

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
INSTITUTO NACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE EM SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM VIGILÂNCIA SANITÁRIA

Camila de Oliveira Ferro

**NANOTECNOLOGIA APLICADA AOS ALIMENTOS NO BRASIL E RISCOS À
SAÚDE**

Rio de Janeiro

2020

Camila de Oliveira Ferro

NANOTECNOLOGIA APLICADA AOS ALIMENTOS NO BRASIL E RISCOS À SAÚDE

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Controle da Qualidade de Produtos, Ambientes e Serviços Vinculados à Vigilância Sanitária do Programa de Pós-Graduação em Vigilância Sanitária, do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, da Fundação Oswaldo Cruz, como requisito para a obtenção do Certificado de conclusão do Curso de Especialização em Controle da Qualidade de Produtos, Ambientes e Serviços Vinculados à Vigilância Sanitária.

Orientadora: Rosane Gomes Alves Lopes

Rio de Janeiro

2020

Catálogo na Fonte

Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde

Biblioteca

Ferro, Camila

Nanotecnologia aplicada aos alimentos no brasil e riscos à saúde. /
Camila Ferro. – Rio de Janeiro: INCQS/FIOCRUZ, 2020.

54 f. : fig. ; graf. ; tab.

Monografia (Curso de Especialização em Controle da Qualidade de Produtos, Ambientes e Serviços Vinculados à Vigilância Sanitária) - Programa de Pós-Graduação em Vigilância Sanitária, Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2020.

Orientadora: Rosane Lopes.

Inclui Bibliografias.

1. Nanotecnologia. 2. Nanotecnologia em alimentos. 3. Nanoalimentos. 4. Riscos e nanotecnologia. 5. Nanotecnologia e regulamentação. I. Título.

Nanotecnologia aplicada aos alimentos no brasil e riscos à saúde

Camila de Oliveira Ferro

NANOTECNOLOGIA APLICADA AOS ALIMENTOS NO BRASIL E RISCOS À SAÚDE

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Controle da Qualidade de Produtos, Ambientes e Serviços Vinculados à Vigilância Sanitária do Programa de Pós-Graduação em Vigilância Sanitária, do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, da Fundação Oswaldo Cruz, como requisito para a obtenção do Certificado de conclusão do Curso de Especialização em Controle da Qualidade de Produtos, Ambientes e Serviços Vinculados à Vigilância Sanitária.

Aprovado em ____ de ____ de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Maria Helena Simões Villas Boas (Doutora) - Titular
Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde

Lisia Maria Gobbo dos Santos (Doutora) - Titular
Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde

Cristiane Barata Silva (Doutora) - Titular
Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde

Fabio Silvestre Bazilio (Doutor) - Suplente
Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde

Sonia Ribeiro Doria (Doutora) - Suplente
Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde

ORIENTADORA

Rosane Gomes Alves Lopes (Doutora)
Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde

RESUMO

O termo “nanotecnologia” passou a ser utilizado na década de 50, quando se imaginava ser o futuro a partir de nano máquinas. No século XX começaram a ser propagadas nanopartículas com tamanho inferior a 10 nanômetros (nm). No setor de alimentos, as pesquisas com nanotecnologias já evidenciam para uma revolução tecnológica diante do potencial de aplicações, alterando a forma como o alimento é processado, produzido, embalado, transportado e consumido. Qualquer produto inventado, ou modificado, tem seus riscos inerentes. O presente trabalho tem como objetivo responder em que áreas de alimentos a nanotecnologia pode e tem sido utilizada, quais os riscos à saúde oferecidos pela nanotecnologia aplicada aos alimentos e que aspectos precisam ser levados em consideração frente a necessidade de regulação desses produtos. Para o trabalho foi utilizado o método de revisão bibliográfica com busca em cinco bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Google Acadêmico, Portal de Periódicos Capes, o Repositório Institucional da Fiocruz denominado ARCA e o Catálogo de Teses e Dissertações da Capes. Foi realizada busca bibliográfica no período de Abril de 2019 a Julho de 2020. Para a realização da revisão bibliográfica, foram utilizados os seguintes descritores: “nanotecnologia”, “nanotecnologia em alimentos”, “nanoalimentos”, “riscos e nanotecnologia” e “nanotecnologia e regulamentação”, compreendendo o período de 2010 a 2019 e documentos em português do Brasil. Foram selecionados 51 trabalhos sobre o tema. Na atualidade, as maiores aplicações em nanoalimentos estão concentradas na área de embalagens, seguidas da nanoencapsulação de ingredientes e aditivos. Concluiu-se, ao final do estudo, que os riscos para a saúde coletiva e as vias de exposição dos nanomateriais para o corpo humano são questões que necessitam ser mais estudada. No Brasil não há regulação específica; e aponta-se que a regulação deve envolver também a disponibilidade de informações ao consumidor, permitindo sobretudo a escolha dos produtos a serem utilizados.

Palavras-chave: Nanotecnologia. Alimentos. Riscos. Regulamentação. Vigilância sanitária de alimentos. Nanotecnologia em alimentos.

SUMMARY

The term “nanotechnology” came to be used in the 1950s, when it was thought that the future was based on nano machines. In the 20th century, nanoparticles smaller than 10 nanometers (nm) began to be propagated. In the food sector, research with nanotechnologies has already shown a technological revolution in view of the potential for applications, changing the way food is processed, produced, packaged, transported and consumed. Any product invented, or modified, has its inherent risks. The present work aims to answer in which areas of food nanotechnology can and has been used, what are the health risks offered by nanotechnology applied to food and what aspects need to be taken into account in view of the need to regulate these products. For the work, the bibliographic review method was used with search in five databases: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Google Acadêmico, Portal de Periódicos Capes, o Repositório Institucional da Fiocruz denominado ARCA e o Catálogo de Teses e Dissertações da Capes. A bibliographic search was carried out from April 2019 to July 2020. To perform the bibliographic review, the following descriptors were used: “Nanotechnology”, “nanotechnology in food”, “nano-food”, “risks and nanotechnology” and “nanotechnology and regulation”, covering the period from 2010 to 2019 and documents in Brazilian Portuguese. 51 works on the theme were selected. Currently, the largest applications in nanofoods are concentrated in the packaging area, followed by nanoencapsulation of ingredients and additives. It was concluded, at the end of the study, that the risks to collective health and the exposure routes of nanomaterials to the human body are issues that need to be further studied. In Brazil, there is no specific regulation; and it is pointed out that the regulation must also involve the availability of information to the consumer, mainly allowing the choice of products to be used.

Keyword: Nanotechnology. Food. Risks. Regulation. Food health surveillance, nanotechnology in food.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Etapas da Cadeia de segurança alimentar	17
Figura 2 -	Composição do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária	18
Figura 3 -	Distribuição dos trabalhos selecionados por áreas temáticas	24
Figura 4 -	Distribuição dos trabalhos selecionados para o estudo segundo ano	25
Quadro 1 -	Referências Selecionadas para o estudo do Google Acadêmico	52
Quadro 2 -	Referências Selecionadas para o estudo do SciELO	53
Quadro 3 -	Referências Selecionadas para o estudo do Portal de Periódicos Capes	53
Quadro 4 -	Referências Selecionadas para o estudo da base de dados Catálogo de Teses e Dissertações da Capes	54
Quadro 5 -	Referências Selecionadas para o estudo da base de dados ARCA– Repositório Institucional da Fiocruz	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Termos de busca utilizados e trabalhos selecionados segundo bases de dados estudadas	22
---	----

LISTA DE SIGLAS

Ag-nano	Nanoprata
AgNP	Micropartícula de prata
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
CIN	Comitê Interno de Nanotecnologia
CF/88	Constituição Federal de 1988
CTNano	Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança
FDNano	Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia
Fiocruz	Fundação Oswaldo Cruz
IBN	Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia
INCQS	Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde
Lacen	Laboratórios Centrais
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NAE	Núcleo de Assuntos Estratégicos
NLS	Nanopartículas lipídicas sólidas
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OGM	Organismos Geneticamente Modificados
OMS	Organização Mundial da Saúde
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
<i>SciELO</i>	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
SisNano	Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Nanotecnologia	9
1.2 Vigilância sanitária, prevenção e precaução de riscos	11
1.3 Vigilância sanitária de alimentos, regulação e proteção à saúde	14
1.4 Justificativa do estudo	18
2 OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo geral	20
2.2 Objetivos específicos	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Tipo de estudo	21
3.2 Fonte de coleta de dados	21
3.3 Estratégias de busca	21
3.4 Análise dos trabalhos selecionados	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Nanotecnologia aplicada aos alimentos	25
4.1.1 Utilização da nanotecnologia em embalagens	26
4.1.2 Utilização da nanotecnologia na indústria de alimentos	30
4.2 Riscos da nanotecnologia aplicada a alimentos sobre a saúde humana	32
4.2.1 Toxicidade dos nanomateriais	34
4.3 Regulação aplicada à nanotecnologia em alimentos no Brasil	35
5 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	44
APÊNDICE A	52

1 INTRODUÇÃO

1.1 Nanotecnologia

Diante do avanço e novas exigências impostas pelo mercado, encontra-se uma real necessidade em intensificar diversas inovações tecnológicas, sendo uma delas os (nano) produtos e aperfeiçoamento dos existentes. A nanotecnologia mostra-se realmente importante para os avanços tecnológicos, pois, além de reproduzir aquilo que os organismos naturais podem criar, também vão além, o que possibilita a criação de novos materiais com altíssima precisão em níveis atômicos (NOLASCO; SANTOS, 2017).

Essa ciência tem sido apontada como uma nova revolução tecnológica, devido ao seu enorme potencial de inovação para o desenvolvimento industrial e econômico. Hoje, praticamente todos os setores industriais, utilizam algum tipo de processo nanotecnológico. Uma das áreas em crescente desenvolvimento é a nanobiotecnologia ou nanomedicina, que engloba os estudos na área da saúde (BATISTA e PEPE, 2014).

As aplicações nanotecnológicas são transversais a diversos setores produtivos e áreas do conhecimento (SILVA, 2012).

Com a promessa de grandes avanços e investimentos que acompanham a nanotecnologia, surgiu uma série de áreas “nano” que se referem às áreas tradicionais de conhecimento, mas incorporam materiais nanometricamente manipulados, objetivando se beneficiar de novas propriedades (PYRRHO, 2012).

Diante de mudanças na estrutura econômica do país, somente as condições macroeconômicas não são suficientes para a criação de valor nos negócios empresariais, sendo necessário que as empresas brasileiras tenham ganhos crescentes de produtividade derivados das inovações tecnológicas (ABREU, 2012).

O conceito de nanotecnologia foi proposto pela Royal Society (Reino Unido):

Nanociência é o estudo dos fenômenos e manipulação de materiais atômicos, moleculares e escalas macromolecular, onde as propriedades diferem significativamente daqueles em maior escala. As nanotecnologias incluem o design, produção, caracterização e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas de controle de

forma e tamanho em escala nanométrica (ROYAL SOCIETY AND ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2004).

De acordo com a definição da International Organization for Standardization (ISO), a nanotecnologia define um nanomaterial como um material com qualquer dimensão externa na nanoescala ou tendo estrutura interna ou estrutura de superfície na nanoescala; nanoescala é definida como a faixa de tamanho de aproximadamente 1 nm a 100 nm e observa-se que propriedades que não são extrapolações de um tamanho maior são predominantemente exibidas nesta faixa de tamanho (GUBALA *et al.*, 2018).

Segundo Bouwmeester *et al.*, *apud* Barros (2011), o tamanho minúsculo das nanopartículas, de 1 a 100 nanômetros, combinado com a composição química e a estrutura da superfície, proporciona-lhes uma característica peculiar e um vasto potencial de aplicações. Um nanômetro corresponde à bilionésima parte do metro – como exemplo, uma folha de papel tem cerca de cem mil nanômetros de espessura (BARROS, 2011).

As nanoestruturas são os menores sistemas feitos pelo homem e apresentam novas propriedades físicas, químicas e biológicas. O estudo de materiais cujos tamanhos das partículas que os constituem encontram-se na faixa dos nanômetros, os chamados de nanomateriais, ganhou importância significativa no final do século XX, levando ao aparecimento e consolidação de toda uma área do conhecimento, hoje reconhecida como Nanociência e Nanotecnologia (PISCOPO, 2014).

Utilizando a nanotecnologia, é possível adaptar estruturas essenciais de materiais em nanoescala para que obtenham propriedades específicas, tornando-os mais fortes, mais reativos, mais leves, mais duráveis (NNI, 2011), porque na escala nanométrica, os materiais sofrem “efeitos quânticos” e apresentam grande capacidade reativa, em função da grande relação área/superfície podendo, devido a isso, adquirir propriedades completamente diferentes dos originais (BARROS, 2011).

Estudos sugerem que os nanomateriais, por sua pequena dimensão e aumento da área superficial, podem ter uma permeabilidade maior através da pele, mucosas e membranas celulares, e assim, seu efeito tóxico é maior, já que possuem uma reatividade superior (PASCHOALINO, 2010).

