

## Perspectivas da aplicação de nanociência à produção de fotoprotetores

### Perspectives on the application of nanoscience to the production of sunscreens

Margarete Aparecida Pereira<sup>1\*</sup>, Rodrigo Chaves<sup>1</sup>, Pedro Prates Valério<sup>1</sup>, Esther V Firmino, Lourdiane Keit de Almeida Guimarães, Carolina Torres Vitorino Rodrigues

---

#### RESUMO

Uma das consequências do aquecimento global que tem causado preocupação na comunidade científica são os danos causados a pele relacionada aos danos causados por raios UV. Radiação esta, necessária para síntese de vitamina D. Por este motivo, medidas devem ser tomadas para que ocorra uma exposição segura, benéfica aos seres vivos. Pesquisas e desenvolvimentos de novos produtos vêm buscando melhorias através de novas tecnologias, incluindo a nanociência. Esta tecnologia usa a aplicação de materiais em nanoescala para melhoria de produtos, melhorando sua permeabilidade na pele, aumentando assim sua eficácia, além do elevado poder de hidratação e penetração de ativos e distribuição uniforme.

**Palavras-chave:** Nanopartículas; Fotoprotetor; Nanotecnologia; Proteção da pele

---

#### ABSTRACT

One of the main consequences of global warming, which has also caused concern in the global scientific community, is the UV ray's potential to damage human skin. Such radiation is undoubtedly fundamental for vitamin D synthesis making its measures indicated to monitor what can be said as a safer and more beneficial sunlight exposure. Research and development of new products can culminate in improvements as a consequence of new technologies. In this framework, nanoscience is a technology linked to nanoscale that potentiates the improvement of materials. Regarding cosmetics, nanotechnology can improve products permeability, increasing some hydration and moreover the activity of active compounds contributing to the industry innovation and biological effectivity.

**Keywords:** Nanoparticles; Photoprotector; Nanotechnology; Skin protection

---

---

<sup>1</sup> Centro Universitário Una

\*E-mail: margarete.pereira@prof.una.br

## INTRODUÇÃO

Os seres vivos de maneira geral necessitam de uma série de vitaminas que podem ser obtidas por meio da natureza, podendo ser inclusive sintetizada a partir da radiação solar. Essa radiação é responsável pela síntese da vitamina D pela pele, sendo indispensável ao funcionamento dos órgãos da visão, no caso de animais e seres humanos, e, no caso das plantas, é importante no processo de fotossíntese (MARTINS, 2019).

Considerado o maior órgão do corpo, a pele é composta por três camadas, epiderme, derme e hipoderme, sendo a principal barreira contra perda de água e agentes exógenos. A radiação UV pode acarretar danos crônicos como eritemas, melanogênese ou aumento do número de queratinócitos, desenvolvimento de carcinomas em caso de exposições prolongadas, além do surgimento acelerado de rugas, aspereza, ressecamento, queimaduras, melasmas, imunossupressão, envelhecimento precoce da pele, lesões e câncer cutâneo (ELIPECHUK, 2014; MARTINS, 2019).

A principal classificação de peles utilizada é a de Fitzpatrick, separando em cinco principais tipos, de acordo com o fototipo cutâneo, onde o primeiro é aquela considerada pele muito clara, que sempre queima, porém não bronzeia, e o último estágio, a pele morena escura, aquela que nunca queima e sempre bronzeia. Devido a variações étnicas o desenvolvimento de novas formulações está associado a tentativa de amenizar, retardar ou até mesmo cessar o processo de envelhecimento cutâneo causado pela exposição prolongada a raios UV (SANTOS, 2015).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria da Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (2021), o Brasil é o quarto maior mercado consumidor desses produtos no mundo, é também o terceiro mercado no ranking global de países que mais lançam produtos anualmente. Por causa da constante busca por homens e mulheres pela perfeição na aparência física, assim como o suprimento das necessidades diárias, a indústria iniciou uma série de investimentos de maneira a suprir demandas e exigências deste tipo de mercado. As principais mudanças causadas são em inovações e pesquisas para incorporação de ativos, produzindo formulações cada vez mais estáveis e eficientes (NASCIMENTO, 2019).

Desta maneira, é de se esperar que as empresas fabricantes estejam sempre atualizadas em pesquisas e inovações, investindo recursos humanos e financeiros para acompanhar as novidades. Os investimentos ocorrem desde grandes marcas nacionais, como em empresas de menor porte, ou com um nicho específico de mercado. E, na hora

de inovar, para se manter competitivo, uma das tecnologias que o mercado vem investindo cada vez é a nanociência. (ELIPECHUK, 2014).

A nanotecnologia fundamenta-se na habilidade de caracterizar e organizar materiais em escalas nanométricas. Este é um campo multidisciplinar que se aplica a diversos setores de pesquisa, mas que vem ganhando muito espaço na indústria de cosméticos, pois, nessa escala os materiais podem apresentar propriedades químicas, físico químicas e comportamentais diferentes daquelas apresentadas em escalas maiores (BARIL *et al*, 2012).

Os chamados nanomateriais, devido ao seu tamanho, são amplamente estudados por promoverem muitas vantagens em relação às formulações tradicionais. A nanotecnologia aplicada à cosmética refere-se à utilização de pequenas partículas contendo princípios ativos que são capazes de penetrar nas camadas mais profundas da pele, potencializando os efeitos do produto, diferente de produtos que não possuem tal tecnologia (BARIL *et al*, 2012). Algumas de suas aplicações incluem carreadores coloidais, nanopartículas, nanoemulsões, micelas, entre outras, diminuindo a toxicidade dos ativos (MARCATO, 2019).

O prefixo nano em nanocosméticos indica que esses produtos foram desenvolvidos com substâncias que apresentam partículas com tamanho molecular reduzido, em escala nanométrica (MATOS, 2015).

Como os produtos cosméticos são constituídos por diferentes matérias-primas, apresentando cada uma delas funções específicas, sendo que a escolha das formulações cosméticas visa praticidade, higiene, custos de fabricação (considerando matérias-primas e embalagem), tipos e/ou subtipos cutâneos e capilares, além da possibilidade de melhor permeabilidade cutânea (MATOS, 2015).

Outras vantagens evidentes são a proteção dos ingredientes quanto a degradação química ou enzimática e do controle de sua liberação, principalmente no caso de irritantes em altas doses, e do prolongamento do tempo de residência dos ativos cosméticos ou fármacos na camada córnea (BARIL *et al*, 2012).

