**MAPA DO CONHECIMENTO EM NANOTECNOLOGIA NO SETOR AGROALIMENTAR**

**RESUMO**

A nanotecnologia é considerada por muitos autores como a base para a próxima revolução industrial. O prefixo “nano” equivale a 10-9m. A manipulação na escala nanométrica pode modificar propriedades como cor, condutividade, reatividade, ponto de fusão, entre outras, criando novas aplicações para os materiais. É considera como uma ciência multidisciplinar com aplicações em distintos setores, tais como física, química, biologia, materiais, informação, entre outros. No Brasil, as políticas de apoio às nanotecnologias iniciaram em 2001 e a partir de 2007, a nanotecnologia foi identificada como área estratégica para o governo brasileiro por seu potencial de inovação, crescimento de mercado e benefícios associados à sua utilização. O setor agroalimentar, objeto desse estudo, é uma das áreas que pode se beneficiar com a utilização das nanotecnologias. Considerando a importância do setor para a economia brasileira, esse trabalho tem como objetivo identificar e descrever as pesquisas que envolvem a nanotecnologia no setor agroalimentar. Para isso, realizou-se uma aplicação com o *software* VOSviewer a partir de trabalhos publicados na base SCOPUS. Para identificar como as pesquisas evoluíram ao longo do tempo, dividiu-se a busca em três períodos: 2001-2005; 2006-2009; 2010-2013. Os resultados apontam quatro tendências: a) uso dos biosensores, especialmente para detecção de contaminação; b) uso de embalagens ativas, biodegradáveis e indicadoras de deterioração ou contaminação; c) encapsulamento para entrega de nutrientes; e d) riscos e benefícios, marcos regulatórios. Os resultados podem subsidiar a elaboração de políticas de apoio e fomento à nanotecnologia para o setor agroalimentar bem como sugerem temas de pesquisa para identificação do estágio atual dessas tecnologias no Brasil. A prospecção realizada também contribui para a identificação de oportunidades de negócios para os empresários brasileiros.

PALAVRAS-CHAVE: Nanotecnologia; Alimentos; Agricultura; Agroalimentar; VOSviewer.

**1 INTRODUÇÃO**

O Brasil é o 3° maior exportador de produtos agrícolas e um dos mais importantes produtores mundiais de alimentos (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação [MCTI], 2010). Entretanto, o cenário mundial previsto requer atenção por parte da sociedade brasileira. A escassez de terras e de água, o aumento populacional, o aumento de consumo decorrente da elevação do nível de renda, a queda de produtividade de alguns cultivos em países desenvolvidos e a necessidade de uso de energia limpa são alguns dos fatores que pressionam o sistema agroalimentar (Rodrigues, Santana, Barbosa & Pena Júnior, 2012).

As inovações tecnológicas podem influenciar nesse cenário. “A agricultura é elemento estratégico nas políticas econômicas, ambientais e de segurança alimentar”, ressalta o MCTI (2010, p.43). O país precisa elevar a produtividade e a agregação de valor aos produtos de origem agrícola. Para tanto, são necessários avanços na capacidade de gerar e difundir o uso de conhecimentos científicos, tecnológicos e de inovações em todo o complexo industrial.

Dentre as novas tecnologias que estão sendo desenvolvidas para o setor agroalimentar está a nanotecnologia. Um nanômetro equivale a 10-9m, ou seja, um bilionésimo do metro. Por trabalhar com escalas muito pequenas, novas propriedades e funções podem ser criadas, gerando inovações em diversas áreas do conhecimento (Klochikhin & Shapira, 2012). O uso da nanotecnologia em distintas ciências tem sido considerado como a base para a próxima revolução industrial (MCTI, 2010). Segundo estimativas de Renn e Roco (2006), a partir de 2020, a nanotecnologia deverá ser utilizada em sistemas nanomoleculares que criarão novas funções para os materiais, atingindo o mercado de massa.

Tal como em outros países do mundo, a nanotecnologia foi inserida como objeto de política pública em 2001. Entretanto, conforme ressalta Peixoto (2013, p.335) o Brasil “não tem sido capaz de desenhar uma estrutura de política produtiva e inovativa capaz de aproveitar as janelas de oportunidade e promover o desenvolvimento da nanotecnologia de forma consistente e continuada”. O Brasil, tal como os demais países estudados na América Latina por Kay e Shapira (2009), apesar de implementar políticas e programas para desenvolver a nanotecnologia, possuem uma participação modesta na indústria e um baixo nível de comercialização de produtos com nanomaterial.

Novas iniciativas, tal como a Rede SisNANO (Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias), tem surgido no Brasil. Por meio dessa e de outras ações, observa-se que o país vem aprimorando seu Sistema Nacional de Inovação. No entanto, entende-se que é necessário focalizar as políticas públicas em áreas prioritárias, tal como o setor agroalimentar.

Cozzens, Cortes, Soumonni e Woodson (2013) identificaram uma concentração de pesquisas em nanotecnologia e alimentos no hemisfério Norte, indicando o problema do domínio tecnológico nessa área. A assimetria de informações em relação às novas tecnologias pode ameaçar os países em desenvolvimento, já que se trata de uma matriz importante nessas economias. Por isso, ressaltam que os formuladores de políticas devem esforçar-se para estimular a pesquisa no setor agroalimentar.

Dadas às possibilidades de inovações disruptivas a partir do uso das nanotecnologias e uma possível revolução no mercado, é fundamental para a área da Ciência Social Aplicada da Administração conhecer esse mapa da ciência que traz a perspectiva multi e interdisciplinar do uso das nanotecnologias no setor agroalimentar. O conhecimento do estado da arte poderá contribuir para a criação de linhas específicas de financiamento e fomento à inovação para esse setor.

Assim, o objetivo do presente trabalho é identificar e descrever as pesquisas que envolvem a nanotecnologia no setor agroalimentar. Para tanto, realizou-se uma aplicação do *software* VOSviewer[[1]](#endnote-1) utilizando a base de dados SCOPUS para levantamento de trabalhos publicados com as palavras-chave nanotecnologia e alimentos. O *software* criou mapas que apresentam as tendências das pesquisas em três períodos – 2001 a 2005, 2006 a 2009, 2010 a 2013. O recorte temporal em período de quatro anos possibilita conhecer a trajetória dos estudos nessa área, contribuindo para identificar a evolução do conhecimento.

**2 NANOTECNOLOGIA**

Vislumbra-se que a nanotecnologia faz parte de um conjunto de tecnologias que conformarão a próxima revolução tecnológica (Renn & Roco, 2006; MCTI, 2010; Gordon, 2010; Peixoto, 2013).

O principal diferencial na escala nanométrica é a potencialização das propriedades físicas e químicas, resultante de uma área superficial elevada, maior grau de dispersão e funcionalidades, características relacionadas com o tamanho da estrutura e que possibilitam o uso em concentrações extremamente reduzidas (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial [ABDI], 2010).