No Brasil, a Agência de Vigilância Sanitária (Anvisa) – Agência reguladora de produtos e serviços relacionados à saúde - divulgou o “Diagnóstico Institucional de

Nanotecnologia”, em 25 de março de 2014. Mostrou que, muito embora, sendo acanhadamente desenvolvida desde 1970, foi a partir de 2005, que as nanotecnologias passaram a ser adotadas como oportunidade de alavancar mercados, cuja perspectiva até 2020, é a de estar no topo da economia de mercado massivo, como valor agregado, que é de sua natureza. O número de produtos manufaturados com base em nanotecnologia em 2005 era entre 0 a 200. Já, em 2011, sendo a Anvisa, remontavam a 1600 (PELLIN; VEIGA, 2017).

Com o alto crescimento do número de produtos à base de nanomateriais em desenvolvimento e comercializados, em 2010 a Presidência da República estimava que o Brasil faria parte de 1% do mercado mundial neste segmento nos anos seguintes, conforme divulgado pelo Núcleo de Assuntos Estratégicos – NAE (PASCHOALINO, 2010).

No setor de alimentos, as pesquisas com nanotecnologias já evidenciam uma revolução tecnológica diante do potencial de aplicações, alterando a forma como o alimento é processado, produzido, embalado, transportado e consumido. Qualquer produto inventado, ou modificado, tem seus riscos inerentes. É indiscutível que a produção em escala nano promete benefícios, mas é prudente que haja um controle dos resultados das suas interações com os meios biológicos, que poderão sofrer com os possíveis riscos toxicológicos (ENGELMANN, 2011).

1.2 Vigilância sanitária de alimentos, prevenção e precaução de riscos

A Constituição Federal de 1988 (CF/88) estabelece que o Estado Brasileiro organize o Sistema Único de Saúde de forma a garantir a proteção da saúde (BRASIL, 1988), sendo as ações de vigilância em saúde atualmente colocadas em prática por meio de ações de vigilância sanitária, epidemiológica e ambiental. O compromisso com a proteção à saúde da população através da CF/88, em seu artigo 196, preconiza:

“A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação.”

Baseando-se na Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990 (BRASIL, 1990) que dispõe sobre as condições para promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências, entende-se por Vigilância sanitária como sendo:

“ um conjunto de ações capaz de eliminar, diminuir ou prevenir riscos à saúde e de intervir nos problemas sanitários decorrentes do meio ambiente, da produção e circulação de bens e da prestação de serviços de interesse da saúde, abrangendo:

I - o controle de bens de consumo que, direta ou indiretamente, se relacionem com a saúde, compreendidas todas as etapas e processos, da produção ao consumo; e

II - o controle da prestação de serviços que se relacionam direta ou indiretamente com a saúde.”

O termo ‘risco’ tem origens diversas. Navarro (2009), ressaltou que desde a sua origem, o risco está associado à possibilidade de ocorrência de um evento indesejado. E a regulação de riscos à saúde é entendida como uma interferência governamental no mercado ou em processos sociais, com o propósito de controlar consequências potencialmente danosas à saúde.

O desenvolvimento de produtos e serviços está em constante evolução tecnológica, fazendo com que o nível de incorporação nem sempre acompanhe o conhecimento sobre os riscos ou mesmo sobre sua gerência. Dessa forma, se tratando da questão do risco sanitário, essa complexidade agrega ainda o elemento “risco à saúde”.

Figueiredo *et al.* (2017) ressaltaram que “os riscos à saúde que emergem geram necessidades de aperfeiçoamento contínuo do aparato oficial, comportando-se como o motor do processo regulatório na área de vigilância sanitária de alimentos. Antes, a maior preocupação era de disciplinar o controle da qualidade sanitária do produto alimentício, concentrado nos aspectos biológicos, físicos e químicos. Na sequência, englobou a gestão do risco do processo de produção”.

A avaliação de risco possibilita identificar e estimar, de maneira sistemática e eficiente, os possíveis efeitos adversos à saúde das pessoas e do ambiente, quando estes estão expostos a algum agente ou fator, envolvendo diferentes dimensões, como a

dimensão social, a biológica, a dimensão política, a econômica e a dimensão tecnológica, o que gera um desafio para toda a sociedade (ALMEIDA, 2017).

A análise de risco identifica um problema potencial, avalia a probabilidade da sua ocorrência, estima o seu impacto e sugere as medidas para solucioná-lo. É um processo formado por três componentes: gerenciamento de risco, avaliação de risco e comunicação de risco, segundo o Codex Alimentarius, para a coleta e avaliação, sistemática e transparente, de informações científicas relevantes sobre um perigo e definição da melhor opção de gerenciá-lo (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2008).

A identificação do risco consiste no processo de busca, reconhecimento e descrição do risco, ou seja, as fontes e formas de interação dessas fontes do risco e as consequências potenciais. Pode envolver dados históricos e publicações científicas e opiniões de especialistas (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2015). Analisar o risco é compreender a sua natureza e determinar o seu nível em termos de consequências e probabilidade (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2015).

Após identificar e analisar, realiza-se a comunicação do risco. A comunicação não é um conjunto de técnicas afim de informar sobre a possibilidade de danos decorrentes da interação com determinados perigos, mas é parte estratégica do processo de gestão de riscos, responsável por integrar e informar aos colaboradores e partes interessadas, maneiras e procedimentos de como agir perante ameaças, para que possam promover e desenvolver a percepção a respeito dos perigos e riscos decorrentes da natureza da atividade desenvolvida (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2015).

Segundo Tavares (2015), o princípio da precaução é entendido como “uma concepção relativamente nova e norteadora da ação” diante de “riscos de danos graves e irreversíveis”, representados, por exemplo, pelos problemas ecológicos globais.

O princípio da precaução atua na prevenção dos males da sociedade de risco, atuando como instrumento de gestão nas incertezas. Está intimamente ligado aos princípios da solidariedade entre gerações e deve ser aplicado ao gerenciamento de possíveis riscos ocasionados pelo desenvolvimento com utilização da nanotecnologia (NETO, 2014).

A atenção em relação à gestão dos riscos que podem derivar das nanotecnologias engloba ausência de certeza científica tocante à ocorrência de efeitos negativos e impõe uma abordagem precaucional, sendo esta, imprescindível na forma de gerenciar o novo e

desconhecido. Estes possíveis riscos podem ocorrer desde todo processo produtivo, assim como na comercialização e durante todo o ciclo de vida do produto que contenha alguma nanopartícula (ENGELMANN, 2015, p.358).

1.3 Vigilância sanitária de alimentos, regulação e proteção à saúde

A regulação de alimentos pode ser entendida como o estabelecimento de regras para a rotulagem e composição de alimentos processados, divulgação e propaganda de alimentos e manutenção da qualidade em todas as etapas da cadeia produtiva e nos locais de consumo (MAGALHÃES, 2017).

Um grande desafio na maioria dos países tem sido evitar que um setor do governo seja responsável ao mesmo tempo por regular a qualidade dos alimentos consumidos e promover os interesses das indústrias. No Brasil, essa discussão também anda em evidência. O Governo Federal, por exemplo, tem a função de elaborar propostas e contribuir para monitorar iniciativas públicas de segurança alimentar e nutricional, incluindo as ações de regulação (MAGALHÃES, 2017).

O Brasil acompanha normas internacionais na área – como o Codex Alimentarius, no que tange a rotulagem – mas também estabelece regras e parâmetros específicos para a avaliação da qualidade dos alimentos produzidos e comercializados (MAGALHÃES, 2017).

Dentre as instâncias existentes no país, o Ministério da Saúde (MS), o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) atuam na regulação de alimentos. O MS, através da Anvisa, criada pela Lei n. 9.782/199924, tem um papel de destaque por ser responsável pela elaboração e aplicação de regras para a rotulagem nutricional, pela revisão das estratégias de propaganda e pelo controle de qualidade de alimentos processados e industrializados.

O MAPA, por sua vez, é responsável pela qualidade de alimentos de origem animal, frutas, legumes, grãos, sementes e outros insumos, além de ração animal. Já o MMA, por exemplo, deve avaliar as condições da liberação de cultivo e comercialização de organismos geneticamente modificados ou transgênicos e, também, os agrotóxicos

destinados ao uso em ambientes hidricos, florestas nativas e outros ecossistemas e seus impactos no meio ambiente (MAGALHÃES, 2017).

A prática regulatória de alimentos no Brasil foi instituída ainda na Primeira República, pelo Decreto nº 68 de 1889 disciplinando a polícia sanitária, com a subsequente definição do seu conjunto de atribuições, inclusive fiscalização da alimentação pública, consumo e fabrico de bebidas (FIGUEIREDO, 2017).

A Anvisa surgiu com a finalidade de promover a proteção à saúde da população pelo controle sanitário da produção e da comercialização de produtos e serviços (MAIA, 2016).

Na área de alimentos, cabe à Anvisa a regulamentação, controle e a fiscalização de produtos e serviços que envolvam risco à saúde pública, como os bens e produtos de consumo submetidos ao controle e fiscalização sanitária, dos quais os alimentos processados, bebidas, seus insumos, aditivos alimentares, embalagens e equipamentos em contato com o alimento fazem parte de suas incumbências.

No final da década de 1990, o MS transferiu as atividades de vigilância sanitária para a Anvisa, como decorrência das políticas regulatórias no Brasil (FIGUEIREDO, 2017).

No Brasil, a saúde é um direito social, inscrito na CF/88, que também instituiu o Sistema Único de Saúde (SUS) como meio de concretizar esse direito. O art. 200 desta Constituição estabelece, em seus incisos I e VI, a competência do SUS para controlar e fiscalizar procedimentos, produtos e substâncias de interesse para a saúde, e também fiscalizar e inspecionar alimentos, bebidas e águas para consumo humano.

Com vistas ao alcance dos objetivos da Vigilância Sanitária de alimentos, torna-se imprescindível conhecer os riscos existentes em todas as etapas da cadeia alimentar, a fim de intervir de forma efetiva para minimizá-los, no intuito de ofertar alimentos seguros aos consumidores (ALMEIDA, 2017).

Atualmente, o risco envolvido com o preparo e o consumo de alimentos é tratado de forma muito mais abrangente, na medida em que a disponibilidade, qualidade, quantidade e preço são alguns dos diversos fatores relacionados com agravos à saúde (ALMEIDA, 2017).

A Vigilância Sanitária de Alimentos desenvolve suas ações com objetivo de eliminar, diminuir ou prevenir riscos e agravos à saúde e de intervir nos problemas

sanitários relativos à produção, exposição à venda e consumo humano de alimentos e bebidas, incluindo seus aditivos e coadjuvantes de tecnologias e suas embalagens (BRASIL, 1990). E contribui para a intensificação na aplicação de medidas para garantir a inocuidade dos alimentos e reduzir os riscos à saúde.

Dois importantes instrumentos para subsidiar e avaliar a qualidade higienicossanitária, desde o preparo até a comercialização de alimentos, são a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) no 216/2004 da Anvisa que dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação e a RDC no 218/2005 da Anvisa que versa sobre o Regulamento técnico de Procedimentos Higienicossanitários para Manipulação de Alimentos e Bebidas Preparados com Vegetais (CARNEIRO, 2017).

Para MAIA (2016), é importante que os profissionais de regulação enxerguem sua atuação para além da tradicional “inspeção sanitária”. Além disso, é fundamental aprofundar o conhecimento nas demais tecnologias para a redução de risco.

Atualmente, o Codex Alimentarius define higiene dos alimentos como “todas as condições e medidas necessárias para garantir a segurança e a adequação dos alimentos em todas as etapas da cadeia de alimentos” (MARINS; TANCREDI; GEMAL, 2014).

Atualmente, modernos métodos ou sistemas de inspeção referem-se a programas mais completos de qualidade, monitorando o produto em toda a cadeia produtiva, servindo a análise do produto final apenas como uma das partes do controle, dessa forma, o primeiro parâmetro de qualidade que deve ser levado em conta é a questão da inocuidade para o consumidor; em seguida, estão os parâmetros biológicos, físico-químicos e sensoriais, como atributos de qualidade e conformidade (MARINS; TANCREDI; GEMAL, 2014).

Atualmente, uma ferramenta de grande valor na área de inspeção e fiscalização, é o método de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). É recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e obrigatório em diversos países na Europa e nos Estados Unidos. Esse método é um sistema preventivo, que busca garantir a inocuidade e a qualidade dos alimentos mediante o controle em todas as etapas da produção, permitindo ações corretivas, antes da rejeição do produto final (MARINS; TANCREDI; GEMAL, 2014).

De acordo com a abordagem atual da segurança dos alimentos, o controle da qualidade e da inocuidade deve ser realizado em toda a cadeia alimentar que engloba um

conjunto de etapas consecutivas, ao longo das quais os diversos insumos sofrem algum tipo de transformação, até a constituição de um produto final no mercado (Figura 1) - produção, armazenagem, distribuição, processamento, até o consumo do alimento *in natura* ou processado - sendo responsabilidade de todos os profissionais envolvidos nessas atividades, órgãos governamentais e também dos consumidores (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2008).

