gradativamente, constatando-se um incremento cada vez maior das empresas, universidades e pesquisadores brasileiros com investimento nessa área. Observa-se que o principal foco dos nanocosméticos, aqui tratados, são produtos destinados à aplicação na pele do rosto e corpo, como os protetores solares, produtos antienvelhecimento e produtos que veiculam uma ampla gama de ativos¹¹. No Brasil, por exemplo, a empresa O Boticário apresenta uma linha de tratamento antienvelhecimento composta por diferentes produtos utilizando a nanotecnologia¹⁰.

A tabela 1 mostra a relação entre a aplicação e formulação sugeridas pela classificação do pedido. Assim, na primeira linha e coluna da tabela estão, respectivamente, os valores totais de pedidos para uma dada aplicação e formulação. Lembrando que uma mesma aplicação pode apresentar mais de um tipo de formulação, assim, a soma dos valores de uma coluna não é igual ao total de pedidos para uma dada aplicação⁷.

Tabela 1 - Relação entre a aplicação e formulação para amostra mundial

	Total	456	160	100	95	57	39	36	22	16
Total	Formulação/Aplicação	Tratamento da pele	Protetores solares e repelentes	Maquiagem	Tratamento de cabelos	Higiene bucal	Perfumes e desodorantes	Crescimento ou remoção de cabelos e pelos	Manicure e pedicure	Outros
399	Ingredientes orgânicos	248	66	53	46	21	15	25	9	6
317	Compostos orgânicos macromoleculares	161	61	44	37	12	13	16	8	5
293	Ingredientes inorgânicos	115	82	49	20	37	11	11	10	3
230	Forma física	128	40	37	28	11	12	8	4	10
201	Constituição desconhecida	145	31	15	23	5	8	12	2	1
162	Dispersões e emulsões	89	32	25	24	8	3	2	4	3
111	Composições encapsuladas	51	25	19	16	6	11	9	6	4
82	Óleos, gorduras ou graxas e seus derivados	51	22	15	10	2	3	2	1	2
80	Lipossomas	62	17	13	10	1	3	4	2	1
3	Composições com duas ou mais fases	1			1	1				

Fonte: VILLA VERDE, Flávia R., WEID, Irene von der, SANTOS, Priscila R. dos, 2017.

Analisando-se a matriz de correlação, verifica-se que o setor de nanocosméticos apresenta maior expressividade em aplicações para tratamento de pele que possuem em sua formulação ingredientes orgânicos e compostos orgânicos macromoleculares. No entanto, no caso de protetores solares e repelentes, há maior prevalência de uso de ingredientes inorgânicos nas composições⁷.

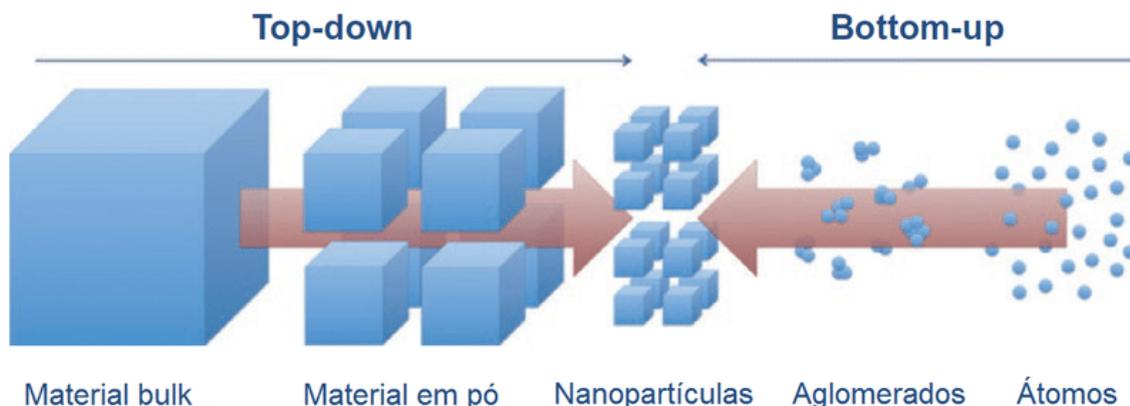
3.2 TIPOS FUNDAMENTAIS E NANOPARTÍCULAS

Para se obter nanopartículas, duas abordagens principais são utilizadas:

