Aplicações da nanotecnologia em embalagens inteligentes para alimentos

https://doi.org/10.56238/levv15n38-064

Luciano Kaua Souza Veloso
Graduando do Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão/UFMA, São Luís/MA.
Universidade Federal do Maranhão - MA

Marlos Glauber Ramos Ribeiro
Graduando do Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão/UFMA, São Luís/MA.
Universidade Federal do Maranhão - MA

Milene Andréia Martins Paiva
Graduanda do Curso de Bacharelado Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão/UEMA, São Luís/MA.
Universidade Estadual do Maranhão – Ma

Tiago Balby Ferreira Costa
Graduando do Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão/UFMA, São Luís/MA.
Universidade Federal do Maranhão - Ma

Wallace Carlos Barbosa Carvalho
Graduando do Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão/UFMA, São Luís/MA.
Universidade Federal do Maranhão - MA

William Lopes Matias
Graduando do Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão/UFMA, São Luís/MA.
Universidade Federal do Maranhão - Ma

Rosane de Fatima Antunes Obregon
Dra. Em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Profa. Associada Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão/UFMA, São Luís/MA.
Universidade Federal do Maranhão – MA

RESUMO

A crescente demanda por alimentos tem contribuído para o aumento de resíduos plásticos, principalmente provenientes de embalagens. Em 2020, apenas 23,1% dos resíduos plásticos pós-consumo foram reciclados no Brasil, resultando em uma significativa quantidade de resíduos não biodegradáveis que permanecem no ambiente por longos períodos, afetando a saúde humana e o meio

ambiente. A maior parte desses resíduos provém de embalagens de alimentos tradicionais à base de petróleo, como polietileno, polipropileno e poliestireno. Estima-se que anualmente, 31,9 milhões de toneladas de resíduos plásticos entram no ambiente, com uma parcela considerável contaminando os oceanos. Apesar desses desafios ambientais, a expectativa é que a demanda por plásticos continue a crescer para atender às necessidades eficientes de recursos da sociedade (FERREIRA et al., 2022).

Palavras-chave: Nanotecnologia, Embalagens inteligentes, Alimentos.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos tem contribuído para o aumento de resíduos plásticos, principalmente provenientes de embalagens. Em 2020, apenas 23,1% dos resíduos plásticos pós-consumo foram reciclados no Brasil, resultando em uma significativa quantidade de resíduos não biodegradáveis que permanecem no ambiente por longos períodos, afetando a saúde humana e o meio ambiente. A maior parte desses resíduos provém de embalagens de alimentos tradicionais à base de petróleo, como polietileno, polipropileno e poliestireno. Estima-se que anualmente, 31,9 milhões de toneladas de resíduos plásticos entram no ambiente, com uma parcela considerável contaminando os oceanos. Apesar desses desafios ambientais, a expectativa é que a demanda por plásticos continue a crescer para atender às necessidades eficientes de recursos da sociedade (FERREIRA et al., 2022).

Emerge nesse contexto, o papel da nanotecnologia considerada uma tecnologia revolucionária na produção de bens e serviços, sendo amplamente aplicada em setores como alimentos, farmacêuticos cosméticos e indústria química. A nanociência e nanotecnologia são as novas fronteiras deste século, recentemente aplicadas na agricultura e alimentos. Suas aplicações incluem distribuição de drogas, produtos farmacêuticos, entrega inteligente de nutrientes e nanoencapsulação de nutracêuticos. Tecnologias avançadas, como microarrays de DNA, microeletromecânicos e microfluídicos, estão desbloqueando o potencial da nanotecnologia em alimentos (FARIA, 2019 apud SOUZA et al., 2022). Essas tecnologias já foram aplicadas em eletrônica, comunicação, produção de energia, remédios e alimentos industriais, buscando imitar nanodispositivos naturais (SANTOS, 2018 apud SOUZA et al., 2022).

A nanotecnologia contribui significativamente em todas as áreas da indústria e recentemente vem sendo destaque na indústria alimentícia, especialmente dentro do campo de embalagens. Constata-se, que o mercado de embalagens inteligentes está em constante crescimento, e a inovação é crucial para as empresas se destacarem em meio à concorrência. Em tempos de competitividade, a criatividade e inovação são essenciais para manter produtos no mercado.