Figura 1 – Etapas da Cadeia de segurança alimentar



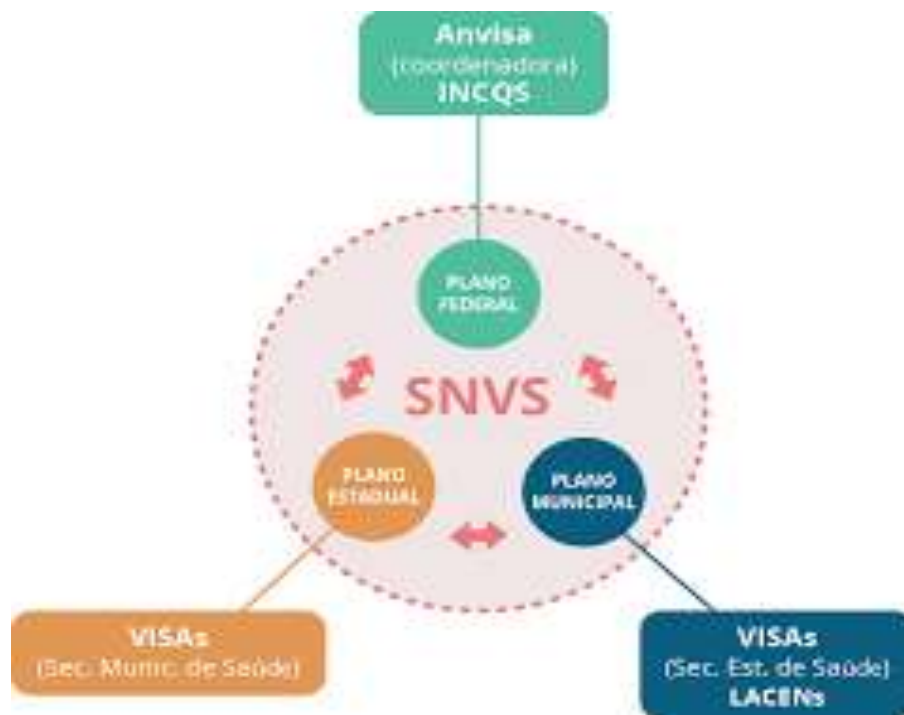
Fonte ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2008.

A Lei 9.782/99 criou a Anvisa e instituiu o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS). Integram o SNVS no plano federal, a Anvisa e o Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde (INCQS), vinculado à Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz); no plano estadual os órgãos de Vigilância Sanitária das Secretarias de Estado de Saúde e seus Laboratórios Centrais (Lacen); e os serviços de Vigilância Sanitária dos municípios (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2015) (Figura 2).

O INCQS é uma unidade da Fundação Oswaldo Cruz e atua como referência nacional para as questões tecnológicas e normativas relativas ao controle da qualidade de insumos, produtos, ambientes e serviços vinculados à vigilância sanitária. Além do ensino de pós-graduação, realiza análises laboratoriais previstas na legislação sanitária, entre outros serviços (DE SETA; REIS, 2011). Os Lacen, pertencentes às secretarias de estado de saúde e distribuídos nacionalmente, também têm um componente de Laboratórios

Oficiais de Controle da Qualidade de Produtos e Bens de Saúde. Os órgãos estaduais de vigilância sanitária coordenam os sistemas estaduais e executam as principais ações de fiscalização do sistema nacional, além da cooperação técnica aos municípios. Para a maioria dos municípios, a ação de vigilância sanitária representa uma nova competência. Eles coordenam, regulamentam e executam ações locais de vigilância sanitária, conforme o seu porte e o tipo de habilitação à gestão do SUS (DE SETA; REIS, 2011).

Figura 2 - Composição do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária



Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2015.

1.4 Justificativa do estudo

O desenvolvimento e lançamento de novos produtos alimentícios decorrentes de versão já existente no mercado, ou da incorporação de alguma melhoria no produto, como produtos mais atrativos, saborosos e digestivos através da nanotecnologia, vêm aumentando significativamente na indústria mundial de alimentos.

Qualquer produto inventado ou modificado promete benefícios e possui seus riscos inerentes.

Estudar o tema nanotecnologia em alimentos e os riscos advindos das nanotecnologias aplicadas aos alimentos no Brasil torna-se essencial no contexto da proteção da saúde do consumidor, e está diretamente relacionado ao seu direito de obter informações sobre os produtos consumidos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Discutir os desafios da regulação e os possíveis risco do uso das nanotecnologias aplicadas aos alimentos.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar as principais áreas de aplicação da nanotecnologia aos alimentos no Brasil.
- Investigar os riscos da nanotecnologia aplicada a alimentos sobre a saúde humana.
- Apontar aspectos necessários à discussão sobre a regulação dos nanoalimentos no Brasil.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Tipo de estudo

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão de literatura sobre as áreas de aplicação da nanotecnologia aos alimentos no Brasil, os principais riscos para a saúde humana, bem como aponta aspectos necessários à discussão sobre sua regulação.

3.2 Fonte de coleta dos dados

As bases de dados utilizadas para pesquisar o risco oriundo desses produtos, bem como sua utilização e regulamentação no Brasil, foram: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) (<https://scielo.org/>), Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>), Portal de Periódicos Capes (<http://www-periodicos-capes-gov-br>), o Repositório Institucional da Fiocruz denominado ARCA– (<https://www.arca.fiocruz.br/>) e o Catálogo de Teses e Dissertações da Capes (<https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#!/>).

Nessas bases de dados foram pesquisados artigos científicos, capítulos de livros, e identificadas teses e dissertações no período proposto.

Para identificar normas e documentos relacionados à nanotecnologia em alimentos no Brasil também foram utilizados o site da Anvisa (<http://antigo.anvisa.gov.br/legislacao#/>) e do Ministério da Agricultura (<https://www.gov.br>).

3.3 Estratégias de busca

A busca bibliográfica foi realizada no período de abril de 2019 a julho de 2020, com restrição de idioma e período. Foram utilizados os seguintes descritores: “nanotecnologia” “nanotecnologia em alimentos”; “nanoalimentos”, “riscos e nanotecnologia”; “nanotecnologia e regulamentação”.

Os principais critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos selecionados foram: ser artigo ou dissertação/tese, ou ainda documentos com texto completo disponível,

compreendendo o período de 2010 a 2020, e ter sido publicado em idioma português do Brasil.

Nos sites da Anvisa e do MAPA foram buscadas normas e documentos que versavam sobre os riscos ligados à nanotecnologia em alimentos ou sobre regulação em nanotecnologias de alimentos.

3.4 Análise dos trabalhos selecionados

Após excluídos os trabalhos repetidos e os que não estavam relacionados ao tema, ou ainda, os que se encontravam em outro idioma que não o português, foram selecionadas 51 referências para elaboração da seção resultados e a seção discussão. Os trabalhos foram lidos por completo e destacados os aspectos mais relevantes relacionados ao tema da pesquisa. Os termos de busca utilizados e trabalhos selecionados segundo bases de dados estudadas estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Termos de busca utilizados e trabalhos selecionados segundo bases de dados estudadas (n=51)

	Termos utilizados na busca	Trabalhos selecionados
<i>Scientific Electronic Library Online (SciELO)</i> (https://scielo.org/)	Nanotecnologia em alimentos Riscos e nanotecnologia Nanotecnologia e regulamentação	5
Portal de Periódicos Capes (http://www-periodicos-capes-gov-br).	Nanotecnologia em alimentos Nanoalimentos	8
ARCA– Repositório Institucional da Fiocruz (https://www.arca.fiocruz.br)	Nanotecnologia Nanoalimentos	5
Google Acadêmico (https://scholar.google.com.br/)	Nanotecnologia em alimentos Nanoalimentos	30
Catálogo de Teses e Dissertações da Capes (https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/)	Nanotecnologia Nanoalimentos	3
Total	-	51

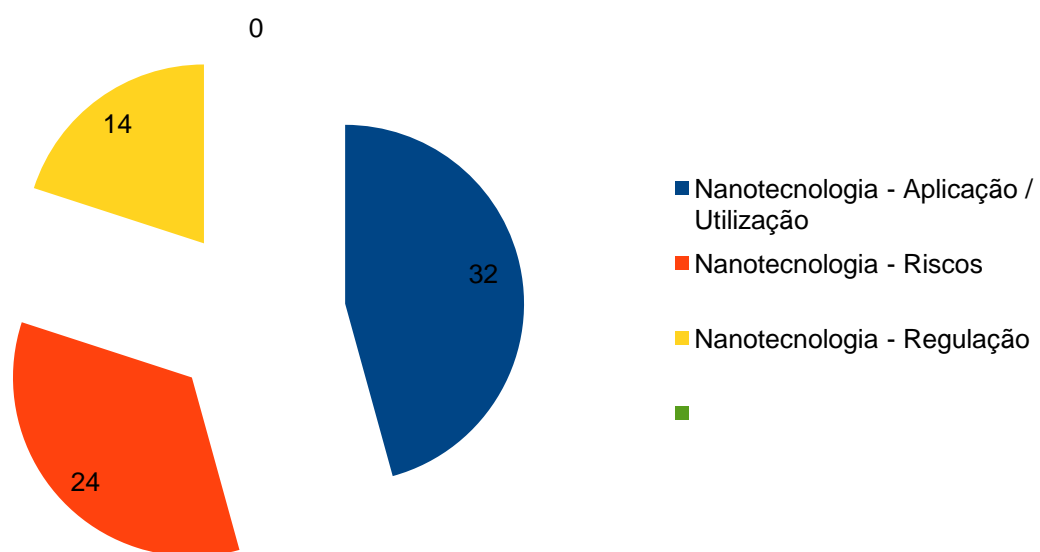
Fonte: A autora, 2020.

É importante destacar que não foram utilizados todos os trabalhos existentes nas bases de dados citadas, o que configura uma limitação do estudo. Dessa maneira, o presente trabalho refere-se a uma sistematização das informações presentes nos artigos selecionados e não tem a intenção de extrapolar os resultados como um perfil dos temas das bases utilizadas. Além disso, nem todos os descritores foram utilizados em todas as bases de dados, o que também confere limitação ao estudo. Soma-se a isso a escolha do idioma português e a não inserção de trabalhos internacionais. No entanto, é indiscutível que a identificação e análise dos trabalhos selecionados no presente estudo contribui para discutir o tema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os trabalhos selecionados nas bases de dados e as áreas temáticas as quais estão relacionados, estão representados na Figura 3 e o detalhamento dos títulos e ano dos trabalhos que compõem a seção resultados e discussão estão no Apêndice I. Importante ressaltar que, por vezes, o mesmo trabalho se enquadra em mais de uma área temática.

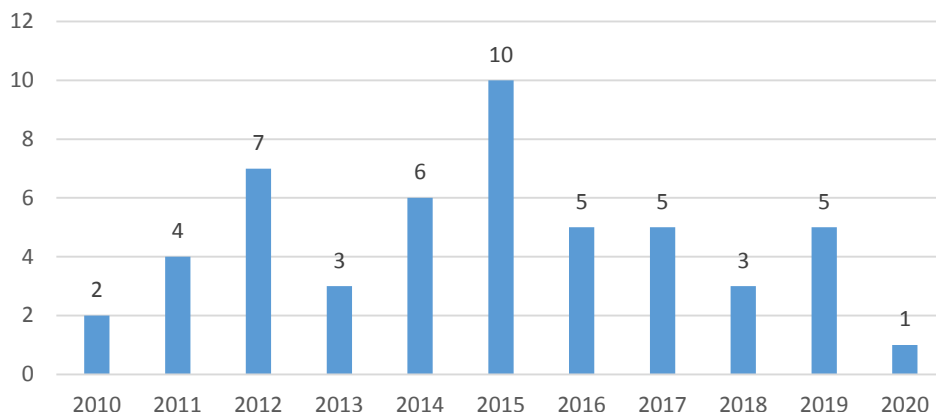
Figura 3 – Distribuição dos trabalhos selecionados para o estudo segundo áreas temáticas



Fonte: A autora, 2020.

Maior parte dos trabalhos (63,46%) versava sobre a aplicação e utilização da nanotecnologia na área de alimentos e os trabalhos selecionados contemplaram todos os anos no período do estudo, como demonstra a Figura 4. Os resultados não totalizam 51 porque ocorreu de um trabalho ser classificado como pertencente a mais de uma área temática.

Figura 4 – Distribuição dos trabalhos selecionados para o estudo segundo ano (n=52)



Fonte: A autora, 2020.

4.1 Nanotecnologia aplicada aos alimentos

Diversos são os setores em que a aplicação das nanotecnologias aos alimentos é verificada, como a produção agrícola, processamento, embalagem e distribuição. No primeiro são aplicadas, por exemplo, nos sensores e dispositivos para monitorar condições ambientais e saúde dos vegetais e animais, no controle de doenças e pragas, com novos sistemas de liberação de agrotóxicos, no controle de água e nutrientes e na engenharia genética de plantas e animais, visando a melhora da produtividade (BARROS, 2011).