a) O método “de baixo para cima”, em que nanopartículas são montadas a partir de dimensões moleculares;

b) O método “de cima para baixo”, que reduz partículas maiores através do uso de métodos físico-químicos. Na cosmética, a abordagem “de cima para baixo” é comumente utilizada para produzir diferentes tipos de estruturas. Exemplos dessas estruturas incluem nanossomas, cubossomas, niossomas e lipossomas (figura 5)¹².

Figura 5 - Abordagens utilizadas para a obtenção de nanopartículas

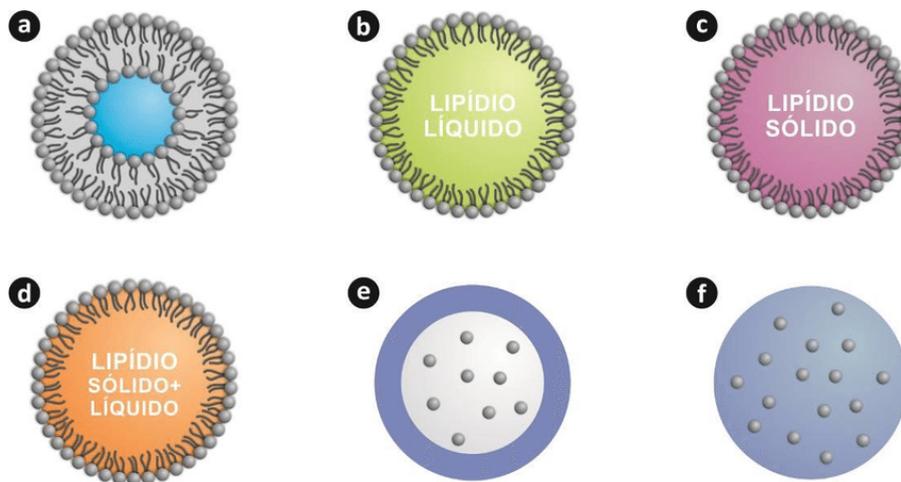


Fonte: CHRISCHON, Dieivase da S., 2016.

Pode-se afirmar que no setor de cosmético, a nível mundial, existem tecnicamente há mais de dez anos, basicamente, dois tipos fundamentais de nanoestruturas, quais sejam, as nanopartículas lábeis e não lábeis, as quais serão examinadas a seguir. A fim de esclarecer o que são nanopartículas lábeis e não lábeis tornam-se importantes as seguintes considerações: as nanopartículas lábeis “são aquelas que desintegram, degradam ou dissolvem no organismo ou no meio ambiente. Entre elas, temos lipossomas, nanocápsulas e nanopartículas lipídicas. Já as nanopartículas não lábeis são formadas por materiais insolúveis como, por exemplo, metais, óxidos metálicos e carbonos, tendo menos de 1000 nm de tamanho e sendo utilizadas basicamente em fotoprotetores. Estas nanopartículas - não lábeis - têm sua segurança questionada mundialmente¹¹.

Atualmente, diferentes agências regulatórias internacionais definem nanomateriais com base em sua função, forma, carga, proporção da área superficial, volume ou outras propriedades físicas ou químicas (figura 6)². Dentre as partículas citadas a seguir, todas elas apresentam vantagens e desvantagens em relação à estabilidade e eficiência em sistemas nanoparticulados aplicados à cosméticos, que serão expostas a seguir¹³.

Figura 6 - Ilustração esquemática de sistemas nanoestruturados utilizados em nanocosméticos



(a) Lipossoma; **(b)** Nanoemulsão; **(c)** Nanopartícula lipídica sólida; **(d)** Carreador lipídico nanoestruturado; **(e)** Nanocápsula; **(f)** Nanoesfera.

