

# NANOTECNOLOGIA APLICADA EM EMBALAGENS PLÁSTICAS E APLICAÇÃO ESPECÍFICA EM EMBALAGEM PARA COSMÉTICOS

SECATO, Camila; ORTIZ, Angela

[camila@colormix.net.br](mailto:camila@colormix.net.br)

Centro de Pós Graduação, Pesquisa e Extensão Oswaldo Cruz

**Resumo:** *Este estudo teve como objetivo descrever as principais aplicações da nanotecnologia no desenvolvimento de embalagens encontradas na literatura técnica especializada. Para tanto, utilizou-se como metodologia a revisão sistemática de literatura, com busca de materiais em bibliotecas online e em livro. A nanotecnologia pode ser vista como a criação e aplicação de materiais funcionais, dispositivos e sistemas através do controle da matéria na escala de nanômetros, implicando em sistemas que apresentem novos fenômenos e propriedades. Uma embalagem com superfície super-hidrofóbica não retém resíduos, podendo ser aproveitada a totalidade dos produtos. Em embalagens sem essa superfície, existem perdas consideráveis, resultado dos resíduos que permanecem em contato com a embalagem. Pode-se afirmar que o filme para obtenção de superfícies hidrofóbicas é o principal nanomaterial utilizado no ramo de embalagens para cosméticos, buscando através da molhabilidade da superfície, aproveitar a totalidade do produto, não permitindo que resíduos permaneçam nas embalagens e caracterizem desperdícios. Acredita-se que novos estudos sejam viáveis para compreender de que forma as propriedades utilizadas nas embalagens de alimentos podem ser aproveitadas nas embalagens para cosméticos.*

**Palavras-chave:** *Nanotecnologia. Embalagens. Nanomateriais. Cosméticos.*

**Abstract:** *This study aimed to describe the main applications of nanotechnology in the development of packaging found in specialized technical literature. For that, a systematic literature review was used as a methodology, with search of materials in online and book libraries. Nanotechnology can be seen as the creation and application of functional materials, devices and systems through the control of matter in the nanometer scale, implying in systems that present new phenomena and properties. A packaging with super-hydrophobic surface does not retain waste, and all the product can be used. In packaging without this surface, there are considerable losses, a result of the residues that remain in contact with the packaging. It can be stated that the film to obtain hydrophobic surfaces is the main nanomaterial used in the packaging industry for cosmetics, seeking through the surface wettability, taking advantage of the entire product, not allowing waste to remain in the packaging and characterize waste. It is believed that further studies are feasible to understand how the properties used in food packaging can be utilized in cosmetic packaging.*

**Keywords:** *Nanotechnology. Packaging. Nanomaterials. Cosmetics.*

# 1 INTRODUÇÃO

A nanotecnologia destaca-se no início deste Século, devido suas propriedades e aplicabilidades. Segundo a *National Science Foundation* (2000), a nanotecnologia é a pesquisa nos níveis atômico, molecular ou macromolecular na faixa de dimensões entre 1 e 100 nanômetros, podendo chegar à dimensão abaixo de 1 nm, como ocorre na manipulação de átomos que atinge 0,1 nm.

São diversas as alterações de propriedades de materiais observadas em escala nanométrica em decorrência da combinação dos efeitos quânticos e dos efeitos de superfície, destacando propriedades como: tolerância maior a temperaturas, variações de cores, alterações da reatividade química, da condutividade elétrica, aumento da resistividade, aumento do magnetismo, ou mesmo ausência de magnetismo de um material magnético (LACAVA e MORAIS, 2002).

Os nanomateriais se destacam no desenvolvimento de tecnologia de embalagens, oferecendo vantagens que incluem redução de materiais, maior resistência com menor peso, barreira apropriada, controle de temperatura e ação antimicrobiana ativa (IZQUIERDO, 2016).

Como exemplo de aplicabilidade da nanotecnologia em embalagens, Vasconcelos (2013) cita as embalagens com poliamida acrescidas de nanocompósitos, que proporcionam o aumento da barreira a gases, tintas metálicas usadas em indicadores de variação de temperatura e incorporação de íons e átomos metálicos em estruturas poliméricas para atribuir propriedades antimicrobianas.