A manipulação na escala nanométrica pode modificar propriedades como cor, condutividade, reatividade, ponto de fusão, entre outras.

As inovações advindas da nanociência costumam ser comercializadas à medida que o controle sobre a construção de átomos e das moléculas melhoram. Da mesma forma que os computadores analisam e distribuem dados num formato binário (0,1), a nanotecnologia trata da construção de novos materiais (orgânicos e inorgânicos) ao tratar átomos e moléculas como blocos de construção (Peixoto, 2013, p.67).

A nanotecnologia está presente na natureza. A inovação nesse processo é a manipulação das nanoestruturas pelo homem. Richard Feynman proferiu em 1959 a palestra “*There is Plenty of Room at the Bottom”*. Nela, sugeriu que o próximo grande avanço científico poderia vir da manipulação de átomos e moléculas, possibilitando a criação de materiais com atributos únicos (Klochikhin, 2013).

Entretanto, para realizar tal feito era necessário um equipamento que permitisse a visualização das imagens na escala nanométrica. Isso ocorreu somente em 1982 com a criação do microscópio de Varredura de Tunelamento Eletrônico pela IBM e a partir desse microscópio foi desenvolvido o Microscópio de Microssondas Eletrônicas de Varredura em 1986, possibilitando a manipulação de átomos e moléculas.

A nanociência se prolifera por distintas disciplinas: física, química, biologia, materiais, informação, entre outras. Trata-se de uma tecnologia inter e multidisciplinar, pois distintos campos contribuem para o desenvolvimento de uma nanotecnologia. Suas aplicações permeiam distintos setores: energia, transportes, medicina, têxtil, comunicações, alimentos, agricultura, entre outras (ABDI, 2010).

A União Europeia considera que é necessário determinar a distribuição número-tamanho, pois os nanomateriais são constituídos, em geral, por partículas presentes em diferentes tamanhos e com diferentes distribuições. Assim, compreende como nanomaterial:

Um material natural, incidental ou fabricado, que contém partículas num estado desagregado ou na forma de um agregado ou de um aglomerado, e em cuja distribuição número-tamanho 50 % ou mais das partículas têm uma ou mais dimensões externas na gama de tamanhos compreendidos entre 1 nm e 100 nm (União Europeia, 2011, s/p).

Em recente pesquisa realizada pela BCC Research, o mercado global de produtos nanotecnológicos foi avaliado em $22.900 bilhões em 2013, aumentando para cerca de $26 bilhões em 2014. Estima-se que o mercado de produtos nanotecnológicos alcance $64,2 bilhões em 2019, com taxa de crescimento de 19,8% a.a. a partir de 2014 (BCC Research, 2014).

A manipulação de átomos e moléculas pode ser considerada recente. Porém, há um grande potencial de crescimento de mercado para produtos que incorporem a nanotecnologia ou que sejam criados a partir dela. Peixoto (2013) ressalta a importância de se compreender as diferentes trajetórias nanotecnológicas nos distintos setores. Nesse trabalho, o foco é o setor agroalimentar. Portanto, na próxima seção apresenta-se uma breve discussão sobre a nanotecnologia nesse setor.

**2.1 NANOTECNOLOGIA E ALIMENTOS**

A nanotecnologia é um dos *drivers* de mudança para o setor agroalimentar (Rodrigues et al., 2012). Num estudo recente, Sekhon (2014) argumenta que a nanotecnologia é uma das ferramentas mais importantes para o setor agroalimentar porque pode contribuir com a melhoria da produtividade dos alimentos. Entre as aplicações, destaca:

* Nanoformulações de agrotóxicos para a aplicação de pesticidas e fertilizantes para a melhoria da cultura;
* A aplicação de nano-sensores / nanobiosensores para a identificação de doenças e resíduos de agrotóxicos;
* Nanodispositivos para a manipulação genética das plantas;
* Diagnóstico de doenças de plantas;
* Saúde animal, criação de animais, produção de aves; e
* Gestão pós-colheita.

Espera-se que o uso dessas tecnologias possa contribuir para melhorar o rendimento das culturas, sem danificar o solo e a água, reduzir a perda de nitrogênio devido à lixiviação e emissões. Outros benefícios estão relacionados ao desenvolvimento de espécies resistentes aos insetos, processamento e armazenamento com aumento de vida útil do alimento por meio da utilização de embalagens inteligentes (Sekhon, 2014).

Hewett (2013) explica que as perdas de alimentos entre o produtor e o consumidor final giram em torno de 1,3 bilhões de toneladas por ano. O autor afirma que muitos estudos têm sido feitos para o processo de pós-colheita. Entretanto, é importante pesquisar a base genética das plantas para garantir melhor produtividade, precocidade, tamanho, resistência a pragas, doenças e nutrientes.

Para Moraru et al*.* (2003) como citado em Assis, Zavareze, Prentice-Hernández & Souza-Soares (2012, p.101) “as maiores áreas da indústria de alimentos beneficiadas com a nanotecnologia são desenvolvimento de novos materiais funcionais, processamento em micro e nanoescala, desenvolvimento de novos produtos e nanossensores para a segurança alimentar”.

Assis et al*.* (2012) ressaltam que a aplicação da nanotecnologia em alimentos é relativamente nova quando comparado à outras áreas, como biomédica e tecnologia de informação. Para exemplificar, uma pesquisa realizada na base de dados Scielo.br com as palavras-chave nanotecnologia e alimentos resultou nesse trabalho como único nessa base, com a aplicação desses termos.

Nessa revisão da literatura, Assis et al*.* (2012), apresentam algumas aplicações da nanotecnologia em alimentos:

Nanopartículas lipídicas sólidas são sistemas de transporte coloidal empregados para encapsular, proteger e entregar componentes funcionais. Nanoemulsão consiste em uma dispersão muito fina composta por uma fase de óleo e uma fase aquosa, com tamanho de gota, em escala nanométrica; em função do seu tamanho característico, as nanoemulsões são transparentes ou translúcidas, e possuem estabilidade contra a sedimentação. Nanocápsulas são compostas por um invólucro polimérico disposto ao redor de um núcleo, no qual se encontra o composto ativo, conferindo proteção contra o oxigênio, a água e/ou a luz; permitem, dessa forma, uma liberação controlada da substância e/ou previnem o contato com outros componentes em uma mistura. Em nanotecnologia de embalagens, aborda-se a utilização de nanopartículas, tais como nanofibras de celulose e nanoargila, bem como a aplicação de nanomateriais com propriedades nutricionais e/ou antimicrobianas, e nanosensores.

A busca por trabalhos publicados no Brasil foi realizada também no Portal CAPES. Utilizando os termos “nanotecnologia” e “alimentos” em todos os índices, obteve-se o resultado de 26 artigos revisados por pares, disponíveis a partir dessa base de dados. A análise dos trabalhos publicados indica que somente dois trabalhos foram publicados com esse foco, sendo um deles a revisão já mencionada de Assis et al*.* (2012) e o outro é também uma revisão de literatura feita por Garcia, Forbe e Gonzalez (2010), em que discutem, além das funcionalidades apresentadas por Assis et al. (2012), a utilização de nanotubos de carbono para fins biológicos.