Com isso, o estudo da nanotecnologia trouxe mudanças significativas no âmbito tecnológico, com avanços nas descrições teóricas e controle de sistema nesta escala de tamanho. No contexto industrial as inovações deste tipo de tecnologia revolucionou a manipulação de matéria em escala atômica, molecular e macromolecular acarretando em

uma grande revolução tecnológica, que ainda está em curso, e hoje presente em diversos produtos do nosso cotidiano, desde calçados a cosméticos (ARAUJO *et al.*, 2019).

Na indústria atual, os nanocosméticos voltados à fotoproteção estão relacionados com a aparência do produto, proteção a longo prazo, melhor estabilidade, seu fator de proteção e espalhabilidade (CAMPOS, 2019).

Os filtros solares podem ser divididos em dois tipos, os físicos e químicos, onde os físicos podem ser vistos a olho nu, formando um filtro opaco na pele, constituídos basicamente de óxido de zinco, ZnO, e dióxido de titânio, TiO<sub>2</sub>. Já os filtros químicos absorvem a radiação, transformando-as em energias menores, como os salicilatos e as benzofenonas (ELIPECHUK, 2014).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as aplicações, impactos, vantagens e desvantagens do uso dos nanocosméticos voltados à fotoproteção, assim como avaliar seus meios de produção e possibilidades de otimização e melhorias

## **METODOLOGIA**

O presente estudo envolve pesquisa do tipo exploratória. Tem-se como finalidade a compreensão e identificação para estabelecer as principais vantagens na aplicação e utilização de nanotecnologia na produção de fotoprotetores, além de estabelecer características de produção para um produto final mais eficiente, a partir de diretrizes determinadas por fabricantes, conhecendo-se o que é definido e já pesquisado sobre o assunto. A pesquisa bibliográfica envolve questões relacionadas à estabilidade dos materiais, homogeneidade de produção, incluindo processos produtivos e matérias primas utilizadas. Finalmente, apresentam-se considerações com base nas informações referenciadas. Serão abordados os principais pontos relacionados às características de produção destes produtos, assim como a importância de manter os parâmetros eficazes para garantir que estas sejam amplificadas e benéficas para o consumidor final.

Para as referências teóricas relacionadas serão consideradas aquelas onde existam a presença de especificação quanto ao meio de produção, evidenciando equipamentos, matérias primas, características de nanomateriais, assim como sua aplicação.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **Fotoprotetores**

A pele, por ser um órgão de grande exposição ao ambiente, tem em suas células elevada susceptibilidade a ações mutagênicas que podem ser provocadas pela radiação tanto solar quanto de lâmpadas comuns utilizadas em residências. Podendo ser, os danos causados, cumulativos e irreversíveis, recomenda-se a necessidade de utilização de preparações de uso tópicos, contendo filtros solares, os conhecidos fotoprotetores (DELTREGGIA *et al.*, 2019).

A exposição ao sol traz benefícios para saúde, desde que seja feita com a devida moderação e em horários adequados. Os raios UVB são de extrema importância uma vez que convertem colesterol presente na epiderme em vitamina D, de extrema importância para o metabolismo ósseo, imunidade e resistência à insulina (DELTREGGIA *et al.*, 2019).

Os fotoprotetores têm sido cada vez mais recomendados, pois o filtro natural da Terra, a camada de ozônio, está cada dia menos espessa ou mesmo com espaçamentos que tendem a permitir a passagem com maior facilidade de radiação potencialmente danosa (DELTREGGIA *et al.*, 2019).

Os filtros solares são caracterizados como preparações para uso tópico com potencial redução de efeitos deletérios da radiação ultravioleta, e podem ser divididos em químicos e físicos, sendo que a associação de ambos potencializa o efeito protetor (TOFETT e OLIVEIRA, 2006). Dessa forma são produtos que possuem como principal função impedir que a radiação atravesse a derme e cause algum efeito nocivo como queimaduras, imunossupressão e fotoenvelhecimento, por exemplo (DELTREGGIA *et al.*, 2019).

Os fotoprotetores são agentes com ação física ou química que atenuam o efeito da radiação ultravioleta (UV) por mecanismos de absorção, dispersão ou reflexão da radiação. A qualidade de um fotoprotetor depende de seu fator de proteção solar (FPS) e de suas propriedades físico-químicas (TOFETT e OLIVEIRA, 2006, 2006).

### **Fator de proteção solar (FPS) e FPUVA**

O fator de proteção solar é calculado, considerando a razão entre a dose erimética mínima em pele protegida, DME<sub>p</sub>, que é o tempo mínimo de exposição aos raios solares capaz de gerar vermelhidão na pele, pelo produto da dose erimética mínima em pele desprotegida, DME<sub>np</sub> como mostrado na equação 1. Por serem testes in vivo, o fator resposta varia de acordo com cada indivíduo, além da quantidade que cada um aplicaria, porém sempre chegando a um valor próximo (DELTREGGIA *et al.*, 2019).

### **Equação 1**

$$FPS = \frac{DMEp}{DME_{np}}$$

Segundo a ANVISA, através da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 237 de 2 de agosto de 2002, todo protetor solar deve ser testado em testes in vivo, uma vez que sem tais avaliações o FPS apresentado será apenas um valor estimado ou mesmo aproximado (DELTREGGIA *et al.*, 2019). Já segundo documento de 2012, a ANVISA cita que para obtenção do valor de FPS é preciso conhecer a dose mínima de radiação ultravioleta para produzir a primeira eritematosa, ou seja, a DME.

Considerando também a dose mínima de radiação UVA, é observada também a Dose Mínima Pigmentária - DMP, sendo a dose mínima de radiação necessária para o escurecimento pigmentário persistente na pele com exposição de 2 a 4 horas a radiação, sendo que o cálculo para o FPUVA se demonstra na Equação 2, similar ao cálculo do FPS (DELTREGGIA *et al.*, 2019).