No setor de processamento, pode-se observar a aplicação na produção de alimentos funcionais. No setor de embalagem e distribuição, pode ser verificada a aplicação nos nanoprocessos criados para embalar alimentos frescos ou processados. E ainda, nos procedimentos e sistemas para controlar a distribuição (ARCURI et al., 2014).

Existem inúmeras possibilidades de utilização da nanotecnologia aplicada aos alimentos e entre algumas aplicações possíveis estão a utilização de sensores nanoestruturados e nanobiossensores para detecção de microrganismos patogênicos, aditivos, toxinas e resíduos em produtos alimentícios (MALHEIROS et al., 2010 *apud* NEVES, 2011).

Em 2010, PASCHOALINO (2010) afirmava que provavelmente o nanomaterial mais utilizado em aplicações comerciais fosse a nanoprata (Ag-nano) devido a sua potente atividade bactericida. A nanoprata vem sendo incorporada em diferentes produtos

comerciais na área médico-hospitalar, como tecidos e implantes, sapatos e tênis, recipientes para armazenamento de alimentos, máquinas de lavar roupas, aparelhos de ar condicionado e até em creme dental (PASCHOALINO, 2010).

De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (2004), ocorrem duas categorias principais da inovação: a inovação tecnológica de produto, que pode ser subdividida em novos produtos (onde suas características tecnológicas diferem significativamente dos produtos já produzidos) e os produtos melhorados (os já existentes cujo desempenho foi aperfeiçoado ou atualizado), e a inovação tecnológica de processo (adoção de métodos de produção tecnologicamente novos ou melhorados).

O motivo fundamental da maioria das aplicações da nanotecnologia é a promessa de materiais com funcionalidades melhoradas e uma possível redução do uso de substâncias químicas (CHAUDHRY et al., 2010 *apud* PEREZ, 2012).

4.1.1 Utilização da nanotecnologia em embalagens

No setor de nanotecnologia de alimentos, a área de embalagens tem ganhado destaque, como exemplo, em aplicações de polímeros nanocompósitos que evitam a oxidação e a descarbonatação de alimentos (MARTINS, 2019).

Com base na revisão bibliográfica realizada, RESCH e FARINA (2015) afirmam que as discussões sobre nanotecnologia e alimentos são pouco exploradas no Brasil e por pesquisadores brasileiros em publicações internacionais. Identificaram as principais áreas e tendências de pesquisa em nanotecnologia no setor agroalimentar, estando tendo como foco a preocupação com a qualidade e segurança dos alimentos, que é um problema que aflige toda a sociedade, além do desenvolvimento de novos produtos que possam contribuir para a atual problemática dos resíduos sólidos provenientes de embalagens.

Vários autores têm afirmado que os principais desenvolvimentos na área de embalagens derivadas da nanotecnologia incluem (GREINER, 2009; CHAUDHRY et al., 2008; CHAUDHRY et al., 2010 *apud* PEREZ, 2012): nanomateriais que melhoram as propriedades de embalagens (flexibilidade, propriedades de barreira a gases, temperatura / umidade); embalagens ativas contendo nanopartículas de óxido metálico ou de metal (prata,

óxido de zinco, óxido de magnésio) com propriedades antimicrobianas; embalagens inteligentes de alimentos, incorporando nanosensores para monitorar as condições dos alimentos; nanorevestimentos como embalagens com propriedades antimicrobianas ou de barreira e para superfícies de auto-limpeza. Devido às proporções superfície-volume serem muito grandes, um baixo nível de nanopartícula é suficiente para alterar as propriedades dos materiais de embalagem (GREINER, 2009 *apud* PEREZ, 2012).

Quanto ao uso de embalagens biodegradáveis para alimentos, este tem sido limitado devido à problemas relacionados ao desempenho, como fragilidade e fraca barreira a gás e umidade, ao processamento, como baixa temperatura de deformação e ao custo.

Conhecimentos científicos disponíveis, não permitem, ainda, uma avaliação rigorosa do risco que a exposição às nanopartículas pode trazer para a saúde humana (ALENCAR, 2014).

Atento à limitação quando refere-se à informação disponível sobre a toxicidade das nanopartículas, o princípio da precaução impõe à regulação o exercício sobre as atividades que as envolvam, minimizando os riscos delas decorrentes para a saúde humana e para o ambiente, ou mesmo, a proibição da prática de atos que, na sequência de uma análise de custo/benefício, se conclua poderem implicar a produção de danos graves para os aludidos bens jurídicos.

Embalagens “ativas” compreendem um grupo de nanocompósitos que prolongam o tempo de vida e garantem as propriedades sensoriais e a segurança do alimento. Seu mecanismo de atuação envolve a absorção de compostos indesejáveis do produto acondicionado e/ou a liberação de substâncias que favorecem o aumento da estabilidade (AZEREDO, 2012).

Como alguns exemplos de embalagens ativas, pode-se dizer dos filmes antimicrobianos, absorvedores de O₂ ou de etileno, reguladores de umidade e liberadores e/ou absorvedores de sabores (AZEREDO, 2012).

Uma tecnologia de embalagem de sólidos, líquidos ou materiais gasosos é a nanoencapsulação. Estas são formadas por um invólucro polimérico onde componentes responsáveis por sabor ou substâncias bioativas podem se localizar na parte interna ou ainda adsorvidas à parede polimérica através de pequenas vesículas nanométricas. Entre os sistemas de nanoencapsulação, as nanoemulsões, as nanopartículas lipídicas e os

nanolipossomas são particularmente adequados para aplicações alimentares (CAMBRUSSI et al., 2018). As nanoencapsulações derivam da tecnologia de microencapsulação, empregada já há muitos anos pela indústria alimentícia (GREINER, 2009 *apud* MARTINS, 2015).

As nanoemulsões apresentam muitas vantagens, como descontaminação de equipamentos sem comprometer a aparência e o sabor do produto (MARTINS, 2019).

Dentre as inovações criadas para embalagens de alimentos estão os polímeros nanocompósitos, nanotubos de carbono, nanocristais e quitosana (nanopartículas de argila). Embalagens produzidas com esses materiais possuem vantagens como baixo custo, eficácia, alta estabilidade e são permitidos para o consumo humano. (MARTINS, 2019)

Outros exemplos incluem embalagens para alimentos feitas de plástico / compósito de nano-prata e envolve a película contendo óxido de zinco para a nanoproteção antimicrobiana dos alimentos (CHAUDHRY et al., 2010 *apud* PEREZ, 2012). Com base na ação antimicrobiana das nanopartículas de prata, embalagens ativas foram desenvolvidas para preservar os materiais dentro dos alimentos. Estas nanopartículas também foram incorporadas na superfície interna de refrigeradores (LG, Samsung e Daewoo) para evitar crescimento microbiano na geladeira. Também usados no desenvolvimento de revestimentos antimicrobianos de utensílios antibacterianos, como utensílios de mesa e produtos para animais de estimação da Nano Care Technology Ltda, China (GREINER, 2009 *apud* PEREZ, 2012).

Foi desenvolvido um imunossensor eletroquímico capaz de detectar simultaneamente bactérias patogênicas de alimentos, como *Escherichia coli* O157: H7 (*E. coli*), *Campylobacter* spp. e *Salmonella* spp., podendo, dessa forma, evitar surtos de toxinfecções alimentares. O imunossensor foi produzido a partir da imobilização da mistura de três anticorpos, anti-*E. coli*, anti-*Campylobacter* e anti-*Salmonella* (MARTINS, 2019).

Características que demonstram a qualidade do produto, como sensoriais, de cor e odor, podem ser detectadas por sensores fabricados com nanomateriais, bem como a presença de gases oxidantes de alimentos, aromas, contaminantes químicos e biológicos. Os nanosensores podem ser colocados diretamente no material de embalagem para detecção de substâncias químicas liberadas durante a deterioração dos alimentos. Muitos

destes ensaios são baseados em alterações de cor que ocorrem nas soluções de nanopartículas de metal na presença de analitos (MARTINS, 2019).

Nanossensores químicos e biosensores podem ser considerados “materiais inteligentes”. Ocorre que o alimento embalado poderá detectar microrganismos nocivos à saúde humana ou ainda algum elemento químico que modifique a cor do produto, por exemplo, para que o consumidor final perceba que não é próprio para consumo (MARTINS, 2019).

Um outro estudo relata que imunossensores elétricos desenvolvidos para detectar a presença de aflatoxina-B17 em amostras de leite contaminado. Estes nanossensores se baseiam na detecção eletroquímica e operam através da ligação de anticorpos seletivos com um nanomaterial condutor (ALMEIDA, 2015).

Um dos principais riscos da exposição do consumidor às nanopartículas, a partir de embalagens de alimentos, se baseia na migração de nanopartículas em alimentos e bebidas. Até o momento, existe apenas um estudo publicado que determinou a migração de minerais Ferro (Fe), Magnésio (Mg) e Silício (Si) a partir de filmes biodegradáveis de amido/nanoargila que mostrou um aumento consistente na quantidade de Si (o principal componente da nanoargila) (PEREZ, 2012).

Inovações em âmbito nanométrico, associadas aos métodos imunológicos para detecção de substâncias nocivas aos consumidores de vários tipos de alimentos, têm se mostrado bastante promissoras. Um exemplo são os imunossensores eletroquímicos sensíveis para a detecção de brevetoxina B em amostras de alimentos marinhos. Estas são neurotoxinas marinhas e têm efeitos prejudiciais para a saúde humana, levando à intoxicação neurológica e causando impactos negativos na indústria de frutos do mar. Dessa forma, sua quantificação é de grande importância na análise e detecção de segurança alimentar (MARTINS, 2019).

A regulação é o reflexo da avaliação de perigos e riscos que um material, produto ou serviço podem representar para qualquer ser humano, animal ou componente da natureza. Países que mantêm investimentos em pesquisas também não se ocupam ainda elaborando leis e regras que podem regular o desenvolvimento da tecnologia.

4.1.2 Utilização da nanotecnologia na indústria de alimentos

São quatro as grandes áreas na produção de alimentos que podem se beneficiar da nanotecnologia: o desenvolvimento de novos materiais funcionais, processamento em microescala e nanoscala, desenvolvimento de produto e projeto de instrumentação e métodos para melhoria da segurança alimentar e de biossegurança (PEREZ, 2012).

Como exemplos de suas tecnologias, as nanopartículas lipídicas sólidas (NLS) são sistemas transportadores desenvolvidos para encapsular, proteger e distribuir componentes lipofílicos funcionais, tais como lipídios bioativos e drogas; a nanoencapsulação envolve incorporação, absorção ou dispersão de combinações de bioativos sólidos, líquidos ou gasosos em vesículas com diâmetro na escala nanométrica, que podem ser protegidas contra degradação e melhorar a estabilidade e a solubilidade.

Já as nanoemulsões são dispersões muito finas compostas por fase aquosa e fase lipídica, que se apresentam como gotas com diâmetro menor que 100 nm. Uma das principais características desta nanoformulação é a estabilidade contra sedimentação (ASSIS *et al.*, 2012).

Segundo Assunção *et al* (2014), na indústria de alimentos, formulações tanto na faixa micrométrica como nanométrica, vêm sendo utilizadas com o objetivo de favorecer o produto final. Cita a importância tecnológica dessa técnica e do grande interesse nacional e internacional, principalmente no ramo da indústria alimentícia, sobre os benefícios do encapsulamento. Na indústria de alimentos, formulações na faixa micrométrica e/ou nanométrica vêm sendo utilizadas para aumentar a vida de prateleira de alimentos perecíveis bem como incorporar vitaminas e compostos nutracêuticos a fim de oferecer um produto diferenciado no mercado e que possibilite ações benéficas à saúde humana, como antihipertensiva, antimicrobiana, antioxidante ou anti-inflamatória (ASSUNÇÃO, 2014).

Segundo Marcone (2015), “a síntese de nanomateriais envolve basicamente dois processos: o *top-down* e o *bottom-up*. O processo *top-down* (de cima para baixo) consiste na síntese de estruturas em nanoescala, a partir de outra em escala maior, utilizando-se processos físicos, como, por exemplo, as nanopartículas de submicron, geradas por processo de moagem da matéria em escala normal até a obtenção de partículas muito pequenas. Ademais, o método *top-down* é o mais comum, sendo realizado a seco. A luz é

empregada para realizar gravações de padrões, sendo essa técnica empregada na produção de chips. Já no método *bottom up*, que significa de baixo para cima, a síntese ocorre através da montagem do nanomaterial átomo por átomo ou molécula por molécula. Geralmente esse é um processo químico, realizado, principalmente, via úmida, ou seja, utilizam solventes, através de síntese envolvendo processos químicos, entretanto, também pode ser realizado por processos físicos através de potentes microscópios”.

A ocorrência de alteração química nos materiais em que a nanotecnologia é agrupada e conhecida, porém, seus efeitos sobre o meio ambiente e o ser humano ainda não, podendo causar consequências negativas. Deve-se enfatizar que os impactos de uma mudança desse porte na saúde humana não podem ser avaliados em curto prazo.