Trata-se, portanto, de um tema de pesquisa pouco explorado no Brasil. Desse modo, reitera-se a importância da realização desse estudo exploratório. Em razão da proposta dessa pesquisa, na sessão em que se apresentam os resultados, retoma-se o levantamento bibliográfico a partir das palavras-chave identificadas no estudo e a discussão é realizada, prioritariamente, a partir de estudos internacionais. Na próxima sessão, relatam-se os procedimentos metodológicos adotados nesse estudo.

**3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O VOSviewer é um programa criado por Eck e Waltman (2010), disponível gratuitamente e que possibilita a criação de mapas utilizando a técnica de mapeamento e agrupamento. O *software* destina-se principalmente à análise bibliométrica de grandes volumes de dados e diferentemente de outros programas, a ênfase se dá na representação gráfica do mapa. Ele pode, por exemplo, ser usado para criar mapas de publicações, autores ou revistas com base em uma citação, cocitação, ou rede de acoplamento bibliográfico ou ainda, para criar mapas de palavras que forma um determinado campo, com base em uma rede de coocorrência a partir dos títulos e resumos, que é a proposta desse estudo. Assim, destaca-se que o VOSviewer possui amplas funcionalidades (Waaijer, Bochove, & Eck, 2011; Noyons, 2012; Rafols, Leydesdorff, O’Hare, Nightingale & Stirling, 2012; Barth, Haustein, & Scheidt, 2014; Gobster, 2014; Leydesdorff, Rafols, & Chen, 2014; Rafols et al., 2014; Arora, Youtie, Carley, Porter & Shapira, 2014,).

Para fins desse estudo, que se caracteriza como prospecção tecnológica, desenvolveu-se uma aplicação do uso do *software* baseada na análise dos corpos dos textos (resumos) e dos títulos dos trabalhos. O *software* desenvolve um processo de clusterização por meio da implementação de um algoritmo de mapeamento – VOS – que busca minimizar a distância Euclidiana entre elementos semelhantes.

A similaridade é definida como a força de associação das coocorrências ponderadas pela quantidade de vezes em que a palavra aparece. Depois de calculados os *scores* para cada coocorrência são selecionados os termos mais relevantes. No caso de palavras similares (exemplo: livraria e livrarias), é selecionada somente a palavra de maior *score* em termos de relevância (Eck & Waltman, 2010).

Para identificar as tendências de pesquisa no setor agroalimentar realizou-se uma busca na Base de Dados Scopus que atualmente é composta por 2917 revistas das diferentes áreas do conhecimento. A opção pela utilização dessa base se deu por duas razões: a) pela disponibilização dos resumos, além dos títulos e palavras-chave; b) pelo número de artigos publicados, superior ao que foi localizado na base Web of Science.

A busca foi realizada utilizando as palavras-chave: *food* e *nanotechnology*, ambas no *abstract*. Para identificar como as pesquisas evoluíram ao longo do tempo, dividiu-se a busca em três períodos: 2001-2005; 2006-2009; 2010-2013. Realizou-se também uma restrição para a busca somente em artigos.

Os resultados da busca (281 artigos) foram exportados em formato .ris, para cada período pesquisado. Delimitou-se a exportação por título, palavras-chave e resumo, para o processo de análise posterior. A preparação da base de dados foi realizada no *software* Bibexcel[[2]](#endnote-2) que transforma o arquivo .ris em arquivo .doc para inserção no VOSviewer.

O processo de análise no VOSviewer demanda a escolha dos parâmetros de corte. No período de 2001-2005, como o número de artigos é baixo (o programa detectou 432 termos), optou-se pela seleção de termos com no mínimo 3 ocorrências resultando em 21 termos. Após o cálculo do score, selecionaram-se os termos mais relevantes para a pesquisa. No período de 2006-2009 foram detectados 3555 termos, optando-se por 5 ocorrências para o corte. Procedimento que resultou em 140 palavras e dessas, 74 com escore relevante. No período de 2010-2013 o número de artigos publicados é maior, resultando em 6451 termos localizados. Optou-se pelo corte na frequencia 7, obtendo-se 224 palavras e dessas, 134 com com escore relevante calculado. Os resultados serão apresentados na próxima sessão.

**4 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Os resultados da pesquisa na base de dados Scopus demonstram que o número de publicações em nanotecnologia e alimentos elevou-se a partir de 2006, totalizando 281 artigos publicados com as palavras-chave *nanotechnology* e *food* no resumo, conforme se observa na Figura 1.

Figura 1 - Número de Publicações/Ano

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos resultados obtidos na Base Scopus

Em relação à distribuição das publicações por país, nota-se na Figura 2 que os Estados Unidos lideram as publicações sobre nanotecnologia e alimentos. A Índia também apresenta expressiva produtividade nessa área, comparativamente a outros países. A China também se destaca nesse cenário junto à vários países europeus. A publicação brasileira foi de 5 artigos nesse período, considerando os termos de busca. Assim, o Brasil configura-se como representante da América Latina, junto ao Chile, nas pesquisas sobre nanotecnologia e alimentos.

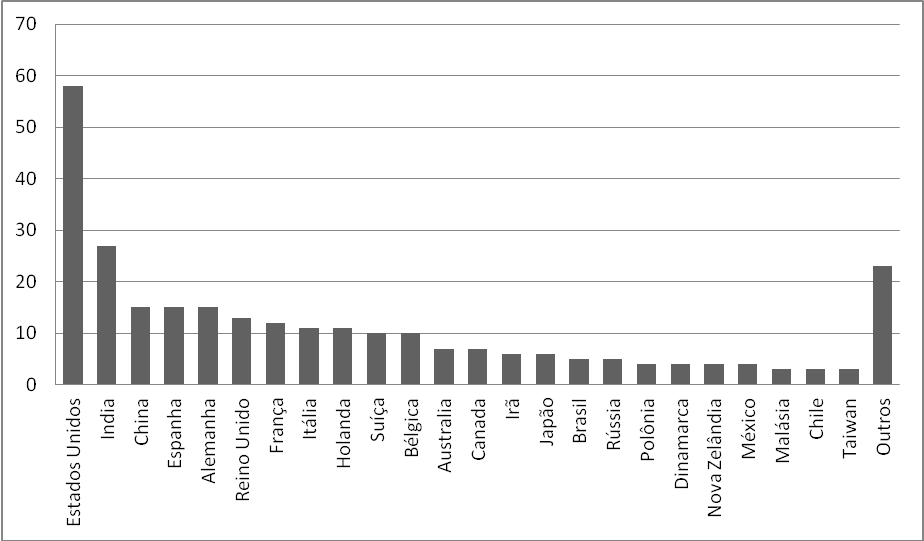


Figura 2 - Publicação por países

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos resultados obtidos na Base Scopus

Quanto à classificação dos artigos por áreas, a maioria foi publicada nas áreas agrícola e de ciências biológicas, seguidas pela engenharia e química, conforme se observa na Figura 3.