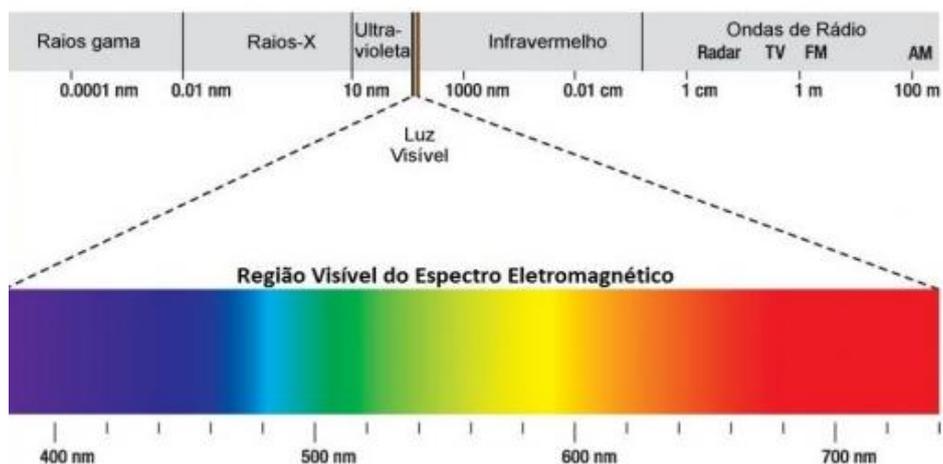
#### Equação 2

$$FPUVA = \frac{DMPp}{DMP_{np}}$$

#### Fotoprotetores químicos e físicos

Bloqueadores químicos absorvem radiação UV emitindo-as geralmente na região do infravermelho, tornando-a menos energética e mais inofensivas aos seres humanos. Possuem estrutura química não saturada, absorvendo radiação na região do ultravioleta (UV) e para serem efetivos devem absorver radiações com comprimento de onda ( $\lambda$ ) entre 290 a 400 nm (UVA ou UVB). Os comprimentos de onda se ilustram na Figura 1 a seguir (TOFETT e OLIVEIRA, 2006).

**Figura 1** – Espectro eletromagnético



Fonte: Adaptado de (SEPÚLVEDA, 2016)

Destaca-se que o fenômeno em questão ocorre devido ao deslocamento da ressonância de compostos aromáticos, com um doador de elétrons transformando a radiação e emitindo-a em forma de calor. Diversos compostos têm sido pesquisados, buscando aqueles de menor penetrabilidade, de forma a não atingirem a corrente sanguínea minimizando eventual efeito indesejável. Entre exemplos utilizados destaca-se: PABA (ácido para-aminobenzóico), cinamatos, benzofenós, salicilatos e antitralinatos. Estes possuem capacidade de absorver os fótons de UVB e UVA (SILVA *et al.*, 2019; TOFETT e OLIVEIRA, 2006).

Os bloqueadores físicos refletem a radiação solar, possuindo mínima absorção. Constituem-se de, sendo substâncias opacas que refletem e dispersam a energia da luz. Formam, portanto, uma barreira física às radiações UVA/UVB, ao infravermelho (IV) e às radiações visíveis, e formam filtro protetor na pele. Alguns exemplos são: dióxido de titânio, óxido de zinco, óxido de magnésio, caulim e óxido de ferro (ELIPECHUK, 2014; TOFETT E OLIVEIRA., 2006).

Protetores físicos que possuem em sua constituição o dióxido de titânio possuem índice de refração de 2,6, refletindo o UVA e UVB. Podem, contudo, permitir a formação de radicais livres. Os que possuem óxido de zinco possuem um índice de refração de 1,9 e uma maior ação contra os UVA. O fato de deixarem a pele com aspecto esbranquiçado fazem com que este tipo de produto não possua um aspecto interessante quanto a sua aparência. Uma forma de melhorar o aspecto seria a redução do tamanho de partícula desse componente de 500 para 200 nm, as conhecidas nanopartículas, padronizadas e revestidas para garantir a suspensão perfeita, fotoestabilidade, com maior resistência a água pelo fato de serem mais solúveis em óleo (DELTREGGIA *et al.*, 2019).

### **Sistemas emulsionados**

Uma tendência atualmente observada no mercado que se associa ao tema em estudo é a aplicação da mistura entre água e óleo com adição de estabilizadores que permitem a adição de um filtro solar, podendo ser único ou um conjunto de substâncias, o que facilita a aplicação, estabilização e reduz a absorção pela pele. Aditivos comuns adicionados à formulação são agentes emulsivos, conservantes, tampões, corretores de pH, antioxidantes e quelantes (DELTREGGIA *et al.*, 2019).

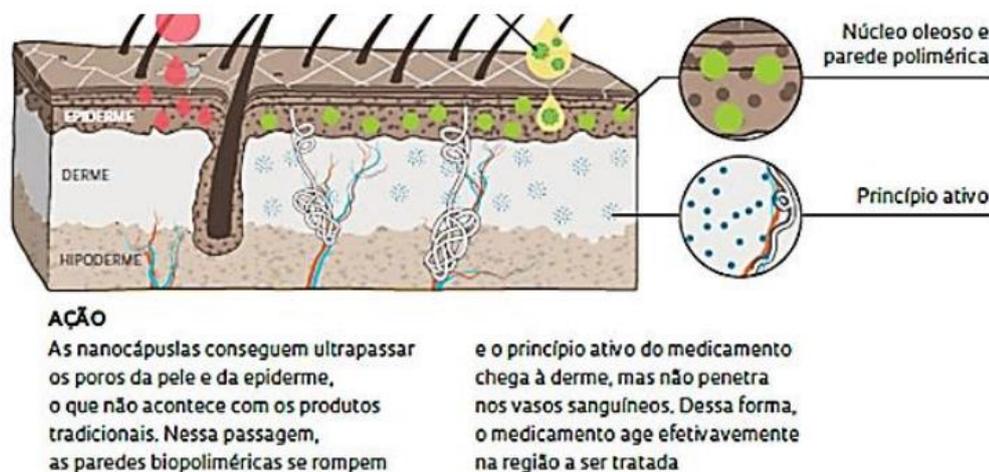
As emulsões são os veículos mais comuns e são tidas como algumas das melhores formas para protetores solares, sendo uma tecnologia usada principalmente na fabricação de leites e cremes. Consistem em uma mistura entre água e óleo, com presença de

emulsificante, apresentando um aspecto agradável, boa aplicação sobre a pele e possibilidade de serem à prova de água (DELTREGGIA *et al.*, 2019).

Com a possibilidade de variar a quantidade de cada componente, formam potencialmente produtos com estabilidade mais elevada e com características hidratantes, podendo ser utilizados em qualquer tipo de pele, como peles oleosas e secas. Uma alternativa para a redução do efeito oleoso é a aplicação de silicone, que é um componente lipofílico, porém menos aderente à pele (DELTREGGIA *et al.*, 2019).