Segundo Schimmelfenig, Santos e Bernieri (2009, apud HOSSAKI; VOLANTE, 2018), as embalagens inteligentes são cruciais na era atual, conectando consumidor, produto e marca. Para a indústria alimentícia, evitar o desperdício, reduzir custos e garantir a qualidade de seu produto é extremamente importante. A aplicação da nanotecnologia irá adicionar valor, devido aos baixos custos de manufatura, um exemplo disso é a nanopartícula de cerâmica que pode ser formada em superfícies de materiais volumétricos utilizando mais baixas temperaturas que outros materiais, reduzindo assim os custos (HOSSAKI, VOLANTE, 2018). Portanto, o principal desafio da indústria de alimentos é a perda de qualidade durante o armazenamento, aumentando o desperdício (BOLUMAR et al, 2014 apud ONGARATTO; VITAL; PRADO, 2022).

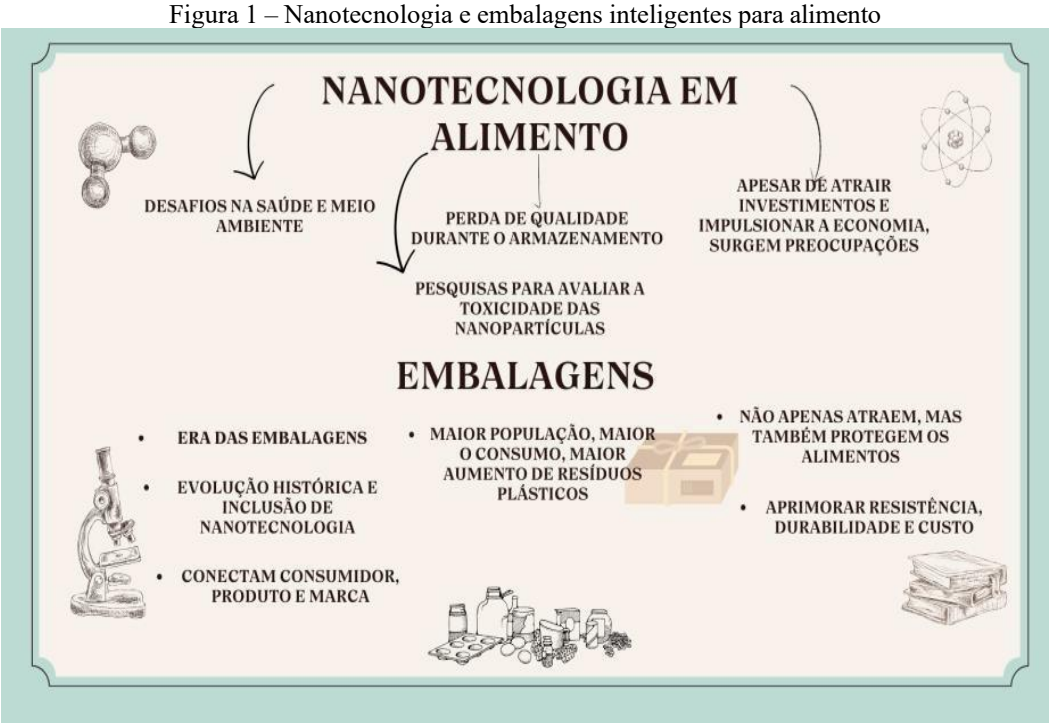
2 OBJETIVO

Considerando que as embalagens desempenham várias funções, não se restringindo apenas a guardar o produto, emerge o objetivo central deste estudo, que visa analisar o estado da arte das pesquisas sobre embalagens inteligentes para conservar, proteger, facilitar o transporte, assim como também interagir com o consumidor informando sobre o produto e cativando-o a comprá-lo (HOSSAKI; VOLANTE, 2018).

Apesar de atrair investimentos e impulsionar a economia, surgem preocupações com possíveis riscos para a saúde e o meio ambiente, pois conforme aumenta a população, maior será o número de consumidores, consequentemente, aumentará os resíduos plásticos (FERNANDES; OLIVEIRA, 2019). Assim, pesquisas que permitam a produção de embalagens inteligentes e sustentáveis, poderá amenizar futuros riscos e impactos para a sociedade e o meio ambiente. Nesse enfoque, faz-se necessário avançar nas pesquisas a fim de analisar as possibilidades e limitações do referido produto.

Nessa linha, a Figura 1 ilustra o objetivo deste estudo ao elencar a análise das aplicações da nanotecnologia em embalagens inteligentes para alimentos.