Figura 3 - Artigos por Área

Fonte: Scopus

No período de 2001 a 2005, identifica-se na Figura 3 que o foco dos trabalhos publicados era a produção de biopolímeros por meio do ácido polilático. Esse ácido é um polímero sintético do ácido lático produzido por bactérias que transformam melaço, açúcar de beterraba, soro de leite ou outros compostos açucarados em plástico por meio de processos químicos. Trata-se de um mercado promissor para o Brasil, que atualmente produz 270 milhões de toneladas de plástico derivado do petróleo. Estima-se que até 2015, a produção será de um milhão de toneladas de bioplástico, que se decompõe em até 180 dias contra 40 anos dos derivados de petróleo (Sociedade Nacional De Agricultura, 2012).

Outro termo de destaque foi a qualidade dos alimentos (Figura 4) que se conecta à segurança. Percebe-se que, com o início das pesquisas sobre novos materiais para embalagem, também começou a se considerar o potencial desses novos materiais para garantir a qualidade dos alimentos. A partir de diferente perspectiva, é necessário avaliar a segurança dos materiais que contém nanopartículas. Como sugerem Lagaron et al. (2005), é imperativo estudar a migração dos nanocompósitos no organismo, caso sejam absorvidos pelo contato com os alimentos e também o seu ciclo de vida, para avaliar o risco desse material. O VOSviewer apresenta as palavras que tem maior densidade com destaque em vermelho.

Figura 4 – Densidade da coocorrência das palavras no período de 2001-2005

No período de 2006-2009, o número de artigos aumentou consideravelmente, e com isso também aumentam a coocorrência de palavras nos trabalhos analisados, ou seja, termos relevantes se repetem em vários artigos. Na Figura 5, observa-se que nesse período ganha força a discussão sobre dispositivos, processos e mercado, resultados, processamento de alimentos, embalagens para os alimentos e administração de medicamentos. Por isso, também aparece a FDA – *Food and Drug Administration* próxima à palavra benefícios. Essas palavras aparecem concentradas nas áreas em vermelho, ou seja, são palavras que tem maior densidade.

Em laranja, com menor força, aparecem em destaque as preocupações com o risco de toxicidade das nanopartículas. Também se discute o sistema de entrega de medicamentos com o uso das nanotecnologias e a biodisponibilidade. Outra palavra que surge nesse contexto é a confiança, que se relaciona com as preocupações ligadas aos riscos que as nanotecnologias apresentam.

Entram em cena também os nanotubos, estruturas que possuem características importantes para transportar medicamentos e suplementos alimentares no organismo, além de inúmeras outras funcionalidades que podem ser desenvolvidas a partir dessas estruturas.

Figura 5 - Densidade da coocorrência das palavras no período de 2006-2009

Na Figura 6, apresenta-se o processo de clusterização desenvolvido pelo *software*. Observa-se que o cluster demarcado com a cor verde traz como palavras-chaves: concepção, nanociência, eletrônica, capacidades, dispositivos, biosensores, papel da nanoescala, vida de prateleira, inovação, organização, processo e futuro.

Em termos de tecnologia, os biosensores são o centro da discussão nesse período. Trata-se de dispositivos utilizados como elemento de reconhecimento que tem distintas funcionalidades, entre elas a prevenção da contaminação de alimentos. Uma das principais funções dos biosensores baseados em nanotecnologia é a detecção de patógenos. Trata-se de uma tecnologia emergente que terá impactos em distintas aplicações, na saúde e nos medicamentos, na agricultura e nos alimentos, no meio ambiente e no setor de biodefesa, pois existem preocupações ligadas à biossegurança e também ao bioterrorismo (Driskell & Tripp, 2009).

Existem três grandes áreas em que a nanotecnologia foi integrada para desenvolver a próxima geração de biossensores: (I) para melhorar a sensibilidade do ensaio, especificidade, e os limites de detecção; (II) para aumentar o rendimento da amostra; e (III) para reduzir a complexidade do ensaio.  Os nanosensores respondem em menor tempo devido à sua pequena superfície detectora, maximizando o número de análises realizadas num único teste. Os custos também podem ser reduzidos com o uso dos nanosensores, por diminuir etapas de processamento da amostra de análise (Driskell & Tripp, 2009).

Os biosensores podem contribuir com o aumento de vida de prateleira dos produtos alimentícios, de acordo com Bugusu e Bryant (2006), garantindo-lhes qualidade. A eletrônica também se relaciona com os biosensores. Como descrevem Fonseca, Cané e Mazzolai (2007), a combinação da nanotecnologia com a ciência da computação pode criar novos instrumentos adaptados às exigências do setor agroalimentar. São distintas as aplicações eletrônicas que utilizam a nanotecnologia e que podem contribuir com o setor agroalimentar (Sekhon, 2014).

Há também uma discussão sobre processos e inovação. Uma das linhas de discussão nesse cluster se refere ao que se considera inovação. Para Linton e Walsh (2008), o paradigma da inovação voltada ao produto precisa ser superado, considerando que as nanotecnologias inovam no processo e podem mudar substancialmente as características dos produtos finais.

No cluster delimitado pela cor amarela, percebe-se uma discussão em torno da palavra mercado, como é de se esperar, pois uma inovação só é assim considerada se chegar ao mercado. Loveridge, Dewick e Randles (2008) afirmam que os nanoartefatos contribuem para melhorar a vida humana, especialmente nos domínios da energia e dos alimentos.

No cluster delimitado pela cor violeta apresenta-se um agrupamento das palavras microorganismo e microscópio, conectadas à questão da segurança dos alimentos. Trata-se de trabalhos que discutem a aplicação da nanotecnologia no setor agroalimentar, especialmente para a sua conservação, incluindo a contaminação por bactérias e toxinas (Kampers, 2007; Case, 2006; Driskell & Tripp, 2009; Das, Sexena & Dwivedi, 2009; Da Pieve, Calligaris & Nicoli, 2009)

No cluster identificado pela cor azul o tema central é a embalagem para alimentos. Há uma discussão nesse cluster que envolve a segurança no uso da nanotecnologia nas embalagens e a confiança das pessoas nessas tecnologias (Siegrist, Stampfli, Kastenholz & Keller, 2008).

A discussão sobre a segurança também é evidente no cluster vermelho, mas sobre diferente aspecto. Se por um lado, as nanotecnologias podem contribuir com a segurança alimentar, por outro, há uma preocupação sobre a toxicidade das nanopartículas. Por se tratar de partículas muito pequenas, há o risco de atravessarem as células ou passarem diretamente para os pulmões, caindo na corrente sanguínea e atingindo todos os órgãos do corpo (Amoabediny et al. , 2009). É por isso que segurança e riscos se associam nesse cluster (Siegrist et al., 2008).