As nanoemulsões se destacam enquanto tecnologia recente, apresentando minúsculas gotículas que reduzem a força da gravidade, evitando a formação de sedimentos e a floculação durante o armazenamento. A nanoencapsulação dos filtros UV orgânicos tradicionais é uma das mais recentes tecnologias para melhorar a retenção na pele, fotoestabilidade e aumentar o bloqueio UV com absorção mais eficaz conforme demonstra a Figura 2 (DELTREGGIA *et al.*, 2019).

**Figura 2** – Penetração cutânea de nanoemulsões



Fonte: (BARRADAS e CERQUEIRA, 2013)

Dentre os benefícios da nanoemulsão, podem-se destacar: elevado poder de hidratação e penetração de ativos; Distribuição uniforme do produto sob a pele; Capacidade de penetrar nas rugosidades; Aspecto sensorial que transmite transparência e fluidez; Veiculação de fragrâncias que permitem a utilização de perfumes sem álcool (BARRADAS e CERQUEIRA, 2013).

### **Nanopartículas**

Na escala nanométrica, as propriedades dos materiais podem mudar de forma drástica, denominando-se “efeitos quânticos”. Os átomos passam a revelar características peculiares, podendo apresentar condutividade elétrica, elasticidade, maior reatividade química, maior resistência, cores diferentes, entre outras características, apenas reduzindo o tamanho, sem mudar a substância (BARIL *et al*, 2012).

A nanotecnologia voltada para a cosmética tem como foco, sobretudo, os produtos destinados à aplicação na pele do rosto e do corpo, com ação antienvhecimento e de fotoproteção. Fazem-se capazes de penetrar nas camadas mais profundas da pele, potencializando os efeitos do produto (FRONZA, 2007).

Atualmente, as nanopartículas se encontram presentes em formulações cosméticas diversas, incluindo xampus, condicionadores, pastas de dentes, cremes anti-rugas, cremes anticelulites, clareador de pele, hidratantes, pós-faciais, loções pós-barba, desodorantes, sabonetes, fotoprotetores, maquiagens de modo geral, perfumes e esmaltes (FRONZA *et al*, 2007).

Um nanocosmético pode ser definido como uma formulação cosmética que veicula ativos ou outros ingredientes nanoestruturados e que apresenta propriedades superiores quanto a sua performance em comparação com produtos convencionais (FRONZA *et al*, 2007).

Em se tratando de produtos cosméticos, é necessária uma escolha cuidadosa do tipo de carreador a ser utilizado para uma determinada substância ativa, tendo em vista o objetivo a que seu uso se propõe. Produtos que se destinam a permanecer na pele, sem que ocorra sua absorção, como é o caso dos filtros solares, por exemplo, devem ser formulados para atender a esse fim. Dessa forma, em sentido de se aumentar o desempenho de um ativo em uma formulação cosmética, considera-se o desenvolvimento de sistemas de liberação apropriados, ou seja, que permaneçam na pele protegendo-a e não sendo absorvidos. Quando se pretende um maior grau de penetração podem ser utilizados certos ativos para atender a esta finalidade; é neste âmbito que também se aplicam as nanopartículas (BARIL *et al*, 2012).

Dentre as vantagens do uso das nanopartículas na produção de nanocosméticos e formulações dermatológicas, destaca-se a proteção dos ingredientes quanto à degradação química ou enzimática, do controle de sua liberação, principalmente no caso de possíveis irritações quando em altas doses, e do prolongamento do tempo de residência dos ativos cosméticos ou fármacos na camada córnea (FRONZA *et al*, 2007).

Nanopartículas são vantajosas para aplicações cosméticas por atuarem como agentes oclusivos e também pelo potencial bloqueador das radiações ultravioleta, atuando como filtros físicos, podendo estar combinados a filtros químicos com o propósito de melhorar a fotoproteção. A principal aplicação de nanopartículas poliméricas converge com o desenvolvimento de novas formulações contendo filtro solares, uma vez que estas nanopartículas são capazes de carrear substâncias altamente lipofílicas e por sua capacidade em alterar e/ou mascarar as propriedades físico-químicas de fármacos ou ativos cosméticos encapsulados (BARIL *et al*, 2012).

Nos protetores solares, as gotículas são pigmentos de um branco brilhante que refletem luz de todos os comprimentos de onda. Porém, nanopartículas de TiO<sub>2</sub> não refletem a luz visível por serem transparentes, ainda bloqueando a radiação UV. Sendo assim, partículas de TiO<sub>2</sub> em nanoescala proporcionam otimização da proteção UV quando considerando-se aplicações de filtro solar. Portanto, na forma de nanopartículas, mantendo-se eficácia, incrementa-se tecnologia também com a redução do aspecto esbranquiçado típico provocado pela luz espalhada após a aplicação do protetor (TOMA, 2004).

### **Nanoencapsulamento**

Diversos ativos naturais utilizados atualmente na composição de cosméticos são compostos instáveis, podendo sofrer reações que levam a diminuição ou perda de eficácia e até mesmo a degradação do produto. Desta forma, novas tecnologias vêm sendo avaliadas para melhorar o desempenho destes produtos e sua aceitação pelo consumidor. Uma das alternativas mais discutidas para aumentar a estabilidade e, ainda, permitir a liberação controlada é o encapsulamento das substâncias ativas através de técnicas que envolvem a nanotecnologia. A nanoencapsulação consiste na compartimentalização de substâncias em carreadores, cujo tamanho situa-se na faixa nanométrica, comumente entre 50 e 300 nanômetros (DAUDT *et al.*, 2013).

Um ativo nano encapsulado consiste em uma cápsula de tamanho nanométrico que protege uma substância que tem como objetivo causar algum efeito benéfico à saúde. Nos mais diversos produtos que estão presentes, constituem parte do que há de mais novo em tecnologia. Além dos ativos nanoencapsulados apresentarem melhor permeação nos tecidos do corpo, ou seja, absorvidos com extrema eficácia, são também sustentáveis. Isso faz com que cosméticos, por exemplo, possam realmente cumprir suas funções prometidas sem prejudicar o planeta (SILVA (a) , J 2019).