Figura 1 – Nanotecnologia e embalagens inteligentes para alimento



Fonte: Elaborada pelos autores.

3 METODOLOGIA

O artefato tecnológico que compõe este estudo é embalagem ativa inteligente, tecnologia produzida para preservar a qualidade, prolongar a vida útil e monitorar o estado do produto. Segundo pesquisadores, é a embalagem do futuro por fazer uso de alta tecnologia e técnicas avançadas com aplicação de nanotecnologia (ONGARATTO; VITAL; PRADO, 2022; DURÁN et al., 2019). Este tipo de embalagem surge como aprimoramento para as principais funções de uma embalagem, que são

contenção, proteção, conservação e informação. As embalagens não apenas atraem, mas também protegem os alimentos, mantendo sua qualidade. Assim, o presente trabalho explora a aplicação da nanotecnologia no desenvolvimento de embalagens, permitindo analisar como essa tecnologia pode contribuir para a durabilidade do alimento, bem como os benefícios para o consumidor (HOSSAKI; VOLANTE, 2018).

Visando aprofundar o tema sobre as aplicações da nanotecnologia na produção de embalagens inteligentes para armazenamento de alimentos, foi aplicada a metodologia da Revisão Sistemática na Literatura (RSL) (CROSSAN e APAYDIN, 2010), visando reunir um substrato teórico-prático de pesquisas na área. A busca sistemática foi realizada em bases de dados da Capes, Scielo e Google Acadêmico, no período de 2018 a 2023. Adicionalmente, foi realizada uma pesquisa aleatória em fontes que permitiram compilar informações relevantes para análise, conforme descritos no corpo deste trabalho.

4 DESENVOLVIMENTO

Para Costa, Sales Júnior e Souza (2019, p. 1) "o desenvolvimento de novas tecnologias de embalagens vem crescendo com a finalidade de garantir a qualidade sensorial e nutricional dos alimentos, bem como a segurança alimentar do consumidor, pois evitam a deterioração física, química e microbiológica do alimento".

Segundo a literatura, foi possível identificar dois tipos de embalagens, a ativa e a inteligente, que apesar de terem conceitos diferentes são interligadas e atuam juntas na preservação do produto. Como atuam em conjunto, uma embalagem pode ser ativa e inteligente ao mesmo tempo.

Segundo Ongaratto, Vital e Prado (2022, p. 2), "as embalagens ativas interagem com o produto a fim de proporcionar uma característica positiva pelo controle da sua qualidade, protegendo e aumentando a vida útil dos alimentos por meio da incorporação de compostos ativos". Deste modo, o uso da embalagem ativa se dá por meio da aplicação de tecnologias para a preservação e controle do produto. Para o controle feito pela embalagem ativa é importante a atuação da embalagem inteligente no monitoramento e fornecimento de informações sobre o estado e qualidade do produto.

As embalagens inteligentes são desenvolvidas baseadas em biossensores nanotecnológicos e são assim chamadas, pois interagem com o consumidor mostrando o estágio de maturação do produto no caso de frutas, ou deterioração no caso de produtos cárneos, pelos sensores de qualidade. Alguns desses sensores são conhecidos como língua ou nariz eletrônico, que mostram, por exemplo, as alterações de cor quando o produto estiver impróprio ao consumo (ONGARATTO; PRADO VITAL, 2022). O monitoramento e proteção feito por este tipo de embalagem traz benefícios durante grande parte do ciclo de vida do produto, começa com a preservação do produto durante o transporte e continua

com a facilidade identificar produtos em mau estado durante a entrega ao vendedor ou até mesmo à venda ao consumidor.

O uso de nanosensores tem sido essencial para verificar a qualidade do produto, de modo que realiza o monitoramento de tudo que acontece com o produto desde o momento que é embalado. Segundo Moore (2009, apud HOSSAKI; VOLANTE, 2018) a solução proposta à indústria de alimentos para identificar se a embalagem foi violada é a aplicação de uma tinta inteligente de oxigênio com indicadores nanocristalinos, assim seria possível identificar a presença de oxigênio na embalagem. Trabalhando junto a outras tecnologias, nanosensores podem identificar se há deterioração do produto causado por qualquer erro durante o processo de embalagem.