4.2 Riscos da nanotecnologia aplicada a alimentos sobre a saúde humana

Os cientistas, as organizações governamentais e não governamentais, bem como os consumidores, manifestam preocupações quanto aos riscos à saúde humana, segurança ocupacional e ambiental das aplicações da nanotecnologia.

Apesar dos diversos benefícios e da promessa de inovação tecnológica positiva que a nanotecnologia apresenta, é importante salientar que o conhecimento científico disponível ainda não permite uma avaliação rigorosa do risco que a exposição às nanopartículas podem trazer para a saúde da população (DORA; PRIMO; ARAÚJO, 2019).

O conceito de risco, quando utilizado em epidemiologia, pode ser caracterizado pela probabilidade de ocorrência de um determinado agravo em uma população. Na medida em que os riscos envolvem questões sociais, biológicas, políticas, econômicas, entre outras, acaba sendo um desafio o desenvolvimento de políticas públicas que contemplem essas diferentes dimensões (ALMEIDA, 2017).

Os efeitos positivos das nanotecnologias são geralmente bem descritos, ao contrário dos potenciais efeitos toxicológicos e impactos dos nanomateriais e nanoprodutos, que têm recebido menos atenção do que deveriam (GARCÍA et al., 2010).

Preocupações decorrem da falta de conhecimento a respeito das interações dos materiais em escala nanométrica, a nível molecular ou fisiológico, e seus efeitos e potenciais impactos sobre a saúde do consumidor e o meio ambiente.

A forma como as nanopartículas entram no corpo humano, os sítios de penetração, o possível acúmulo e a translocação no corpo, também podem determinar um potencial de risco.

Três vias de exposição aos nanomateriais podem ser consideradas em humanos: a inalação, sendo a principal para os trabalhadores em laboratórios e indústrias; a ingestão, predominante para a população em geral, podendo ocorrer de forma indireta através da migração de nanomaterias das embalagens para os alimentos; e absorção pelo contato com a pele, através da utilização de cosméticos (ALMEIDA, 2015).

Há um consenso de que o maior risco das nanopartículas para organismos terrestres é através da sua inalação. Estudos clínicos com humanos, roedores e cultura de células pulmonares realizados, observaram que na maioria destes, algum efeito tóxico, como inflamação do pulmão, asma, obstrução crônica pulmonar ou morte foi observada. A preocupação com a inalação de nanopartículas se deve, principalmente, ao fato de que quanto menor a partícula, mais facilmente ela ultrapassa as barreiras naturais do aparelho respiratório, sendo depositadas e acumuladas nos alvéolos (PASCHOALINO, 2010).

As pesquisas nesta área têm sugerido que a diminuição da dimensão torna os compostos quimicamente mais reativos, o que acelera a disseminação das partículas em solução.

Vale salientar que o direito à informação está previsto no artigo 5º, inciso XIV da Constituição Federal: “é assegurado a todos o acesso à informação [...]”, e também a previsão constante no Código de Defesa do Consumidor, artigo 6º inciso III e artigo 31, servem como esteio jurídico, tanto no momento de precaução, anterior à ocorrência do dano, como no momento de sua efetiva ocorrência (BORGES, GOMES, ENGELMANN, 2014, p. 76). Engelmann ainda afirmou que as nanotecnologias se inscrevem pontualmente nesta exigência, devido às incertezas e carências de mais estudos toxicológicos, quem fabrica e quem oferece à venda, deve dar conta da “obrigação de segurança” (2014, p. 76):

Os produtos à base de nanotecnologias estão chegando silenciosamente ao mercado, sendo ofertados como itens de alta potencialidade nos efeitos anunciados. No entanto, nem os cientistas, fabricantes e, muito menos, os consumidores sabem exatamente os efeitos tóxicos que poderão advir destes produtos, o

seu ciclo vital e as suas interações com o meio ambiente e a saúde dos seres humanos (ENGELMANN, 2014, p.76).

A população necessita do direito à informação. O público consumidor de nanoproductos, mesmo sem saber sobre seu real consumo, tem direito ao conhecimento sobre suas características sendo dever do fornecedor deixar claro sobre suas qualidades, quantidade, composição, garantia, prazos de validade e origem. Quanto aos possíveis efeitos negativos do consumo, estes somente serão percebidos e sentidos no futuro. Por isso a necessidade de marco regulatório específico, pois trata-se de possibilidades de danos futuros, incertos e imprevisíveis, dando especial primazia ao dever de informar.

Direitos surgem de processos de aprendizado social sobre o que significa ser um cidadão, sobre quais obrigações fundamentais devem ser garantidas de forma simétrica e recíproca entre pessoas que se compreendem como iguais. A Losan é uma importante etapa dessa caminhada, é o momento em que o Estado brasileiro abre-se para um rico movimento democrático. A Losan, Lei n. 11.346/2006, é a lei brasileira de segurança alimentar e nutricional promulgada em 2006 (ROCHA, 2017).

Guivant 2011 afirma preocupação do que pode acontecer em um contexto onde nem os cientistas, nem os políticos e muito menos o público estão interessados no debate em torno dos riscos e benefícios das tecnologias emergentes.

Uma abordagem de precaução para a governança de nanopartículas pode levar a uma desaceleração na comercialização de determinados fluxos de inovação, mas em contra-partida, pode tornar novas tecnologias socialmente mais robustas e ecologicamente saudáveis a longo prazo (WICKSON; GILLUND, 2012)

Mesmo que existam possibilidades de aplicação da nanotecnologia a diversas áreas de negócios sua compreensão pela sociedade ainda requer maiores esforços e esclarecimentos, pois não há transparência suficiente quanto aos potenciais benefícios e riscos relacionados à aplicação da nanotecnologia, especialmente com respeito aos setores de alimentação, saúde e cosméticos (PISCOPO, 2013).

A segurança e o impacto do uso das nanotecnologias para a saúde são pouco conhecidos. Segundo Paschoalino, Marcone e Jardim (2010), apesar da importância dos estudos para se avaliar a toxicidade dos nanomateriais, o volume de pesquisas para avaliação de riscos ainda se mostra incipiente (ALENCAR, 2014).

Em relação a nanotecnologias aplicadas aos alimentos, Silva (2016) aponta que estas parecem ainda ter um longo caminho pela frente, pois é preciso aperfeiçoar os testes de nanotoxicologia para que o consumo destes produtos efetivamente possa viabilizar uma vida coletiva mais saudável. Ao lado do desenvolvimento científico e industrial haverá a necessidade de se fomentar a vontade política e econômica para que os alimentos nanoestruturados possam efetivamente chegar a todos, especialmente os mais necessitados.

4.2.1 Toxicidade dos nanomateriais

Estudos iniciais sobre a toxicidade de nanomateriais foram realizados na última década do século XX, investigando-se materiais que em escala micrométrica não apresentavam toxicidade, e que em escala nanométrica, apresentavam algum efeito tóxico. Um dos primeiros trabalhos sobre esta temática foi realizado por Seaton *et al.* que, em um ensaio *in vivo* com ratos, observaram a inflamação de tecidos intersticiais somente dos indivíduos que foram expostos a partículas nanométricas de 20 nm, enquanto que os demais, expostos a partículas de 250 nm, mantiveram-se saudáveis (PASCHOALINO, 2010).

O que ainda se descobriu é considerado insuficiente a respeito do comportamento das nanopartículas industriais residuais já despejadas no meio ambiente, e em contato com o corpo humano (GOMES, 2015).

A avaliação dos riscos é uma questão-chave para o desenvolvimento comercial da nanotecnologia. A nanotecnologia oferece a perspectiva de grandes avanços que permitam melhorar a qualidade de vida e ajudar a preservar o meio ambiente. Entretanto é bastante incipiente a discussão sobre os aspectos negativos da nanotecnologia no meio ambiente, pois como qualquer área da tecnologia que faz uso intensivo de novos materiais e substâncias químicas, ela traz consigo alguns riscos ao meio ambiente e à saúde humana (PISCOPO, 2013).

Resultados de experiências científicas acerca da toxicidade de nanomateriais comercializados pela indústria de alimentos, são exemplos de necessidade urgente de definição dos níveis de risco e do estabelecimento de legislação específica sobre a produção e a comercialização de nanoalimentos. As mesmas propriedades que tornam os nanomateriais atrativos podem também ser responsáveis por efeitos nocivos aos

organismos vivos conforme indícios reportados por estudos toxicológicos com micro-organismos, algas, peixes, ratos e células humanas (PASCHOALINO, 2010).

4.3 Regulação aplicada à nanotecnologia em alimentos

A ausência de regulamentação da nanotecnologia no Brasil impacta diretamente na falta de controle de quantos produtos nanotecnológicos estão disponíveis para consumo, bem como o correto descarte desses após o uso (SARNEY FILHO, 2013a).

Na maior parte das vezes, os produtos ou mesmo os materiais nanoestruturados são descritos e registrados em diferentes países, incluindo o Brasil, pelas suas respectivas Agências Sanitárias, em análise caso a caso, sob normativas aplicadas aos produtos equivalentes a granel, todavia sem fazer referência aos nanomateriais (NOLASCO, 2017).

A União Europeia, entre 2013 e 2016, realizou o Projeto NanoReg, que trata da regulação internacional em nanotecnologia. É um projeto que vai alimentar e dar subsídios confiáveis a todos os órgãos e agências, sejam eles internacionais ou nacionais, afetos a cada país, para a tomada de decisões e regulamentações, elaboração de leis e para todas as outras questões relacionadas à regulamentação e regulação da nanotecnologia (BRASIL, 2014). Se caracterizou por um grande esforço internacional para a identificação dos conhecimentos básicos necessários do ponto de vista dos Gestores e Legisladores responsáveis pela regulação da Nanotecnologia e a criação de base científica sólida e inequívoca para subsidiar as tomadas de decisão e elaboração de legislação na temática.

A Anvisa criou em agosto de 2014, o Comitê Interno de Nanotecnologia (CIN) para discutir e apresentar uma agenda visando regularizar o tema “nanotecnologia em alimentos”.

A necessidade de regulação e de regulamentação é urgente e se reflete em projetos de lei no parlamento brasileiro como assunto prioritário no âmbito da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN).

Enquanto a Europa prevê uma regulação abrangente para a nanotecnologia, ainda que não faça referência explícita aos nanomateriais, o Brasil ainda carece de criação efetiva de normas para o setor.

Uma lei estatal acerca de condutas precavidias passou a vigorar na França em 1º de janeiro de 2013. O Decreto nº. 2012-232 de 17 de fevereiro de 2012 é relativo à declaração anual das substâncias no estado de nanopartículas em aplicação do artigo L523-4 do Código Ambiental daquele país, que instituiu a obrigatoriedade de que todos aqueles que utilizam/trabalham em contato com nanopartículas (a partir da utilização de 100g) deverão notificar o fato, mediante relatório, ao Ministério da Ecologia, Desenvolvimento Sustentável e da Energia (NOVIDADES, 2013).

Atualmente, no Brasil, poucas normas abordam as nanotecnologias. Podemos citar o Decreto nº. 6.112/2007, que promulga o Acordo de Cooperação Científica e Tecnológica entre o Governo da República Federativa do Brasil e a Comunidade Europeia; a Portaria nº 245, de 5 de abril de 2012, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (BRASIL, 2012), que institui o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNano).

Além desses, destaca-se também: o Projeto de Lei nº 5133 de 2013, que tem o objetivo de tornar obrigatória a rotulagem de produtos que fazem uso de nanotecnologia e mais quatro projetos de lei, o PL nº 6.741 de 2013, que propõe a criação de uma política pública nacional de gestão dos riscos do desenvolvimento da nanotecnologia; o PL 5076/2005 (arquivado) de 18/04/2005, que dispõe sobre a pesquisa e o uso da nanotecnologia no País, cria Comissão Técnica Nacional de Nanossecurança – CTNano, institui Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia - FDNano, e dá outras providências; o PL 00131/2010 (arquivado) de 05/08/2013, que altera o Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, que institui normas básicas sobre alimentos, e a Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, que dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e dá outras providências, para determinar que rótulos, embalagens, etiquetas, bulas e materiais publicitários de produtos elaborados com recurso à nanotecnologia contenham essa informação e o PL 5133/2013 de 04/02/2015 - Mesa Diretora da Câmara dos Deputados.

Na esfera do MCTI, a Portaria nº 245/2012 pode ser considerada a única regulamentação específica vigente até o momento. Esta instituiu o SisNANO como um dos

elementos do Programa Nacional de Nanotecnologia (BRASIL, 2012) que é atualmente regulamentado pela Instrução Normativa MCTIC nº 11, de 2 de agosto de 2019.

O SisNANO é uma rede de laboratórios constituída por dois tipos de componentes: os Laboratórios Estratégicos – unidades de pesquisa do MCTI com “facilidades abertas” em nanociência e nanotecnologia – e os Laboratórios Associados – laboratórios especializados de Universidades e Institutos de Pesquisa e/ou Desenvolvimento, que se comprometeram a disponibilizar sua infraestrutura de pesquisa à comunidade externa.