Esta técnica permite proteger e compartimentalizar o agente ativo no interior de nanopartículas que atuam como materiais de parede, aumentando a estabilidade química das substâncias e prolongando o tempo de atividade. Durante o processo de liberação controlada, a exposição do princípio ativo pode acontecer pelo rompimento do material de parede, atingindo o meio externo. Neste ponto, é muito importante conhecer as concentrações letais do ativo encapsulado para que esta concentração mínima seja liberada no momento de exposição, garantindo a eficácia da formulação desenvolvida (SILVA (a), 2019).

A nanoencapsulação de ingredientes ativos em cosmetologia tem sido descrita como promissora, devido às vantagens que apresenta para as substâncias encapsuladas, como um aumento da estabilidade, liberação controlada, direcionamento para locais específicos, e promoção da penetração cutânea. Paralelamente é possível a manutenção da integridade da barreira cutânea, aumento da eficácia e tolerância das substâncias à superfície da pele e a obtenção de produtos mais atrativos do ponto de vista estético (SANTOS, 2012).

### **Fluxograma de produção e características de algumas matérias primas**

Determinados tipos de materiais tem suas características variadas de acordo com sua formulação, dentre estes estão alguns materiais que são aplicados na produção de fotoprotetores, como dióxido de titânio, dióxido de zinco, entre outros.

O dióxido de titânio, utilizado na fabricação de alguns filtros solares, é um pó branco que deixa marcas na pele. Contudo, o dióxido de titânio em nanoescala reflete a luz ultravioleta e mantém a transparência à luz visível, conservando as características de um filtro solar comum, com a vantagem de deixar apenas uma película transparente sobre a pele (ATZ, 2011).

As nanopartículas de dióxido de zinco – também incorporadas a filtros solares – assim como as nanopartículas de dióxido de titânio, melhoram a textura do creme, deixam a pele menos oleosa e contribuem para a formação de um filtro solar transparente (FUNDACENTRO).

A grande vantagem dos nanocosméticos está em aumentar a probabilidade da eficácia de determinado ativo no local desejado de sua atuação devido a suas características de tamanho e permeabilidade (MATOS, 2015).

De maneira geral, o início da produção é feito a partir da separação entre as fases aquosas e oleosas como pode ser visto na figura 4. Esta primeira etapa tem como principal

objetivo preparar a fase aquosa para receber a fase oleosa onde pode ser necessário o aquecimento ou resfriamento das fases de acordo com a solubilidade das substâncias presentes (MARTINS, 2019).

A constituição das etapas dependem exclusivamente dos ingredientes dos ativos, assim como do veículo que foi escolhido para o produto final (MARTINS, 2019).

Na segunda etapa de produção ocorre a homogeneização do princípio ativo por agitação e aquecimento. No veículo, ainda sem princípio ativo, é incorporado o composto que tem como finalidade a proteção de raios UVA e UVB. Quando os constituintes essenciais são incorporados ao veículo, o conjunto base mais os princípios são novamente homogeneizados, avaliando se necessário um novo controle de temperatura para promover uma melhor eficiência (MARTINS, 2019).

Após todas estas etapas o conjunto de produto finalizado é finalmente transportado ao armazenamento e estocagem (MARTINS, 2019).

Considerando-se por exemplo a produção em batelada de um Filtro Solar FPS 15, este é composto de basicamente 4 etapas de produção (MARTINS, 2019).

Primeiramente o espessante, que pode ser o polímero carboxivinílico, é disperso em água desmineralizada até sua total dispersão, adicionando em seguida os demais componentes, que serão aquecidos a 75°C e homogeneizados. Esta etapa caracteriza a produção da fase aquosa (MARTINS, 2019).

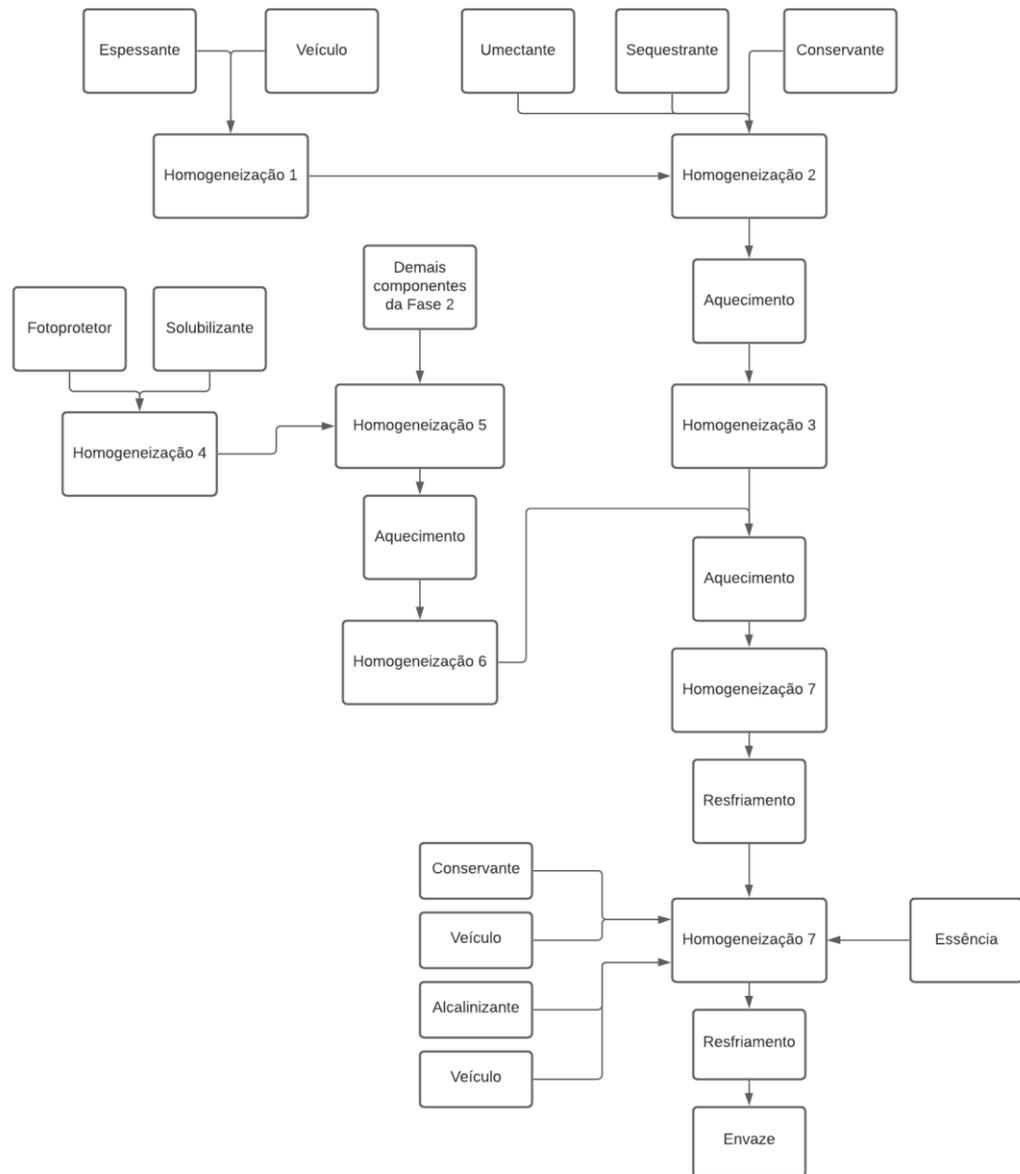
Feito isso, o fotoprotetor físico, sendo comumente empregado o dióxido de titânio, é dispersado cuidadosamente no solubilizante, sendo utilizado o estearato de isopropila devido a ser um excelente solvente para filtros solares e óleos essenciais, sob agitação vigorosa e contínua. Sendo esta a fase oleosa (MARTINS, 2019).