Junto a essa discussão, surgiu também uma preocupação com a legislação para o uso das nanotecnologias (Sadrieh & Espandiari, 2006). Como já dito anteriormente as nanotecnologias são utilizadas em medicamentos e alimentos, ambos regulados nos Estados Unidos pela *Food and Drug Administration* (FDA) (Armstrong, 2009).

Por fim, nesse cluster, temos a biodisponibilidade em discussão. As nanopartículas, como por exemplo, as de silício, aumentam a superfície ativa e melhoram a absorção celular. Trata-se de uma aplicação importante para a hidratação da pele, segundo Berardesca e Carrera (2009). Desse modo, a biodisponibilidade se conecta com a discussão sobre a saúde. Robson (2009) ressalta que a nutrição, por meio do uso das nanotecnologias em nutrientes biodisponíveis, pode melhorar o equilíbrio das doenças humanas e animais. Por meio dessas e de outras aplicações, acredita-se que as nanotecnologias poderão contribuir com a longevidade e a qualidade de vida.

Figura 6 - Clusters pelo agrupamento de palavras no período 2006-2009

Fonte: elaborado pelos autores com dados da Base Scopus, com o aporte do software BibExcel para preparação dos dados e do Software VOSviewer para cálculo da densidade e proximidade das palavras-chave.

No período de 2010 a 2013, observa-se na Figura 7 que as embalagens continuam no centro da discussão quando se trata do uso da nanotecnologia no setor agroalimentar. Percebe-se também que os riscos associados às nanotecnologias ganham destaque entre os 177 artigos publicados nesse período, como também a discussão sobre o tamanho das nanopartículas, relacionadas à absorção celular e consequentemente aos riscos que representam ao organismo.

A química também se destaca em termos de densidade entre os artigos publicados. A química é uma palavra utilizada para distintas finalidades, desde a menção sobre a química na agricultura, até as propriedades químicas dos alimentos, e as análises dessas propriedades.

Nesse período também surgem novas palavras, como as nanopartículas de prata e ouro que têm sido utilizadas para distintas finalidades. O processo de encapsulamento de nanopartículas também se sobressai.

Identifica-se ainda, a proeminência das discussões acerca da obtenção de patentes. Os trabalhos sobre risco e legislação continuam, mas percebe-se que a governança também surge como movimento no contexto científico. A detecção de patógenos continua em destaque, porém, nesse período a salmonela e mais densamente, as bactérias têm recebido atenção dos cientistas. Também é possível identificar a força dos Estados Unidos e da União Europeia nas discussões sobre o uso das nanotecnologias nos alimentos.

Figura 7 - Densidade da coocorrência das palavras no período de 2010-2013

Na figura 8, observa-se a clusterização das palavras por sua proximidade. Nesse período pode-se considerar a existência de quatro clusters. Em termos de agrupamento, pode-se considerar um movimento similar ao que ocorreu no período anterior. Entretanto, percebe-se a inclusão de novas palavras nesses clusters, demonstrando a evolução das pesquisas nessas áreas.

As nanopartículas metálicas que se destacaram nesse período foram o ouro e a prata, porém existem outros metais que estão sendo utilizados na nanoescala, tais como óxido de zinco, óxido de cério, óxido de alumínio, óxido de zircônio, dióxido de titânio, cobre, entre outros. Esses materiais, quando utilizados na escala nano têm uma elevada superfície em relação ao seu volume, possuindo propriedades únicas de absorção, solubilidade e atividade catalítica e biológica. São utilizados como biocidas de bactérias, vírus, fungos e leveduras. Pelo seu poder antimicrobiano, as nanopartículas metálicas estão sendo utilizadas em distintos produtos, entre eles filtros de ar e de água, têxteis e vestuário, tintas e vernizes, cosméticos, tratamento de água, máquina de lavar, aplicações médicas. Também têm sido utilizadas na indústria alimentar, especialmente para revestimentos em equipamentos utilizados no processamento de alimentos e em materiais de embalagens para reduzir a deterioração dos alimentos e de doenças (Senior, Müller, Schacht & Bunge, 2012). Entre as bactérias, a salmonela se destaca. Segundo Shinohara et al. (2008, p.1675) trata-se de “um dos microrganismos mais amplamente distribuídos na natureza”.

Ainda atrelados às preocupações com as contaminações bacterianas, porém com a funcionalidade da detecção da contaminação, os biosensores continuam sendo pesquisados. Nesse período novas técnicas são desenvolvidas, tal como proposto por Manonmani, Juliet e Kumar (2013), em que o biosensor trabalha em conjunto com o quitosano, um polímero biodegradável que é usado para a separação das bactérias patogênicas. A detecção é feita pela intensidade da fluorescência após a aplicação de um corante.

No cluster delimitado pela cor azul, percebe-se a encapsulação como o elemento conectivo entre as palavras. A encapsulação é o processo por meio do qual se faz a entrega de nutrientes e suplementos para a saúde (Momin, Jayakumar e Prajapati, 2013). Também denominada como nanoencapsulação, esse processo promove a liberação controlada do produto final que pode ser uma vitamina, um antioxidante, proteínas, lipídios e hidratos de carbono. Com a liberação controlada, o produto mantém-se por maior tempo no organismo, com maior funcionalidade e estabilidade (Quintanilla et al., 2010).

Nesse mesmo cluster, conectam-se as embalagens inteligentes, os biosensores e o armazenamento de alimentos. De Abreu, Cruz e Losada (2012) esclarecem que as embalagens de alimentos passaram de uma função passiva de proteção para uma função ativa. As embalagens ativas interagem com o produto ou com o ambiente circundante, podendo aumentar o tempo de vida útil dos alimentos. De acordo com Kour et al. (2013), as embalagens inteligentes e ativas estão sendo aplicadas no armazenamento de produtos frescos. Distintos usos são possíveis: os biosensores podem detectar a deterioração dos alimentos, revestimento de nanoargila e barreiras de óxido de silício em garrafas de vidro impedem a difusão do gás, filmes metalizados e antimicrobianos podem ser incorporados, pigmentos podem ser melhorados, entre outros.

No cluster verde, percebe-se uma tendência de se compreender melhor a toxicidade dos produtos, questão relacionada ao risco, aos problemas que podem surgir no organismo, a necessidade de governança, de legislação e a percepção do consumidor. Nesse sentido, Xu, Lius, Bai e Chen (2013) indicam que há muitos fatores determinantes para as atividades incomuns e toxicidades dos nanomateriais, que pode envolver o tamanho da partícula, sua composição química, sua estrutura de superfície, e sua dosagem, bem como as três principais vias de exposição, incluindo inalação, ingestão e exposição cutânea.

Por fim, no cluster amarelo, se destaca a discussão em torno do uso das nanotecnologias na produção de alimentos, das patentes e dos riscos associados. Benckiser (2012) apresenta que numa combinação de palavras-chave super absorção, agricultura, nutrição e tecnologia de alimentos obtiveram-se mais de 68 milhões de patentes em todo o mundo. A elevação do número de patentes se dá pelo potencial que as nanotecnologias possuem. Entretanto, também há uma discussão dos riscos associados ao uso dessas tecnologias como já citado anteriormente.