De acordo com informações da Associação Brasileira de Embalagens (ABRE, 2019), as embalagens inteligentes com nanossensores auxiliam na identificação de gases nos alimentos que estão se deteriorando, tendo o intuito de alertar os consumidores. Segundo Moore (2009 apud HOSSAKI; VOLANTE, 2018) pesquisadores da Bayer Polimers produziram através da tecnologia de nanopartículas, embalagens plásticas mais resistentes ao ar, feito com nanopartículas de prata e zinco, tem a função de descartar micro-organismos que estraguem o alimento. Ambas não alteram as características dos alimentos. Um exemplo é em ajudar a manter carnes frescas e sem contaminação por um período maior, como é apresentado na Figura 2 utilizando tomates.

Figura 2 - Exemplo de nanoesfera de prata



Fonte: SCHRAMM, 2012 apud HOSSAKI; VOLANTE, p. 624, 2018.

Segundo a Revista Embalagem Marca (2012 apud HOSSAKI; VOLANTE, 2018) uma equipe do MIT – Instituto de Tecnologia de Massachusetts nos Estados Unidos, com o objetivo de evitar o desperdício em embalagens de alimentos viscosos desenvolveram um líquido não tóxico e superviscoso, evitando que restos dos alimentos fiquem grudados nos recipientes. Um grupo de engenheiros e nanotecnologistas do

MIT, batizou o líquido como "LiquiGlide" que se trata de um revestimento lubrificante permitindo que os produtos deslizem com facilidade. Os compostos químicos utilizados de acordo com os engenheiros do MIT são aprovados pela agência reguladora de alimentos e remédios dos Estados

Unidos (FDA). Com esse novo revestimento afirmam que cerca de um milhão de toneladas de alimentos poderiam ser poupados do desperdício (HOSAAKI; VOLANTE, 2018).

Para prolongar a vida útil de carnes frescas, as embalagens ativas e inteligentes são estudadas. Embalagens ativas incorporam compostos antimicrobianos e antioxidantes, enquanto as inteligentes interagem visualmente com o consumidor, utilizando biossensores para rastreabilidade. Feitas de biopolímeros e compostos gasosos, essas tecnologias buscam preservar carnes, reduzir impactos ambientais e garantir segurança alimentar. No entanto, nem todas as pesquisas são aplicáveis em larga escala na indústria, destacando a importância de avanços relevantes (FANG et al., 2017 apud ONGARATTO; VITAL; PRADO, 2022).

As embalagens ativas interagem com o produto a fim de proporcionar uma característica positiva pelo controle da sua qualidade, protegendo e aumentando a vida útil dos alimentos por meio da incorporação de compostos ativos (ONGARATTO, VITAL, PRADO, 2022). Deste modo, o uso da embalagem ativa se dá por meio da aplicação de tecnologias para a preservação e controle do produto. Para o controle feito pela embalagem ativa é importante a atuação da embalagem inteligente no monitoramento e fornecimento de informações sobre o estado e qualidade do produto.

As embalagens ativas e inteligentes possuem características que podem ser destacadas, como: controle de oxigênio, etileno e umidade presente na embalagem para evitar a oxidação, amadurecimento e crescimento de microrganismos em vários tipos de alimentos. Embalagens com ação antimicrobiana contendo agentes que matam ou inibem microrganismos que podem estar presentes nas embalagens. Indicadores de temperatura, frescor, maturação, contaminação que são responsáveis por informar o estado do produto. Uso de código de barra ou QR code para mostrar informações sobre data de fabricação, lote, origem e rastreabilidade, que são extremamente importantes em produtos que exigem controle de qualidade (ONGARATTO; VITAL; PRADO, 2022).

Apesar da tecnologia usada em embalagens ativas e inteligentes serem avançadas, elas são simples. De acordo com a ABRE (2019), a maioria das embalagens inteligentes utilizam sensores simples, como monitores químicos e de pH, que interagem com a atmosfera interna e detectam a presença de gases, umidade e outros marcadores de qualidade. A simplicidade, facilidade e baixo custo que as embalagens ativas e inteligentes trazem, beneficia toda a cadeia produtiva, de modo que a indústria pode garantir a preservação e qualidade do produto, assim tendo a capacidade de fornecer o melhor para o consumidor, que serão beneficiadas com a praticidade de se ter todas as informações sobre o que compõe o produto, sobre a qualidade e preservação.