Essas características despertam grande interesse da indústria no emprego desses nanomateriais visando o desenvolvimento de cosméticos, tintas, tecidos, revestimentos, catalisadores, embalagens para alimentos e cosméticos, entre outros produtos (LACAVA e MORAIS, 2002; IZQUIERDO, 2016).

## 1.1 Objetivos Geral

Descrever as principais aplicações da nanotecnologia no desenvolvimento de embalagens encontradas na literatura técnica especializada.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Identificar a aplicabilidade da nanotecnologia em embalagens para cosméticos;
- Descrever as principais propriedades dos materiais utilizados nas embalagens de cosméticos.

## 2 METODOLOGIA

Utilizou-se como metodologia neste estudo a revisão sistemática de literatura que consiste em um método de estudo utilizado para mostrar a evolução do conhecimento de um determinado tema, proporcionando ao pesquisador identificar acertos e falhas nas publicações referentes ao assunto, destacando pontos relevantes para o objetivo da pesquisa (TRALDI e DIAS, 2011).

O critério de inclusão para a seleção dos artigos utilizados foi os publicados nos idiomas português e inglês entre os anos de 2000 e 2017, que possuíam em seu contexto a aplicabilidade de nanomateriais em embalagens para cosméticos.

## 3 REFERENCIAL TEÓRICO

A nanotecnologia está presente em boa parte dos materiais da atualidade. Entretanto, não se trata de um termo antigo, sendo utilizado pela primeira vez em 1974 pelo professor Norio Taniguchi, da Universidade de Ciência de Tóquio, com o objetivo de descrever a fabricação precisa de novos materiais com tolerâncias nanométricas. Um nano significa a bilionésima parte de um metro, ou seja,  $10^{-9}$  metros (MARTINS *et al.*, 2008).

Na década de 1980, a nanotecnologia passou a ter maior visibilidade com a publicação do livro de Dexler (1986), intitulado “*Engines of Criation – The New Era of Nanotechnology*”, que também publicou uma tese de doutorado no ano de 1991, defendida no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) proporcionando que a nanotecnologia ganhasse espaços importantes de destaque na comunidade científica (MARTINS *et al.*, 2008).

Com esse espaço na comunidade científica, inúmeros estudos e abordagens são registrados na literatura, analisando a capacidade de manipular e criar materiais que possuam comportamentos especiais e maior eficiência nas suas propriedades. Em escala nanométrica, os átomos revelam características peculiares, podendo apresentar propriedades que variam de

acordo com a tolerância à temperatura, cores, reatividade química, condutividade elétrica, entre outras (GIULIO, 2007).

A nanotecnologia pode ser vista como a criação e aplicação de materiais funcionais, dispositivos e sistemas através do controle da matéria na escala de nanômetros, implicando em sistemas que apresentem novos fenômenos e propriedades (DURÁN E AZEVEDO, 2002).

Os nanomateriais são amplamente utilizados na atualidade. Entende-se por nanomaterial um material natural, incidental ou manufaturado contendo partículas não ligadas entre si, ou em agregados, ou ainda formando aglomerados nos quais a distribuição de tamanho apresenta 50% ou mais dessas partículas com uma ou mais dimensões externas no intervalo entre 1 nm e 100 nm. Em casos específicos e justificados por preocupações ambientais, saúde, segurança ou competitividade, o limiar de 50% na distribuição de tamanho pode ser substituído por um limiar entre 1% e 50% (EUROPEAN COMISSION, 2011)

Os nanomateriais são usados em inúmeros produtos regulamentados pela FDA, da área da saúde, cosméticos e alimentos, por suas propriedades exclusivas que agregam aos produtos vantagens potenciais levadas em consideração no desenvolvimento desses produtos (FDA, 2013).