Figura 8 - Clusters pelo agrupamento de palavras no período 2010-2013

**5**

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A principal contribuição desse trabalho foi identificar as principais áreas e tendências de pesquisa em nanotecnologia no setor agroalimentar. Evidenciou-se nesse estudo que as primeiras discussões relacionando nanotecnologia e alimentos tiveram como foco a preocupação com a qualidade e a segurança dos alimentos. Esse é um problema que aflige toda a sociedade, juntamente com o desenvolvimento de novos produtos que possam contribuir com a atual problemática dos resíduos sólidos provenientes de embalagens.

No período seguinte (2006-2009), percebeu-se um avanço nas pesquisas, com a expansão das discussões não só para as aplicações e funcionalidades, mas também acerca do mercado e da legislação, devido às preocupações com a toxicidade na manipulação dos átomos e moléculas na escala nanométrica.

No período mais recente (2010-2013), foi possível identificar uma ampliação das pesquisas de novos materiais. As linhas de tendência indicam a importância dos biosensores, das embalagens, dos processos de entrega de nutrientes por meio de encapsulamento e continua a discussão acerca da legislação. Cabe ressaltar que o marco regulatório para produtos que utilizam materiais na nanoescala está sendo discutido mundialmente. Em agosto de 2014, o Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN), aprovou a adesão do Brasil ao projeto europeu NanoReg, que busca uma regulação internacional em nanotecnologia.

Os resultados desse trabalho evidenciam o crescimento dos estudos científicos sobre o uso da nanotecnologia no setor agroalimentar. É possível perceber a trajetória evolutiva das aplicações da nanotecnologia para diferentes produtos. Embora o Brasil tenha iniciado o apoio ao desenvolvimento de pesquisas com a nanotecnologia em 2001, no mesmo período em que países como Estados Unidos e China iniciaram seus programas, avançamos pouco.

O Brasil, por ser um importante produtor de alimentos, precisa concentrar esforços para alavancar esse campo de pesquisa no país, buscando superar os desafios apontados por Cozzens et al*.* (2013). Como ressalta Noyons (2012), os mapas de ciência podem contribuir na elaboração das políticas de CT&I. Nesse sentido, o presente estudo traz indicativos para a elaboração de políticas de apoio e fomento à pesquisa científica e tecnológica com o uso da nanotecnologia para o setor agroalimentar.

No âmbito acadêmico, o processo de revisão bibliográfica realizado, apontou que as discussões sobre nanotecnologia e alimentos são pouco exploradas no Brasil e por pesquisadores brasileiros em publicações internacionais. O estudo avança em relação à revisão bibliográfica realizada por Assis et al*.* (2012) e por Garcia, Forbe e Gonzalez (2010), ao trazer a tona, a trajetória evolutiva dos estudos realizados no cenário internacional e as distintas possibilidades de pesquisa e aplicação da nanotecnologia no setor agroalimentar.

Iniciativas recentes do governo brasileiro, como a criação da Rede SisNano, participação no projeto NanoReg e outras não mencionadas nesse estudo, abrem um leque de opções para estudos e pesquisas na área da Administração.

Os resultados da pesquisa apontam tecnologias que poderão impactar na cadeia de valor dos produtos alimentícios, de equipamentos e utensílios, da agricultura e de embalagens. O desenvolvimento de nanotecnologia nesse setor poderá contribuir para a redução de assimetria de que tratam Cozzens et al. (2013).

O estudo apresenta limitação relacionada às palavras-chave utilizadas (*nanotechnology* e *food*), buscadas pelo resumo das publicações. Nesse sentido, a discussão centralizou-se na gestão pós-colheita. Para abarcar estudos voltados às pesquisas das bases genéticas das plantas e novas tecnologias para o plantio, como apontado por Hewett (2013) e Sekhon (2014), sugere-se o desenvolvimento de novos estudos com a inclusão de outros termos na pesquisa.

Em relação ao uso do *software* VOSviewer, trata-se de uma ferramenta que pode auxiliar os pesquisadores das distintas áreas da ciência. No presente trabalho utilizou-se uma das funções do *software*, a criação de mapa baseado num corpo de texto. Entretanto, existem distintas possibilidades de uso desse *software* que poderão ser exploradas em estudos futuros.

Sugere-se como possibilidade de estudos futuros, aprofundar o conhecimento sobre o mercado dos produtos nanotecnológicos para o setor agroalimentar, identificando atores e tecnologias que estão sendo desenvolvidas no país e no cenário internacional. É possível analisar as implicações dessas inovações para o mercado em diferentes áreas da administração. Para tanto, destaca-se a importância do diálogo e aproximação do campo da Ciência Social Aplicada da Administração com as demais áreas do conhecimento.

**KNOWLEDGE MAP OF NANOTECHNOLOGY IN THE FOOD AND A AGRICULTURE SECTOR**

ABSTRACT

The nanotechnology is considered by many authors as the base for the next industrial revolution. The prefix “nano” is equivalent 10-9m. The manipulation in the nano-metric level can modify properties such as color, conductivity, reactivity, melting point, among others, creating new applications for the materials. It is thought as a multidisciplinary science with applications in distinct sectors, such as physics, chemistry, biology, materials, and information, among others. In Brazil, the policies of support to the nanotechnologies started in 2001, and from 2007 on, the nanotechnologies were identified as a strategic area for the Brazilian government because of its potential of innovation, growth of market and benefits related to its use. The food and agriculture sector, object of this study, is one of the areas that can be benefited from the use of the nanotechnologies. Considering the importance of the sector for the Brazilian economy, this work has as objective to identify and to describe the research that involves the nanotechnology in the food and agriculture sector. Therefore, an application with VOSviewer software has been made from works published in SCOPUS base. To understand how the researches had evolved throughout the time, the search was divided into three different periods of time: 2001-2005; 2006-2009; 2010-2013. The results pointed out four trends: a) use of the biosensors, especially for contamination detection; b) use of active packaging, biodegradable and containing sights of deterioration and contamination; c) encapsulation for delivery of nutrients; and d) risks and benefits, regulatory landmarks. The results can subsidize the development of supporting and fostering policies of nanotechnology to the food and agriculture sector as well as suggesting research objects for identification of the current phase of these technologies in Brazil. The prospection that has been carried out can also contribute for the identification of business opportunities for the Brazilian entrepreneurs.

Keywords: Nanotechnology, Food, Agriculture, Food and Agriculture, VOSviewer.