4.1 EMBALAGENS COMESTÍVEIS

As embalagens comestíveis podem ser utilizadas pelos revestimentos comestíveis aplicados diretamente ao produto alimentício ou pelos filmes pré-formados envolvendo o produto. Os filmes

comestíveis podem ser produzidos pelo processo úmido chamado de fundição ou seco, conhecido como extrusão. Em escala industrial, o método mais utilizado é o de extrusão e a pulverização para deposição do revestimento na superfície do produto (SUHAG et al., 2020 apud ONGARATTO; VITAL; PRADO, 2022), como representado na Figura 3:

Figura 3 - Waffles envolvidos em embalagem feita de algas



Fonte: CHIABI, 2023.

4.2 EMBALAGENS COM INDICADORES DE TEMPO/TEMPERATURA

Os indicadores de tempo e temperatura conhecidos como (TTIs) são dispositivos inteligentes que monitoram e armazenam o histórico de tempo e temperatura do alimento, além de mostrarem ao consumidor essas informações em tempo real. Os TTIs são baseados em alterações químicas, enzimáticas, microbiológicas ou mecânicas e podem ser produzidos como uma etiqueta ou rótulo que fornece resposta rápida às mudanças de temperatura de armazenamento por meio de mudanças de cor e/ou deformação mecânica e com relação a qualidade do alimento (ONGARATTO; VITAL; PRADO, 2022).

Um exemplo de TTI comercializado é da marca 3M (Figura 4), que monitora quando a temperatura foi excedida e exibe um indicador que se torna azul quando exposto à temperatura acima do recomendado. O princípio do TTI é baseado em uma tira porosa indicadora de percurso, tendo uma extremidade colocada sobre um reservatório contendo um corante químico azul que possui um determinado ponto de fusão (ONGARATTO; VITAL; PRADO, p. 7, 2022), como mostrado na Figura 4.

Figura 4: Indicador de tempo e temperatura 3MTM (MonitorMark)



Fonte: ONGARATTO; VITAL; PRADO, p. 7, 2022.

4.3 NÚCLEOS INTERPRETATIVOS

Na síntese deste estudo, é válido destacar que o monitoramento do produto por meio da embalagem concede conforto e praticidade, facilitando o dia a dia. A ação ativa de conservação e prolongação da embalagem garante um estilo de vida mais saudável, pois elimina a necessidade de adição de uma alta quantidade de conservantes prejudiciais para a saúde no alimento. A eficiência vem com o melhor aproveitamento do conteúdo das embalagens, proporcionando economia e evitando o desperdício (ONGARATTO; VITAL; PRADO, 2022).

Apesar da tecnologia usada em embalagens ativas e inteligentes serem avançadas, elas são simples. De acordo com a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE, 2019), a maioria das embalagens inteligentes utilizam sensores simples, como monitores químicos e de pH, que interagem com a atmosfera interna e detectam a presença de gases, umidade e outros marcadores de qualidade.

Para a indústria alimentícia, evitar o desperdício, reduzir custos e garantir a qualidade de seu produto é extremamente importante. A aplicação da nanotecnologia irá adicionar valor, devido aos baixos custos de manufatura, um exemplo disso é a nanopartícula de cerâmica que pode ser formada em superfícies de materiais volumétricos utilizando mais baixas temperaturas que outros materiais, reduzindo assim os custos (HOSSAKI, VOLANTE, 2018).

Nesse enfoque, destaca-se a contribuição da ABRE (2019, s/p) que afirma “os benefícios das embalagens inteligentes não se restringem apenas à entrega de uma experiência positiva para o consumidor final. Ao oferecer informações precisas sobre os produtos, elas se tornam úteis para a indústria como um todo, desde o transporte até o armazenamento”. Deste modo, fica claro que com a tecnologia as possibilidades e benefícios que as embalagens ativas e inteligentes podem fornecer são amplos. O uso da nanotecnologia e de elementos químicos são fatores essenciais no desenvolvimento destas embalagens.

A nanotecnologia aplicada em embalagens de alimentos tem o potencial de melhorar a segurança, conservação e qualidade dos produtos. No entanto, é necessário realizar uma análise crítica para avaliar os possíveis impactos na saúde humana e no meio ambiente, além de garantir a transparência e informação aos consumidores sobre o uso dessas tecnologias. Infere-se que a tecnologia nano está proporcionando resultados significativos no mercado alimentício. Todavia é fundamental analisar em escala a consequência da nanotecnologia, seus pontos positivos e pontos negativos para real aprimoramento e inovação nas aplicações de tal tecnologia na área dos alimentos.