Após o preparo das duas fases, verte-se lentamente a fase oleosa sobre a fase aquosa, mantendo o aquecimento e agitação moderada durante 15 minutos, verificando-se a eficiência da etapa de homogeneização, levando posteriormente ao processo de resfriamento (MARTINS, 2019).

Seguidamente, dissolve-se o conservante em água e adicionar sobre a mistura quando a temperatura atingir 50–55°C, homogeneizando sob agitação suave. É comumente utilizado a imidazolinidiluréia, uma vez que possui um amplo intervalo de pH, variando entre 3,0 a 9,0, além de uma ampla faixa de atividade contra bactérias, sendo elas gram positivas, gram negativas e fungos (MARTINS, 2019).

Por fim, solubiliza-se o alcalinizante em água e adiciona-se a mistura sob agitação até atingir 40°C. Para esta etapa o composto mais comum de ser empregado é a trietanolamina, onde devido a sua miscibilidade em água, além de muitos solventes orgânicos é utilizada como alcalinizante em misturas, essencialmente utilizada no balanceamento de pH (MARTINS, 2019).

**Figura 3** – Fluxograma da fabricação do fotoprotetor com FPS igual a 15



Fonte: Adaptado (MARTINS, 2019)

### Principais equipamentos utilizados

Como observado no fluxograma representado na figura 3, o processo em batelada de produção de fotoprotetores necessita principalmente de tanques com agitação interna, que contenham um sistema de aquecimento controlado. Um exemplo de equipamento utilizado seriam tanques reatores que pode ser visto nas figuras 4 e 5, onde estes podem conter um ou mais componentes de agitação, além de um sistema de troca de calor eficaz para aquecimento e resfriamento do sistema (MARTINS, 2019).

**Figura 4** – Reator utilizado em produção do tipo batelada para fotoprotetores.



Fonte: (MARTINS, 2019).

**Figura 5** – Reator utilizado em produção do tipo batelada para fotoprotetores com controle de temperatura.



Fonte: (MARTINS, 2019).

A agitação em sistemas mais complexos como de reatores ou mais simples como em tanques de processo, que pode ser observado na figura 6, tem como principal função

homogeneizar todos os componentes, adquirindo assim um produto mais uniforme. Os tanques reatores podem processar cremes, pomadas, injetáveis, pós, alimentos, entre outros (MARTINS, 2019).

**Figura 6** – Tanque de processo



Fonte: (MARTINS, 2019)

### **O mercado de cosméticos com nanotecnologia**

Os primeiros produtos que prometiam combater as rugas, eram limitados a esfoliar a área mais superficial da epiderme, a camada córnea. Na década de 70, surgiram cremes cujas formulações continham substâncias que conseguiam penetrar na pele, porém mantendo-se apenas na camada córnea. Já nos anos 80, surgiram os alfa-hidroxiácidos, com capacidade de penetração um pouco maior. Em 1990, surgiram os lipossomas, minúsculas partículas compostas de gordura e água, que chegavam ainda mais fundo na pele, mas não na camada basal (NEVES, 2008).

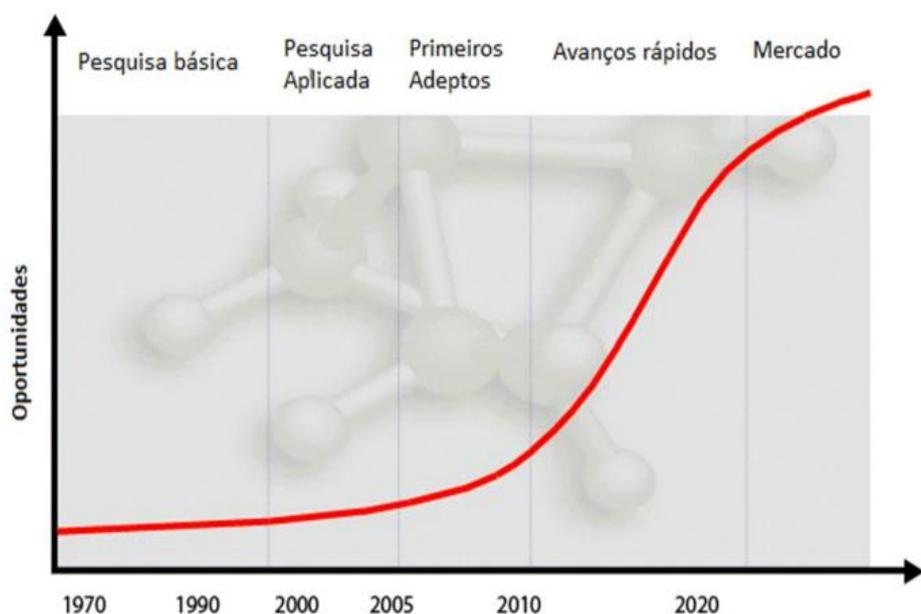
O caminho para os nanocosméticos no mercado mundial foi aberto pela empresa francesa Lancôme, divisão de luxo da L'Oréal®, com o lançamento de um creme para o rosto transportado por nanocápsulas de vitamina E pura em sentido de combate ao envelhecimento da pele. O desenvolvimento nanotecnológico foi feito na Universidade de Paris 11, que patenteou a inovação, licenciada pela empresa. Desde então, outras marcas do setor de cosméticos mundial seguem investindo em pesquisa para desenvolver produtos nessa linha (ENGELMANN, 2015; ERENO, 2008).