Fonte: POHLMANN, Mariana, et al., 2016.

Lipossomas são estruturas vesiculares formadas por uma ou mais bicamadas concêntricas de lipídios intermediadas por compartimentos aquosos. Estes sistemas possuem natureza anfífilica, elevada biocompatibilidade e biodegradabilidade, especialmente quando são formulados a partir de lipídios naturais¹⁴. Estas vesículas podem agir: (a) como transportadoras para levar moléculas encapsuladas para dentro ou através da pele; (b) como intensificadoras de penetração para modificar a lamela lipídica intercelular; (c) como um depósito para a liberação contínua de compostos ativos; (d) como uma barreira de membrana que limita o local para um sistema controlado de entrega transdermal ou transepidermal¹².

As nanoemulsões são gotículas que medem entre 50 a 200 nm. Elas são produzidas através de materiais oleosos, um processo de mistura entre água e óleo, que produz gotículas estáveis por anos e que suportam temperaturas elevadas⁴. O uso de nanoemulsões proporciona uma maior hidratação da pele, melhorando a sua elasticidade, devido a sua capacidade de ultrapassar o estrato córneo, são utilizadas na área da dermocosmética em produtos para a hidratação da pele e cabelos, mas também pode ser empregada na formulação de óleos de banho e em cremes para antienvhecimento. As nanoemulsões se apresentam transparentes

ou leitosas, fluidas e agradáveis ao toque, dessa forma possibilita melhores propriedades de espalhabilidade na pele¹.

As nanopartículas lipídicas sólidas são formadas por uma dispersão de lipídios com alto ponto de fusão, como, por exemplo, o palmitato de cetila, em meio aquoso¹⁴. Dentre as vantagens de seu uso podemos citar a capacidade de proteção química de componentes lábeis, possibilidade de liberação controlada e aumento da superfície de contato de substâncias encapsuladas ao extrato córneo, além disso, a não utilização de solventes orgânicos para sua produção e facilidade de aumento de escala⁸.

Outra geração de nanopartículas são os carreadores lipídicos nanoestruturados, desenvolvidos através da junção de lipídio sólido com lipídio líquido. Com o intuito de aumentar a capacidade de incorporação do ativo, a mistura de lipídios nos carreadores lipídicos nanoestruturados prorroga a transição polimérica e aumenta a estabilidade do sistema⁴. Além disso, esses transportadores de lipídios criam uma nanocamada lipídica na superfície da pele, evitando a evaporação da água e, conseqüentemente, aumentando a hidratação da pele¹².

Outra principal nanoestrutura são as nanopartículas poliméricas, estruturas estáveis e que podem ser manipuladas para liberar o seu princípio ativo somente no local desejado⁴. Dependendo do método de preparo e materiais empregados, podem ser obtidas nanoesferas ou nanocápsulas. Nas nanocápsulas, o fármaco pode ser encontrado dissolvido no núcleo oleoso ou adsorvido na parede polimérica. Já as nanoesferas são constituídas de matriz polimérica e não apresentam óleo em sua composição. Neste sistema, o fármaco pode ser encontrado retido, adsorvido ou disperso na matriz polimérica¹³.

Com a grande diversidade de nanopartículas, é importante ser seletivo na escolha de qual nanoestrutura usar no preparo do cosmético, ter em consideração o princípio ativo a ser utilizado, o efeito desejado e o local a ser atingido⁴.

Uma classe de ativos que podem ser encapsulados são os compostos extraídos de vegetais. Os extratos vegetais são fontes promissoras de substâncias bioativas, porém em seu estado bruto podem ter a atividade antioxidante comprometida em razão de sua instabilidade físico-química. Neste contexto, a nanotecnologia pode ser utilizada para a estabilização de diferentes compostos,

umentando também a estabilidade dos produtos finais. As nanopartículas, em geral, são caracterizadas por possuir uma alta superfície de contato e um grande número de partículas por unidade de peso. Para a formação de nanopartículas, a área de superfície por unidade de peso da partícula aumenta 102 vezes quando a partícula é reduzida de 1 μm para 10 nm e o número de partículas por peso aumenta 106 vezes. Com isso, as propriedades originais do material bruto, como, por exemplo, a temperatura de fusão e a solubilidade, também se modificam. Com base nas características decorrentes do tamanho diminuto, as nanopartículas contendo substâncias ativas são utilizadas com a intenção de melhorar sua funcionalidade, como, por exemplo, melhorar a disponibilidade ou estabilidade quando comparada com o mesmo material na forma molecular¹⁰.