Através da revisão sistemática na literatura (CROSSAN e APAYDIN, 2010) foi possível identificar a ausência de regulação específica para nanoalimentos no Brasil, o que compromete o direito à informação ao público consumidor. Torna-se válido questionar as questões técnicas e históricas da nanotecnologia, sua aplicação na indústria alimentícia, riscos associados ao consumo e análise das políticas públicas brasileiras e projetos de lei sobre o tema. Os autores Fernandes e Oliveira (2019),

destacam a importância jurídica diante da ascensão da nanotecnologia na indústria alimentar, ressaltando a necessidade de regulamentação para garantir critérios de segurança e o direito de escolha do consumidor.

Nessa perspectiva, é imprescindível a análise das preocupações em relação à segurança e saúde humana devido à possibilidade de liberação de substâncias nocivas para os alimentos. É importante realizar pesquisas e regulamentações adequadas para garantir a segurança dessas embalagens. Ademais existem preocupações com a toxicidade de certos materiais nanoestruturados e os potenciais efeitos adversos na saúde humana e no ecossistema. É importante realizar pesquisas e regulamentações adequadas para minimizar os impactos negativos da nanotecnologia no meio ambiente que se tornam um precedente crucial para garantir que as inovações sejam seguras e benéficas, evitando potencial risco a saúde humana. Nesse sentido, segundo Savolainen e Van Tassel, "as pesquisas realizadas indicam que a escala nanométrica de algumas nano partículas artificiais agravam o risco de bioacumulação de substâncias nos órgãos e nos tecidos do corpo humano, podendo levar ao desenvolvimento de doenças" (2013, p. 453 apud FERNANDES; OLIVEIRA, 2019). Além disso, a conscientização do consumidor é crucial para garantir uma escolha informada e para incentivar a transparência por parte dos fabricantes.

No escopo da nanotecnologia, é válido ressaltar a nanotoxicologia que se refere ao estudo dos efeitos tóxicos de nanomateriais em sistemas biológicos, e a interação complexa desses materiais com células, animais, seres humanos e o meio ambiente é ainda um campo de pesquisa em evolução. Propriedades físico- químicas e morfológicas dos nanomateriais influenciam suas interações e, consequentemente, sua toxicidade. A pesquisa nesse campo se baseia em parâmetros cruciais para determinar doses de nanopartículas e avaliar sua toxicidade de forma precisa. No entanto, é essencial considerar que a proteção contra a toxicidade e a determinação de valores máximos de exposição em humanos depende do avanço de estudos na área (DURÁN et al., 2019).

É crucial não permitir que a perspectiva positiva da nanotecnologia prevaleça sem uma reflexão apropriada sobre os potenciais danos causados por nanomateriais nos organismos vivos. Antes da aprovação para uso, é imperativo realizar uma avaliação cuidadosa dos riscos, considerando a funcionalidade e a segurança ao decorrer desses novos produtos em proporção nano. Para isso, é preciso que regulamentações e padronizações sejam desenvolvidas rigorosamente, sobretudo no Brasil, que há uma grande diversidade de ecossistemas, tendo um grande potencial para contribuir com materiais para a criação de nanoprodutos (CANCINO; MARANGONI; ZUCOLOTTO, 2018).

Com tudo, é possível inferir que a incorporação de nanocomponentes na produção de embalagens inteligentes para armazenamento de alimentos, sinaliza a necessidade na ampliação do debate científico e tecnológico. O impacto presente e futuro da nanotecnologia é incontestável, com avanços já evidentes e promissores por vir. É crucial investir em pesquisas para compreender os

potenciais riscos toxicológicos dos nanomateriais e estabelecer normas internacionais eficazes. Dessa forma, podemos assegurar que a nanotecnologia seja uma força positiva no progresso das gerações futuras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nanotecnologia aplicada em embalagens de alimentos tem o potencial de melhorar a segurança, conservação e qualidade dos produtos. No entanto, é necessário realizar uma análise crítica para avaliar os possíveis impactos na saúde humana e no meio ambiente, além de garantir a transparência e informação aos consumidores sobre o uso dessas tecnologias. Nessa linha, a nanotecnologia é uma das tecnologias de ponta na atualidade, e suas aplicações nas diversas áreas abre um campo fértil para pesquisas e, por conseguinte, para o avanço da ciência.