Atualmente, a nanotecnologia voltada para a cosmética tem como foco sobretudo os produtos destinados à aplicação na pele do rosto e do corpo, com ação antienvelhecimento e de fotoproteção. Como as nanoestruturas são considerados

reservatórios que controlam a profundidade de penetração do cosmético na pele e a velocidade com que o ativo é liberado, concentrações dos ativos liberadas gradualmente evitam limites tóxicos e permitem um fornecimento constante às diferentes camadas da pele. A consequência dessa forma de ação é mais eficaz com doses mais reduzidas. (ERENO, 2008).

Estudos do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), alinhados a estudos do MCTIC (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações) e de agências privadas de pesquisa, indicam que as principais oportunidades de negócios em nanotecnologia no Brasil estão nos setores de cosméticos, especialidades químicas (catalisadores, tintas, revestimentos) e nas indústrias de petróleo, plásticos, borrachas, metais e seus compósitos. O diferencial competitivo do país no que se refere ao uso de recursos naturais sustentáveis como insumos para produtos nanotecnológicos (baixo custo, disponibilidade e diversidade), tendendo um aumento do crescimento da nanotecnologia no país, como demonstrado na Figura 7 (CNPEM, 2019).

**Figura 7 – O crescimento da Nanotecnologia**



Fonte: (BARRADAS e CERQUEIRA, 2013)

No Brasil, a primeira empresa a desenvolver e colocar no mercado um nanocosmético foi O Boticário®, com um creme anti-sinais para a área dos olhos, testa e contorno dos lábios. A composição nanoestruturada leva ativos como vitamina A, C e K e um produto para clareamento (ERENO, 2008).

### **Tendências do mercado de fotoprotetores com nanotecnologia**

O caminho e o crescimento dos produtos de proteção de pele tiveram um vasto crescimento no âmbito nacional e mundial, podendo envolver vários fatores e por esse motivo é extremamente importante ter um produto cosmético de uso pessoal que além de fazer bem fisicamente, também tenha uma eficácia saudável para o ser humano. Pensando nisso o mercado vem evoluindo para trazer produtos cada vez mais eficazes para a população; mesmo que o mercado mundial já venha a um tempo atento na área de nanotecnologia aplicada, no Brasil é considerada recente o interesse pela nanotecnologia que é aplicada em fotoprotetores, porém vem envolvendo várias empresas e pesquisadores (ERENO, 2008).

Para garantir que um fotoprotetor é eficaz faz-se necessário saber sua capacidade de adesão à pele. Atualmente, a maior parte dos produtos fotoprotetores tem sua estrutura modificada a partir de nanopartículas e os resultados são promissores. Além de um mercado promissor, temos também um aumento significativo de dinheiro investido em pesquisas e projetos de desenvolvimento, por exemplo, o fotoprotetor fator 100 que é desenvolvido pela Faculdade de Farmácia e pelo Instituto de Química da UFRGS em parceria com o Laboratório Nacional (LISBOA, 2010).

As pesquisas e inovações relacionadas ao desenvolvimento deste mercado, são voltadas ao combate aos raios UV que são extremamente prejudiciais à saúde humana, trazendo vários riscos e problemas à pele com utilização de tecnologias menos agressivas e mais atuais. Pesquisadores estão avançando cada vez mais em pesquisas relacionadas aos produtos de fotoproteção já que, a pele humana não apresenta mecanismos de defesa eficazes (SANTOS, 2015).

Com isso, a nanotecnologia empregada nos filtros solares permite princípios ativos que penetram com maior facilidade nas camadas mais profundas da pele. Por exemplo, o uso de protetores solares com componentes ativos de dióxido de titânio, feitas com óleo de buriti, por exemplo, e, os filtros químicos orgânicos avobenzona e octocrileno, devidamente encapsulados obtém melhor eficácia e proteção prolongada, quando comparados aos protetores solares usuais encontrados no mercado (SANTOS, 2015).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A nanotecnologia é um fenômeno recente, que vem sendo estudado cada vez mais nos últimos anos, e, conseqüentemente, as regulamentações são recentes e ainda estão sendo criadas para atender às novas demandas.

Como descrito durante o trabalho, o setor de cosméticos e cuidados pessoais está fazendo o uso dessa tecnologia, já que, devido ao que já se sabe, nanopartículas permite uma maior capacidade de penetração dos ativos nas camadas da pele.

O estudo e a exploração dos conhecimentos relacionados à nanotecnologia em cosméticos deve ser fortemente estimulado para inovação, aumento de eficiência e geração de riquezas, como já vem sendo realizado pelos países mais desenvolvidos.

Outra questão a ser estimulada é o diálogo e integração entre o conhecimento da academia e as demandas da indústria, sociedade e governo levando em conta as ações já realizadas dentro e fora do Brasil.

## REFERÊNCIAS

ABIHPEC. A Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos. 2021. Disponível em: [https://abihpec.org.br/site2019/wp-content/uploads/2021/09/Panorama\\_do\\_Setor\\_Atualizado\\_Agosto1408.pdf](https://abihpec.org.br/site2019/wp-content/uploads/2021/09/Panorama_do_Setor_Atualizado_Agosto1408.pdf). Acesso em: 03/10/2021.

ATZ, A. P. A dimensão da informação no contexto de novos direitos (ambiental e consumidor) a partir da observação do risco das novas tecnologias. USINOS - RS, 2011. Disponível em: [http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/3741/dimensao\\_informacao.pdf?sequence=1](http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/3741/dimensao_informacao.pdf?sequence=1). Acesso em: 21/11/2021.

BARRADAS, Thaís; CERQUEIRA, Cristal. **Nanoemulsões: princípios e aplicações em cosmetologia**. Rio de Janeiro, 2013. 46 slides, color. Disponível em: <https://www.ima.ufrj.br/images/documents/documentos/semana-de-polimeros/29-10.30-Nanoemuls%C3%B5es.princ%C3%ADpios-e-aplica.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.