O objetivo do SisNANO é fornecer infra-estrutura e suporte acessíveis a pesquisadores, empresas e órgãos públicos de todo o País para o desenvolvimento e inovação em nanociências e nanotecnologias e atualmente é constituído por laboratórios distribuídos pelas cinco regiões geográficas do Brasil.

Vinte e seis laboratórios integraram a primeira fase do SisNANO (2013-2018) e receberam recursos financeiros com o objetivo de melhorar a infraestrutura laboratorial voltada para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em nanociências e nanotecnologias, para garantir o custeio de materiais, viabilizar a realização de reuniões e participação em eventos envolvendo nanotecnologias, e para garantir a manutenção do corpo técnico-científico qualificado para dar suporte aos usuários e viabilizar funcionamento de maneira aberta da estrutura laboratorial.

Com base na experiência adquirida e nos resultados obtidos nos primeiros seis anos de funcionamento do SisNANO, a segunda fase do Programa foi aprimorada no sentido de estabelecer melhor as formas de acompanhamento e tendo como foco a promoção da inovação e aumento da interação com o setor produtivo, de maneira alinhada ao Plano de Ação de CT&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras – Nanotecnologia – 2018-2022 e à Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e inovação – ENCTI 2016-2022.

Embora não exista um quadro regulamentar específico para a área, quando os produtos são registrados em diferentes países, inclusive no Brasil, as respectivas agências reguladoras o fazem de acordo com o seu tipo, utilizando-se de normativas aplicadas, em geral, aos produtos químicos, medicamentos, cosméticos, alimentos e outras, mesmo não havendo nenhuma referência explícita aos nanomateriais (NOLASCO, 2017)

Não há uma legislação específica sobre o uso de nano partículas em alimentos ou em materiais em contato com alimentos. Ainda não há consenso em relação ao tipo de abordagem para condução dos processos de avaliação de segurança destes materiais.

ALDROVANDI (2014) afirma que “pode ser que as nanotecnologias estejam renovando o debate sobre o direito do consumidor, levantado anos atrás pelos alimentos transgênicos e afirma que é uma oportunidade de reflexão e transformação do direito como um todo, trazendo ao debate temas como a responsabilidade dos fabricantes e demais envolvidos no processo de produção e comercialização de nanoprodutos.

A nanotecnologia oferece a perspectiva de grandes avanços que permitirão melhorar a qualidade de vida e preservar o meio ambiente. São muitas as aplicações desta ciência, entretanto, como em qualquer área que faça uso intensivo de novos materiais e substâncias químicas, ela pode trazer alguns riscos ao meio ambiente e à saúde humana (CARNIEL, 2013).

Engelmann et al. (2013) e Engelmann e Aldrovandi (2012) ressaltam o direito à informação do consumidor sobre a toxicidade dos nanoalimentos e o dever do fabricante de esclarecer o consumidor sobre possíveis riscos do consumo de produtos desenvolvidos com nanotecnologia. Mesmo diante dessas incertezas, os produtos já estão no mercado, à disposição dos consumidores, que são atraídos pela forte propaganda que exalta a eficiência da tecnologia nano. Cabe o alerta ao consumidor, que tem direito à informação, sobre os riscos do produto, com o objetivo de prevenir eventuais prejuízos à sua saúde.

Segundo Engelmann e Aldrovandi (2012), informações claras sobre os riscos do produto demonstram boa fé e a transparência defendidas nas relações de consumo, sendo pressuposto do exercício da liberdade do consumidor de optar pela exposição ou não às consequências ainda desconhecidas.

Segundo Fernandes e Oliveira (2020), o dano decorrente do desconhecimento científico sobre os potenciais riscos de alguns nanomateriais, não perfaz o denominado defeito do produto, uma vez que não há uma falha na sua concepção, mas uma ausência de certeza científica sobre os riscos. Assim, não haveria possibilidade de responsabilizar o fornecedor, em decorrência da adoção implícita da teoria do risco do desenvolvimento.

Segundo Fernandes e Oliveira (2019) a ausência de normas específicas para a nanotecnologia, no Brasil, dificulta a concretização do direito do consumidor à informação,

no que tange a presença de nanomateriais nos produtos alimentícios colocados no mercado de consumo.

A Anvisa está discutindo o assunto juntamente com outros órgãos (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA NACIONAL, 2020) atualmente, a aprovação para uso de substâncias nanométricas para uso como aditivos e em materiais destinados ao contato com alimentos depende de sua inclusão nas listas positivas. Para esta inclusão, a substância deve estar autorizada em legislações ou referências utilizadas pela Anvisa para elaboração dos regulamentos nacionais, como a legislação da União Europeia, FDA e Codex Alimentarius. Ressalta-se, ainda, que para os regulamentos harmonizados no Mercosul, a atualização das listas positivas depende de consenso entre os países (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA NACIONAL, 2020).

Sobre regulamentação nanotecnológica no Brasil, pode-se observar que a prioridade ainda é arrecadar fundos de investimento para desenvolvimento da pesquisa e da indústria nessa área.

Ferreira e Sant'Anna (2015) após realizar pesquisa exploratória documental constataram que há falta de consenso de como se deve fazer a regulação do setor; necessidade de adequação das normas já existentes para os produtos em escala nano; e ausência de avaliação sobre melhorias no marco regulatório.

As novidades nanotecnológicas requerem um aparato de regulação substancialmente novo, já que trabalham com questões inexistentes até o momento. Por essas razões, argumentos a favor da desregulamentação ou aproveitamento do aparato existente tendem a ilegitimidade (JUNIOR SANTOS, 2016)

Inácio e Invernizzi (2019) argumentam que a política pública não tem dado suficiente ênfase à aplicação de tecnologias emergentes para resolver problemas sociais relevantes e persistentes, como as doenças negligenciadas e alguns autores já discutem em que medida o fenômeno das nanotecnologias prejudica ou não a construção da noção de um modelo (nano) ambiental sustentável e de responsabilidade (PULZ, 2015).

Silveira e Foladori (2016) avaliaram outra área importante da saúde pública de pesquisas nano e conclui que, apesar de as investigações em nanotecnologia e água serem marginais no total de pesquisas sobre nanotecnologia no Brasil, há suficiente infraestrutura e recursos humanos para a execução de uma política pública direcionada a solucionar

problemas de água para as populações com dificuldades no acesso, a partir da aplicação de nanotecnologias específicas. Porém há falta de orientações públicas em relação aos potenciais riscos das aplicações de nanotecnologia para o tratamento de água, o que suscita a dúvida sobre a viabilidade técnica e principalmente sobre a sustentabilidade em termos sociais e de saúde pública.

Para Fornasier (2015), a adoção de políticas públicas no Brasil referentes à aplicação da tecnologia nano em todas as áreas é de suma importância, com destaque para aquelas que envolvem diretamente a saúde humana principalmente, como a de alimentos e a do meio ambiente. Embora os benefícios sejam evidentes e esse futuro se apresente promissor, deve-se ter cautela para enfrentar os desafios das novas tecnologias, valendo-se do senso crítico para prevenir e evitar seus possíveis efeitos indesejados.

A falta de regulação específica sobre nanotecnologia tem levado diversas entidades representativas da sociedade e de trabalhadores de diversas partes do mundo a reivindicarem moratória aos produtos nanotecnológicos.

A colaboração entre Brasil e União Europeia, representados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação apoiada pelo Projeto Diálogos Setorial que é gerenciado pelo Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, possibilitou um diálogo visando o estabelecimento de normas para a nanotecnologia na tentativa de balancear a profusão de interesses econômicos, sociais, sanitários e ambientais. A regulação é o reflexo da avaliação de perigos e riscos que um material ou produto pode oferecer para o ser humano, animal ou meio ambiente.

Gajewicz (2012) observou muitas contradições nas pesquisas. Uma mesma nanopartícula, em alguns estudos, é relatada como altamente prejudicial aos organismos e ao meio ambiente e em outras investigações concluiu-se como pouco inócua pela sua baixa toxicidade. Uma das razões para isso talvez seja a falta de normatização de dados para caracterizar a toxicidade desses nanomateriais (LAZZARETTI, 2018; LAZZARETTI, 2019).

Atualmente, pode-se verificar produtos nanotecnológicos novos com efeitos desconhecidos e sem o desenvolvimento de uma regulação apropriada. Observam-se discussões contrárias sobre a necessidade de regulamentar as nanotecnologias entre os cientistas e os defensores da regulação imediata. No Brasil, também se observa situação de

oposição ao tentar-se a regulamentação das nanotecnologias. Como exemplo, na Audiência Pública realizada em 25 de junho de 2015, constatou-se a resistência de algumas áreas da ciência, sobressaltando a divisão de interesse entre duas categorias: Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e Ciências Exatas. Devido a isso, provavelmente, o melhor modo para elaboração de um marco regulatório seria utilizar alternativas legislativas, como os princípios que tenham caráter normativo (ENGELMANN, 2012; ENGELMANN, 2016).

O Princípio da *Segurança Sanitária*, um dos princípios do direito sanitário, visa colocar em prática a função do Estado para com a saúde, qual seja, o papel de regulador e controlador dos bens, produtos, serviços e atividades que possam colocar em risco a saúde da população. A segurança sanitária, foco deste princípio, tem como referência o volume de normas sanitárias que disciplinam quase todas as atividades humanas, já que praticamente estas atividades podem, de alguma forma, produzir algum risco a saúde da população (NETO, 2014).

O potencial da nanotecnologia é indiscutível, chegando até a substituir, por exemplo, medicamentos capazes de destruir células cancerígenas e, além disso, alavancaria a economia. O principal desafio é estabelecer um nível elevado de educação atrelado à ciência e tecnologia, para que a população se inteire com o tema (SUZIN, 2017).

Acredita-se haver falta de conhecimento do que seja nanotecnologia por parte de consumidores e reguladores em geral, bem como o desconhecimento dos riscos que a cercam, tornando-se necessário cautela e maior regulação.

O estudo de Gonçalves (2018) revelou que grande parte dos consumidores trata a nanotecnologia como um assunto novo e desconhecido, principalmente mulheres, pessoas com idade mais avançada e de baixa escolaridade. Tais achados podem impactar de maneira significativa na aquisição de produtos. Apesar disso, os consumidores estão curiosos e interessados em adquirir mais informações, que é muito importante para as instituições de pesquisa e a indústria de alimentos.

Segundo a autora, encontra-se certa relutância em comprar alimentos produzidos por nanotecnologia devido, principalmente, aos seguintes fatores: maior percepção de riscos associados às novas tecnologias do que aos benefícios esperados e certo grau de neofobia em relação à tecnologia de alimentos. Isso pode ser observado, apesar de grande

parte dos participantes do estudo ser formado por consumidores com pós-graduação, mostrando a falta de informação sobre os nanoalimentos. (GONÇALVES, 2018).

Resultado semelhante foi encontrado em Lustosa (2015). Os resultados desse estudo demonstraram que os consumidores, embora possuam pouco conhecimento acerca da nanotecnologia, demonstraram elevado interesse quanto ao uso desta nova tecnologia no desenvolvimento de embalagens para alimentos, reforçando que o consumidor tem revelado importante papel na consolidação destas tecnologias através do julgamento e da aceitação dos novos produtos, determinando, pois, seu sucesso ou fracasso comercial.

A comunicação e informação acerca da nanotecnologia foram apontadas como fator de importância para a aquisição e intenção de compra de produtos alimentares revestidos por embalagens comestíveis nanoestruturadas.

Nolasco e Santos (2017) apontaram que atualmente, a legislação que trata das regras de segurança, normalização, manuseio, transporte, estocagem, utilização e as informações ao público em geral, no tocante às inovações contendo nanotecnologia, ainda é genérica, não abordando o tema de forma específica, com exigências de novos e específicos métodos e instrumentos de avaliação quando um composto de produto de escala maior é substituído com o mesmo composto em nanoescala, o que, segundo os autores “ficando aspectos sanitários e de segurança, além de questões éticas, sociais e de governança em todo o ciclo de vida dos nanomateriais, aquém do desenvolvimento de produto” (NOLASCO, 2017).

A questão da evolução da metodologia regulatória para lidar com tecnologias emergentes não é nova. As lições aprendidas com as revoluções tecnológicas anteriores, incluindo fertilização *in vitro*, organismos geneticamente modificados (OGM) e clonagem, mostraram a necessidade de encontrar um equilíbrio entre a inovação industrial, redução de riscos e discussão pública sobre a regulamentação destas tecnologias. Isto se torna mais importante quando não está claro que os riscos potenciais da tecnologia possam ser qualificados e quantificados com a metodologia preconizada pela legislação vigente. Visto isso, o crescimento acelerado da nanotecnologia, nos últimos anos, tem levado a um questionamento científico sobre os métodos atuais para a análise e o acompanhamento dos riscos desses novos materiais para a sociedade (TOBLER, 2020).