A tecnologia nano está proporcionando resultados significativos ao mercado alimentício. Todavia é fundamental analisar em escala a consequência da nanotecnologia, seus pontos positivos e pontos negativos para real aprimoramento e inovação nas aplicações de tal tecnologia na área dos alimentos. Nesse aspecto, constata-se o potencial do Brasil como fonte de nanoprodutos que servirá para o desenvolvimento de futuras tecnologias nano. Ratifica-se que o desenvolvimento tecnológico, especialmente na área da nanotecnologia, é crucial para enfrentar problemas sociais, exigindo constante aprimoramento para atingir seu potencial máximo, ressaltando a conscientização sobre a importância deste assunto na sociedade atual, incentivando reflexões sobre os avanços tecnológicos e suas consequências.

Concluindo esta análise sobre a aplicabilidade da nanotecnologia em embalagens inteligentes para alimentos, permite inferir que a reflexão sobre o desenvolvimento de mecanismos que podem examinar nutrientes presentes ou a falta dos mesmos nos alimentos, torna-se vital para o aperfeiçoamento no processo de criação e implementação de produtos inovadores baseados em nanotecnologia.

REFERÊNCIAS

ABRE. Inovação Design de Embalagem, 2019. Embalagens inteligentes: como elas podem beneficiar consumidores e varejistas. Disponível em: https://www.abre.org.br/inovacao/design-de-embalagem/embalagens-inteligentes-como- elas-podem-beneficiar-consumidores-e-varejistas/. Acesso em 13/11/2023.

CANCINO, J.; MARANGONI,V. S.; ZUCOLOTTO, V. Nanotecnologias em Medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações. SciELO, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/dcxWV4RTSSjxDK3SsbdR8rR/. Acessoem 13/11/2023.

CHIABI, Matheus. Veja diversos exemplos de embalagens comestíveis! Ciclo Orgânico, 15/03/2023. Disponível em: https://blog.cicloorganico.com.br/sustentabilidade/veja-diversos-exemplos-de-embalagens-comestiveis/. Acesso em 13/11/2023.

COSTA, M. G. A.; SALES JÚNIOR, R. de A.; SOUZA, A. O. do V. Tecnologias de embalagens no pescado: aplicação e tendências. Pubvet, 2019. Disponível em: https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/819 Acesso em 13/11/2023.

CROSSAN, M.; APAYDIN, M. A. Multi-Dimensional Framework of Organizational Innovation: A Systematic Review of the Literature. Journal of Management Studies, v. 47, p. 1154-1191, 2010.

DURÁN, N.; WALLACE R. R.; MARCELA D.; WAGNER J. F.; AMEDEA B. S.Nanotecnologia de
nanopartículas de prata: toxicidade em animais e humanos. SciELO, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/QPWBMkm9whgD7c8jFYBscHJ/#. Acesso em 30/10/2023.

FERNANDES, R. G.; OLIVEIRA, L. P. S. Entre riscos e desinformação: A utilização da nanotecnologia na indústria de alimentos. Revista jurídica da FA7, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.24067/rjfa7;16.2:879. Acesso em 30/10/2023.

FERREIRA, L. R. M.; CHITOLINA L.; DIAS I. C.; ENDRES C. M.; DUARTE M. A. T. Inovação
nanotecnológica em embalagens bioativas para alimentos perecíveis – uma revisão. eTECH, 2022. Disponível em: https://etech.sc.senai.br/revista-cientifica/article/view/1219. Acesso em 30/10/2023.

HOSSAKI, B. A.; VOLANTE C. R. Nanotecnologia aplicada às embalagens de alimentos. Simtec, 2018. Disponível em: https://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/408. Acesso em 30/10/2023.

ONGARATTO, G. C.; VITAL, A. C. P.; PRADO, I. N. do. Embalagens ativas e inteligentes para proteção da carne e seus derivados: Revisão. Pubvet, 2022. Disponível em: https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/52. Acesso em 30/10/2023.

SOUZA, M. N. C.; LIMA E. V. M. de; SANTOS I. T. dos; SILVA M. I. G. da. Nanotecnologia e suas aplicações no setor alimentício. Revistas científicas, 2022. Disponível: https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/alimentos/article/view/1752#:~:text=As%20aplica%C3%A
7%C3%B5es%20de%20nanotecnologia%20na,aumentando%20as%20propriedades%20de%20barreira.A cesso em 30/10/2023.