Tabela 2 - Exemplos de sistemas utilizados para estabilização dos ativos e seus métodos de preparação

Ativo	Sistema Nanoestruturado	Método(s) de preparação	Referência
Vitamina E	Nanocápsulas	Nanoprecipitação	(34)
Triclosan	Nanoesferas	Emulsificação-evaporação solvente	(35)
Vitamina A	Nanopartículas lipídicas sólidas (NLS)	Pré-mistura seguida de processamento em homogeneizador	(36)
Coenzima Q10	Nanoemulsões	Pré-emulsão seguida de processamento em homogeneizador	(37)
Octilmetoxicinamato	Microemulsões	Inversão de fase com modificação de temperatura	(38)
Ácido L-ascórbico	Lipossomas	Hidratação do filme lipídico	(39)
Extrato de chá preto	Niossomas	Hidratação do filme lipídico seguido de sonificação	(40)

Fonte: DAUDT, Renata M., et al., 2013.

São inúmeras as vantagens proporcionadas por um nanocosmético, destacando-se: a proteção do ativo encapsulado contra a degradação química ou enzimática; a liberação gradual de ativos em doses favoráveis; a melhora na homogeneidade das formulações; o aumento da estabilidade e da eficácia dos produtos; e o aumento da capacidade de oclusão da pele, devido ao tamanho nanométrico dos sistemas⁹.

3.3 RISCOS DAS NANOPARTÍCULAS À SAÚDE HUMANA

A percepção de risco da nanotecnologia é limitada, mas está crescendo rapidamente¹⁵. A pesquisa sobre aspectos técnicos e científicos da nanotecnologia recebe crescentes investimentos e alguns produtos já chegam ao consumidor, como medicamentos, cosméticos e vestimentas. Embora muito analisado e explorado pelas ciências exatas e naturais, este fenômeno recente e – o que mais interessa aqui – suas possíveis consequências éticas são ainda em boa parte desconhecidas pela população em geral¹⁶.

De fato, à medida que diminui o tamanho de partículas, aumenta-se a capacidade de penetração na pele, assim como penetrar em outras barreiras. A questão central disso é saber a quantidade que permeia para outras camadas não-alvo e como essa porção de penetração deve ser distribuída e eliminada, quando aplicável. Com isso, ainda é difícil prever sobre os efeitos tóxicos ou efeitos adversos da utilização dos nanomateriais no organismo, por isso, antes de chegarem ao mercado, os produtos nanoestruturados devem ser eficientemente testados e passar por diversos ensaios clínicos onde avaliam sua eficácia terapêutica e segurança em relação ao paciente. Embora o mercado seja promissor, ainda é ampla a discussão acerca desta tecnologia devido aos custos e toxicidade. Apesar de apresentarem elevado potencial e aplicabilidade, existem algumas incógnitas sobre o uso da nanotecnologia em cosméticos, pois suas limitações e riscos ainda não estão devidamente delineados¹.

A evolução da nanotecnologia proporcionará oportunidades para a dermatologia e desenvolvimento de novas terapias biocompatíveis e biodegradáveis e compostos mais ativos. Nos protetores solares, por exemplo, possuem nanopartículas de óxido de titânio. Tais partículas garantem proteção UV: como um filme feito com uma infinidade de espelhos minúsculos, elas são aplicadas sobre a

pele e refletem a radiação ultravioleta. Entretanto, há controvérsias sobre estas minúsculas partículas. Elas podem penetrar na pele caso haja algum ferimento e iniciar uma reação inflamatória. A utilização das nanopartículas em protetores solares na forma de spray também pode apresentar problemas. Cientistas têm receio que estas partículas possam causar efeitos prejudiciais aos pulmões quando inaladas. Mesmo o efeito no meio ambiente ainda não foi adequadamente pesquisado. Por tudo isso, se insiste na necessidade da correta estruturação do direito à informação do consumidor⁹.