No ramo de desenvolvimento de embalagens a partir da nanotecnologia, o setor alimentício é um dos que se destacam ao incorporar as nanopartículas em materiais para embalagens, visando à melhoria da propriedade de proteção de fatores ambientais, possibilitando a estabilidade dos alimentos. Outras propriedades dos nanomateriais como os nanocompósitos que melhoram as propriedades de flexibilidade, barreira a gases e umidade e quanto à absorção de irradiação UV dos materiais aos quais são incorporados, assim como a estabilidade frente à temperatura também são explorados pelo ramo alimentício (ALMEIDA *et al.*, 2015).

Entre esses materiais, destacam-se as nanoestruturas com superfícies super-hidrofóbicas, que podem ser obtidas por funcionalização química, física ou por recobrimento através de filmes. O interesse da indústria por embalagens com superfícies super-hidrofóbicas é cada vez mais crescente, principalmente pela eliminação dos desperdícios, tanto no contexto do produto na embalagem, quanto na questão inerente ao seu descarte que, por não reter

resíduos dos produtos, não precisam ser lavadas para serem enviadas para reciclagem (OLIVEIRA, 2011; FERREIRA, 2013; LIQUIGLIDE, 2013).

Basicamente, uma embalagem com superfície super-hidrofóbica não retém resíduos, podendo ser aproveitado a totalidade dos produtos. Em embalagens sem essa superfície, existem perdas consideráveis, resultado dos resíduos que permanecem em contato com a embalagem. A Figura 1 apresenta as médias de porcentagens de perdas aproximadas de acordo com o produto e o tipo de embalagem.

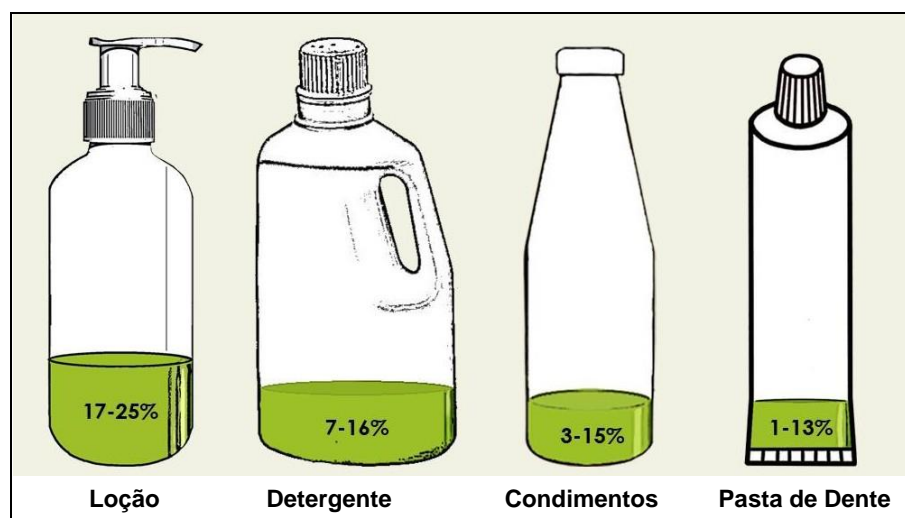


Figura 1. Resíduos de produtos desperdiçados  
Fonte: LiquiGlide, 2013

Ao considerar que é constante a busca por ações de sustentabilidade, principalmente por parte de empresas por minimização e/ou eliminação de qualquer tipo de desperdício, as embalagens com superfície super-hidrofóbica atendem às necessidades no contexto econômico e sustentável de uma organização (LIQUIGLIDE, 2013). Na Figura 2 é possível observar uma embalagem de cosmético comum (A) comparada com uma de superfície super-hidrofóbica (B).