5 CONCLUSÕES

O que podemos observar nos estudos, é que a redução do tamanho de uma determinada substância, em partes cada vez menores, potencializa algumas de suas características e quando essa substância tem uma, ou mais, de suas dimensões menor que 100 nanômetros, a mesma pode apresentar propriedades especiais ou muito potencializadas. Na atualidade, as maiores aplicações em nanoalimentos estão concentradas na área de embalagens, seguidas da nanoencapsulação de ingredientes e aditivos.

Muitos desafios existem para que a nanotecnologia possa ser utilizada no setor de alimentos no Brasil. Podemos destacar o investimento no desenvolvimento dessa tecnologia voltado para o setor de alimentos e na formação de profissionais especializados, estabelecer protocolos de avaliação dos nanomateriais confiáveis e, com isso, obter informações conclusivas em relação aos benefícios ou riscos no uso de alimentos contendo nanoestruturas. Avaliar de forma segura o impacto na saúde e meio ambiente, além da aceitação dos consumidores, será uma grande conquista.

A segurança, os riscos para a saúde coletiva, as vias de exposição dos nanomateriais para o corpo humano são questões que ainda precisam ser mais estudadas e a vigilância sanitária tem parte dessa atribuição, uma vez que controla constantemente os objetos sob sua responsabilidade para garantir segurança e qualidade à população que os consome.

A nanotecnologia gradativamente insere-se em indústrias, como cuidados com a saúde, manufatura, energia e produtos alimentícios e suas embalagens. Assim, sejam quais forem os impactos da nanotecnologia na indústria de alimentos e bebidas, acredita-se que os governos devem ter políticas públicas suficientes para orientar a sociedade quanto ao uso, benefícios e riscos.

Cada indivíduo tem o direito de conhecer os meios utilizados na produção dos alimentos que consome e os males que podem causar para a sua saúde e para o meio ambiente, podendo, desta forma, optar por consumi-los, ou não, exercitando, assim, a sua verdadeira cidadania.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Andreia de. A importância da inovação tecnológica na indústria de alimentos: um estudo de caso numa empresa de grande porte. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 15-18 out. 2012, Bento Gonçalves, RS. **Anais [...]**. Bento Gonçalves, RS: ABEPRO, 2012. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_sto_164_954_19702.pdf. Acesso em: 22 set 2020. Acesso em: 22 set. 2020
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA NACIONAL (Brasil). Gerência-Geral de Alimentos. Gerência de Avaliação de Risco e Eficácia de Alimentos. **Perguntas e Respostas. Materiais em contato com alimentos**. 2020. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/2810640/Embalagens+%28materiais+em+contato+com+alimentos%29/13cb02a4-85c0-413f-87fd-ea696c3ea435>. Acesso em: 16 set. 2020
- ALDROVANDI, Andrea. **A ressignificação hermenêutica da concepção de fato jurídico de pontes de miranda como condição de possibilidade para a juridicização do fato nanotecnológico**: uma abordagem feita sob o recorte dos possíveis riscos produzidos pelos nanoalimentos com prata. Tese (Doutorado em Direito) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2014.
- ALENCAR, M.S.M.; BOCHNER, R.; DIAS, M.F.F. A pesquisa brasileira dedicada à nanotecnologia e riscos à saúde e ambiente. **RECIIS, Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde**, v. 8, p. 288-299, 2014.
- ALMEIDA, Ana Carolina Sergio *et al.* **Aplicação de nanotecnologia em embalagens de alimentos**, São Carlos, v. 25, n. spe, p. 89-97, dec. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282015000700013&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 12 fev. 2020.
- ALMEIDA, C. P. B. *et al.* **Conceito de Risco e Princípio da Precaução na Vigilância à Saúde: A Vigilância Sanitária de Alimentos Como Cenário de Prática. Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, SP, v. 24, n. 2, p. 153–160, 2017. DOI: 10.20396/san.v24i2.8649934. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8649934>. Acesso em: 16 jan. 2021.
- ARCURI, Arline Sydneia Abel; VIEGAS, Maria de Fátima Torres Faria; PINTO, Valeria Ramos Soares. Nanotecnologia na cadeia dos alimentos. *In*: SILVA, Tania Elias Magno da; WAISSMANN, William (org.). **Nanotecnologias alimentação e biocombustíveis: um olhar transdisciplinar**. Aracaju: Ed. Criação, 2014. p. 147-172.
- ASSIS, Letícia Marques de. Revisão: características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 99-109, jun.

2012. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000004>. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232012000200001&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 04 nov. 2019.

ASSUNÇÃO *et al.* Estudo prospectivo sobre encapsulamento de compostos bioativos. **Revista Geintec**, São Cristóvão, SE, v. 4, n. 4, p.1382-1391, 2014.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa. 2012. 326 p.

BARROS, Rosa Maria da Silva. **Nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos - riscos potenciais, necessidades regulatórias e proposta de instrumento para verificar opiniões sobre riscos potenciais à saúde e ao ambiente**. 2011. 75 f. Dissertação (Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/24465>. Acesso em : 12 jan. 2021

BATISTA, A.J.S.; PEPE, V. L. S. Os desafios da nanotecnologia para a vigilância sanitária de medicamentos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n.7, 2014.

BORGES, Isabel Cristina Porto; GOMES, Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Portaria no 245, de 05 de abril de 2012. Instituição do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília. Disponível em: http://www.lex.com.br/legis_23138521_PORTARIA_N_245_DE_5_DE_ABRIL_DE_2012.aspx. Acesso em: 09 jun. 2019.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 05 de outubro de 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm. Acesso em 17 maio 2020.

BRASIL. Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. **Lei Orgânica da Saúde**. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Brasília, set. 1990. Acesso em 17 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br>. Acesso em: 15 ago. 2020.

CAMBRUSSI, A.N.C.O.; DA CONCEIÇÃO, I.D.; FREITAS, A.R.; DOS SANTOS, P.S.; DE SOUSA, R.R.M.; EIRAS, C.; RIBEIRO, A.B. O papel da nanotecnologia na redução do estresse oxidativo: uma revisão. **Bolet. Inform. Geum**, 2018.

CARNEIRO, A. C. L. L.; CARDOSO, L. M.; SOUZA, L. T.; SANTOS, L. V.; VIANA FILHO, G. P. Elaboração de roteiro para inspeção das boas práticas de manipulação e comercialização de alimentos no setor informal. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia – Visa em Debate**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 127-132, 2017. DOI: 10.22239/2317-269x.00866. Disponível em: <https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/866>. Acesso em: 07 jan. 2021.

CARNIEL, Beatriz de Faria. **Avaliação de impactos ambientais e sociais do uso da nanotecnologia na agricultura**: uma proposta metodológica. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

DE SETA, Marismary H.; REIS, Lenice G. C. Construção, estruturação e gestão das vigilâncias do campo da saúde. *In*: GONDIM, Roberta.; GRABOIS, Victor.; MENDES JUNIOR, Walter. V (orgs.). **Qualificação dos gestores do SUS**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fiocruz/ Ensp/EAD, 2011. p. 239-276. Disponível em: www4.ensp.fiocruz.br/biblioteca/home/exibedetalhesBiblioteca.cfm?ID=12564&Tipo=B. Acesso em: 26 jan. 2021.

DORA, Cristiana Lima; TEIXEIRA PRIMO, Fabian; ARAÚJO, Gabriela de Moraes Soares. Reflexões bioéticas acerca da inovação em nanomedicamentos. **Rev. Bioética y Derecho**, Barcelona, n. 45, p. 197-212, 2019. Disponível em http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1886-58872019000100014&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 25 dez. 2020.

ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e os novos direitos: a (necessária) revisão da estrutura das fontes do Direito. **Anuário de Derecho Constitucional Latinoamericano**, Montevideo, v. 17, p. 383-396, 2011.

ENGELMANN, Wilson; ALDROVANDI, Andrea; BERGER FILHO, Airton Guilherme. **Perspectivas para a regulação das nanotecnologias aplicadas a alimentos e biocombustíveis**. v. 1, n. 4, p. 115-127, nov., 2013. Disponível em: <https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/69/76>. Acesso em: 19 abr. 2020.

ENGELMANN, Wilson. Novos desafios para o direito na era das nanotecnologias. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Sociologia**, São Cristóvão, n. 29, p. 37-54, jul./ dez., 2016. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/tomo/article/view/5976/4983>. Acesso em: 11 jun. 2019.

ENGELMANN, W.; MARTINS, P. S. As nanotecnologias e a utilização em alimentos e os (possíveis) riscos. SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DEMANDAS SOCIAIS E POLÍTICAS PÚBLICAS NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA, 12., 2015, Santa Cruz do Sul. **Anais** [...]. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2015. Disponível em:

<https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/sidspp/issue/view/56>. Acesso em: 14 ago. 2019.

ENGELMANN, WILSON; ALDROVANDI, ANDRÉA. O direito à informação sobre a toxicidade dos nanoalimentos. **Pensar**, Fortaleza, v. 17, n. 2, p. 672-698, jul./dez. 2012.

FERNANDES, Rafael Gonçalves; OLIVEIRA, Liziane Paixão Silva. Desafios à Imputação de Responsabilidade Civil ao Fornecedor de Nanoalimentos. **Rev. Dir. & Desenvol. da UNICATÓLICA**, v. 3, n. 1, jan./ju., 2020.

FERNANDES, Rafael Gonçalves; OLIVEIRA, Liziane Paixão Silva. Entre riscos e desinformação: a utilização da nanotecnologia na indústria de alimentos. **Revista Jur. FA7**, Fortaleza, v. 16, n. 2, p. 63-81, jul./dez. 2019.

FERREIRA, A.P.; SANT-ANNA, L.S. A nanotecnologia e a questão da sua regulação no brasil: impactos à saúde e ao ambiente. **Revista Uniandrade**, v. 16, n. 3, p. 119-128, 2010.

FIGUEIREDO, Ana Virgínia Almeida; RECINE, Elisabetta; MONTEIRO, Renata. Regulação dos riscos dos alimentos: as tensões da Vigilância Sanitária no Brasil. **Ciênc. Saúde Coletiva**, v. 22, n.7, p.2353-2366, 2017. ISSN 1678-4561. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232017227.25952015>. Acesso em: 05 ago. 2020.

FORNASIER, Mateus de Oliveira; ROGERIO, Marcele Scapin. Inovação nanotecnológica: criação, transformação e possíveis efeitos sobre o meio ambiente e o ser humano. **Liincem Revista**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 418-432, nov. 2015.

GARCÍA, M.; FORBE, T.; GONZALES, E. Potenciais aplicações da nanotecnologia no setor agroalimentar. **Ciênc. Tec. Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 573-81, jul./set. 2010.

GONÇALVES, Raphaela Alessandra dos Santos. **Percepção do consumidor em relação à nanotecnologia**. 2018. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018.

GOMES, Rafaela Cardoso *et al.* Aplicações da nanotecnologia na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2015.

GUIVANT, Julia S.; MACNAGHTEN, Philip. O mito do consenso: uma perspectiva comparativa sobre governança tecnológica. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 89 -104, jul./dez. 2011

GUBALA, V. *et al.* Engineered nanomaterials and human health: Part 1. Preparation, functionalization and characterization (IUPAC Technical Report). **Pure and Applied Chemistry**, v. 90, n. 8, p. 1283-1324, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/pac-2017-0101>. Acesso em: 07 jan. 2021

INÁCIO, M.; INVERNIZZI, N. Nanotecnologias para doenças negligenciadas no Brasil: trajetórias de pesquisa, incentivos e perspectivas. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 41, n. 1, p. e45769, 03 maio 2019.

LAZZARETTI, Luísa Lauermann; HUPFFER, Haide Maria. Nanotecnologia e sua regulamentação no Brasil. **Gestão e Desenvolvimento**, Novo Hamburgo, v. 16. n. 3. set./dez. 2019.

LAZZARETTI, Luisa Lauermann; HUPFFER, Haide Maria. Nanotecnologia: o olhar da ciência sobre a toxicidade e os potenciais riscos desses produtos. **Revista Conhecimento Online**, Novo Hamburgo, v. 3, p. 79-100, oct. 2018. ISSN 2176-8501. DOI doi:<https://doi.org/10.25112/rco.v3i0.1604>. Disponível em: <https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistaconhecimentoonline/article/view/1604>. Acesso em: 25 dez. 2020.

LUSTOSA, Robson Luis Trindade. **Percepção do consumidor quanto à aceitabilidade de embalagens comestíveis nanoestruturadas em alimentos**. 2015 126 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

MAGALHÃES R. Regulação de alimentos no Brasil. **Revista Dir Sanit**, v. 17, n. 3, p. 113-133, 2017.

MAIA, C.; GUILERM, D. A regulação sanitária brasileira como parte da política de saúde: lacunas e desafios. **Rev Panam Salud Publica**, v. 9, n. 5, p. 226–31, 2016.

MANUAL de Oslo: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Rio de Janeiro: Finep; Paris: OECD, 2004. 136 p.

MARCONE, Glauciene Paula de Souza. Nanotecnologia e Nanociências: aspectos gerais, aplicações e perspectivas no contexto do brasil. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 7. n. 2, 2015. Disponível em: <http://revistascientificas.ifrj.edu.br:8080/revista/index.php/revistapct/article/view/588/377>. Acesso em :19 nov. 2019.