Os possíveis riscos advindos da utilização de nanocosméticos, advém do uso de nanoestruturas com partículas que possuem diâmetro muito reduzido em relação às barreiras celulares dos seres humanos, segundo avaliação do Comitê Científico de Produtos ao Consumidor da Comissão Europeia (SCIENTIFIC COMMITTEE ON CONSUMER PRODUCTS – SCCP, 2005). E ainda, conforme já esclarecido em item anterior, a observação quanto à classificação das nanopartículas em ‘não lábeis’ e ‘lábeis’ também é de máxima importância pois, enquanto as ‘lábeis’ (ou biodegradáveis) se dissolvem física ou quimicamente após sua aplicação sobre a pele, as ‘não lábeis’ (ou não biodegradáveis) – insolúveis – não se desestruturam, podendo se agregar e gerar danos ao local de destino⁹.

O impacto das nanopartículas no ser humano depende de vários fatores e das propriedades que estas apresentam, como tamanho, massa, composição química e superfície, além da maneira como ocorre a agregação dessas nanopartículas. O modo como elas penetram o corpo (através da pele, por inalação ou por via oral) também gera diversos impactos¹⁷.

Ressalta-se que os nanomateriais, utilizados para criação de produtos nanotecnológicos, apresentam características exclusivas, ou seja, novas, quando comparadas aos seus similares em escala maior (ou macro). Assim, motivos adicionais devem ser considerados, como a apresentação de grande aumento de sua reatividade química e a grande diversidade estrutural-funcional. Deste modo, os estudos e testes tradicionais para a verificação de toxicidade não estão completamente adaptados para nanomateriais, em virtude do rápido avanço experimentado pela área e da carência de trabalhos sistemáticos e integrados⁹.

3.4 REGULAMENTAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA

Os eventuais riscos e a preocupação que se apresenta advêm de estudos desenvolvidos atestando o ínfimo tamanho das nanopartículas que compõe as estruturas de um nanocosmético, o alcance a estrutura celular do ser humano, conjuntamente com seu alcance a corrente sanguínea, a utilização costumas do produto nanocosmético, entre outras questões técnicas. A ciência vem abrindo suas portas para o ingresso de outras áreas do conhecimento, as quais poderão contribuir consideravelmente na evolução das pesquisas em nanotecnologia, em todos seus aspectos¹¹.

Na atualidade não existe obrigatoriedade legal para informar a presença de nanoestruturas na composição de cosméticos e não há regulamentações, recomendações ou normas diferenciadas em sua rotulagem, o que nos leva a pressupor a existência de nanocosméticos disponíveis comercialmente que incorporam a nanotecnologia sem que haja um registro formal. Em escala internacional o Food and Drug Administration (FDA) regula os produtos de base nanotecnológica caso a caso, tendo como objeto de regulação o produto em si, e não a tecnologia. No ano de 2006 o FDA anunciou a criação de uma força tarefa interna para a discussão de assuntos relacionados à nanotecnologia, de forma semelhante na Europa os produtos à base de nanotecnologia são regidos por legislação específica e as autoridades regulatórias não exercem um controle rígido sobre a introdução de novos produtos cosméticos no mercado. No Brasil, ainda não existem requisitos específicos para o registro de produtos cosméticos de base nanotecnológica, além disso, praticamente inexistem estudos ou discussões a respeito da regulamentação sobre estes produtos, não tendo desta maneira garantia de que seus riscos e benefícios serão pesquisados e regulamentados. Ao contrário do Brasil, países da Comunidade da União Europeia e Estados Unidos investem constantemente em estudos para o melhor entendimento do emprego desta tecnologia nestas formulações, porém, assim como o Brasil, ainda não possuem uma regulamentação definida⁸.