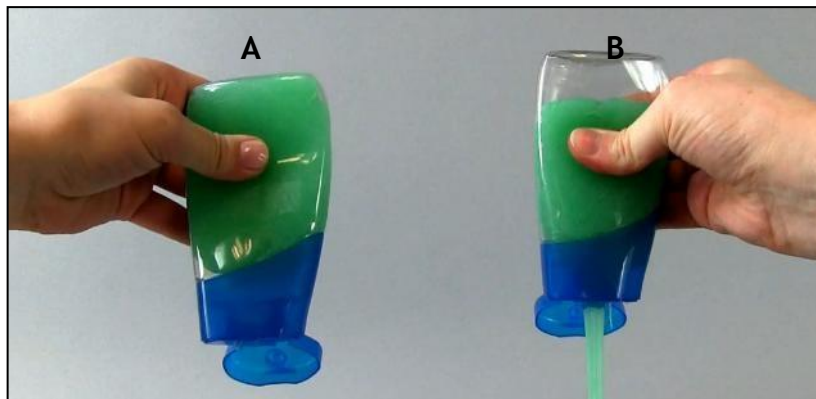


Figura 2. Comparação de uma embalagem comum (A) com uma de superfície super-hidrofóbica (B)  
Fonte: LiquiGlide, 2013

Verifica-se que na embalagem (B), com superfície super-hidrofóbica, o produto não encontra resistência para se “desprender” das paredes da embalagem, deslizando com facilidade até a tampa e não deixando nenhum tipo de resíduo no fundo. Dispensa ainda o uso de tampas de aperto e bombas para ajudar a remover o produto da embalagem, eliminando o consumo de toneladas de plástico e contribuindo com o desenvolvimento sustentável (LIQUIGLIDE, 2013).

As propriedades da hidrofobicidade foram verificadas inicialmente nas plantas, como na flor de Lotus e penas das aves e asas de alguns insetos (WAG *et al.*, 2011). O exemplo mais popular é o caso da flor de Lótus, que apresenta elevada repelência à água permitindo o seu escoamento muito rápido, mantendo a planta sempre limpa. A sua autolimpeza deve-se à rugosidade superficial e à existência de ceras epicuticulares presentes na estrutura hierárquica na folha (CAO, 2010).

Esse efeito da flor de Lotus ocorre por conta da molhabilidade, que consiste na capacidade de um líquido em manter contato com uma superfície sólida, sendo o resultado das interações intramoleculares no momento do contato do líquido com a superfície (OLIVEIRA, 2011).

Uma superfície pode ser considerada hidrofóbica ou super-hidrofóbica, dependendo da sua molhabilidade, fator que determina o ângulo de contato do líquido com a superfície. O ângulo de contato é medido quando se busca as características do comportamento cinético da molhabilidade a nível macroscópico (KARBOWIAK *et al.*, 2006).

A classificação das superfícies dadas em relação à sua molhabilidade é estabelecida de acordo com o grau do ângulo de contato da gota com a superfície. Quando o  $\theta$  é menor que  $90^\circ$  a superfície é considerada hidrofílica, apresentando molhabilidade considerável. Quando o  $\theta$  é menor que  $5^\circ$ , a superfície molha completamente, considerada super-hidrofílica. Nos casos em que o  $\theta$  é maior que  $90^\circ$ , tem-se uma superfície que não molha, chamada de hidrofóbica. As denominadas super-hidrofóbicas são as superfícies que apresentam  $\theta$  de contato com a água entre  $120$  e  $150^\circ$  (CASSIE, 1954 *apud* FERREIRA, 2013). A Figura 3 apresenta um diagrama com a classificação da superfície de acordo com sua molhabilidade em relação ao ângulo de contato da gota.





| Regime             | Super-hidrofílico   | Hidrofílico   | Hidrofóbico   | Super-hidrofóbico  |
|--------------------|---|---|---|--|
| Diagrama da gota   |  |  |  |  |
| Ângulo de Contacto | $\theta < 10^\circ$   | $\theta < 90^\circ$   | $\theta > 90^\circ$   | $\theta > 150^\circ$   |

Figura 3. Diagrama de gotas sobre superfícies com diferentes graus de molhabilidade

Fonte: Feng *et al.*, 2002

A molhabilidade de uma superfície pode ser determinada essencialmente por dois fatores: a estrutura química da superfície e a rugosidade da mesma (VERPLANCK *et al.*, 2007).

#### 4 DISCUSSÃO

Observou-se que não há na literatura muitos estudos sobre a aplicabilidade de nanomateriais em embalagens específicas para cosméticos. Verificou-se que a propriedade explorada configura-se essencialmente a hidrofobicidade.