MARINS, B.R.; TANCREDI, R.C.P.; GEMAL, A.L. **Segurança alimentar no contexto da vigilância sanitária: reflexões e práticas**. Rio de Janeiro: EPSJV, 2014. 287 p.

MARTINS *et al.* Nanotecnologia em Alimentos: Uma breve revisão. **Revista Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v.7, n. 2, 2015.

MARTINS, Glêndara *et al.* **Ciência e tecnologia de alimentos: conceitos e aplicações**. Palmas, Tocantins: EDUFT, 2019.

NNI. National Nanotechnology Initiative. **Nanotechnology 101**. Disponível em: <http://www.nano.gov/nanotech-101> Acesso em: 20 abr. 2020.

NAVARRO, M.V.T. Conceito e controle de riscos à saúde. *In*: NAVARRO, M.V.T. **Risco, radiodiagnóstico e vigilância sanitária**. Salvador: EDUFBA, 2009. p. 37-75. ISBN 978-85-232-0924-7. Disponível em:

<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ufba/203/1/Risco%20radiodiagnostico%20e%20vigilancia%20sanitaria.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020

NETO, C. O direito sanitário Brasileiro. **Revista Jurídica**, Santa Catarina, v. 18, n. 35, 2014. Disponível em: <https://proxy.furb.br/ojs/index.php/juridica/article/view/3942>. Acesso em: 07 jan. 2020.

NOVIDADES: regulação da nanotecnologia. [S. l., 2013?]. Disponível em: https://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2012/lqes_news_novidades_1630.html. Acesso em: 23 out. 2020

NOLASCO, Loreci Gottschalk; SANTOS, Nivaldo dos. Avanços nanotecnológicos e os desafios regulamentares. **Rev. Fac. Direito UFMG**, Belo Horizonte, n. 71, p. 375 - 420, jul./dez. 2017

NOLASCO, Loreci Gottschalk. Impactos da nanotecnologia na saúde humana e no meio ambiente. **Revista Jurídica Direito, Sociedade e Justiça**, v. 4, p. 1-9, 2017.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Área de Vigilância Sanitária, Prevenção e Controle de Doenças. **Perspectiva sobre a análise de risco na segurança dos alimentos**. Curso de sensibilização. Rio de Janeiro: OPAS/OMS, 2008. Disponível em <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/34152/perspectivaanalise-por.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em : 23 jan. 2021

PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 421-430, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000200033&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 30 jul. 2020.

PELLIN, D R; VEIGA, F. S. Eu, tu, as nanotecnologias e o outro: qual a contribuição do diálogo entre buber e ost para o homem? **Conpedi law review Braga**, Portugal, v. 3, n. 2, p. 480-502, jul./dez. 2017.

PEREZ, F.S. *et al.* Nanotecnologia: aplicações na área de alimentos. **Ciências da Saúde**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 1-14, 2012.

PISCOPO, M. R. *et al.* O setor brasileiro de nanotecnologia: oportunidades e desafios. **Revista de Negócios**, v. 19, n. 4, p. 43-63, 2014.

PULZ, Ronei Leonardo. **O direito na era das nanotecnologias**: uma abertura às possibilidades ambientalmente sustentáveis no cenário de impactos e responsabilidades

desconhecidos. 2015. 264 f. Dissertação (Mestrado em direito) - Escola de Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2015.

PYRRHO, Monique; SCHRAMM, Fermin Roland. A moralidade da nanotecnologia. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 11, p. 2023-2033, nov. 2012. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2012001100002>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-11X2012001100002&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 22 set. 2020.

RESCH, Sibelly; FARINA, Milton Carlos. Mapa do Conhecimento em nanotecnologia no Setor Agroalimentar. **RAM, Rev. Adm. Mackenzie**, São Paulo, v. 16, n. 3, pág. 51-75, jun. 2015. DOI <https://doi.org/10.1590/1678-69712015/administracao.v16n3p51-75>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-69712015000300051&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 jan. 2021.

ROCHA, E. G. A construção democrática do direito à alimentação adequada e a regulação de alimentos. **Revista de Direito Sanitário**, v. 17, n. 3, p. 107-112, 2017. DOI: 10.11606/issn.2316-9044.v17i3p107-112. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdisan/article/view/127778>. Acesso em: 16 jan. 2021.

ROYAL SOCIETY AND ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties**. London: RS-ERA, 2004. Disponível em http://royalsociety.org/Report_WF.aspx?pageid=9692&terms=nanotechnologies. Acesso em: 30 jul. 2020.

SANTOS JUNIOR, Jorge Luis; SANTOS, Wander Luiz Pereira dos. O Papel da (nano) ciência e da (nano) tecnologia nas políticas agrícolas brasileiras: revisitando argumentos históricos. **Revista TOMO**, n. 29, jul./dez. 2016.

SARNEY FILHO, José. **Projeto de Lei da Câmara nº 5.133 de 2013**. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Brasília: Câmara dos Deputados, 2013. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=567257>. Acesso em: 28 jan. 2020.

SILVA, T. E. M. da; PREMEBIDA, A.; CALAZANS, D. Nanotecnologia aplicada aos alimentos e biocombustíveis: interações sociotécnicas e impactos sociais = Risk analysis and regulatory frameworks for nanotechnology applied to food and biofuels, new socio-technical interactions and impacts on social life. **Liinc Em Revista**, v. 8, n. 1, 2012. DOI <https://doi.org/10.18617/liinc.v8i1.471>. Disponível em: <http://revista.ibict.br/liinc/article/view/3351>. Acesso em : 12 set. 2020

SILVA, Tania Elias Magno da. Nanotecnologias e os desafios no campo alimentar: Que futuro nos espera? **Revista TOMO**, n. 29, jul./dez. 2016.

SILVEIRA, Sandra Maria Batista; FOLADORI, Guillermo. Nanotecnologia e água no Brasil. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 38, n. 2, p. 153-161, 2016. ISSN: 1679-7361. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=307348475004>.
Fecha de Consulta: 29 ene. 2021.

SUZIN, Querli Polo; FASSINA, Joice. Nanotecnologia e segurança alimentar. MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17., 2017. Caxias do Sul. **Anais [...]**. Caxias do Sul: UCS, 2017.

TAVARES, Eder Torres; SCHRAMM, Fermin Roland. Princípio de precaução e nanotecnociências. **Rev. Bioét.**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 244-255, aug. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-80422015000200244&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 12 fev. 2020.

TOBLER, Juliana Palermo; ROCHA, Helvécio Vinícius Antunes. Bases regulatórias para a avaliação da segurança de medicamentos à base de nanotecnologia. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, v. 8, n. 2, p. 64-74, 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Risco sanitário: percepção, avaliação, gerenciamento e comunicação**. 2015. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33856/3428144/Unidade_03+-+Risco+Sanit%C3%A1rio/bf0e74f8-2a9b-4974-84d5-5cc80bd27ef9

WICKSON, Fern; GILLUND, Froydis; MYHR, Anne Ingeborg. Tratando as nanopartículas com precaução: reconhecendo a incerteza qualitativa na avaliação científica do risco. **Política & Sociedade**, Florianópolis, v. 11, n. 20, abr. 2012.

APÊNDICE A – REFERÊNCIAS POR BASES DE DADOS

Quadro 1 – Referências Seleccionadas para o estudo do Google Acadêmico (n=30)

1	Nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos - riscos potenciais, necessidades regulatórias e proposta de instrumento para verificar opiniões sobre riscos potenciais à saúde e ao ambiente	2011
2	Responsabilidade Civil e Nanotecnologias	2014
3	O papel da nanotecnologia na redução do estresse oxidativo: Uma revisão.	2018
4	As nanotecnologias e os novos direitos: a (necessária) revisão da estrutura das fontes do Direito	2011
5	Perspectivas para a regulação das nanotecnologias aplicadas a alimentos e biocombustíveis.	2013
6	Novos Desafios para o Direito na Era das Nanotecnologias.	2016
7	As nanotecnologias e a utilização em alimentos e os (possíveis) riscos.	2015
8	Nanotecnologia e Nanociências: Aspectos Gerais, Aplicações e Perspectivas no Contexto do Brasil.	2015
9	Nanotecnologia em Alimentos: Uma breve revisão	2015
10	Ciência e tecnologia de alimentos: conceitos e aplicações	2019
11	Impactos da nanotecnologia na saúde humana e no meio ambiente.	2017
12	Avanços nanotecnológicos e os desafios regulamentares	2017
13	Nanotecnologia e segurança alimentar	2017
14	Nanotecnologia: aplicações na área de alimentos.	2012
15	A importância da inovação tecnológica na indústria de alimentos: um estudo de caso numa empresa de grande porte.	2012
16	Elaboração de roteiro para inspeção das boas práticas de manipulação e comercialização de alimentos no setor informal	2017
17	Nanotecnologia e sua regulamentação no Brasil.	2019
18	Nanotecnologia: o olhar da ciência sobre a toxicidade e os potenciais riscos desses produtos	2018
19	A construção democrática do direito à alimentação adequada e a regulação de alimentos	2016
20	O direito à informação sobre a toxicidade dos nanoalimentos	2012
21	Desafios à Imputação de Responsabilidade Civil ao Fornecedor de Nanoalimentos	2020
22	Entre riscos e desinformação: a utilização da nanotecnologia na indústria de alimentos	2019
23	Inovação nanotecnológica: criação, transformação e possíveis efeitos sobre o meio ambiente e o ser humano	2015
24	Nanotecnologias e os desafios no campo alimentar: Que futuro nos espera?	2016
25	O Papel da (nano) ciência e da (nano) tecnologia nas políticas agrícolas brasileiras: revisitando argumentos históricos	2016
26	Nanotecnologia aplicada aos alimentos e biocombustíveis: interações sociotécnicas e impactos sociais	2012
27	Avaliação de impactos ambientais e sociais do uso da nanotecnologia na agricultura: uma proposta metodológica	2013
28	O direito na era das nanotecnologias: uma abertura às possibilidades ambientalmente sustentáveis no cenário de impactos e responsabilidades desconhecidos	2015
29	Relações de consumo tecnologia e meio ambiente	2013

Fonte: GOOGLE ACADÊMICO, 2020. (<https://scholar.google.com.br/>)

Quadro 2 – Referências Seleccionadas para o estudo do SciELO (n=5)

1	Potenciais aplicações da nanotecnologia no setor agroalimentar	2010
2	Reflexões bioéticas acerca da inovação em nanomedicamentos	2019
3	Princípio de precaução e nanotecnociências	2015
4	Nanotecnologia na cadeia de alimentos	2014
5	Os desafios da nanotecnologia para a vigilância sanitária de medicamentos	2014

Fonte: SciELO, 2020. (<https://scielo.org/>)

Quadro 3 – Referências Seleccionadas para o estudo do Portal de Periódicos Capes (n=8)

1	Aplicação de nanotecnologia em embalagens de alimentos	2015
2	Revisão: características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos	2012
3	Mapa do conhecimento em nanotecnologia no setor agroalimentar	2015
4	Estudo Prospectivo Sobre Encapsulamento De Compostos Bioativos	2014
5	Nanotecnologias para doenças negligenciadas no Brasil: trajetórias de pesquisa, incentivos e perspectivas.	2019
6	Nanotecnologia e água no Brasil	2016
7	O mito do consenso: uma perspectiva comparativa sobre governança tecnológica	2011
8	Tratando as nano partículas com precaução: reconhecendo a incerteza qualitativa na avaliação científica do risco	2012

Fonte: PORTAL DE PERIÓDICOS CAPES, 2020. (<http://www-periodicos-capes-gov-br>)

Quadro 4 – Referências Seleccionadas para o estudo da base de dados Catálogo de Teses e Dissertações da Capes (n=3)

1	Percepção Do Consumidor Quanto À Aceitabilidade De Embalagens Comestíveis Nanoestruturadas Em Alimentos	2015
2	A Ressignificação Hermenêutica Da Concepção De Fato Jurídico De Pontes De Miranda Como Condição De Possibilidade Para A Juridicização Do Fato Nanotecnológico: Uma Abordagem Feita Sob O Recorte Dos Possíveis Riscos Produzidos Pelos Nanoalimentos Com Prata	2014
3	Percepção do Consumidor em Relação à Nanotecnologia	2018

Fonte: CATÁLOGO DE TESES E DISSERTAÇÕES DA CAPES, 2020. (<https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>)

Quadro 5 – Referências Seleccionadas para o estudo da base de dados ARCA– Repositório Institucional da Fiocruz (n=5)

1	Análise da produção científica brasileira sobre nanotecnologia e saúde	2017
2	A moralidade da nanotecnologia	2012
3	A pesquisa brasileira dedicada à nanotecnologia e riscos à saúde e ao meio ambiente	2014
4	A nanotecnologia e a questão da sua regulação no Brasil: impactos à saúde e ao ambiente	2015
5	Nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos-riscos potenciais, necessidades regulatórias e proposta de instrumento para verificar opiniões sobre riscos	2011

Fonte: ARCA Fiocruz, 2020.