4. CONCLUSÃO

Diante do que foi exposto neste trabalho, constata-se o crescimento da nanotecnologia em áreas da saúde humana, principalmente na produção dos cosméticos. Os produtos que contém nanotecnologia se diferenciam em muitos aspectos dos demais produtos tradicionais encontrados hoje no mercado; a utilização de nanopartículas surge como estratégia para potencializar a eficácia de princípios ativos contidos nos cosméticos, o que vem permitindo que ao longo dos anos a indústria cosmética invista cada vez mais no desenvolvimento de produtos que contenham nanotecnologia, além da redução de doses, e riscos nos procedimentos, também melhora a estabilidade podendo aumentar o prazo de validade de produtos.

A nanotecnologia tem sido considerada como uma boa alternativa em conjunto aos ativos usuais e, devido aos ganhos em eficácia e custo-benefício, as aplicações desses materiais têm sido ampliadas para vários produtos. No Brasil, nas últimas duas décadas, houve diversas iniciativas governamentais de fomento e estruturação do setor. Diversas parcerias entre empresas e instituições públicas foram estabelecidas e resultaram na formação e na consolidação de empresas nacionais e algumas delas de atuação internacional. Esse breve histórico recente da nanotecnologia brasileira evidencia a importância da continuidade dos investimentos públicos para fomentar e coordenar as pesquisas em nanotecnologia e capacitar a indústria brasileira para competição no mercado internacional.

O resultado geral das discussões da União Europeia sobre a segurança de nanomateriais na dermatologia cosmética indicam que alguns riscos são inevitáveis, embora metodologias toxicológicas convencionais não sejam adequadas para avaliar a segurança deles. No presente, estes riscos permanecem hipotéticos porque estas declarações não são apoiadas por resultados de pesquisa documentados.

Quando as pessoas têm mais conhecimento sobre a nanotecnologia, elas têm mais informações sobre seus benefícios ou malefícios. Argumenta-se que essa tecnologia deveria ser incluída na educação formal para que seja ensinada de forma mais abrangente, como uma tecnologia do futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FARIAS, Lanna K. A. de *et al.* **O Uso de Nanotecnologia na Formulação de Cosméticos.** Revista Saúde Multidisciplinar, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 168-172, mar. 2023. Disponível em: <<https://revistas.famp.edu.br/revistasaudemultidisciplinar/article/view/641>>. Acesso em: 26 de set. 2023.
2. DIAS, Bruna de P. *et al.* **A Nanotecnologia no Brasil e o Desenvolvimento de Produtos com Atividade Antimicrobiana.** Química Nova, São Paulo, v. 44, n. 8, p. 1084-1092, 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/8kDD8ngQ9TnL4h49GJQhwNj>>. Acesso em: 2 de out. 2023.
3. ROCHA, Caroline S., GAVA, Julia S. **A Nanotecnologia Aplicada aos Cosméticos: Uma Revisão Bibliográfica.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biomedicina) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vila Velha, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/2651>>. Acesso em: 2 de out. 2023.
4. SILVA, Isadora da, MUNIZ, Bruno V. **Aplicabilidade da Nanotecnologia no Desenvolvimento de Dermocosméticos.** Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT, Itapeva, n. 2, p. 1-12, maio de 2020. Disponível em: <<http://fait.revista.inf.br/site/a/430-aplicabilidade-da-nanotecnologia-no-desenvolvimento-de-dermocosmeticos.html>> Acesso em: 26 de set. 2023.
5. FERREIRA, Aldo P., SANT'ANNA, Leonardo da S. **A Nanotecnologia e a Questão da sua Regulação no Brasil: Impactos à Saúde e ao Ambiente.** 2015. Revista UNIANDRADE, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 119-128. Disponível em: <<https://revistahom.uniandrade.br/index.php/revistauniandrade/article/view/171>>. Acesso em: 28 de out. 2023.