**MAPA DEL CONOCIMIENTO DE LA NANOTECNOLOGIA EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO**

RESUMEN

La nanotecnología es considerada por muchos autores como la base para la próxima revolución industrial. El prefijo “nano” equivale a 10-9m. La manipulación en la escala nanométrica puede modificar propiedades como color, conductividad, relatividad, punto de fusión, entre otras, creando nuevas aplicaciones para los materiales. Es considerada como una ciencia multidisciplinar con aplicaciones en distintos sectores, tales como física, química, biología, materiales, información, entre otros. En Brasil, las políticas de apoyo a las nanotecnologías iniciaron en 2001 y a partir de 2007, la nanotecnología fue identificada como área estratégica para el gobierno brasileño por su potencial de innovación, crecimiento de mercado y beneficios asociados a su utilización. El sector agroalimentario, objeto de este estudio, es una de las áreas que se puede beneficiar con la utilización de las nanotecnologías. Considerando la importancia del sector para la economía brasileña, este trabajo tiene como objetivo identificar y describir las investigaciones que envuelven la nanotecnología en el sector agroalimentario. Para eso, se realizó una aplicación con el software VOSviewer a partir de trabajos publicados en la base SCOPUS. Para identificar cómo las investigaciones evoluyeron a lo largo del tiempo, se dividió la búsqueda en tres períodos: 2001-2005; 2006-2009; 2010-2013. Los resultados apuntan cuatro tendencias: a) uso de los biosensores, especialmente para detectar contaminación; b) uso de envases activos, biodegradables e indicadores de deterioración o contaminación; c) encapsulamiento para entrega de nutrientes; y d) riesgos y beneficios, marcos regulatorios. Los resultados pueden subsidiar la elaboración de políticas de apoyo y fomento a la nanotecnología para el sector agroalimentario, bien como sugieren temas de investigación para identificación del nivel actual de esas tecnologías en Brasil. La prospección realizada también contribuye para la identificación de oportunidades de negocios para los empresarios brasileños.

PALABRAS CLAVE: Nanotecnología, Alimentos, Agricultura, Agroalimentario, VOSviewer.

**REFERÊNCIAS**

Amoabediny H., Naderi A., Malakootikhah J., Koohi Mk., Mortazavi A., Naderi M. & Rashedi H. (2009). Guidelines for safe handling, use and disposal of nanoparticles. *Journal of Physics: Conference Series*, 170. [DOI:10.1088/1742-6596/170/1/012037](http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/170/1/012037)

Armstrong, D. J. (2009). Food Chemistry and U.S. Food Regulations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (18), 8180-8186. DOI: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf900014h>

Arora, S. K., Youtie, J., Carley, S,, Porter, A. & Shapira, P. (2014). Measuring the development of a common scientific lexicon in nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 16 (1) 2194. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11051-014-2280-y>

Assis, L. M., Zavareze, E. R., Prentice-Hernández, C. & Souza-Soares, L. A. (2012). Revisão: características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos. *Braz. J. Food Technol.* (15)2.    DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000004>.

## Barth, M., Haustein, S., & Scheidt, B. (2014). The life sciences in German–Chinese cooperation: an institutional-level co-publication analysis. Scientometrics, 98 (1), 99-117. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-013-1147-9.>

BCC Research (2014). Nanotechnology: A Realistic Market Assessment. Recuperado em 15/01/2015 de <http://www.reportlinker.com/p096617-summary/Nanotechnology-A-Realistic-Market-Assessment.html>.

Benckiser, G.. (2012). Nanotechnology and patents in agriculture, food technology, nutrition and medicine - Advantages and risks worldwide patented nano- and absorber particles in food nutrition and agriculture. *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture*, 4(3), 171-175.

Berardesca, E., & Carrera, M. (2009). Clinical and instrumental evaluation of the efficacy of a nanosilicon containing formulation. *Journal of Plastic Dermatology,* 5(1), 7-11.

Bugusu B., & Bryant C. (2006) Defining the future of food packaging. *Food Technology*, 60(12), 38-42.

Case, F., (2006). Nanotechnology: Shaping the oils industry atom by atom? *INFORM - International News on Fats, Oils and Related Materials*, 17(3), 134-136.

Cozzens, S., Cortes, R.; Soumonni, O., & Woodson, T.. (2013). Nanotechnology and the millennium development goals: Water, energy, and agri-food. *Journal of Nanoparticle Research*, 15(11), 10-23. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11051-013-2001-y>

Da Pieve, S., Calligaris, S., & Nicoli, M. C..(2009). Nanotechnologies in the food sector: State of the art and perspectives [Nanotecnologie nel settore alimentare stato dell'arte v. prospettive]. *Industrie Alimentari*, 48(489), 44-52.

Das, M., Saxena, N., & Dwivedi, P. D. (2012). Emerging trends of nanoparticles application in food technology: Safety paradigms. *Nanotoxicology*, 3(1), 10-18. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/17435390802504237>.

De Abreu, D. A. P., Cruz, J. M. , & Losada, P. P..(2012). Active and Intelligent Packaging for the Food Industry. *Food Reviews International*, 28(2), 146-187. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2011.595022>

# Eck, N. J., & Waltman, L.. (2010) Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*. 84(2), 523–538, DOI:  http://dx.doi.org/[10.1007/s11192-009-0146-3](http://dx.doi.org/10.1007%2Fs11192-009-0146-3" \t "pmc_ext)

Fonseca L., Cane C., & Mazzolai B.(2007). Application of micro and nanotechnologies to food safety and quality monitoring. *Measurement and Control*, 40 (4), 116 -119. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/002029400704000405>

García, Mario, Forbe, Tamara, & Gonzalez, Eric. (2010). Potential applications of nanotechnology in the agro-food sector. *Food Science and Technology (Campinas)*, *30*(3), 573-581. Recuperado em 09 de mar de 2015, de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0101-20612010000300002&lng=pt&tlng=en. 10.1590/S0101-20612010000300002.

### Gobster, P. H. (2014) Mining the LANDscape: Themes and trends over 40 years of Landscape and Urban Planning. *Landscape and Urban Planning*, 126, 21-30.

Gordon, J. L. P. L.(2010). *Políticas Para Nanotecnologia no Brasil – 2004/2008***.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Peixoto, F. J. M (2013). *Nanotecnologia e Sistemas de Inovação:* Implicações para Política de Inovação no Brasil. Tese de Doutorado. Instituto de Economia/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Hewett, E. W.(2013). Postharvest innovation: Current trends and future challenges in the global market. *Acta Horticulturae*, 989, 25-37. Recuperado em: <http://www.actahort.org/books/989/989_1.htm> (acesso em 15.06.2014).

Invernizzi,N. (2011) A Política Brasileira de Nanotecnologia: avanços e desafios para um Brasil mais igualitário.*Seminário Internacional: “Innovation Policies and Structural Change in a Context of Growth and Crisis”* Rio de Janeiro, 13 -15.

Kampers, F. (2007). Micro- and nanotechnologies for food and nutrition in preventative Healthcare. *Food Science and Technology*, 21(1), 20-23.

Kay, L.; Shapira, P.. (2009). Developing nanotechnology in Latin America. *Journal Of Nanoparticle Research.* February; 11(2): 259–278. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11051-008-9503-z>.