Vale ainda ressaltar que são recorrentes os debates sobre a segurança e os riscos à saúde humana diante do uso de nanomateriais como os nanotubos de carbono, nanopartículas de prata, óxido de silício, óxido de alumínio, dióxido de titânio e zinco. A inalação de

nanopartículas pode acumular-se nos pulmões provocando doenças crônicas, como inflamação pulmonar e pneumonia entre outras (KIM *et al.*, 2003).

Não existe legislação clara tanto nos EUA quanto no Brasil sobre o uso de embalagens com nanopartículas para alimentos, considerado um dos entraves para o desenvolvimento de novas embalagens. Diante disso, verifica-se a necessidade de diretrizes específicas para embalagens compostas por nanopartículas, visto que, as legislações utilizadas são as que referem-se aos compostos presentes em embalagens plásticas (ALMEIDA *et al.*, 2015).

No que diz respeito às embalagens para cosméticos, diversos estudos são encontrados na literatura com abordagem no desenvolvimento de embalagens com superfícies hidrofóbicas. São descritos vários métodos para obtenção dessas superfícies, entre eles a erosão por plasma, pulverização, entre outros.

O método por pulverização consiste em um método de baixo custo e versátil aplicado por Ferreira (2013) na produção de superfícies hidrofóbicas que, após a funcionalização da superfície para transformá-la de hidrofílica para hidrofóbica, o que ocorreu com a pulverização de uma solução, constatou-se um aumento no ângulo de contato de 60°, resultando em ângulos entre 100 e 130°. Desta forma, pode-se afirmar que pelo método de pulverização, considerado relativamente simples, obteve-se filme transparente proporcionando à superfície a propriedade de hidrofobicidade, ao mesmo tempo em que pode ser utilizada em embalagens onde a transparência é entendida como fator importante, seja para a escolha do produto adequado ou por questão de estética e *marketing* da embalagem.

A superfície hidrofóbica também pode ser obtida por erosão por plasma, conforme constatado por Silva (2010) em seus estudos, apontando como inovadora a tecnologia que altera a propriedade hidrofílica da superfície de bioplásticos de amido de milho termoplásticos (TPS) em hidrofóbica através da exposição do filme de amido à plasma “*glow discharge*” sob baixo vácuo utilizando o hidrocarboneto metano (CH<sub>4</sub>) como gás precursor, sendo posteriormente submetido com plasma similar de hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), obtendo um ângulo de contato final de 120°, considerado um excelente resultado para obtenção de filmes de amido termoplástico super-hidrofóbicos.

A obtenção de superfícies super-hidrofóbicas possibilitam a criação de embalagens com conceito de sustentabilidade, sendo um conceito apontado como uma necessidade no



mercado atual, globalizado e competitivo que prima pela diminuição do desperdício de produtos e pela busca de embalagens que não represente riscos ao meio ambiente.

Uma pesquisa realizada pela Universidade de Campinas (UNICAMP) buscou novos métodos de desenvolvimento e usos de filme nanocompósito com propriedades mecânicas, alta densidade, porosidade, transparência, biodegradabilidade e atoxicidade para atender ao mercado cada vez mais exigente. O propósito é substituir plásticos resistentes à degradação (como os utilizados em muitas embalagens de cosméticos), por “materiais verdes”, ou seja, materiais que não sejam tóxicos e poluentes para o meio ambiente. Obteve-se um filme nanocompósito que atende às necessidades de aplicação em embalagens alimentícias, farmacêuticas, cosméticas e em produtos diversos, como brinquedos, sacos plásticos, produtos de higiene, entre outros (DURÁN *et al.*, 2015). De acordo com a Agência Inova da UNICAMP, o produto encontra-se em fase de registro de patente (AGÊNCIA INOVA, 2017).