6. GARCIA, Mariana B. **Nanoemulsões Antienvhecimento: Uma Inovação para o Mercado Cosmético**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/197>>. Acesso em: 30 de out. 2023.
7. VILLA VERDE, Flávia R., WEID, Irene von der, SANTOS, Priscila R. dos. **Radar Tecnológico: Nanocosméticos**. Coordenação Geral de Estudos, Projetos e Disseminação da Informação Tecnológica – CEPIT, Rio de Janeiro, n. 14, p 1-17, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/arquivos-cepit/n14_radar_tecnologico_nanocosmeticos_versao_estendida_20171116.pdf>. Acesso em: 8 de nov. 2023.
8. ELIPECHUK, Natasha, ZANCAN, Lali R. **Aplicação de Nanotecnologia em Formulações Fotoprotetoras**. Portal de Periódicos da Faculdade Oswaldo Cruz, [S.I.], 2014. Disponível em: <https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Natasha%20Elipechuk.pdf> Acesso em: 8 de nov. 2023.
9. NASCIMENTO, Patrícia A. do, PINHEIRO, Fabriciano. **Toxicidade Dérmica por Nanocosméticos**. Portal de Periódicos da Faculdade Oswaldo Cruz, [S.I.], 2019. Disponível em: <https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Edicao_22_PATRICIA_ALVES_DO_NASCIMENTO.pdf>. Acesso em: 7 de nov. 2023.
10. DAUDT, Renata M. *et al.* **A Nanotecnologia como Estratégia para o Desenvolvimento de Cosméticos**. Ciência e Cultura, [S.I.] v. 65, n. 3, p. 28-31, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300011>. Acesso em: 8 de nov. 2023.
11. SILVA, Martiela A. T. da. **A Dignidade da Pessoa Humana como Elemento Estruturador para Embasar as Pesquisas e a Criação de Marcos Regulatórios**

aos Nanocosméticos. Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/4368>>. Acesso em: 7 de nov. 2023.

12. MORGANTI, Pierfrancesco, 2010. **Use and Potential of Nanotechnology in Cosmetic Dermatology.** Dove Medical Press, [S.I.], v. 3, p. 5-13, fev. 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3047942/>> Acesso em: 30 de set. 2023.

13. ASSIS, Beatriz A., 2018. **Nanocosmetotecnologia: principais nanoestruturas e suas aplicações.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://adelfa-api.mackenzie.br/server/api/core/bitstreams/cd76e874-0428-4d55-985c-58072a476ec7/content>>. Acesso em: 19 de nov. 2023.

14. CABRAL, Vanderleia P. L *et al.* **Nanotecnologia para o desenvolvimento de dermocosméticos anti-idade de uso tópico: revisão sistemática.** Brazilian Journal of Health Review, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 6-19, jan. 2023. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/55910>>. Acesso em: 2 de nov. 2023.

15. DIKMEN, Burcu T., BAĞRIAÇIK, Ezgi, GIERSBERGEN, Meryem Y. van. **Conhecimento e Conscientização de Estudantes de Enfermagem Sobre o Uso da Nanotecnologia na Área da Saúde.** Acta Paulista de Enfermagem, São Paulo, v. 35, p. 1-7, out. 2022. Disponível em: <<https://acta-ape.org/article/conhecimento-e-conscientizacao-de-estudantes-de-enfermagem-sobre-o-uso-da-nanotecnologia-na-area-da-saude/>>. Acesso em 6 de out. 2023.

16. PYRRHO, Monique, SCHRAMM, Fermin R., 2023. **A Moralidade da Nanotecnologia.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 28, n. 11, p.

2023-2033, nov. 2012. Disponível em:
<<https://www.scielo.br/j/csp/a/dWdK5cbj9rsTWGjQ5ZYJTgt/?lang=pt>>. Acesso em:
17 de nov. de 2023.

17. SOUZA, Pedro B. de *et al.* **Pesquisa e Desenvolvimento de Nanomedicamentos: Olhar Bioético.** Revista bioética, Brasília, v. 31, p. 1-9, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-803420233014PT>> Acesso em: 6 de out. 2023.