Klochikin, E. A., & Shapira, P. (2012). Engineering Small Worlds in a Big Society: Assessing the Early Impacts of Nanotechnology in China. *Review of Policy Research*, 29,  752–775. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-1338.2012.00596.x>

Klochikin, E. A. (2013). *Public Policy in (Re)Building National Innovation Capabilities: A Comparison of S&T Transitions in China and Russia.* Tese de Doutorado. Public Policy and Management, Faculty of Humanities, University of Manchester.

Kour H., Towseef Wani N.A., Malik A., Kaul R., Chauhan H., Gupta P., Bhat A. & Singh J., (2013). Advances in food packaging - a review**.** *Stewart Postharvest Review*, 9(4), 1-7a. DOI: <http://dx.doi.org/10.2212/spr.2013.4.7>

Lagaron, J. M. , Cabedo, L. , Cava, D., Feijoo, J. L , Gavara, R & Gimenez, E. (2005). Improving packaged food quality and safety. Part 2: Nanocomposites. *Food Additives And Contaminants*, 22(10), 994-998. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02652030500239656>.

### Leydesdorff, L., Kushnir, D. , & Rafols, I.(2014). Interactive overlay maps for US patent (USPTO) data based on International Patent Classification (IPC). *Scientometrics*, 98(3), 1583-1599. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-012-0923-2>

Leydesdorff, L., Rafols, I., & Chen, C. (2013). Interactive Overlays of Journals and the Measurement of Interdisciplinarity on the basis of Aggregated Journal-Journal Citations. *Journal of the American Society of Information Science and Technology*, 64(12), 2573-2586. Recuperado em <http://arxiv.org/abs/1301.1013>.

Linton, J.D., & Walsh S.T. (2008). A theory of innovation for process-based innovations such as nanotechnology. *Technological Forecasting and Social Change*. 75(5), 583-594.

Loveridge, D., Dewick, P., & Randles, S. (2008). Converging technologies at the nanoscale: The making of a new world? *Technology Analysis and Strategic Management***,** 20(1), 29-43. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09537320701726544>

Manonmani V., Juliet A.V., & Kumar K.P. (2013), A novel method of using biosensor with nanoparticles for the detection of pathogenic bacteria in food. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences***,** 15(4), 799-804.

MCT- Ministério da Ciência e Tecnologia/Centro de Estudos Estratégicos (2010). *Livro Azul da 4ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável* – Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia/ Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2013). Rede Sis NANO. Recuperado em 01.11.13 de <http://nano.mct.gov.br/sisnano/sobre-o-sisnano/>.

Momin, J. K., Jayakumar, C., & Prajapati, J.B. (2013). Potential of nanotechnology in functional foods, *Emirates Journal of Food and Agriculture*.

Noyons, E. (2012).Using bibliometric maps of science in a science policy context*.* *Em Questão*, Porto Alegre, 18, 15-27.

Quintanilla-Carvajal M.X., Camacho-Diaz B.H., Meraz-Torres L.S., Chanona-Perez J.J., Alamilla-Beltran L., Jimenez-Aparicio A. & Gutierrez-Lopez G.F., (2010). Nanoencapsulation: A new trend in food engineering processing. *Food Engineering Reviews*, 2(1), 39-50. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12393-009-9012-6>

### Rafols, I., Leydesdorff, L., O’Hare, A., Nightingale, P., & Stirling, A. (2012). How journal rankings can suppress interdisciplinary research: A comparison between Innovation Studies and Business & Management. *Research Policy*, 41(7), 1262-1282. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.01.017>

### Rafols, I., Hopkins, M. M., Hoekman, J., Siepel, J., O´Hare, A., Perianes-Rodríguez, A., Nightingale, P. (2014). Big Pharma, little science?:A bibliometric perspective on Big Pharma's R&D decline. *Technological Forecasting & Social Change*, 81, 22-38. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2012.06.007>

Robson, A. A. (2009). Preventing Diet induced disease: Bioavailable nutrient-rich, low-energy-dense diets, *Nutrition and Health*, 20(2), 135-166.

Renn, O., Roco, M. (2006). Nanotechnology Risk Governance**.** *International Risk Governance Council*, Geneva.

Rodrigues, R., Santana, C. A. M., Barbosa, M. T. L. & Pena Júnior, M. A. G. (2012). *Drivers* de mudanças no sistema agroalimentar brasileiro. *Revista Parcerias Estratégicas. CGEE.* 17(34).

Sadrieh, N., & Espandiari, P. (2006). Nanotechnology and the FDA: What are the scientific and regulatory considerations for products containing nanomaterials? *Nanotechnology Law and Business*, 3(3), 339-349.

Sekhon, B. S. (2014). Nanotechnology in agri-food production: an overview. *Nanotechnology, Science and Applications*, 7, 31-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.2147/NSA.S39406>

# Senior, K., Müller, S., Schacht, V. J., &, Bunge, M. (2012). Antimicrobial precious-metal nanoparticles and their use in novel materials. *Recent Pat Food Nutr Agric*, 4(3), 200-209.

Shinohara, N., Kazue S., B., Viviane B. de, Jimenez, S. M. C., Machado, E. de C. L. D., Rosa A., F. & Lima Filho, J. L. de. (2008). Salmonella spp., importante agente patogênico veiculado em alimentos. *Ciência & Saúde Coletiva*, *13*(5), 1675-1683. Recuperado em 22 de Janeiro 2015, from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S1413-81232008000500031&lng=en&tlng=pt. 10.1590/S1413-81232008000500031.

Siegrist, M., Stampfli, N., Kastenholz, H.& Keller,C. (2008). Perceived risks and perceived benefits of different nanotechnology foods and nanotechnology food packaging, Appetite, (51)2, 283-290. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2008.02.020.>

Sociedade Nacional da Agricultura (2012). Biopolímeros: “plásticos” de grãos e tubérculos. *Revista A Lavoura*, Rio de Janeiro. Recuperado em 27/05/2014 de <http://sna.agr.br/wp-content/uploads/alav690_biopolimeros.pdf>.

## União Europeia (2011). Recommendation on the definition of Nanomaterial. Recuperado em 05/07/14 de: <http://ec.europa.eu/environment/chemicals/nanotech/faq/questions_answers_en.htm#3>.

Waaijer, C. J. F., van Bochove, C. A., & van Eck, N. J. (2011). On the map:*Nature* and *Science* editorials. *Scientometrics*, *86*(1), 99–112. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-010-0205-9>

Xu L., Liu Y., Bai R. & Chen, C. (2010). Applications and toxicological issues surrounding nanotechnology in the food industry. Pure and Applied Chemistry, 82(2), 349-372. DOI: <http://dx.doi.org/10.1351/PAC-CON-09-05-09>

1. http://www.vosviewer.com/ [↑](#endnote-ref-1)
2. http://www.umu.se/inforsk/Bibexcel [↑](#endnote-ref-2)