Observou-se ainda que a prata é comumente utilizada como aditivo em diversos polímeros com a função de gerar propriedades antimicrobianas, principalmente devido à sua fácil incorporação em materiais como da indústria plástica e têxtil (WOHRMANN *et al.*, 2000; KAMPMANN *et al.*, 2008). Uma baixa concentração (0,14 µg/mL) pode inibir até 50% do crescimento de alguns microrganismos (BLASER *et al.*, 2008). Entende-se que, no ramo de embalagens para cosméticos, a utilização de nanopartículas de prata pode auxiliar no controle de contaminação de cosméticos pelo usuário final, configurando-se como uma nova possibilidade de aplicação no ramo de embalagens para cosméticos.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao concluir este estudo que teve como objetivo descrever as principais aplicações da nanotecnologia no desenvolvimento de embalagens encontradas na literatura técnica especializada, é possível afirmar que o filme para obtenção de superfícies hidrofóbicas é o principal nanomaterial utilizado no ramo de embalagens para cosméticos, buscando através da molhabilidade da superfície, aproveitar a totalidade do produto, não permitindo que resíduos permaneçam nas embalagens e caracterizem desperdícios.

Constatou-se ainda que no ramo alimentício, utilizam-se diversas propriedades dos nanomateriais no desenvolvimento de embalagens. Entretanto, a falta de uma legislação

específica dificulta o interesse no desenvolvimento de novas embalagens com nanopartículas. Acredita-se que novos estudos sejam viáveis para compreender de que forma as propriedades utilizadas no ramo alimentício possam ser aproveitadas nas embalagens para cosméticos.

Verificou-se que a nanotecnologia contribui no processo de obtenção de produtos com conceitos mais sustentáveis, potencializando o desenvolvimento de novos materiais para criação de embalagens que não represente danos ao meio ambiente durante o seu uso e após o seu descarte.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE INOVAÇÃO INOVA UNICAMP. Patentes. 2017. Disponível em: <<http://www.inova.unicamp.br/patentes/>> Acesso em: 12 out. 2017.

ALMEIDA, A. C. S., FRANCO, E. A. N., PEIXOTO, F. M., PESSANHA, K. L. F., & MELO, N. R. Aplicação de nanotecnologia em embalagens de alimentos. *Polímeros*, 2015; 25, 89-97.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS ABIHPEC. Panorama do Setor de HPPC. 2016. Disponível em: <<https://www.abihpec.org.br/novo/wp-content/uploads/2016-PANORAMA-DO-SETOR-PORTUGU%C3%8AS-14jun2016.pdf>> Acesso em: 12 mai. 2017.

BLASER, S. A.; SCHERINGER, M.; MACLEOD, M.; HUNGERBUHLER, K. Estimation of cumulative aquatic exposure and risk due to silver: Contribution of nanofunctionalized plastics and textiles. *Science of the Total Environment*, v. 390, n. 2-3, p. 396-409, fev, 2008. CAO, L. "Superhydrophobic surface: Design, fabrication and applications," University of Pittsburgh, Swansin School of Engineering, 2010.

DURÁN N, ANDRADE P.F., ALVES O.L. GONÇALVES M.C., LEMES, A.P. Filme nanocompósito, método de obtenção e usos. PIBr.10 2015 004870 0, 2015.

DURÁN N.; AZEVEDO, M.M.M de. Rede de pesquisa em nanobiotecnologia. Disponível em: <[www.comciencia.br](http://www.comciencia.br)>. Acesso em: 04 jul. 2007.

EUROPEAN COMMISSION. Recommendation on the definition of a nanomaterial [Internet]. Brussels; EC; 2011. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/chemicals/nanotech/#definition>> Acesso em: 13 mai. 2017.

FDA. Guidance for Industry. Considering Whether an FDA Regulated Product Involves the Application of Nanotechnology. 2013. Disponível em: <<http://www.fda.gov/RegulatoryInformation/Guidances/ucm257698.htm>> Acesso em: 17 abr. 2017.

FENG, L.; LI, S.; LI, H.; LI, L.; ZHANG, J.; ZHAI, Y.; et al. Super-Hydrophobic Surfaces: From Natural to Artificial. *Advanced Materials*, vol. 14, no. 24, pp. 1857–1860, Dec. 2002.