BARIL, M. B.; FRANCO, G. F.; VIANA, R. S.; ZANIN, S. M. W.. NANOTECNOLOGIA APLICADA AOS COSMÉTICOS. *Visão Acadêmica*, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 45-54, 28 nov. 2012. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v13i1.30018>.

CAMPOS, P.; LETICIA, B. O uso de nanopartículas em protetores solares. *Nanoeach*, 2019. Disponível em: <http://www.each.usp.br/nanoeach/?p=1755>. Acesso em: 16/09/2021.

CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIASI (Brasil). CNPEM. **BENEFÍCIOS E RISCOS DAS NANOTECNOLOGIAS**. 2019. Separata 2. Disponível em: [https://cnpem.br/wp-content/uploads/2019/10/SEPARATA-CNPEM-02\\_Benef%C3%ADcios-e-riscos-das-nanotecnologias.pdf](https://cnpem.br/wp-content/uploads/2019/10/SEPARATA-CNPEM-02_Benef%C3%ADcios-e-riscos-das-nanotecnologias.pdf). Acesso em: 15 out. 2021.

DAUDT, R. M.; EMANUELLI, J.; KÜLKAMP-GUERREIRO, I. C.; POHLMANN, A. R.; GUTERRES, S. S.. A nanotecnologia como estratégia para o desenvolvimento de cosméticos. **Ciência e Cultura**, [S.L.], v. 65, n. 3, p. 28-31, jul. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21800/s0009-67252013000300011>. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252013000300011](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300011). Acesso em: 10 nov. 2021

DELTREGGIA, D. C.; OLIVEIRA, H. C; BOFF, S. R; SANTOS, K F.; FUJII, M. F F.; REBELO, M. de A. A evolução dos fotoprotetores: das emulsões às nanoemulsões. **Revista Saúde em Foco**, Si, n. 11, p. 798-811, 2019. Disponível em: [https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2019/09/073\\_A-evolu%C3%A7%C3%A3o-dos-fotoprotetores-das-emuls%C3%B5es-%C3%A0s-nanoemulsoes.pdf](https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2019/09/073_A-evolu%C3%A7%C3%A3o-dos-fotoprotetores-das-emuls%C3%B5es-%C3%A0s-nanoemulsoes.pdf). Acesso em: 12 nov. 2021.

ELIPECHUK, N. APLICAÇÃO DE NANOTECNOLOGIA EM FORMULAÇÕES FOTOPROTETORAS. 2012. Monografia. (Aperfeiçoamento/Especialização em Pós-Graduação) - Faculdades Oswaldo Cruz. Jan, 2014.

ENGELMANN, W. Nanocosméticos e o Direito à Informação - Erechim: Deviant, 2015. Disponível em: [https://www.editoradeviant.com.br/wp-content/uploads/woocommerce\\_uploads/2017/03/Nanocosmeticos-e-o-Direito-a-Informacao.pdf](https://www.editoradeviant.com.br/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2017/03/Nanocosmeticos-e-o-Direito-a-Informacao.pdf). Acesso em: 01/11/2021.

ERENO; D. Beleza fundamentada - Grupo de pesquisadores em conjunto com empresas prepara nanocosméticos com aplicações variadas. Ed. 146. Abr, 2008. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/beleza-fundamentada/>. Acesso em: 03/10/2021.

FRONZA, T.; GUTERRES, S.; POHLMANN, A.; TEIXEIRA, H. Nanocosméticos: Em Direção ao Estabelecimento de Marcos Regulatórios. Porto Alegre: UFRGS, 2007.

FUNDACENTRO. Filtro solar. Disponível em: <http://antigo.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/filtro-solar>. Acesso em: 21/11/2021.

LISBOA, M. A. . O LABORATÓRIO PARA A RUA. **Jornal da Universidade - UFRGS**. Número 124. p. 11. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/212805/2010-124.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03/10/2021.

MARCATO, P. D. D. Preparação, caracterização e aplicações em fármacos e cosméticos de nanopartículas lipídicas sólidas. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 6, n. 2, 2009. DOI: 10.5216/ref.v6i2.6545. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/REF/article/view/6545>. Acesso em: 15 jul. 2022.

MARTINS, S. P.. Estudo das etapas e equipamentos da produção de um filtro solar e seu lançamento de mercado. 2019. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

MATOS, S.P. D. Noções Básicas em DermoCosmética. São Paulo: Editora Saraiva, 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536521138/>. Acesso em: 10/09/2021.

SANTOS, A. P. R, SILVA J.M. A SOUZA N.A. e ZYCHAR B.C. NANOTECNOLOGIA NA FOTOPROTEÇÃO. 15 °CONIC - SEMESP. Nanotecnologia na fotoproteção. 2015.

SANTOS, C. Nanoencapsulação de Ingredientes Activos em Cosmetologia, 2012. Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/3737/1/Monografia%20final.pdf>. Acesso em: 17/11/2021.

SEPÚLVEDA, G. Espectro Eletromagnético. 2016. Disponível em: <https://knoow.net/cienciasexactas/fisica/espectroeletromagnetico/>. Acesso em: 06/10/2021.

SILVA (a), Jéssica Montenegro Santana da. Encapsulamento do óleo essencial da Lippia alba em nanopartículas de poli-e-caprolactona (PCL) para avaliação da estabilidade e atividade larvicida contra o Aedes aegypti. 2019. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019..

SILVA, T. A. et al . Recentes avanços dos hidróxidos duplos lamelares aplicados à fotoproteção. **Einstein** (São Paulo), São Paulo , v. 17, n. 1, eRW4456, 2019 . Disponível em: [http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1679-45082019000100400&lng=en&nrm=iso](http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-45082019000100400&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 02 nov. 2021

TOFETT, M. H. F C.; OLIVEIRA, V. R.. A importância do uso do filtro solar na prevenção do fotoenvelhecimento e do câncer de pele. **Investigação: Revista Científica da Universidade de Franca**, Franca, v. 6, n. 1, p. 59-66, jan. 2006.

Disponível em: <https://publicacoes.unifran.br/index.php/investigacao/article/view/183>.  
Acesso em: 18 jan. 2022.

TOMA, H. E.. O mundo nanométrico: a dimensão do novo século. 2. ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2009. 104 p.

*Recebido em: 10/06/2022*

*Aprovado em: 15/07/2022*

*Publicado em: 22/07/2022*