FERREIRA, L. M. V. *Revestimentos Hidrofóbicos*. Universidade Nova Lisboa, 2013. Disponível em: <[https://run.unl.pt/bitstream/10362/11045/1/Ferreira\\_2013.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/11045/1/Ferreira_2013.pdf)> Acesso em: 09 ago. 2017.

GIULIO, G. Pesquisas garantem novos materiais para as mais variadas aplicações. *Inovação Uniemp* [online]. 2007, vol.3, n.3 pp. 40-47.

IZQUIERDO, J. Embalagens: o componente final. *Rev Embalagem e Tecnologia*. 2016, VI n.27 pp.14-20.

KARBOWIAK, T.; DEBEAUFORT, F.; CHAMPION, D.; VOILLEY, A. Food Hydrocolloid. *J Journal of Colloid and Interface Science* v. 294, pp. 400.

KAMPMANN, Y.; DE CLERCK, E.; KOHN, S.; PATCHALA, D. K.; LANGEROCK, R.; KREYENSCHMIDT, J. Study on the antimicrobial effect of silver-containing inner liners in refrigerators. *Journal of Applied Microbiology*, v. 104, n. 6, p. 1808-1814, 2008.

KIM, B., KIM, D., CHO, D., & CHO, S. Bactericidal effect of TiO<sub>2</sub> photocatalyst on selected food-borne pathogenic bacteria. *Chemosphere*, 2003; 52(1), 277-281.

LACAVALA, Z.; MORAIS, P. *Nanobiotecnologia e Saúde. Nanociência e Nanotecnologia*, 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/nanotecnologia/nano15.htm>> Acesso em: 09 mai. 2017.

LIQUIGLIDE. *Consumer Packaging*. 2013. Disponível em: <<https://liquiglide.com/industries/cpg/>> Acesso em: 25 ago. 2017.

MARTINS, P. R. et al. *Nanotecnologias na indústria de alimentos*. PUC SP, 2008. Disponível em: <[http://www.pucsp.br/eitt/downloads/vi\\_ciclo\\_paulomartins\\_marisabarbosa\\_nano\\_puc.pdf](http://www.pucsp.br/eitt/downloads/vi_ciclo_paulomartins_marisabarbosa_nano_puc.pdf)> Acesso em: 22 mai. 2017.

OLIVEIRA, M. R. S. *Superfícies super-hidrofóbicas obtidas através de microestruturas litografadas*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011. Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3140/tde-12122011-141829/publico/Tese\\_Marcio\\_Roberto\\_da\\_Silva\\_Oliveira.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3140/tde-12122011-141829/publico/Tese_Marcio_Roberto_da_Silva_Oliveira.pdf)> Acesso em: 13 ago 2017.

SILVA, M. L. V. J. *Tecnologia para produção de superfícies hidrofóbicas em filme de amido de milho termoplástico por plasma*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

TRALDI, M. C.; DIAS E. *Monografia passo a passo*. 7ª ed. Campinas, SP: Alínea, 2011.

VASCONCELOS, Y. Embalagens sofisticadas. *Rev Pesq FAPESP*. 2013 n.208 pp. 62-67.

VERPLANCK, N.; COFFINIER, Y., THOMY, V., BOUKHERROUB, R. Wettability Switching Techniques on Superhydrophobic Surfaces. *Nanoscale Research Letters*, vol. 2, no. 12, pp. 577–596, Nov. 2007.

WANG, Y.; LI, X.; FEI, M.; SUN, C.; ZHANG, Y.; LI, Q.; YANG, X, "Preparation of a durable superhydrophobic membrane by electrospinning poly (vinylidene fluoride) (PVDF) mixed with epoxy-siloxane modified SiO<sub>2</sub> nanoparticles: A possible route to superhydrophobic surfaces with low water sliding angle and high water contact," Journal of Colloid and Interface Science, vol. 359, pp. 380–388, 2011.

WOHRMANN, R. M. J.; HENTSCHEL, T.; MUNSTEDT, H. Thermoplastic Silver-Filled Polyurethanes for Antimicrobial Catheters. Advanced Engineering Materials, v. 2, n. 380, 2000.